

Echeveria

Manual del perfil diagnóstico del género *Echeveria* en México

Panuncio Jerónimo Reyes Santiago
María de los Ángeles Islas Luna
Omar González Zorzano

Pablo Carrillo Reyes
Francisco Roberto Vergara Silva
Christian Pascal Brachet Ize





Echeveria

Manual del perfil
diagnóstico del género
Echeveria en México

Panuncio Jerónimo Reyes Santiago

María de los Ángeles Islas Luna

Omar González Zorzano

Pablo Carrillo Reyes

Francisco Roberto Vergara Silva

Christian Pascal Brachet Ize

Diseño de portada: D.G. Miguel Ángel Báez Pérez

Formación: D.G. Ana Laura Robles Galíndez

Primera edición en español: 30 de septiembre de 2011

ISBN: 978-607-12-0218-5

DR © Universidad Autónoma Chapingo
km 38.5 carretera México-Texcoco
Chapingo, Texcoco, Estado de México, CP 56230
Tel: 01 595 95 2 15 00 ext. 5142

La reproducción total o parcial de esta publicación, ya sea mediante fotocopias o cualquier otro medio, requiere la autorización por escrito del representante legal de la Universidad Autónoma Chapingo.

Impreso en México

“Este programa es de carácter público, no es patrocinado ni promovido por partido político alguno y sus recursos provienen de los impuestos que pagan todos los contribuyentes. Está prohibido el uso de este programa con fines políticos, electorales, de lucro y otros distintos a los establecidos. Quien haga uso indebido de los recursos de este programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente”.

DIRECTORIO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Dr. Carlos Alberto Villaseñor Perea

Rector

Dr. Ramón Valdivia Alcalá

Director General Académico

Dr. J. Reyes Altamirano Cárdenas

Director General de Investigación y Posgrado

Ing. José Guadalupe Gaytán Ruelas

Director General de Administración

M. en C. Domingo Montalvo Hernández

Director General de Patronato Universitario

Biol. Ma. de Lourdes Rodríguez Ramírez

Director General de Difusión Cultural y Servicio

SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN

Dr. Francisco Javier Mayorga Castañeda

Secretario

Lic. Mariano Ruiz-Funes Macedo

Subsecretario de Agricultura

Dr. José Arnulfo del Toro Morales

Director General de Vinculación y Desarrollo Tecnológico

SERVICIO NACIONAL DE INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE SEMILLAS

Ing. Enriqueta Molina Macías
Directora General del SNICS

M. en C. Rosalinda González Santos
Subdirectora de recursos fitogenéticos

RED ECHEVERIA

Biol. Panuncio Jerónimo Reyes Santiago (UNAM)
Coordinador

María de los Ángeles Islas Luna (UNAM)

Omar González Zorzano (SMC)

Pablo Carrillo Reyes (INECOL)

Francisco Roberto Vergara Silva (UNAM)

Christian Pascal Brachet Ize

Agradecimientos

A la Ing. Enriqueta Molina Macías por su incansable apoyo al fomento del aprovechamiento de los recursos fitogenéticos de México; a la M. en C. Rosalinda González Santos y al Ing. Oscar Gámez Montiel todos ellos del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas y del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, por su orientación y paciencia en el desarrollo de la Red de Echeveria y por el financiamiento recibido para el proyecto “Manual Diagnóstico del Género Echeveria de México” (Red de Echeveria , OFICIO C00.03.0967 de SINAREFI-SNICS-SAGARPA).

A la Dra. Tila María Pérez Ortiz y al Dr. Javier Caballero Nieto por el apoyo incondicional al proyecto Red de Echeveria.

A la C.P. Claudia Canela Galván, a la Srita. Marilú Díaz Hernández, al L.C. José Antonio Contreras Morales y a la Srita. Karina García Bustamante del Instituto de Biología de la UNAM, por su dedicación y paciencia en la parte administrativa del proyecto.

Presentación

El presente trabajo tiene como finalidad recopilar la información que existe hasta el momento sobre los diferentes campos de estudio, conservación y aprovechamiento que se tienen del género *Echeveria* en México.

Aunque el manual dista mucho de estar terminado, la idea es proporcionar un diagnóstico sobre el conocimiento actual del género en México. Si bien se pretendió ser incluyente en la conformación de la red de trabajo *Echeveria* y en la elaboración de este manual, es posible que existan más grupos, personas o instituciones que estén realizando alguna investigación con este grupo de plantas y no tengamos conocimiento de sus trabajos. Si no los hemos mencionado, ha sido de manera involuntaria.

La Red de *Echeveria* es una iniciativa del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación (SINAREFI). Durante el desarrollo de este proyecto seguramente, y es nuestro deseo, se incorporarán más personas y organizaciones que complementen y fortalezcan el estudio, la conservación y el aprovechamiento del género y por lo tanto garanticen el éxito de la Red de *Echeveria*.

Creemos necesario señalar que esta iniciativa es una de las más importantes de su tipo que se haya generado bajo el auspicio de una institución gubernamental. Gracias a ello se formó en el año 2009 el banco de germoplasma, además de una de las colecciones vivas más grandes del género *Echeveria* en el mundo, misma que se encuentra alojada dentro de las instalaciones del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Las plantas que se hallan ahí son la base para la producción de semillas y propagación de cientos de especies con fines de conservación y aprovechamiento. Asimismo, a través de esta red se pretende generar técnicas que puedan ser transferibles a localidades rurales y urbanas.

ÍNDICE

Introducción	17
Antecedentes	19
1. Historia del género <i>Echeveria</i>	21
a. Contexto histórico y perspectiva de las exploraciones en México	23
2. Biología del género <i>Echeveria</i>	30
a. Posición taxonómica de la familia Crassulaceae	30
b. Taxonomía del género	32
c. Morfología	
d. Reproducción	40
e. Fisiología	42
f. Ecofisiología	46
g. Ecología y hábitat natural	47
h. Distribución	50
i. Investigaciones sobre el género <i>Echeveria</i> en la biología molecular	71
3. Propagación	76
a. Propagación sexual	76
b. Propagación vegetativa	78
c. Cultivo	79
d. Invernaderos y viveros	83
4. Importancia del género <i>Echeveria</i>	87
a. Importancia económica	87
b. Especies infrautilizadas con potencial de aprovechamiento	90
c. Usos actuales y potenciales del género	91
d. Importancia social	93
e. Importancia ecológica	94



5. Conservación	97
a. Conservación <i>in situ</i>	97
b. Conservación <i>ex situ</i>	104
6. Disposiciones legales	117
a. Registro y manejo de UMA (Artículo 30 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre RLGVS)	117
b. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)	121
7. Propuestas de plan estratégico para la conservación y aprovechamiento del género <i>Echeveria</i> en México	122
a. Exploración	122
b. Investigación	123
c. Propagación para venta	124
8. Conclusiones	128
9. Bibliografía	131

Introducción

La biodiversidad no se distribuye de manera homogénea en el planeta, pues únicamente un grupo reducido de países se les conoce como megadiversos, y para seleccionarlos hubo que realizarse un análisis de endemismos, representantes del reino animal, diversidad de especies, categorías taxonómicas superiores, ecosistemas terrestres, marinos y la presencia de ecosistemas forestales (Benítez y Bellot, 2003). Al final, México resultó ser el cuarto país del mundo con mayor diversidad (Mittermeier y Goettsch, 1992).



No obstante, a pesar de las cifras, actualmente el mundo entero se enfrenta a la pérdida de áreas naturales, lo que está provocando una disminución de la diversidad biológica (Maass, 2003). La tasa de extinción es tan acelerada que los expertos se atreven a decir que para el año 2050 habremos perdido la mitad de las especies del planeta, muchas de ellas sin haber sido conocidas todavía formalmente por la ciencia (Benítez y Bellot, 2003).

En México se pierden más de dos hectáreas de vegetación por minuto, y muchas especies de plantas y animales se encuentran en peligro de desaparecer por la sobreexplotación y la destrucción del hábitat natural: tan solo en el mercado de Sonora de la Ciudad de México se venden 200 toneladas semanales de plantas medicinales de distintas especies.

La reducción y fragmentación de la población de una especie disminuyen la variabilidad genética y su adaptabilidad a los cambios y, por lo tanto, reduce también su capacidad para enfrentar las variaciones del ambiente. La alteración antropogénica propicia además otros efectos que igualmente merman la supervivencia de una especie, como la introducción de nuevos organismos competidores o predadores a la comunidad, y en ocasiones hasta enfermedades y parásitos.

Como es bien conocido, numerosas especies de palmas, cícadras, orquídeas y cactáceas son usadas como plantas de ornato. El género *Echeveria* de la familia Crassulaceae no es la excepción son altamente apreciadas por horticultores y coleccionistas y, al igual que aquellas, están siendo extraídas de su hábitat natural con la finalidad de satisfacer las demandas nacional e internacional (Reyes, 2009).

Con cerca de 330 especies, nuestro país ocupa el primer lugar mundial en diversidad de crasuláceas (Thiede y Eggli, 2007); cerca del 85% de ellas se encuentran en México y la mayoría son endémicas, es decir, no se encuentran en ningún otro lugar. Desgraciadamente muchas están en peligro de extinción y la gran mayoría de los casos está pobremente documentada.

En México se han reconocido varias zonas donde se concentra la diversidad de especies, en las que, en los últimos años, numerosos investigadores han realizado una serie de expediciones botánicas y han descrito nuevas especies de crasuláceas; entre ellas destacan la Sierra Madre Oriental (Nesom, 1988; McDonald, 1991; Nesom y Turner, 1995; Martínez-Avalos y Mora-Olivo, 2000) y la Sierra Madre del Sur (Gual *et al.*, 1997; Reyes y Brachet, 2009).

Antecedentes

El género *Echeveria*, perteneciente a la familia Crassulaceae, es un grupo exclusivo de América. México es el centro de mayor diversidad y endemismo de este grupo de plantas (Thiede, 1995; Meyrán y López, 2003). Que está conformado por alrededor de 127 especies, de las cuales 83% se restringen exclusivamente al territorio mexicano (Reyes y Brachet, 2009).

La riqueza de especies del género *Echeveria* en el estado de Tamaulipas y zonas aledañas a Nuevo León y San Luis Potosí marcó el inicio de un estudio florístico de la familia Crassulaceae y, particularmente, del género *Echeveria*.

Walther (1972), reportó para Tamaulipas seis especies de *Echeveria* (*E. mucronata* Schtdl., *E. rosea* Lindl., *E. runyonii* Rose, *E. semivestita* Moran Var. *floresiana* Walther, *E. shaviana* Walther y *E. walpoleana* Rose), la mayoría de ellas distribuidas a lo largo de la Sierra Madre Oriental, la cual abarca parte de la zona sur y oeste del estado. Sin embargo, con el paso de los años, y por medio de exploraciones más recientes, el estado de Oaxaca se ha reconocido como el más rico en *Echeveria*: en la actualidad existen 47 especies conocidas y la mayoría son endémicas, tales como *E. procera* Moran, *E. chazaroi* Kimmnach, *E. mondragoniana* Reyes & Brachet, *E. moranii* y *E. Walther*, por mencionar algunas (Reyes y Brachet, 2009).



Echeveria mucronata (flor)

Desde el descubrimiento de América, y hasta la actualidad, las poblaciones silvestres de *Echeveria* han sido seriamente afectadas por actividades humanas, tales como la agricultura, ganadería, la construcción de vías de comunicación, los asentamientos humanos y la sobreexplotación de ejemplares para el comercio ilegal. De la misma manera, hay temporadas durante las que se intensifica la extracción, lo que las ha puesto en riesgo de extinción, como se reconoce en la Norma Oficial Mexicana 059 publicada en el Diario Oficial de la Federación en el año de 1994 (Cabrera-Luna *et al.*, 2007).



Venta de plantas en La Merced
Foto: Mauricio Ávila

La elaboración de este manual pretende reunir la información disponible hasta la fecha sobre la riqueza, distribución, taxonomía, florística y biogeografía del género *Echeveria*, así como crear un vínculo, de manera coordinada y planificada, entre investigadores, productores y vendedores para lograr un mejor aprovechamiento de las especies.

Generalmente la investigación que se desarrolla sobre el género es publicada en revistas especializadas o en el peor de los casos se queda inédita en los centros de investigación sin trascender hasta las comunidades, donde se propician los problemas reales. Por ello es necesario implementar medidas más prácticas e inmediatas para conservar y usar adecuadamente los recursos fitogenéticos, como son los programas de conservación, restauración, apoyos del gobierno federal y aquellos que desarrolla el SINAREFI (Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura), cuya finalidad es coordinar a las organizaciones que trabajan con recursos fitogenéticos con los centros de investigación. El SINAREFI contribuye con los recursos financieros, mientras que los centros de investigación aportan conocimiento y experiencia en el manejo de los recursos naturales.

1. Historia del género *Echeveria*

Como se señaló anteriormente, el género *Echeveria* pertenece a la familia Crassulaceae y cuenta aproximadamente con 127 especies. Fue nombrado en honor al ilustrador botánico mexicano Atanasio Echeverría y Godoy, quien asistió en el siglo XVIII a José Mariano Mociño y Martín de Sessé y Lacasta durante la Real Expedición Botánica a la Nueva España, cuyo objetivo era compilar un inventario de la flora y fauna de este territorio.

Sessé se embarcó en 1789 y una vez en México conoció a José Mariano Mociño. Ambos trabajaron con Atanasio Echeverría durante 13 años y juntos colectaron, dibujaron e identificaron bajo el sistema linneano miles de plantas; al mismo tiempo cientos de especímenes vivos fueron enviados a los jardines botánicos de España (Napton, 1966).

En 1790, José Antonio Cavanilles —entonces director del jardín botánico de Madrid— recibió una planta de su colega de la Ciudad de México, Vicente Cervantes, quien la describe e ilustra como *Cotyledon coccinea*. El primero en utilizar el nombre de *Cotyledon* fue Hipócrates (460-377A.N.E.) para identificar una planta que, desafortunadamente, todavía no se logra reconocer (Walther, 1972).

Martín de Sessé regresa a España en 1803 y muere en 1809. José Mariano Mociño se queda como único curador de la obra *Flora Mexicana*, la cual nunca fue publicada. Mientras se encontraba trabajando en el museo de Historia Natural de Madrid hace su primer contacto con Agustín Pyramus De Candolle quien lo invita a Génova, a donde se va con todo el material colectado y probablemente con alrededor de 2 400 dibujos realizados por Echeverría. Regresa a Madrid en el año de 1820 dejando todas sus plantas y dibujos a De Candolle; tiempo después le escribe para pedirle que regrese el material, De Candolle entonces contrata apresuradamente a 120 dibujantes para trabajar durante diez días en la copia de los trazos de Atanasio y así poder regresar los materiales a Mociño (Napton, 1966).

En 1826 A. H. Haworth envía una carta a los editores de *Philosophical Magazine* comentándoles que la especie *Cotyledon coccinea* de Cavanilles probablemente sea el tipo de un nuevo género; no hubo que esperar mucho para confirmarlo.

Para 1827, y en honor de Echeverría, De Candolle nombra al género como *Echeveria* e incluye cuatro especies: *Echeveria coccinea*, *E. gibbiflora*, *E. caespitosa* (*Dudleya caespitosa*) y *E. teretifolia* (Walther, 1972). Ese mismo año Haworth también hace la descripción de *E. grandifolia*.

Fueron muchos los botánicos que después describieron especies de *Echeveria*, pero fue Rose (1862-1928) quién en 30 años, colectó, describió y nombró un total de 36 especies, muchas más que todos los botánicos juntos del siglo anterior a él (Napton, 1967).

El primer tratamiento monográfico de *Echeveria* fue realizado por Diederich von Schlechtendal (1839). Tiempo después Charles Antoine Lemaire (1862) hace un resumen de todas las especies conocidas; siete años más tarde Baker realiza una monografía donde ilustra e interpreta 29 especies, además de presentar claves para su determinación. En 1903 Britton y Rose describen otras 11 especies nuevas; en 1905 se detallan 14 más; en 1911 Rose nombra otras 11 en colaboración con J.A. Purpus y N.L. Britton, y en 1930 J.A. Purpus y J.N. Rose describen nuevos taxones. Para 1935 von Poellnitz nombra cinco nuevas y Eric Walther ocho. En 1938 Walter nombra tres más; en 1941 E. J. Alexander describe cuatro; en 1952 nuevamente Walther reseña otra, y en 1957 Moran denomina una especie nueva al igual que Matuda, en 1958 (Walther, 1972).

En 1972 Eric Walther realiza la primera monografía moderna del género y nombra 44 especies nuevas, más que cualquier otro autor, no obstante varias de ellas no son reconocidas como especies. Walther realizó cuatro viajes de colecta a México y así, a su muerte en julio de 1959, la monografía estaba incompleta, sin embargo, el texto fue editado por Reid Moran quien concluyó el trabajo, suplió

fotografías y añadió 79 ilustraciones en armonía con los conceptos de Walther. Le pareció que, en general, resultaba una buena clasificación dividir al género en 14 series, aunque opinaba que se debía refinar más pues algunas de ellas eran dudosas y, probablemente, no naturales.

a. Contexto histórico y perspectiva de las exploraciones en México

A pesar de la gran diversidad existente en nuestro país, las exploraciones botánicas son escasas: la inseguridad, los problemas económicos y políticos, así como la falta de medios adecuados son algunos de los factores que no permiten su continuidad. Además, la mayoría de los botánicos prefieren únicamente elaborar listas de las especies conocidas pues les parece difícil salir al campo y recorrer caminos nuevos (Reyes y Brachet, 2009).

Resulta interesante hacer una pequeña semblanza de lo que han sido las expediciones botánicas en México para conocer cómo es que se ha logrado inventariar su vasta flora a lo largo de más de 200 años.

Después de aquellas dirigidas por Sessé y Mociño, destacan las hechas por Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland. A finales del siglo XIX sobresalen las de Cyrus G. Pringlei, Edward W. Nelson, Edward A. Goldman y Cassiano Conzatti, todos ellos colectores asiduos que contribuyeron enormemente a registrar alguna región del territorio mexicano. Para inicios del siglo XX se realizaron las de Joseph N. Rose, Edward Palmer y Eizi Matuda.

A mediados del siglo pasado fueron relevantes también los estudios de los tipos de vegetación de México realizados por los botánicos Faustino Miranda, Efraín Hernández X. y Jerzy Rzedowski.

Entre varios ejemplos más que sobresalen está el del ingeniero metalúrgico de origen inglés, George Hinton, quien a la edad de 54 años tomó la decisión de coleccionar plantas para el herbario de los *Kew Royal Botanic Gardens* mientras trabajaba en una mina de Temascaltepec, Estado de México. En tan sólo

cuatro años (1936-1940) logró encontrar 360 especies nuevas para la ciencia, cien de ellas dedicadas en su honor. De ese tiempo conocemos géneros como *Hintonia*. Se estima que Hinton obtuvo cerca de 150 mil especímenes incluyendo los duplicados, que varían entre cinco y hasta 12 ejemplares por planta, los cuales fueron distribuidos en muchos herbarios europeos y estadounidenses. Su pasión trascendió a su hijo Jaime, a quien también se le han dedicado géneros como *Jaimehintonia*, y a su nieto George B. Hinton quien actualmente sigue colectando en el estado de Nuevo León.

Otro caso digno de ser nombrado es el de Ismael Calzada, un apasionado colector que reunió cerca de 30 mil números y cien mil especímenes, incluyendo duplicados.

Destacan además los biólogos Estaban Martínez y Pedro Tenorio, ambos ya casi retirados como colectores. Pero el más conocido de todos y aún activo es el Dr. Jerzy Rzedowski, quien ha logrado más de 50 mil números y probablemente más de 150 mil duplicados.

Cabe mencionar que también existieron algunos políticos, como Melchor Ocampo y Lucas Alamán, que contribuyeron al estudio de la flora mexicana.

En lo que respecta a las plantas suculentas, para las décadas de los sesenta y setenta se distinguieron nombres como Francisco Buchenau, Curt Backeberg y Felipe Otero, Alfred Lau, Charles Uhl, Reid Moran, Myron Kimnach y Jorge Meyrán.

Sin embargo, a pesar de todos estos personajes que nos ha dado la historia y que dedicaron una buena parte de su vida a recorrer el vasto territorio mexicano, la exploración botánica no ha sido suficiente. Para contar con una confiable lista de la flora mexicana a nivel nacional, las expediciones son el punto de partida, por lo que esta actividad se debe realizar de manera constante.

Actualmente el número de botánicos y taxónomos es muy bajo y en la mayoría de las universidades y centros de investigación mexicanos la plantilla de investigadores que llevan a cabo exploraciones para realizar inventarios florísticos es muy reducida.

Durante las últimas décadas la biología molecular ha experimentado notables avances que han permitido incorporar muchas técnicas al estudio de las plantas, por lo que muchos profesionistas de hoy en día ven a las exploraciones, las colectas, la clasificación y las descripciones botánicas como algo arcaico, fuera de moda. Es cierto que en la actualidad no se puede prescindir de los estudios basados en biología molecular, pero en muchos casos parece olvidarse que para realizarlos fue necesario contar previamente con el material vegetal de origen e identidad fidedigna. Por otra parte, no puede dejarse de lado el hecho de que la biota de México aún dista de ser conocida a plenitud, por lo que constantemente se realizan descubrimientos de especies y de nuevas localidades.

Las plantas suculentas, a pesar de ser un grupo que ha recibido especial atención, no son la excepción. Consideramos que los trabajos de biología molecular deberían de estar precedidos y sustentados por trabajos de biología de campo tradicional.

Las echeverias en la época prehispánica

Las echeverias han sido apreciadas desde tiempos prehispánicos por la medicina tradicional y como plantas de ornato. Por ejemplo, a *Echeveria rubromarginata* y a otras de la serie *Gibbiflorae* se les extrae el líquido del tallo floral para saciar la sed cuando hay ausencia de agua; mientras que el parénquima de *Echeveria gigantea* se emplea para limpiar los dientes.

Asimismo, las echeverias son consideradas plantas de calidad fría que se usan para quitar el dolor de cabeza, para bajar la temperatura y para refrescar el cuerpo; como antiséptico en heridas y llagas, para aliviar quemaduras;



Echeveria rubromarginata

para lavar y desinfectar la boca; para quitar la irritación de ojos e incluso para deshacer carnosidades.

En la actualidad a estas especies se les conoce bajo los nombres de conchita, rueda de la fortuna, oreja de burro, flor de piedra y siempreviva; también reciben diferentes nombres según la lengua indígena local; por ejemplo: *tememètla* en náhuatl, *tikií* en mixteco, *lixmazketu'ni* en chontal de Oaxaca y *dobié* en zapoteco.



Códice Florentino/Historia General de las Cosas de Nueva España

Tememètla; chapaktòntli, tlapànton, zèlik, papatlàktik, iwàni, tlazezeliàni, ìtztik, tlazezelià, tlapatia.

Los magueyitos de las piedras (echeverias), se extienden sobre la tierra, son tier-nitos, anchos, se pueden beber, son refrescantes, fríos, refrescan, son medicinales.

Tememètla, papatlàktik, tilàwak in ikillo: ìtech monèki in motlewìa, motèzi, anòzo za mopàtzka in kòni. yòà ìkpak kitlalià, in mixtlewìa, zèki ìxko konchipinia: ik kiza in tlètl.

Los magueyitos de las piedras (echeverias), son anchos, de hojas gruesas; se necesita asarlos, se muelen, se exprimen y se beben. La pulpa que queda, se pone encima de la cabeza; se exprimen algunas gotas en el rostro; sacan el calor del cuerpo.

La palabra *tememetla* está compuesta por dos raíces nominales principales: *te* que proviene de *tetl*= piedra; y *me* que proviene de *metl*= maguey.

La raíz *me*, como núcleo predicativo, hace referencia a la familia a la que pertenece la planta. En este caso la raíz está duplicada (*meme*); la duplicación de las raíces nominales en náhuatl tiene dos significados: indica plural o bien puede sugerir diminutivo. El ejemplo en cuestión se refiere al plural, pero no en sentido cuantitativo sino cualitativo, es decir, a su forma de crecimiento y reproducción: esparcidas sobre las piedras.

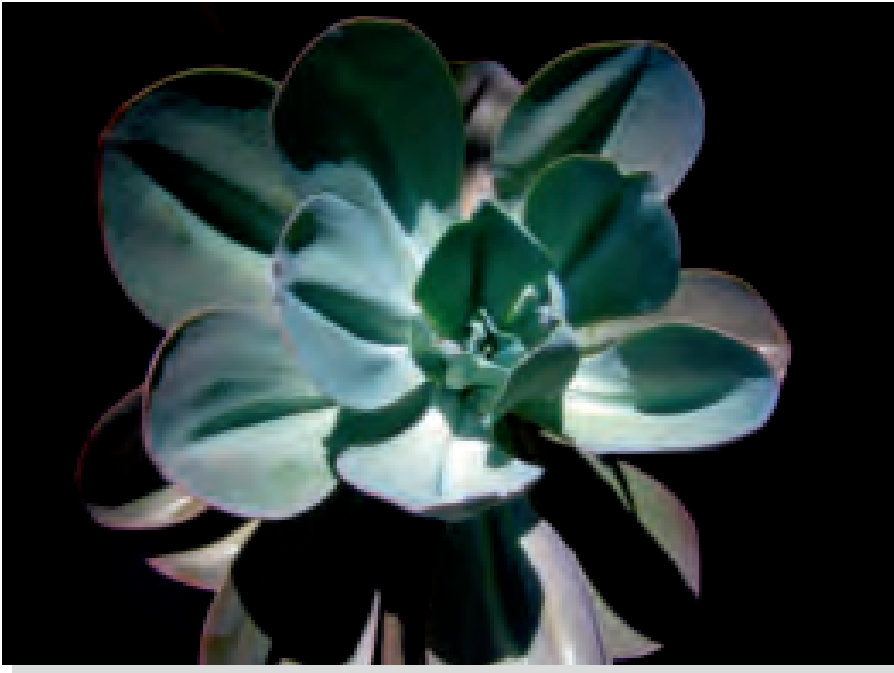
Por último, el morfema *tla* es un locativo que hace alusión al área sobre la piedra donde específicamente crece la planta. Entonces, *tememetla* hace mención a un tipo de maguey pequeño que crece en colonias sobre las piedras. Esta palabra se usa en la región del Valle de México para designar a varias echeverias, entre ellas a *Echeveria secunda* var. *pumila*.



Echeveria secunda

**Historia Natural de Nueva España:
CAPITULO LVII
Del Tememetla o métlatl de piedra**

El *tememetla*, que otros llaman *tecécec* y *tenapátlitl*, es una especie de siempreviva con hojas carnosas, verdes, de tres cuartas de largo y un palmo de ancho, tallo largo, liso, purpúreo y tierno, y flores redondeadas y purpúreas dispuestas en espigas cerca de la punta, y a veces también en toda la extensión del tallo, en hilera por uno y otro lado. Es de la misma naturaleza que los demás géneros de siempreviva.



(Probablemente se trate de *Echeveria gibbiflora*)



Códice de la Cruz-Badiano / Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis

Para la boca hinchada

Para curar la boca inflamada tóme-se un líquido que consiste en agua de hojas molidas de *tememetla* (*Echeveria secunda* var. *pumila*), meollo de *texiyotl* (*Sedum oxypetalum*) y tierra blanca. Este líquido es amargo. También se le agregan gotas de una goma viscosa que exuda una planta y que llamamos *nocheztli* (savia de nopal).

(La traducción de los textos en náhuatl al español y de la palabra *tememetla*, estuvieron hechos por Wewetlahtulle A.C. de Santa Ana Tlacotenco, grupo dedicado a la enseñanza y preservación de la cultura y el idioma náhuatl. En esa región habita la *Echeveria secunda* var. *pumila*.)

2. Biología del género *Echeveria*

a. Posición taxonómica de la familia Crassulaceae

El concepto de la familia Crassulaceae, legado por Augustín Pyramus De Candolle (1801), ha afrontado con éxito la prueba del tiempo, pues, excepto por la controvertible posición del género *Penthorum*, en la actualidad este grupo de plantas suculentas se considera como natural o monofilético (Cronquist, 1981; Takhtajan, 1997; Mort *et al.*, 2001).

En los sistemas de clasificación vegetal de mayor difusión en nuestros días (Cronquist, 1981; Takhtajan, 1997) se coloca a Crassulaceae cerca de Saxifragaceae y/o de Penthoraceae, ya sea en el orden Rosales o en Saxifragales (cuadro 1).

Para los fines comparativos que aquí se pretenden, se sigue el criterio de Takhtajan (1997), quien reconoce a Penthoraceae como familia independiente y a Saxifragaceae en un sentido estrecho. De esta forma, las Crassulaceae se diferencian morfológicamente de las otras dos por ser típicamente suculentas, por sus flores que llevan el mismo número de pétalos, sépalos y pistilos, así como por la presencia de una glándula nectarífera en la base de cada carpelo. Además, se distinguen de las saxifragáceas por presentar gineceo apocárpico y el fruto en forma de folículos (mientras que aquellas tienen gineceo sincárpico y fruto en forma de cápsula septicida); las diferencias con *Penthorum* son principalmente en el fruto, ya que los miembros de este último género desarrollan folículos circuncísiles, mientras que los de Crassulaceae abren del lado dorsal (cuadro 2).

A manera de síntesis, entre los más difundidos sistemas de clasificación vegetal basados en morfología (Cronquist, 1981, Takhtajan, 1997) la familia Crassulaceae y el género *Echeveria* se ubican tal como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de acuerdo Cronquist (1981) y Takhtajan (1997)

	Cronquist (1981)	Takhtajan (1997)
Reino	<i>Plantae</i>	<i>Plantae</i>
División	Magnoliophyta	
Clase	Magnoliopsida	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae	Rosidae
Superorden	-----	Saxifraganae
Orden	Rosales	Saxifragales
Familia	Crassulaceae	Crassulaceae
Subfamilia	-----	Sedoideae
Género	<i>Echeveria</i>	<i>Echeveria</i>

La más reciente propuesta de clasificación para plantas con flor es la publicada por el Grupo de Filogenia de Angiospermas (APG, por sus siglas en inglés). Este sistema basado en datos moleculares ha estado en continuo cambio por la tumultuosa aparición de trabajos filogenéticos, sin embargo, al parecer tiende a estabilizarse.

El sistema del APG tiene la particularidad de no usar rangos jerárquicos por arriba de los órdenes. La familia Crassulaceae se ubica en este sistema dentro de las Eudicotiledóneas, en el clado de las Gunnéridas (previamente llamadas Eudicotiledóneas núcleo) y en el orden Saxifragales.

Actualmente se reconocen 35 géneros y ca. de 1 500 especies como integrantes de la familia Crassulaceae. Cuatro géneros son los más importantes por el número de especies que se les asignan: *Sedum* (350-500 especies), *Crassula* (250 especies), *Echeveria* (150 especies) y *Kalanchoe* (cien especies).

G. Bentham y J.D. Hooker (1868) reconocieron 14 géneros para la familia, colocando a *Echeveria* como un subgénero de *Cotyledon*, pero más tarde fue reubicado en la subfamilia Echeverioideae.

Berger (1930) se basó en el número y arreglo de las partes florales, el grado de simpetalia y la filotaxia para clasificar a la familia en seis subfamilias:

Cuadro 2. Subfamilias del género

Subfamilia	Ejemplos	Distribución mundial
Crassuloideae	<i>Crassula, Tillaea</i>	Africanos y Europeos
Kalanchoideae	<i>Kalanchoe, Bryophyllum</i>	Africanos y Europeos
Cotyledonoideae	<i>Cotyledon, Adromischus, Umbilicus</i>	Preferente Europeos
Sempervivoideae	<i>Sempervivum, Aeonium, Aichryson</i>	Africanos y Europeos
Sedoideae	<i>Sedum, Rhodiola, Rosularia, Orostachys, etc</i>	Consomopolita, principalmente en el hemisferio norte
Echeverioideae	<i>Echeveria, Dudleya, Villadia, etc</i>	Nuevo mundo

b. Taxonomía del género

El género *Echeveria* fue propuesto hace casi 180 años por el botánico suizo Agustin Pyramus De Candolle.

Berger (1930) dividió a Crassulaceae en seis subfamilias basándose en la distribución geográfica y en caracteres morfológicos sobresalientes, como la posición de las hojas y de las inflorescencias. Bajo este esquema *Echeveria* quedó ubicado en la subfamilia Echeverioideae que incluía además *Graptopetalum* (17 especies), *Lenophyllum*, *Pachyphytum*, *Villadia*, *Cremnophila* y *Thomsponella*, todos ellos americanos, con algunos caracteres morfológicos comunes, tales como hojas arrosetadas, inflorescencias laterales (excepto *Villadia*) y las corolas con un tubo, al menos en la base. Durante muchos años la clasificación de Berger fue seguida por autores posteriores como Walther (1972) y Meyrán y López (2003).

En tiempos recientes han surgido otras propuestas de clasificación para casi todos los grupos de organismos. Básicamente dos factores han disparado este fenómeno: 1) Por una parte el concepto de monofilia como base para reconocer

y nombrar grupos. Todos los miembros incluidos en alguna de las categorías taxonómicas (familia, género, tribu, etc.) deben tener un origen común. //) El surgimiento y la amplia difusión que en los últimos 20 años han experimentado las técnicas moleculares para analizar secuencias de ADN. Entre otras aplicaciones, estas secuencias han sido usadas como apoyo en estudios para generar hipótesis sobre la historia evolutiva de determinados grupos de organismos. Estos estudios, conocidos como filogenias moleculares, han modificado profundamente la idea de la evolución y, consecuentemente, la clasificación de muchos grupos de plantas, incluida las de la familia Crassulaceae.

Los primeros estudios publicados se apoyaban en los sitios de restricción de ADN de cloroplasto (AFLPs) (van Ham y Hart, 1998) y en secuencias de la región cloroplástica *matK* (Mort *et al.*, 2001). Ambos estudios encontraron evidencia de una historia evolutiva y un agrupamiento distintos a los propuestos por Berger.

Se ha encontrado evidencia de la existencia de siete linajes principales designados como clados: *Crassula*, *Kalanchoe*, *Telephium*, *Sempervivum*, *Leucosedum*, *Aeonium* y *Acre*. Mayuzumi y Ohba (2004) identificaron posteriormente un octavo clado: *Rhodiola*. Con base en esta evidencia y de acuerdo a la convención de clasificar a los organismos según su origen, Thorne y Reveal (2007) reconocieron únicamente dos subfamilias: Crassuloideae y Sempervivoideae, mientras que Thiede y Eggli (2007) reconocieron además a Kalanchoideae. Esta última propuesta de tres subfamilias parece haber tenido una aceptación más amplia. Siguiendo este último esquema clasificatorio, todas las crasuláceas nativas de México –excepto *Crassula (Tillaea)*, representado por unas pocas especies– pertenecen a la subfamilia Sempervivoideae. Esta subfamilia es la más grande de la familia y se compone de cinco tribus (Thiede y Eggli, 2007). *Echeveria* se ubica en la tribu Sedeae, particularmente en un grupo con categoría de subtribu que es conocido informalmente como clado Acre.

La clasificación infragenérica más difundida para *Echeveria* es la propuesta por Walther (1972) quien dividió al género en 14 series. Sin embargo, Kimnach (2003) reconoce 17 series. A la fecha no se ha realizado un estudio dirigido

específicamente a esclarecer el origen y las relaciones evolutivas de las especies de *Echeveria*, ya sea con datos moleculares o morfológicos, sin embargo se han realizado algunas investigaciones filogenéticas basadas en secuencias de ADN, en morfología o en combinación de ambas, pero dirigidas a *Graptopetalum* (Acevedo-Rosas *et al.*, 2004), al género *Thompsonella* (Carrillo-Reyes *et al.*, 2008) o al clado Acre (Carrillo-Reyes *et al.*, 2009). Todos los estudios sugieren que el género *Echeveria* es parafilético, es decir que no todas las especies que lo integran provienen de un ancestro común y que los géneros *Graptopetalum*, *Thompsonella* y *Cremnophila*, así como algunos representantes de *Sedum* (principalmente de la sección *Pachysedum*) pertenecen al mismo linaje y están estrechamente relacionados con distintas especies de *Echeveria*.

La delimitación de *Echeveria* aún sigue siendo tema de debate. Aunque hace falta un estudio específico que aborde el problema del género, la evidencia que hasta ahora se ha obtenido complica el reconocimiento de *Echeveria* como una entidad natural (monofilética). Muy probablemente en un futuro este género sufrirá cambios profundos como pueden ser la incorporación de más géneros o el desmembramiento en otros más pequeños.

c. Morfología

Las crasuláceas tienen la capacidad de almacenar agua en sus hojas en forma de jugos mucilaginosos, principalmente durante los periodos de humedad, de ahí que sean llamadas plantas suculentas. Las hay desde herbáceas de pocos centímetros de alto hasta arbustivas de 1.5 a dos metros de altura; con frecuencia son perennes, lo que significa que viven varios años pero también las hay anuales y bianuales. Su forma más común es la de una roseta.

Raíces

Existen 2 tipos raíces: fibrosas y fusiformes. En el primer caso no se distingue una raíz principal y es fácilmente desprendible del sustrato; en varias

ocasiones dichos sustratos son rocosos por lo que parte de la raíz es epígea; también es posible observar en ejemplares colgantes como en *Echeveria uhlii* y *E. peacockii* la formación de una raíz aérea principal sumamente resistente que sostiene muy bien a la roseta, y se fija por raíces fibrosas pequeñas y delgadas al sustrato.



Raíz de *Echeveria laui*

El tipo de raíz fusiforme solo se presenta en las especies de la serie Mucronatae (Walther, 1972). *E. mucronata* y *E. crassicaulis* tienen una raíz central suculenta de donde salen raíces fibrosas delgadas; de hecho este carácter sirve para separar dos series: Mucronatae y Racemosae.

Tallos

Los tallos pueden variar desde un cáudex (tallo perenne, corto, grueso y generalmente subterráneo), como en *E. derenbergii*, hasta presentar elongaciones de dos metros, como en *E. coccinea*, y con grosores de hasta ocho centímetros, como en *E. gigantea*. Pueden ser simples, como en *E. chiapensis* y *E. longissima*, o muy ramificados, como en *E. sedoides*, *E. pulvinata* y *E. coccinea*.



Echeveria montana

Hojas

El género presenta hojas suculentas, simples y con filotaxia espiralada, por lo que las rosetas pueden variar desde muy laxas, como en *E. rosea*, o muy densas, como en *E. laui*.

El color de las hojas muestra diferentes tonalidades de verde: claro como *E. derenbergii* o sumamente oscuro como en *E. purpusorum*; en ocasiones se observa la presencia de máculas rojas como en *E. nodulosa* y *E. sedoides*.



Ejemplo de tonalidad roja en *E. helmutiana*

Son sésiles, sin estípulas, generalmente enteras, algunas con márgenes dentados, como en *E. megacalix* y *E. mucronata*, o ciliados como en *E. setosa* var. *ciliata*; en ocasiones ligeramente sinuados como en *E. gigantea* y en las hojas de invierno de *E. rubromarginata*; también pueden presentar el margen de color rojo como en *E. rubromarginata* y *E. longissima*.



Echeveria mucronata

Pueden tener un grosor de hasta un centímetro en su porción media, como en *E. purpusorum* y *E. derenbergii*, o tan sólo medir una décima de milímetro, como en *E. uhlii* y *E. megacalyx*.

Presentan diferentes formas, desde obovadas como en *E. laui* y *E. pulvinata*, oblongas-trianguulares como en *E. peacockii*, subrotundas como en *E. amoena* y *E. gigantea*, o finalmente; la forma más común en el género: obovadas-cuneadas, como en *E. derenbergii*, *E. setosa* var. *ciliata*, *E. nodulosa* y *E. longissima*.

Los tamaños también varían: las hojas más pequeñas están presentes en *E. setosa* var. *minor* con 1.5 centímetros de largo, mientras que las más grandes le pertenecen a *E. gigantea* con 30 centímetros.

Las hojas de todas las especies de este estudio presentan el ápice mucronado y una quilla en el envés; en unas es apenas perceptible, como en *E. uhlii*, y en otras sumamente conspicua, como en *E. purpusorum*.

Presentan diferentes tipos de indumento: pueden tener un revestimiento blanquecino superficial ceroso, semejante a una cubierta de polvo fino y diminuto, que se observa muy bien en especies como *E. laui* y *E. peacockii*, que tienen hojas pruinosas o pulverulentas, aunque hay otras donde la pruinosisidad es más ligera como *E. derenbergii* y *E. amoena*. También se observa la presencia de cilios o tricomas que les dan una apariencia aterciopelada como en *E. coccinea* o *E. pulvinata*. Los cilios pueden ser un poco más largos, gruesos y separados como en *E. setosa*, o la superficie puede ser glabra como en *E. heterosepala*, *E. gracilis*, *E. sedoides*, *E. chiapensis*, *E. megacalyx*, *E. mucronata*, *E. crassicaulis* y *E. longissima*.

Inflorescencia

El género presenta una inflorescencia lateral y axilar compuesta por un tallo floral o pedúnculo que sostiene a las flores y brácteas; estas últimas son

generalmente de color y forma similares a las hojas, pero más pequeñas y pueden ser fácilmente desprendibles, como en *E. amoena* y *E. macdougallii*, o estar fuertemente adheridas, como en *E. nodulosa*.

Hay dos tipos básicos de inflorescencia: el cincino y el racimo. En el primer tipo las flores se acomodan en zigzag formando dos líneas paralelas muy cercanas que dan la apariencia de que todas ellas están en un solo plano; generalmente el cincino se curva y se endereza conforme se van abriendo las flores (Moran y Uhl, 1964), aunque también es usual que permanezca en posición decumbente. Se observaron bracteolas en las flores de *E. heterosepala* y *E. amoena*. Ejemplos de especies con inflorescencia de tipo cincino son *E. laui*, *E. subalpina* y *E. peacockii*.



Inflorescencia de *Echeveria heterosepala*

En el tipo racimo las flores se arreglan en espiral a lo largo del pedúnculo, cada una sobre el pedicelo que se encuentra en la axila de una bráctea. Los pedicelos llevan dos bracteolas. Entre las especies con inflorescencia en racimo están: *E. nodulosa*, *E. megacalyx*, *E. pulvinata*, *E. setosa* var. *ciliata*, *E. coccinea*, *E. derenbergii* y *E. macdougallii*. Una variante del racimo es la espiga; cuya diferencia consiste en que en ésta las flores son sésiles como en *E. rosea*, *E. mucronata* y *E. crassicaulis*. También existen las panículas, que son inflorescencias compuestas que se constituyen de varios cincinos, como en *E. rubromarginata*, *E. acutifolia* y *E. gigantea*; asimismo en ocasiones se pueden presentar flores solitarias como en *E. setosa* var. *deminuta*.

Cáliz

Los sépalos en el género *Echeveria* varían en tamaño y posición con respecto a la corola. Pueden ser de tamaño notable; de ello un buen ejemplo es *E. rosea*, especie que presenta un cáliz adpreso, casi de la misma longitud que la corola, con sépalos ligeramente desiguales, lanceolados y con un color vino muy llamativo. Sin embargo, es más usual observar los cálices de tamaño medio, semiextendidos y semiascendentes como en *E. mucronata*, *E. rubromarginata*, *E. acutifolia*, *E. derenbergii* y *E. heterosepala*; o bien, extendidos, como en *E. nodulosa* y *E. sedoides*, aunque en esta última especie son pequeños, de apenas un tercio de la corola; o adpresos, como en *E. pulvinata* y *E. purpusorum*. También los hay de longitud desigual, como en *E. laui*, donde además presentan la pruinosidad característica de la especie.



Echeveria leucoricha

Corola

La corola tubular y de colores brillantes son dos de las características del género. Generalmente los pétalos exhiben una fuerte quilla, lo que da una mayor rigidez a la corola, como en el caso de *E. gigantea*. La quilla puede también ser muy ligera, como en *E. purpusorum*, por lo que la corola es casi circular.



E. Patriotica

Igualmente, la longitud presenta un gradiente de variación: pueden ser muy pequeñas, como en *E. amoena* (0.8 cm.), hasta muy largas como en *E. longissima* (3.1 cm.).

Los colores fluctúan desde los tonos claros, como el naranja de *E. derenbergii* y *E. laui*, o el rosa salmón de *E. Amoena*; hasta colores llamativos, como el de *E. mucronata* (amarillo) y *E. heterosepala* (verde); e intensos, como el rojo con amarillo de *E. purpusorum*, *E. macdougallii* y *E. affinis*.

d. Reproducción

Se sabe poco sobre la reproducción de las crasuláceas. De los estudios que se han llevado a cabo se encuentra el realizado por Parra *et al.* (1993), quienes estudiaron la reproducción y polinización en *Echeveria gibbiflora* y encontraron que el principal polinizador de la especie es un colibrí (*Cyananthus latirostris*). Se han realizado experimentos para determinar si el polen es el factor limitante de la reproducción de esta especie. Hasta ahora se sabe que la planta, para ser fecundada, requiere de una cierta cantidad de polen al principio de la época reproductiva y que la disponibilidad de los recursos juega un papel importante, por lo que los autores sostienen que es necesario realizar investigaciones sobre la adición o limitación de nutrientes (agua y luz) para identificar los recursos más importantes que intervienen en la fecundidad (Parra-Tabla *et al.*, 1998).

La reproducción sexual es prioritaria en *Echeveria* pues presenta muchas ventajas, principalmente en el mantenimiento de la diversidad genética. Sin embargo, cuando las condiciones son adversas, muchas especies recurren a la reproducción vegetativa como alternativa al bajo reclutamiento por vía sexual.

La reproducción asexual es frecuente en el género, ya sea por medio de rizomas, yemas, bulbilos adventicios, retoños de las hojas, de las brácteas o de casi cualquier órgano que se desprenda de la planta (Pérez-Cálix, 2004), lo que es más eficiente que la vía sexual pues incrementa el reclutamiento de nuevos individuos, asegurando así la permanencia de la especie.



Echeveria fulgens

Verastegui (2009) propagó por medio vegetativo y sexual a *E. laui*, determinando los intervalos de intensidad luminosa, humedad relativa, sustrato y temperatura que favorecen el desarrollo de las rosetas además de realizar pruebas de germinación precisando la temperatura, intensidad luminosa y tiempo de maduración. Piña-Puojol (2003) propagó a *E. laui* mediante esquejes de hoja utilizando diferentes radiaciones lumínicas y nutrientes; además, estudió la capacidad germinativa de la semilla según su origen sometiéndola a diferentes temperaturas y sustratos. Finalmente también hizo un ensayo de reintroducción de las plántulas obtenidas por semilla.

Piña-Poujol *et al.* (2007) evaluaron el micrositio –sombreado contra abierto– y el tamaño inicial de las plántulas sobre el éxito del establecimiento en un ensayo de reintroducción. Pérez (2007) reportó que una roseta propagada vegetativamente se desarrolla y crece en la mitad de tiempo que una roseta germinada.

Cuando se propagó a *E. laui* mediante cultivo *in vitro* utilizando un medio MS, suplementado con auxinas y citocininas (Wojciechowicz, *et al.*, 2001; Verastegui, 2009) se lograron obtener rosetas completas.

e. Fisiología

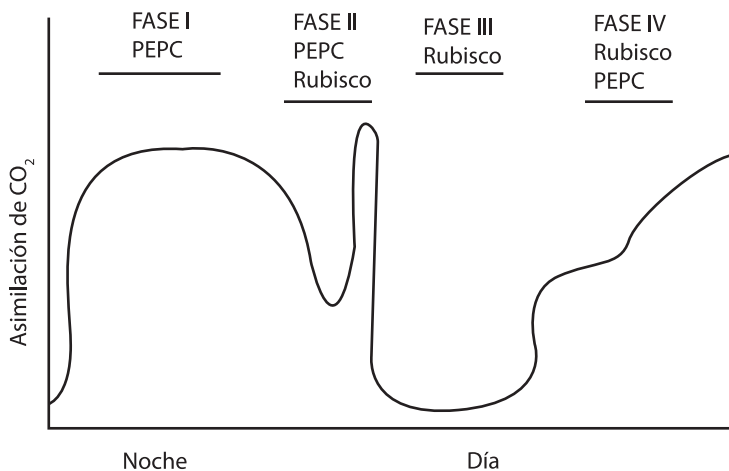
El Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (MAC) fue encontrado por primera vez en la familia Crassulaceae (Osmond, 1978; Ting, 1985; Osmond y Holtum, 1981). El término MAC se utilizó inicialmente en las observaciones de Heyde (1813, citado por Garrido, 1998) en hojas de la especie *Bryophyllum calcynium*, de la familia Crassulaceae, por lo que se le conoce con dicho nombre.

Ting y Rayder (1985) y Medina *et al.* (1989), definieron el metabolismo MAC de acuerdo a la apertura de los estomas: abiertos en la noche y cerrados durante las horas de luz de día. Este comportamiento corresponde a la fase III del MAC (periodo de luz), que es cuando los estomas están cerrados (Winter y Smith, 1996; White y Critchley, 1999, Kluge *et al.* 1982) y se produce la descarboxilación de los ácidos orgánicos (Barker y Adams III, 1997; De Mattos *et al.* 1999; Lüttge, 2002). El patrón inverso de los movimientos estomáticos realizados por las plantas MAC es lo que le da su relevancia ecológica (Kluge *et al.*, 1981).

Las plantas MAC se caracterizan por un clorénquima empaquetado con gran cantidad de vacuolas en donde se acumula el ácido málico; presentan una fracción del ocho por ciento de aire intercelular por volumen, y el tejido dominante es frecuentemente parénquima almacenador de agua. Además, el mesófilo no está diferenciado en capas de parénquima en empalizado o esponjoso (Nobel y Hartsock, 1990). La vacuola comprende aproximadamente 95% del volumen total del protoplasto de las células MAC (Winter, 1985), mientras que el volumen del citoplasma es menor que el uno por ciento de la vacuola (Kluge *et al.* 1982). Las plantas MAC carecen de peridermis por un periodo largo; presentan un gran desarrollo de la cutícula para maximizar la resistencia a la pérdida de agua y estomas en la superficie de los brotes, pero en densidades bajas (Gibson,

1982). De acuerdo a Ting y Szarek (1975), la superficie fotosintética en plantas MAC se caracteriza por disponer de gran cantidad de cera (Silva *et al.*, 2001) que contribuye a aumentar los valores de resistencia estomática y cuticular y que impiden la pérdida de agua (entre 600 y 1 000 seg. cm^{-1}). Otra característica que se ha encontrado en estos organismos es su baja frecuencia estomática, ya que en las plantas C_3 y C_4 se presentan 20 000 estomas por cm^2 aproximadamente, mientras que en MAC sólo se presentan 2 500 estomas por cm^2 (Osmond y Holtum, 1981).

El Metabolismo Ácido de las Crasuláceas se distingue porque la fijación de CO_2 atmosférico ocurre durante la noche y mantiene los estomas cerrados durante el día (Gibson y Nobel, 1986; Vázquez-Yanes, 1997; Pimienta-Barrios, *et al.* 1998; Dodd, *et al.* 2002). El ácido málico sintetizado se acumula en la vacuola, de donde sale al día siguiente para ser descarboxilado y el CO_2 obtenido de esta reacción se utiliza en la síntesis de carbohidratos con la energía obtenida del proceso luminoso de la fotosíntesis (Medina, 1977).



Curva de asimilación de CO_2 de una planta MAC bien irrigada. Se muestran las cuatro fases típicas de la fotosíntesis MAC con las enzimas fijadoras de CO_2 correspondientes (Osmond, 1978).

Debido a que la fotosíntesis MAC es costosa y su área de absorción de bióxido de carbono es menor existen limitaciones en la toma del carbono, por lo general éstas ocupan ambientes que no facilitan el crecimiento de las plantas con fotosíntesis C_3 (Andrade *et al.*, 2007). En general, el metabolismo MAC se ve favorecido por los días con niveles de irradiación elevados, noches frías y suelos secos, situaciones que predominan en los desiertos (Cervantes *et al.*, 2005). Estas condiciones favorecen la acumulación de carbohidratos en los cloroplastos (almidón) y en el citoplasma (sacarosa), los cuales sirven de sustrato para la reacción de carboxilación (Medina, *et al.*, 1989). Las concentraciones elevadas de sal en el suelo, que causan una sequía osmótica, también favorecen el metabolismo MAC (Garrido, 1998).

Un aspecto interesante de este tipo de plantas es que son capaces de modificar su modelo de intercambio de CO_2 (Szarek y Ting, 1975). El cual es susceptible de ser alterado por factores ambientales, tales como el fotoperiodo, las temperaturas diurnas, la cantidad de agua que se encuentre disponible en el ambiente (Mandujano, 1988) y la edad de las hojas (Hartsock y Nobel, 1976; Nobel y Hartsock, 1987; Borland y Griffiths, 1990).

La capacidad MAC puede ser distinguida como obligada (o constitutiva) y como facultativa (o inducible). La primera se refiere a aquellas plantas que pueden ser dotadas de este metabolismo todo el tiempo, mientras que la facultativa sucede en respuesta a algunas señales ambientales, como el fotoperiodo o el estrés hídrico (Osmond, 1978).

La contribución del MAC a la fijación total del carbono es altamente variable y depende de los factores genotípicos y ontogénicos que afectan la expresión de los atributos de la planta, tanto bioquímicos como fisiológicos (Cushman, 2001; Dood *et al.*, 2002; Keeley y Rundel, 2003), y de las condiciones ambientales (Winter y Smith, 1996; Lüttge, 2002), tales como la temperatura, la intensidad de luz (Nobel y Hartsock, 1983) y la disponibilidad de agua (Dodd *et al.*, 2002). Park Nobel ha referido que las plantas MAC tienen un potencial considerable en los sistemas de secuestro de CO_2 dentro de ambientes áridos

(Crutzen y Stoermer, 2000), por lo que es de vital importancia conocer no solo el hábitat y las condiciones ambientales en las que se desenvuelven las plantas del género *Echeveria*, sino que además es fundamental entender aquellos aspectos relacionados a su metabolismo, a su capacidad de fijar CO₂ atmosférico y a las variables que lo afectan.

Los miembros de la familia Crassulaceae han estado muy lejos de ser usados en experimentos bioquímicos y fisiológicos. En lo que respecta a estudios sobre el metabolismo MAC (Andrade, *et al.*, 2007) existe un vacío en México, a pesar de su enorme diversidad. Las investigaciones sobre las respuestas fisiológicas de las plantas MAC al ambiente han sido realizadas principalmente en miembros adultos de solo tres familias: Agavaceae, Bromeliaceae y Cactaceae (Winter y Smith, 1996); dentro de la familia Crassulaceae, los géneros *Kalanchoe* y *Sedum* han sido los más estudiados.

Mundialmente se ha realizado poca investigación sobre crasuláceas (Stevens *et al.*, 1995). En el caso particular del género *Echeveria* se han hecho algunos estudios, como el reportado en los trabajos de Franzen y Ostertag (citado en Purcher y Bradford, 1942) sobre la determinación de ácido que se acumula en *Echeveria secunda* y *E. glauca*; cuyos resultados arrojaron que dicho compuesto se trataba del ácido málico.

En aspectos relacionados con el metabolismo y toma de CO₂ en plantas del género *Echeveria* está el trabajo de Bender (1971), quien reportó un contenido de 18.1 de d¹³C para *E. gilva*. Otro estudio más se realizó para observar la tolerancia a la pérdida de agua que presentaba *E. gibbiflora* y *E. pallida*, encontrándose que estas especies pueden almacenar líquido por un periodo de tres meses sin que pierdan su capacidad para enraizar, crecer o florecer. Por último se tiene el reporte de la dinámica estomática en la especie *E. laui* (Reyero, 2009) en individuos adultos y brotes obtenidos de propagación vegetativa y sexual.

En los últimos años se han aislado alcaloides y taninos característicos para desarrollar una quimiotaxonomía (Stevens *et al.*, 1995). En *E. venezuelensis* se encontraron el alcaloide piperidina además de proantocianidinas –taninos condensados– (Stevens *et al.*, 1992, 1993); y en *E. gibbiflora* se han encontrado alcaloides, pero sólo se ha identificado la nicotina como un constituyente menor en la fracción de alcaloides (Frigot, 1960). Hasta ahora sólo cinco por ciento de la familia Crassulaceae ha sido investigada para buscar la presencia de alcaloides (Stevens *et al.*, 1992 y 1993). Con respecto a otros compuestos, se aisló por primera vez ácido fórmico de *E. elegans* en grandes cantidades (2%-4% en peso seco), dicho compuesto se obtiene normalmente de plantas del género *Euphorbia* (Kringstad, 1975).

f. Ecofisiología

La suculencia ha evolucionado en diferentes familias de plantas que no tienen ninguna relación filogenética; por ejemplo en Euphorbiaceae, Cactaceae, Crassulaceae y Agavaceae. Debido a su suculencia, estas familias tienen los medios para almacenar agua y por lo tanto están adaptadas a los ambientes áridos.

La evolución de la suculencia está estrechamente relacionada con el Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (MAC) pues permite que las plantas maximicen la eficiencia de uso de agua. Típicamente una planta MAC pierde entre 50-100g de agua por cada gramo de dióxido de carbono ganado, mucho menos que los 250-300 y 400-500 gramos de las plantas C_4 y C_3 , respectivamente. Es obvio que en los ambientes que van de semiáridos a desérticos, estas plantas tienen una ventaja competitiva pues abren sus estomas durante las frías noches desérticas y los cierran durante el día seco y caliente. Debido a que el agua y el dióxido de carbono comparten la misma ruta de difusión,



Echeveria derenbergii

el dióxido de carbono debe asimilarse en la noche y a partir de éste se obtiene malato, el cual es almacenado en las grandes vacuolas de las células de los tejidos suculentos; durante el día el malato se rompe a piruvato y dióxido de carbono. Debido a que los estomas están cerrados, el dióxido de carbono no puede escapar y pasa a la fotosíntesis normal C_3 ; se piensa que se convierte primero a triosa-fosfato y luego a almidón o sacarosa.

g. Ecología y hábitat natural

Las plantas de esta familia, y por lo tanto las del género *Echeveria*, tienen hábitos herbáceos, generalmente las hojas son crasas y tienen epidermis cerosa y velutina, asimismo presentan el arreglo de hojas en forma de rosetas densas, lo cual evita el marchitamiento por desecación.

El género está representado en una amplia variedad de ambientes. Crecen dentro de bosques de pino y encino, en las diferentes asociaciones de los matorrales xerófilos y se presentan, aunque ya de manera escasa, en las selvas bajas caducifolias. Usualmente las plantas se localizan en manchones muy pequeños sobre áreas a las que se les ha denominado enclaves xerofíticos, que no son más que sitios rocosos que se encuentran dentro de los tipos de vegetación anteriormente mencionados. Las especies del género tienen preferencia



Echeveria leucotricha

por este tipo de hábitats; que pueden ser acantilados, pendientes escarpadas o simplemente mesetas rocosas. Su exposición a la luz es en ocasiones directa, o bien, puede estar atenuada por la vegetación circundante o por la protección

que brinda la misma oscuridad donde crece; también pueden establecerse en la cara norte de las laderas, donde la insolación es menor. En caso de que la planta esté expuesta directamente al sol, se encuentra protegida por sus características morfológicas.

De acuerdo con Pérez-Cáliz (2004) algunas especies como *Echeveria bifida*, *E. humilis* y *E. tolimanensis* están ligadas exclusivamente a afloramientos calizos; otras se presentan únicamente sobre rocas ígneas, por ejemplo *E. agavoides*, *E. calderoniae*, *E. fulgens* y *E. gibbiflora*; mientras que otras no muestran preferencia por un tipo de roca y algunas, incluso, son epífitas.

Las comunidades de echeverias presentes en México se han encontrado desde los 180 msnm hasta cerca de los 4 010 msnm. La especie que se ha encontrado a menor altitud es *Echeveria pallida* mientras que a mayor altitud está *Echeveria secunda*, conocida como “alpina”.

Capacidad de regeneración natural

Los estudios ecológicos del género *Echeveria* son muy limitados, por lo tanto no es posible establecer conclusiones generalizadas acerca de la capacidad regenerativa de las poblaciones de los taxa del género. Esta carencia es general para toda la familia, sin embargo, algunos patrones solo se han observado y en algunos casos han sido documentados.

Las evidencias sugieren que las poblaciones de los miembros de *Echeveria* están disminuyendo. En muchas especies el reclutamiento de nuevos individuos ocurre ocasionalmente y bajo condiciones muy particulares (Martorell, 2007; Piña-Poujol, 2003), especialmente en aquellos taxa distribuidos en ambientes donde la humedad es esporádica. El crecimiento para algunas especies puede ser lento por los disturbios naturales, tales como periodos prolongados de sequía, depredación por fauna y enfermedades de las plantas. También están los disturbios antropogénicos, como el cambio de uso de suelo, el pastoreo, la extracción de individuos reproductivos y la destrucción del hábitat. Estos factores

pueden reducir drásticamente los números poblacionales en el corto, mediano y largo plazo, y conducir a la extinción a las poblaciones (Martorell, 2007).

En *Echeveria*, como en otros grupos de plantas, existe una relación entre el tamaño de los individuos con la fecundidad: entre mayor es el tamaño mayor es la fecundidad, por lo que la extracción de los individuos más grandes representa un impacto negativo sobre las poblaciones; no obstante, éstas tienen la capacidad de regenerarse por sí mismas, pues en ocasiones el disturbio antropogénico abre nuevos espacios que pueden ser colonizados por nuevos individuos, ya que aparentemente algunas especies de *Echeveria* y otras crasuláceas presentan un comportamiento metapoblacional.



Hábitat natural



E. multicaulis regenerada después de un incendio en Guerrero

Algunos patrones observados muestran que la dinámica de las poblaciones en *Echeveria* depende del ciclo de vida particular de cada especie, de los procesos demográficos que rigen la dinámica poblacional y también del tipo de reproducción dominante.

Es posible que en diferentes condiciones ambientales la misma población se modifique, es decir, en años con precipitaciones elevadas puede imperar la reproducción sexual y en los períodos secos puede predominar la asexual.

En conclusión: deben realizarse más estudios encaminados a describir la dinámica de las poblaciones del género *Echeveria* para conocer más sobre su capacidad de regeneración y hay que buscar más evidencias demográficas y genéticas para proponer la protección de los taxa de *Echeveria* y otras crasuláceas, sobre todo de aquellas más vulnerables, ya que de las aproximadamente 178 del género, únicamente 12 se encuentran incluidos en la Norma Oficial Mexicana, NOM-059-ECOL-2001.

h. Distribución

El género *Echeveria* se distribuye en México desde Sonora, Chihuahua, y Tamaulipas hasta Chiapas. Algunos de ellos cuentan con mayor riqueza, como el de Oaxaca, Puebla e Hidalgo; sin embargo, faltan más exploraciones, pues no hay registros en Baja California, Tabasco, Colima, ni en la península de Yucatán. Las entidades de la República Mexicana donde esperamos encontrar más especies nuevas son, en orden de prioridad, Guerrero, Michoacán, Chiapas, Puebla, Nuevo León, Durango, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí, Oaxaca, Estado de México, Hidalgo y Tamaulipas. Dicha lista es arbitraria y corresponde al punto de vista de Reyes (2009). La distribución geográfica por series se presenta en los mapas 2 a 18.

En el cuadro 3 se muestran las especies del género *Echeveria* por estado. Esta es la primera lista actualizada donde se integran algunas especies que tienen que ser estudiadas con mayor detalle, como *E. crassicaulis*, *E. longipes*, *E. meyranaiana* y *E. byrnesi*. Asimismo, las complejas series como secundae, gibbiflorae, racemosae, etc., también ameritan su revisión.

Por último, cuando se indica “sp. nov.” se refiere a que está en proceso de descripción por algunos de los miembros de la Red de Echeveria. Las especies nuevas que están en imprenta para su próxima publicación son: *E. nunuma*, *E. triquiiana*, *E. guerrerensis* y *E. aurantiaca*. La obtención de la información se tomó de las bases de datos de colecta de Reyes y Brachet (2009). Con

las intensas exploraciones que se están haciendo con dichos colaboradores esperamos obtener datos georeferenciados de todas las especies en la mayor parte del territorio nacional.



Echeveria secunda var. *glauca*. Ajusco, D.F distribución altitudinal de más 4 000 msnm.

Cuadro 3. Lista de especies mexicanas del género *Echeveria*

Estado	Especies	Endémica	Total de especies
Aguascalientes	<i>E. paniculata</i> A. Gray		2
	<i>E. novogaliciana</i> Reyes, Brachet & González ined		
Chiapas	<i>E. bella</i> Alexander	Sí	
	<i>E. coccinea</i> (Cav.) DC		
	<i>E. goldmanii</i> Rose	Sí	
	<i>E. montana</i> Rose		
	<i>E. pinetorum</i> Rose		
	<i>E. prunina</i> Kimnach. & Moran	Sí	
	<i>E. rosea</i> Lindley (incluye <i>E. chiapensis</i>)		
	<i>E. sessiliflora</i> Rose (incluye <i>E. corallina</i>)	Sí	8
Chihuahua	<i>E. affinis</i> E. Walther		
	<i>E. chihuahuensis</i> von Poellnitz		
	<i>E. craigiana</i> E. Walther		
	<i>E. paniculata</i> A. Gray		4
Coahuila	<i>E. cuspidata</i> Rose		
	<i>E. simulans</i> Rose		
	<i>E. strictiflora</i> A. Gray		
	<i>E. turgida</i> Rose	Sí	
	<i>E. walpoleana</i> Rose		5
Distrito Federal	<i>E. coccinea</i> (Cav.) DC		
	<i>E. gibbiflora</i> DC		
	<i>E. mucronata</i> Schltdal (<i>E. crassicaulis</i>)		
	<i>E. platyphylla</i> Rose		
	<i>E. secunda</i> Booth		5
Estado de México	<i>E. agavoides</i> Lemaire		
	<i>E. coccinea</i> (Cav.) DC		
	<i>E. fulgens</i> (Rose) Kimnach		
	<i>E. crenulata</i> Rose		

Cuadro 3. Lista de especies mexicanas del género *Echeveria* (continuación).

Estado	Especies	Endémica	Total de especies
Estado de México	<i>E. gibbiflora</i> DC		
	<i>E. mucronata</i> Schlechtendal		
	<i>E. platyphylla</i> Rose (<i>E. longipes</i>)		
	<i>E. secunda</i> Booth	Sí	
	<i>E. subrigida</i> (Robinson & Seaton) Rose		
	<i>E. tolucensis</i> Rose	Sí	
	<i>E. valvata</i> Moran	Sí	
	<i>E. waltheri</i> Moran & J. Meyrán		13
Jalisco	<i>E. pulidonis</i> E. Walther		
	<i>E. rosea</i> Lindley		
	<i>E. secunda</i> Booth (incluye <i>E. alpina</i> , <i>E. reglensis</i> , <i>E. elatior</i>)		
	<i>E. semivestita</i> Moran		
	<i>E. subrigida</i> (Robinson & Seaton) Rose		
	<i>E. tolimanensis</i> Matuda		
	<i>E. triantina</i> Rose		
	<i>E. walpoleana</i> Rose		18
	<i>E. colorata</i> E. Walther	Sí	
Michoacán	<i>E. dactylifera</i> E. Walther		
	<i>E. lozani</i> Rose		
	<i>E. nayaritensis</i> Kimnach		
	<i>E. paniculata</i> A. Gray	Sí	
	<i>E. patriotica</i> García & Pérez-Cáliz		
	<i>E. perezcalixii</i> Jimeno-Sevilla & Carrillo-Reyes		
	<i>E. pringlei</i> (S. Watson) Rose		
	<i>E. roseiflora</i> Reyes & González-Zorzano		
	<i>E. sp. nov</i> (<i>E. novogaliciana</i>)		11
	<i>E. calycosa</i> Moran	Sí	

Cuadro 3. Lista de especies mexicanas del género *Echeveria* (continuación).

Estado	Especies	Endémica	Total de especies
Morelos	<i>E. fulgens</i> Lemaire		
	<i>E. gibbiflora</i> DC		
	<i>E. mucronata</i> Schlechtendal		
	<i>E. patriotica</i> García & Pérez-Cálix		
	<i>E. paniculata</i> A. Gray		
	<i>E. semivestita</i> Kimmach		
	<i>E. waltheri</i> Moran & J. Meyrán		9
	<i>E. sp. nov. (E. purepecha)</i>		
	<i>E. crenulata</i> Rose		
	<i>E. fimbriata</i> C.H. Thompson		
	<i>E. fulgens</i> Lemaire		
	<i>E. gibbiflora</i> DC		
	<i>E. waltheri</i> Moran & J. Meyrán		5
Oaxaca	<i>E. peacockii</i> Croucher		
	<i>E. pinetorum</i> Rose		
	<i>E. procera</i> Moran	Sí	
	<i>E. pulvinata</i> Rose	Sí	
	<i>E. purpusorum</i> A. Berger		
	<i>E. rosea</i> Lindley (incluye <i>E. chiapensis</i>)		
	<i>E. setosa</i> Rose & Purpus		
	<i>E. tencho</i> Moran & Uhl		
	<i>E. skinneri</i> E. Walther	Sí	
	<i>E. spectabilis</i> Alexander	Sí	
	<i>E. subcorymbosa</i> Kimmach & Moran	Sí	
	<i>E. uhlii</i> J. Meyrán	Sí	
	<i>E. triquiana</i>	Sí	
<i>E. viridissima</i> E. Walther	Sí		

Cuadro 3. Lista de especies mexicanas del género *Echeveria* (continuación).

Estado	Especies	Endémica	Total de especies
Oaxaca	<i>E. sp. (E. nunuma)</i>	Si	
	<i>E. zorzaniana</i> Reyes & Brachet	Si	47
Puebla	<i>E. amoena</i> de Smet (incluye <i>E. microcalyx</i>)		
	<i>E. coccinea</i> (Cav.) DC		
	<i>E. gigantea</i> Rose & Purpus		
	<i>E. gracilis</i> Rose ex E. Walther		
	<i>E. heterosepala</i> Rose		
	<i>E. leucotricha</i> J. A. Purpus	Sí	
	<i>E. megacalyx</i> E. Walther		
	<i>E. mucronata</i> Schlechtendal		
	<i>E. nodulosa</i> (Baker) Otto		
	<i>E. nuda</i> Lindley		
	<i>E. peacockii</i> Croucher (incluye <i>E. subsessilis</i>)		
	<i>E. pilosa</i> J. A. Purpus	Sí	
	<i>E. pulvinata</i> Rose		
	<i>E. purpusorum</i> A. Berger		
	<i>E. rosea</i> Lindley		
	<i>E. rubromarginata</i> Rose		
	<i>E. secunda</i> Booth		
	<i>E. setosa</i> Rose & Purpus		
<i>E. subalpina</i> Rose & Purpus (incluye <i>E. meyranaiana</i>)		19	
Querétaro	<i>E. bifida</i> Schlechtendal		
	<i>E. elegans</i> Rose		
	<i>E. humilis</i> Rose		
	<i>E. paniculata</i> A. Gray		
	<i>E. rosea</i> Lindley		
	<i>E. semivestita</i> Moran		

Cuadro 3. Lista de especies mexicanas del género *Echeveria* (continuación).

Estado	Especies	Endémica	Total de especies
Querétaro	<i>E. subrigida</i> (Robinson & Seaton) Rose		
	<i>E. tolimanensis</i> Matuda		
	<i>E. triantina</i> Rose		9
San Luis Potosí	<i>E. agavoides</i> Lemaire		
	<i>E. angustifolia</i> E. Walther		
	<i>E. bifida</i> Schlechtendal		
	<i>E. elegans</i> Rose (<i>E. catorce</i>)		
	<i>E. sp</i> (<i>E. catorce</i>)	Sí	
	<i>E. humilis</i> Rose	Sí	
	<i>E. hyalina</i>		
	<i>E. lutea</i> Rose	Sí	
	<i>E. paniculata</i> A. Gray		
	<i>E. rosea</i> Lindley		
	<i>E. schaffneri</i> (S. Watson) Rose		
	<i>E. semivestita</i> Moran		
	<i>E. subrigida</i> (Robinson & Seaton) Rose (incluye <i>E. palmeri</i>)		
	<i>E. unguiculata</i> Kimmach		
<i>E. walpoleana</i> Rose		16	
Sinaloa	<i>E. affinis</i> E. Walther		
	<i>E. dactylifera</i> E. Walther		
	<i>E. sp. nov.</i>		3
Sonora	<i>E. chihuahuensis</i> von Poellnitz		
	<i>E. craigiana</i> E. Walther		2
Tamaulipas	<i>E. angustifolia</i> E. Walther		
	<i>E. lyonsii</i> Kimmach		
	<i>E. mucronata</i> Schlechtendal		
	<i>E. rodolfi</i> Martínez-Ávalos & Mora-Olivo		

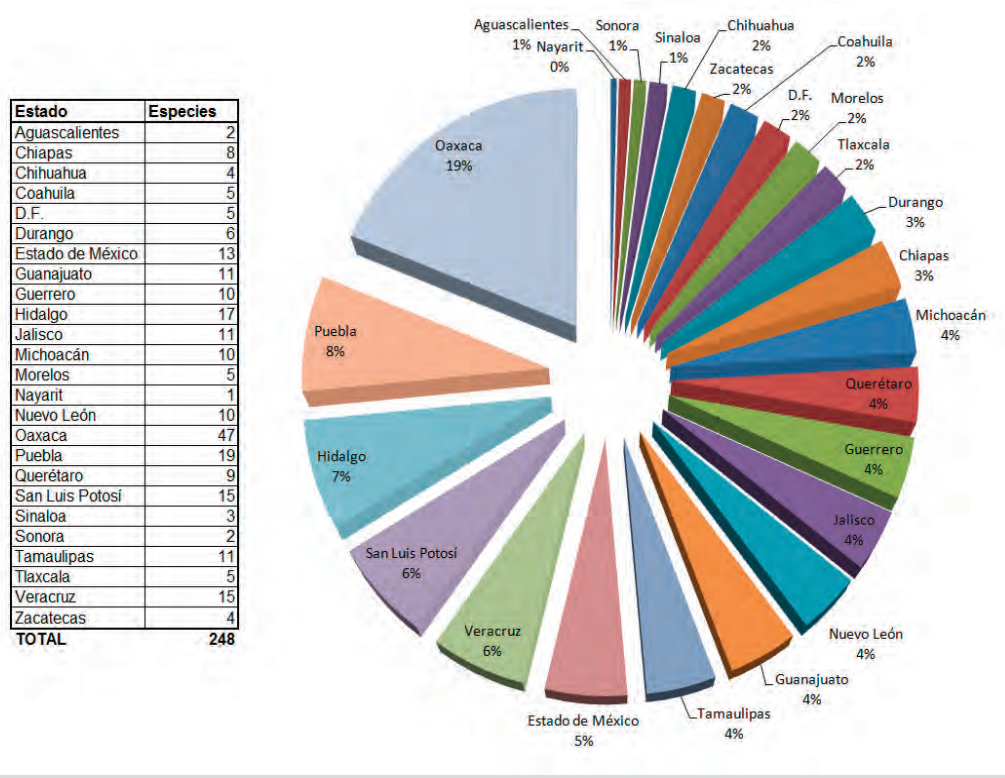
Cuadro 3. Lista de especies mexicanas del género *Echeveria* (continuación).

Estado	Especies	Endémica	Total de especies
Tamaulipas	<i>E. rosea</i> Lindley		
	<i>E. runyonii</i> Rose ex Walther		
	<i>E. semivestita</i> Moran		
	<i>E. shaviana</i> E. Walther		
	<i>E. tamaulipana</i> Martínez-Ávalos, Mora-Olivo & Terry	Sí	
	<i>E. unguiculata</i> Kimnach		
	<i>E. walpoleana</i> Rose		11
Tlaxcala	<i>E. coccinea</i> (Cav.) DC		
	<i>E. mucronata</i> Schlechtendal		
	<i>E. secunda</i> Booth		
	<i>E. subalpina</i> Rose & Purpus		
	<i>E. subrigida</i> (Robinson & Seaton) Rose		5
Veracruz	<i>E. amoena</i> de Smet		
	<i>E. canaliculata</i> Hook Fil. (<i>E. atropurpurea</i>)		
	<i>E. carnicolor</i> (Baker) Morren		
	<i>E. coccinea</i> (Cav.) DC		
	<i>E. diffractens</i> Kimnach & Lau		
	<i>E. lurida</i> Haworth		
	<i>E. mucronata</i> Schlechtendal		
	<i>E. nebularum</i> Moran & Kimnach		
	<i>E. nuda</i> Lindley		
	<i>E. pulidonis</i> E. Walther		
	<i>E. racemosa</i> Schlechtendal & Chamisso		
	<i>E. rosea</i> Lindley		
	<i>E. rubromarginata</i> Rose (incluye <i>E. gloriosa</i>)		
	<i>E. subalpina</i> Rose & Purpus		
<i>E. secunda</i> Booth		15	

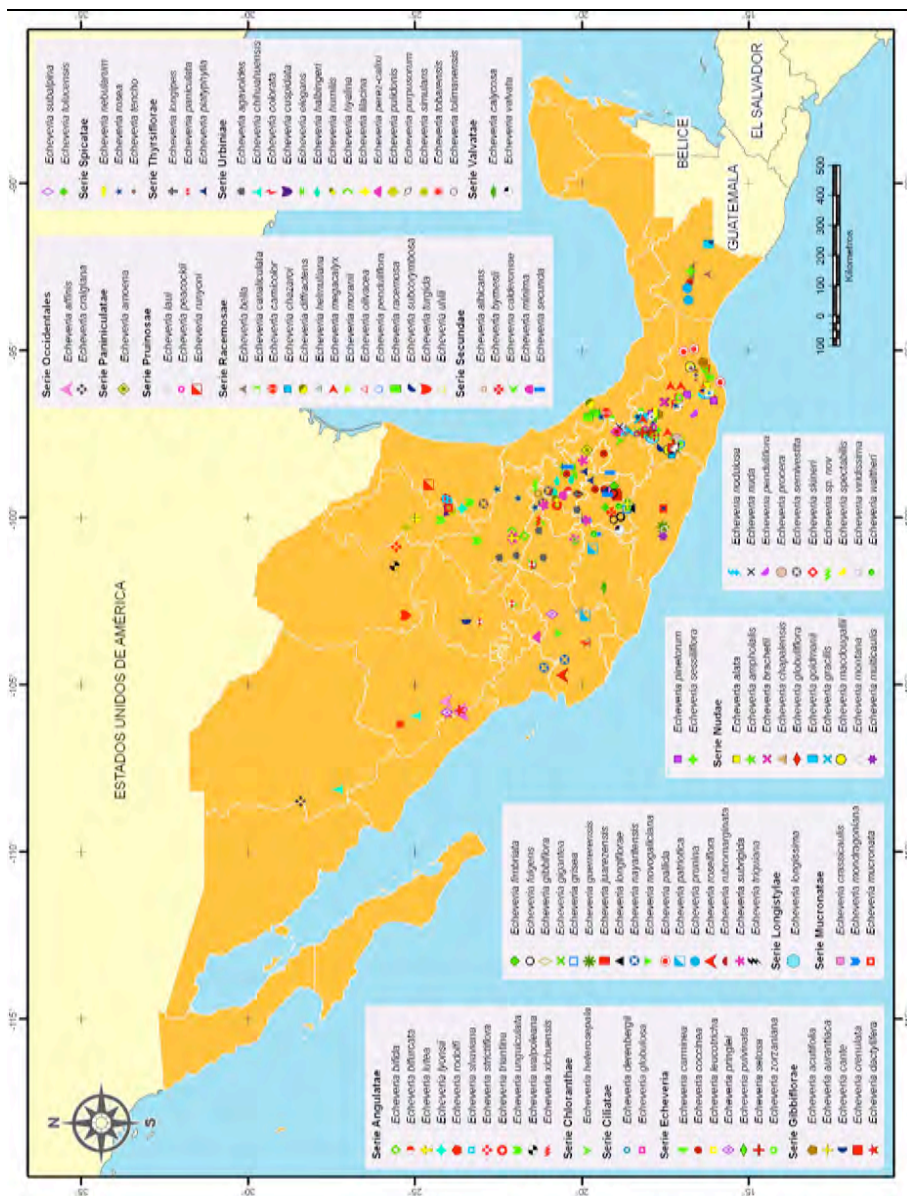
Cuadro 3. Lista de especies mexicanas del género *Echeveria* (continuación).

Estado	Especies	Endémica	Total de especies
Zacatecas	<i>E. cante</i> Glass & Mendoza-García		
	<i>E. paniculata</i> A. Gray		
	<i>E. perezcalixii</i> Jimeno-Sevilla & Carrillo-Reyes		
	<i>E. tenuis</i> Rose		4
Origen desconocido	<i>E. harmsii</i> J. F. Macbride		
	<i>E. prolifica</i> Moran & J. Meyrán		2

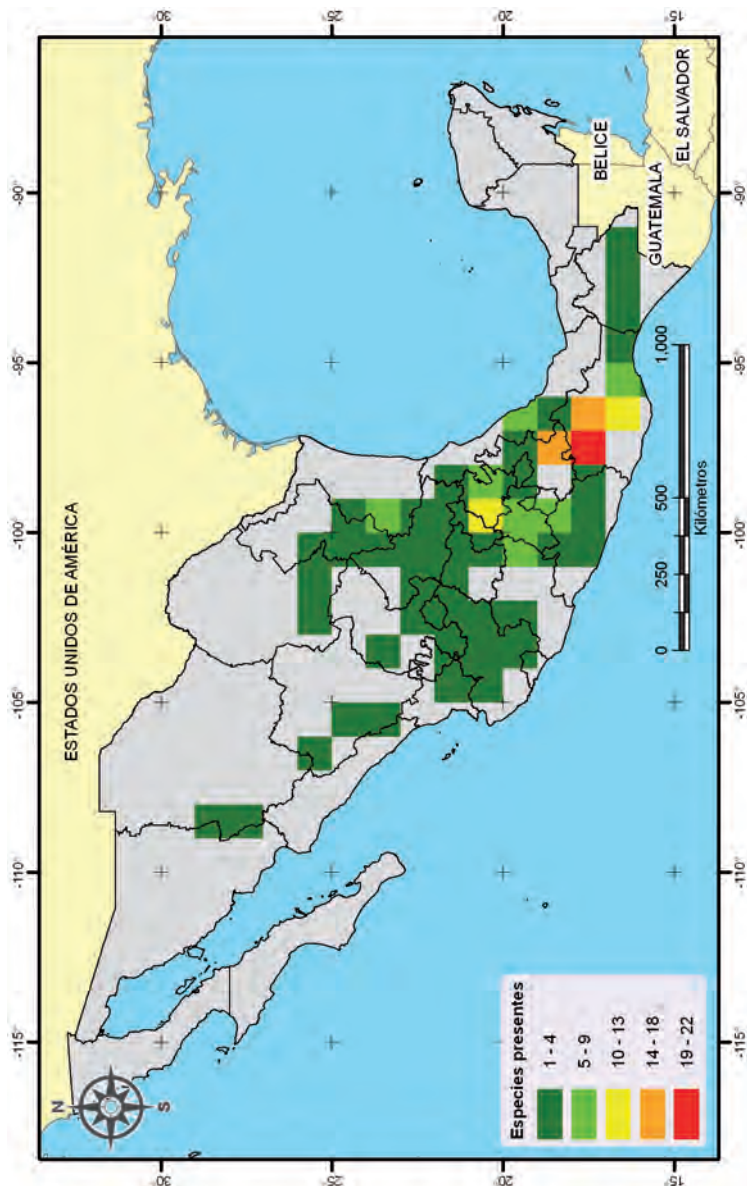
Figura 1. Distribución por cantidad de especies-estado de la República Mexicana



Mapa 1. Distribución geográfica del género *Echeveria*

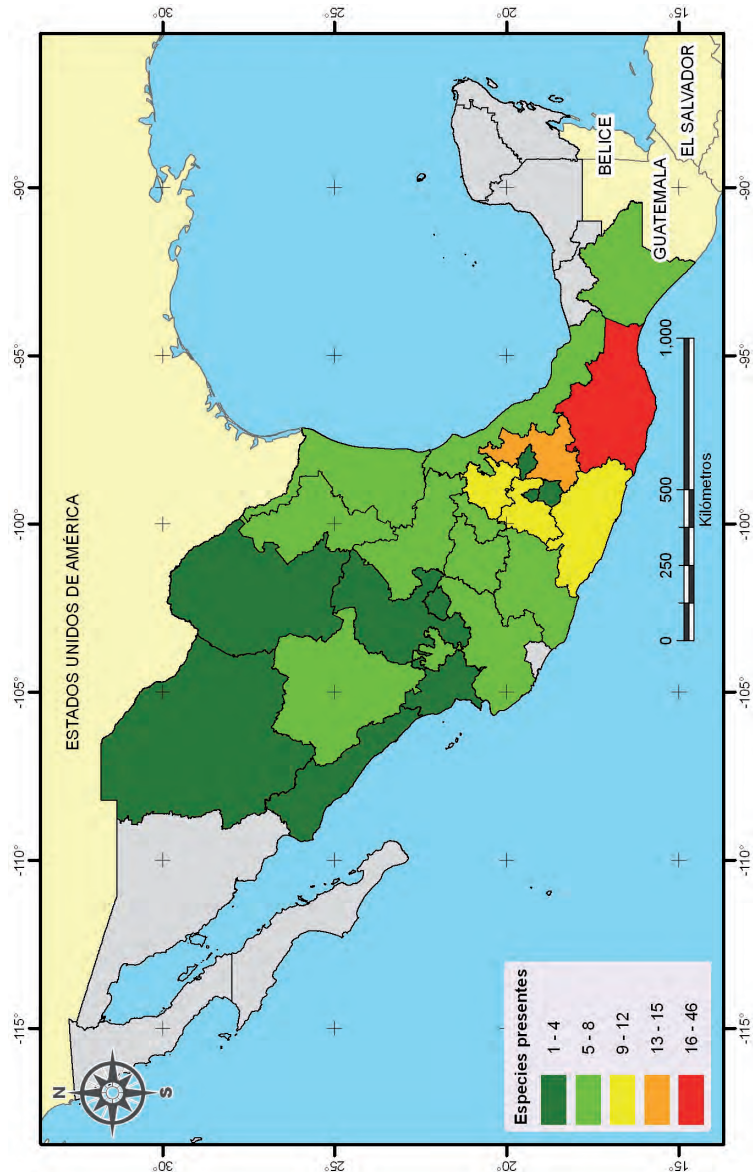


Mapa 2. Distribución geográfica del género *Echeveria*

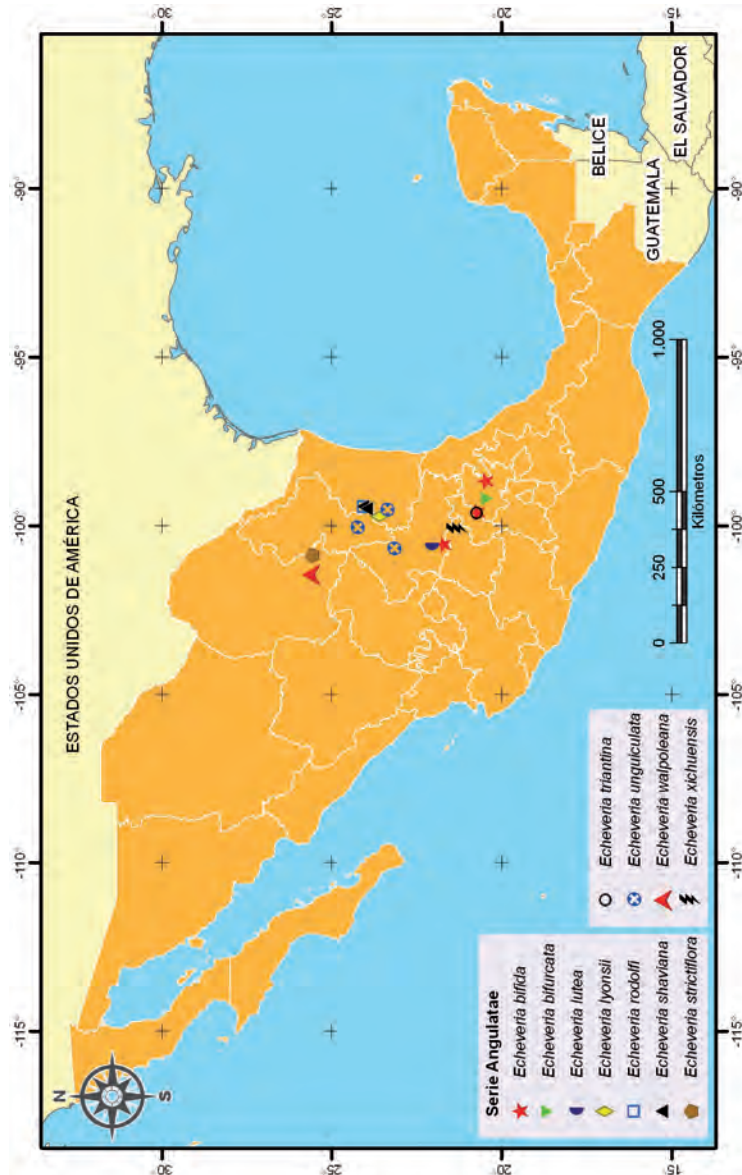


Mapa 3. Distribución nacional de la riqueza del género

Echeveria por estado

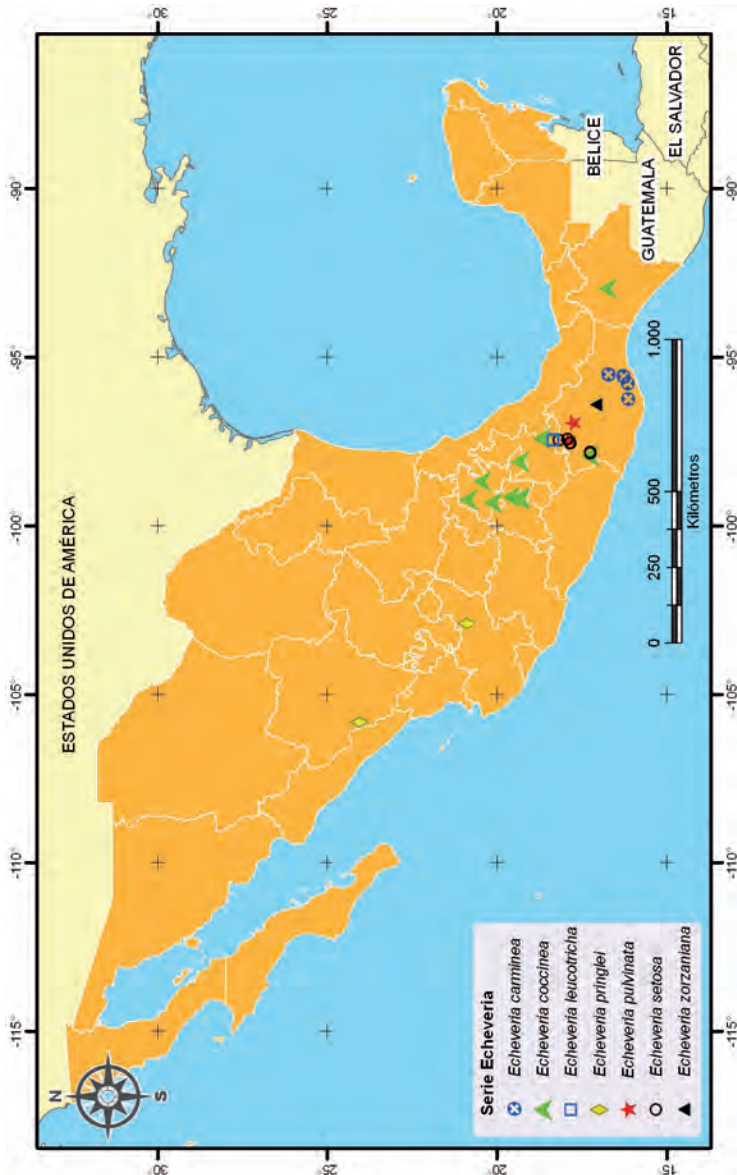


Mapa 4. Distribución nacional de la serie Angulatae

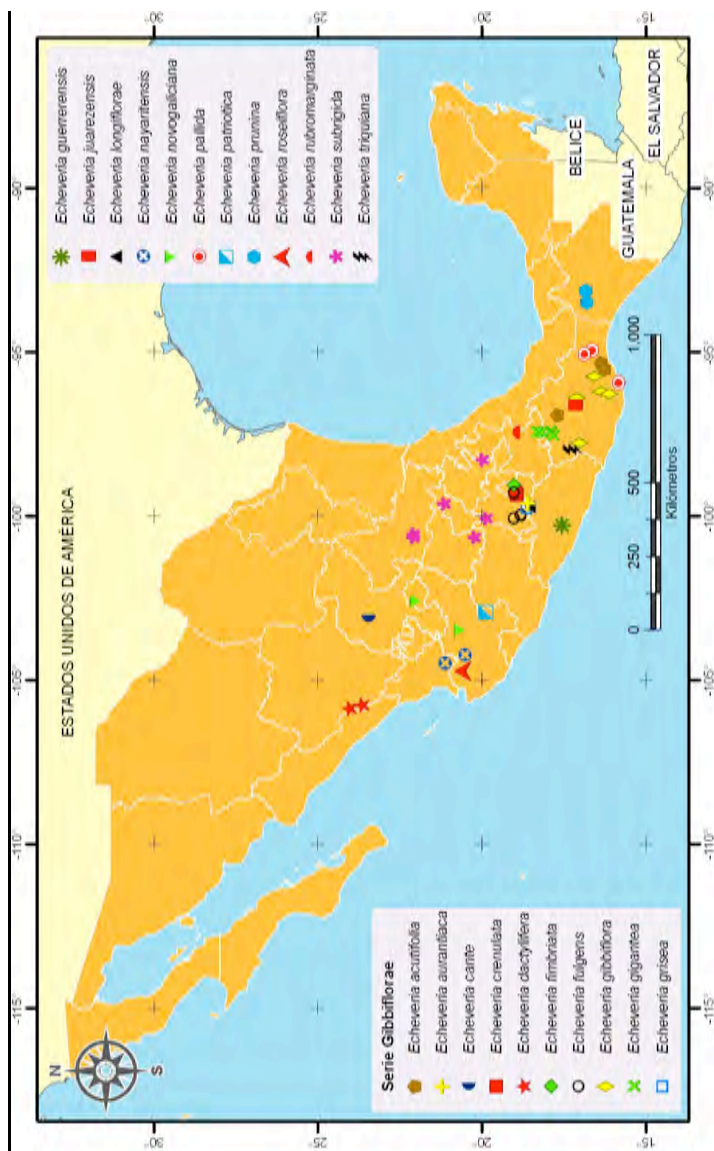


Mapa 5. Distribución nacional de las series Chloranthae,

Echeveria
Manual del perfil diagnóstico del género *Echeveria* en México

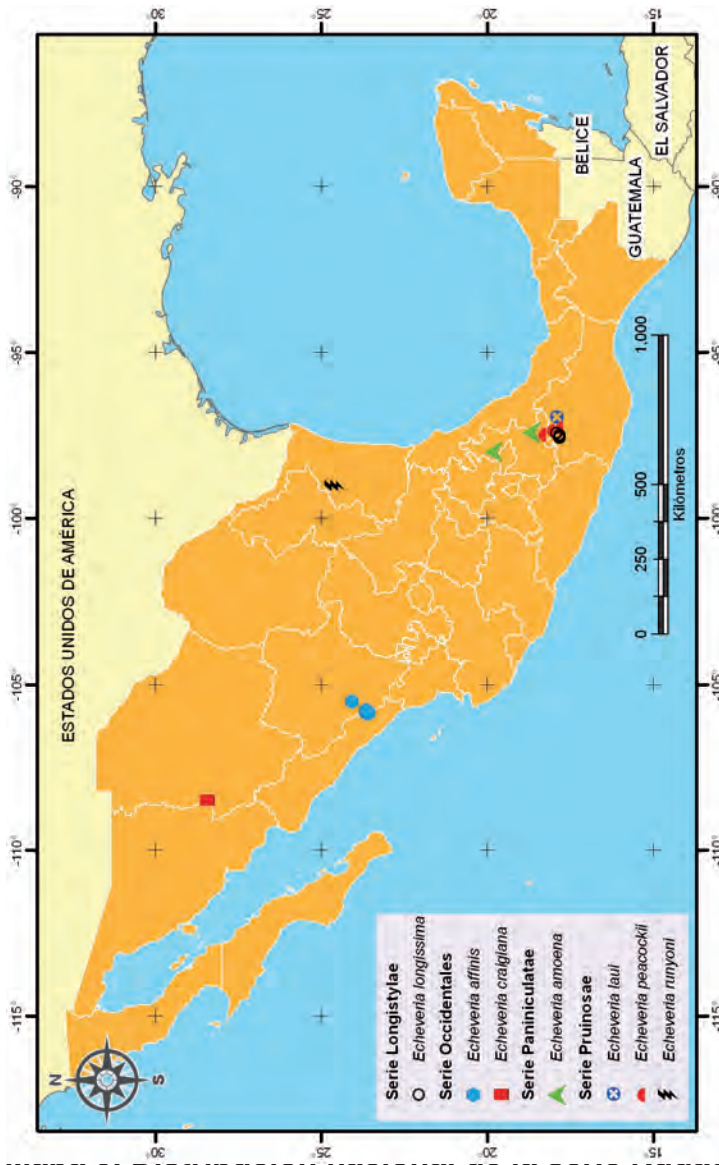


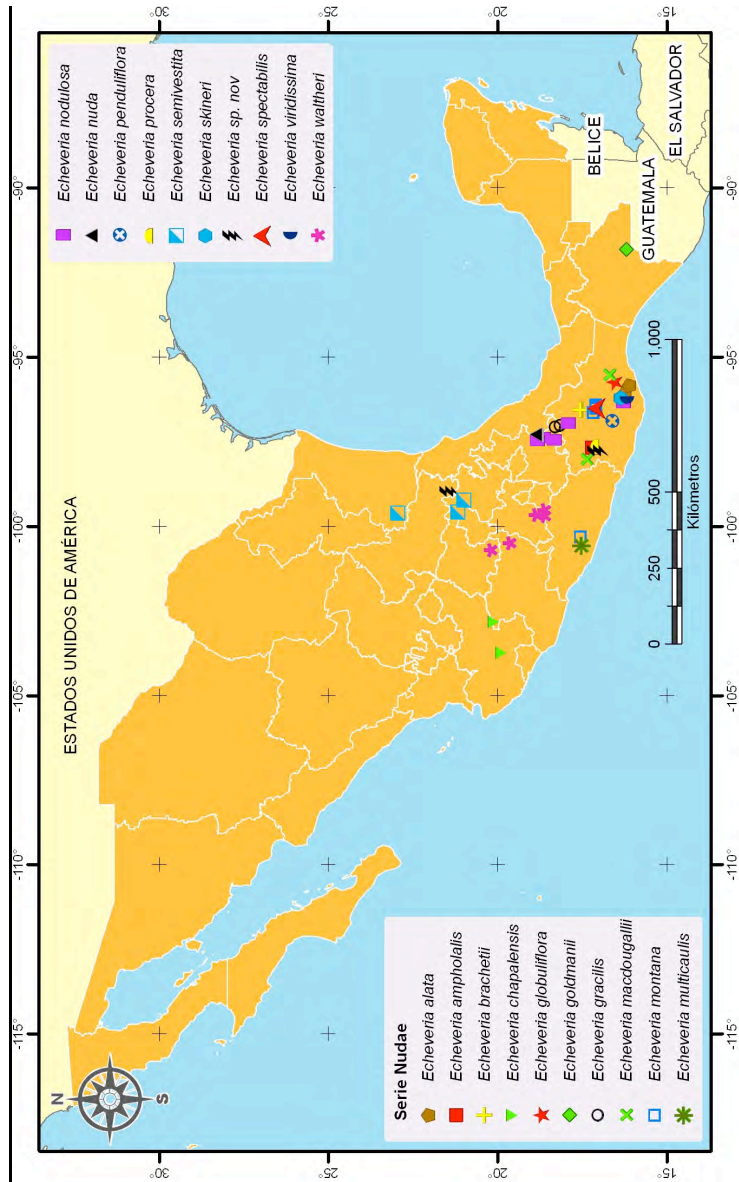
Mapa 7. Distribución nacional de la serie Gibbiflorae



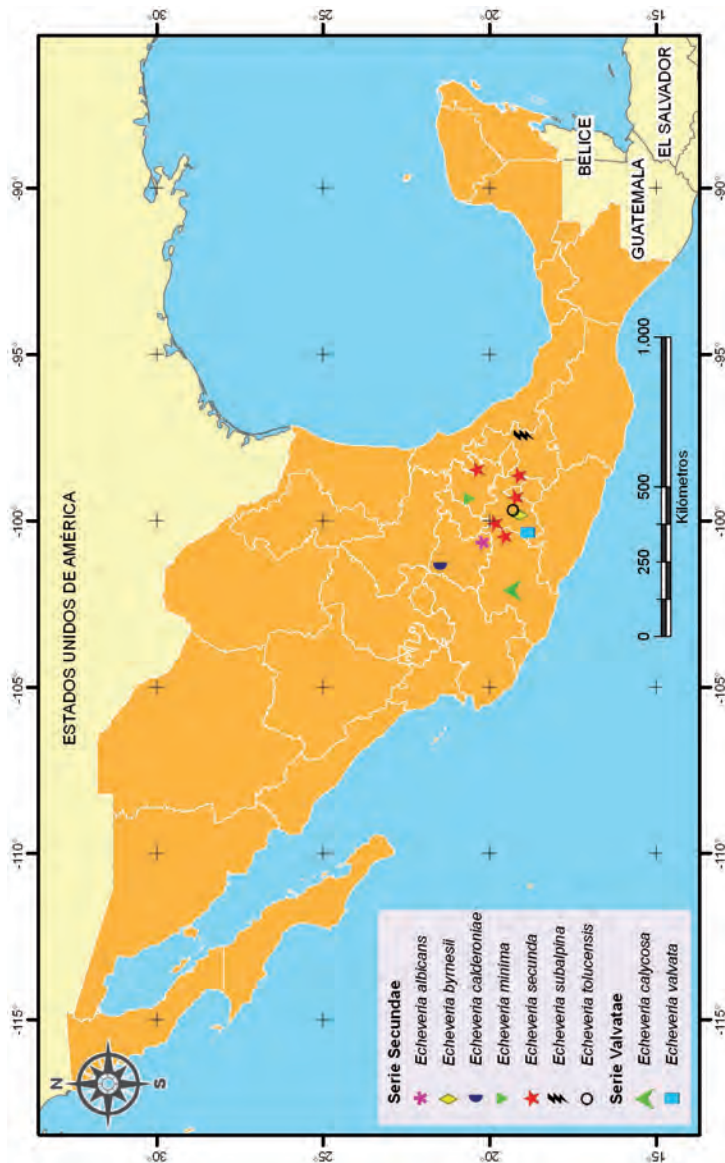
Mapa 8. Distribución nacional de las series Longistylae,

Occidentales, Paniniculatae y Pruinosaes

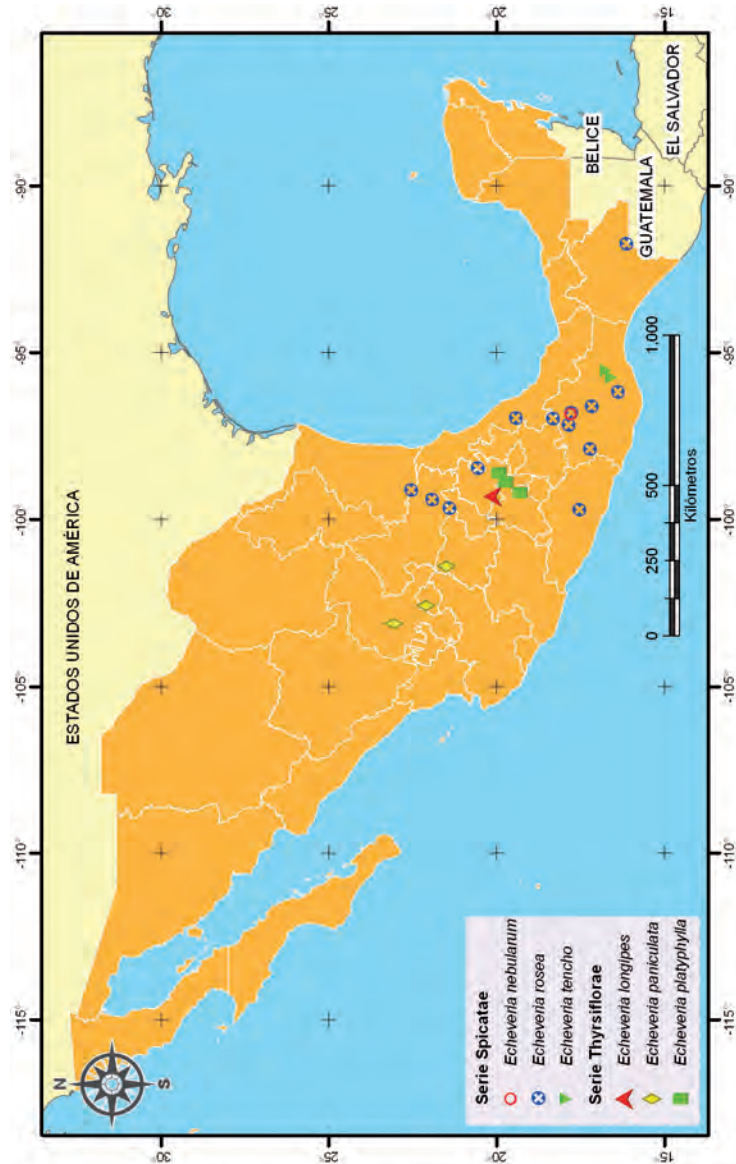




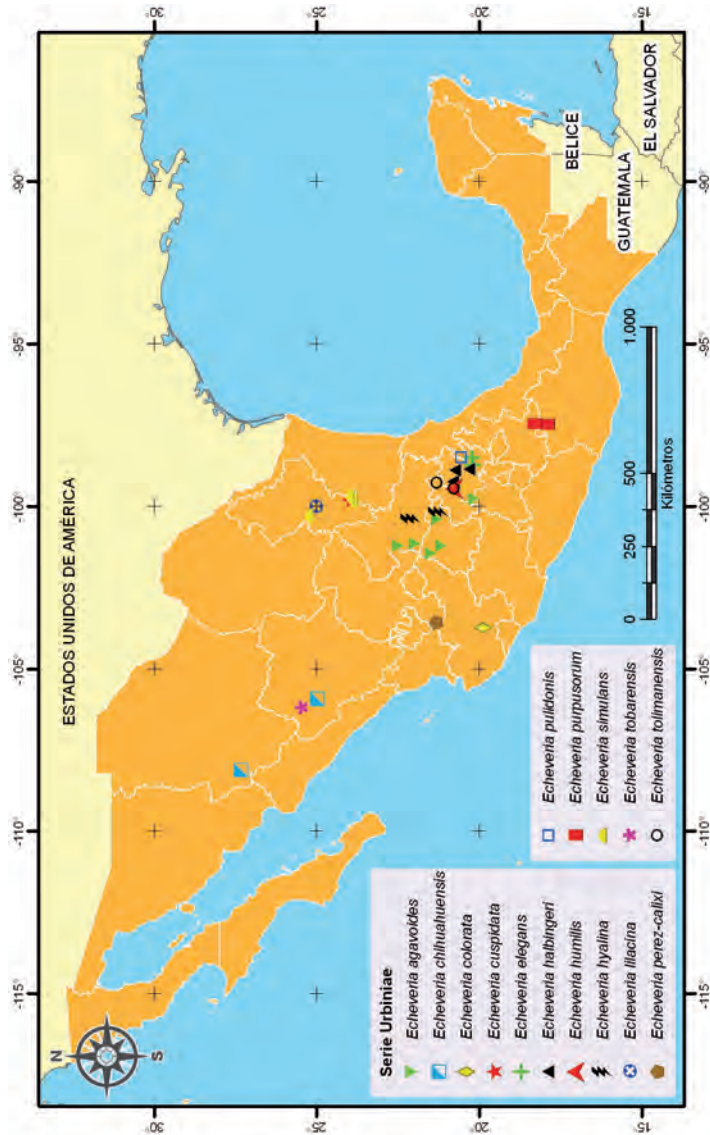
Mapa 10. Distribucion nacional de las series Secundae y Valvatae



Mapa 11. Distribución nacional de las series Spicatae y Thyrsoiflorae



Mapa 12. Distribución nacional de la serie *Urbinia*



i. Investigaciones sobre el género *Echeveria* en la biología molecular

Echeveria
Manual del perfil diagnóstico del género *Echeveria* en México

En el Instituto de Biología de la UNAM se está realizando investigación molecular con diversas especies del género *Echeveria* con el fin de generar un banco de datos con la secuenciación de ADN. La idea es asignarle un código de barras a cada especie para utilizarlo en la identificación *in situ* de manera práctica, eficiente y certera. El proyecto tiene por título “Código de barras genético en cinco grupos críticos de la flora de México” y esta financiado por CONABIO; asimismo se pretende crear una biblioteca de referencia de códigos de barras que incluya toda la colección de crasuláceas que posee el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Como parte de los proyectos de investigación de la Red de *Echeveria* se planea incorporar la aproximación conocida como “códigos de barras genéticos”, traducción aproximada del término anglosajón “DNA *barcoding*”. Esta aproximación, basada en técnicas de biología molecular y de bioinformática, fue inaugurada por Hebert *et al.* (2003) para especies animales y consiste en la secuenciación de fragmentos pequeños de alguno de los compartimentos genómicos de las células, –por ejemplo el gen codificante de la Citocromo Oxidasa I (COI) proveniente del ADN mitocondrial– pues funcionan como identificadores moleculares de especies. Estos fragmentos se comparan con la referencia que proporciona una base de datos de genes obtenidos de ejemplares previamente descritos y nombrados taxonómicamente por biólogos expertos. El DNA *barcoding* se vislumbra actualmente como una de las propuestas prometedoras que podrían ayudar a solucionar, en cierta medida, las clasificaciones taxonómicas.

La investigación en plantas ya ha demostrado que COI, la región mitocondrial preferida por los zoólogos, no es útil como fuente de códigos de barras moleculares. Sin embargo, después de años de proyectos piloto, un grupo de investigación internacional publicó una propuesta consensada donde se propone que dos regiones del genoma del cloroplasto –conocidas como *matK* y *rbcL*– funcionan razonablemente bien en varios taxa vegetales (CBOL PWG 2009). Por la complejidad de la evolución molecular de las plantas, la

propuesta de este grupo de científicos incluye un grupo de tres regiones genómicas complementarias.

A pesar de la diversidad de especies de *Echeveria* en México, la identidad taxonómica de algunas de ellas no está del todo clara. Esta situación ilustra la segunda utilidad potencial del DNA *barcoding*: el descubrimiento riguroso de nuevas especies. El proyecto de códigos de barras genéticos en *Echeveria* forma parte, de hecho, de una iniciativa más amplia que pretende construir una biblioteca molecular de referencia con los códigos de barras de todas las especies que forman parte de la Colección Nacional de Crassulaceae de México del IBUNAM. El objetivo central de este proyecto de investigación de largo plazo es el establecimiento del número exacto de especies de *Echeveria*, y de los demás géneros de crasuláceas del país, tomando en cuenta la información molecular de manera integrativa, es decir, en conjunto con los caracteres morfológicos y la procedencia geográfica. Este conocimiento seguramente será de utilidad para los diferentes frentes en los que la Red de *Echeveria* pretende avanzar.

Muestras de especies de *Echeveria* (incluidas en la NOM-059-ECOL-2001) que se han usado hasta la fecha para proyectos de investigación en el área de códigos de barras de ADN:

- 1.-*Echeveria amphoralis* (JE- 5600)
- 2.-*Echeveria longissima* (JE- 3741)
- 3.-*Echeveria longissima* (JE- 5593)
- 4.-*Echeveria longissima* (JE- 6351c)
- 5.-*Echeveria moranii* (JE- 6118)
- 6.-*Echeveria setosa* (JE- 5152)
- 7.-*Echeveria setosa* (JE- 5978)
- 8.-*Echeveria setosa* (JE- 6251d)

En el cuadro 4, se muestran las especies de *Echeveria* que han sido caracterizadas molecularmente según su región de ADN.

Cuadro 4. Especies de *Echeveria* caracterizadas molecularmente según

su región de ADN.

Especie	Número de colecta de Jerónimo Reyes (JE)
<i>Echeveria coccinea</i>	JE-5646
<i>Echeveria carminea</i>	JE-6283
<i>Echeveria zorzaniana</i>	JE-5218
<i>Echeveria nuda</i>	JE-5824
<i>Echeveria chapalensis (E. waltheri)</i>	JE-5070
<i>Echeveria multicaulis</i>	JE-5584
<i>Echeveria rosea</i>	JE-5635
<i>Echeveria rosea (chiapensis)</i>	JE-6099
<i>Echeveria nebulorum</i>	JE-5740
<i>Echeveria racemosa</i>	JE-5847
<i>Echeveria canaliculata</i>	JE-5374
<i>Echeveria penduliflora</i>	JE-5773
<i>Echeveria elegans</i>	JE-6345
<i>Echeveria agavoides</i>	JE-4588
<i>Echeveria purpusorum</i>	JE-6338
<i>Echeveria pulidonis</i>	JE-5640
<i>Echeveria cuspidata</i>	JE-5624
<i>Echeveria pinetorum</i>	JE-5991
<i>Echeveria crassicaulis (E. mucronata)</i>	JE-5354
<i>Echeveria mucronata</i>	JE-6102
<i>Echeveria platyphylla</i>	JE-6271
<i>Echeveria longissima</i>	JE-3909
<i>Echeveria longissima var. aztatlensis</i>	JE-3741
<i>Echeveria longissima var. brachyantha</i>	JE-5593
<i>Echeveria calycosa</i>	JE-5570
<i>Echeveria valvata</i>	JE-5563
<i>Echeveria secunda</i>	JE-6266
<i>Echeveria minima</i>	JE-5652

Especie	Número de colecta de Jerónimo Reyes (JE)
<i>Echeveria calderoniae</i>	JE-5196
<i>Echeveria halbingerii</i>	JE-4353
<i>Echeveria heterosepala</i>	JE-5813)
<i>Echeveria laui</i>	JE-6273
<i>Echeveria cuicatecana</i>	JPC 584
<i>Echeveria subsessilis (E. peacockii)</i>	JE-6272
<i>Echeveria subsessilis (E. peacockii)</i>	JE-6272
<i>Echeveria subsessilis (E. peacockii)</i>	JE-6272
<i>Echeveria lutea</i>	JE-5293
<i>Echeveria humilis</i>	JE-5506
<i>Echeveria xichuensis</i>	LG López 370
<i>Echeveria longipes</i>	JE-5650
<i>Echeveria affinis</i>	JE-6342
<i>Echeveria craigiana</i>	JE-6343
<i>Echeveria kimnachi</i>	JE-5131
<i>Echeveria amoena</i>	JE-6344
<i>Echeveria microcalyx</i>	JE-5848
<i>Echeveria cante</i>	JE-5246
<i>Echeveria dactylifera</i>	JE-6274
<i>Echeveria dactylifera</i>	JE-6274
<i>Echeveria dactylifera</i>	JE-6274
<i>Echeveria subrigida</i>	JE-5287
<i>Echeveria crenulata</i>	JE-5676
<i>Echeveria fulgens</i>	JE-6017
<i>Echeveria aff. fulgens</i>	JE-5614
<i>Echeveria longiflora</i>	JE-6013
<i>Echeveria gibbiflora</i>	JE-5666
<i>Echeveria gigantea</i>	JE-5151
<i>Echeveria semivestita</i>	JE-5309
<i>Echeveria cupreata</i>	JE-5774
<i>Echeveria roseiflora</i>	GAS-6740

Especie	Regiones o Genes	Fuente
<i>E. amoena</i> L. de Smet	ETS, ITS, <i>rps16</i>	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2008
<i>E. bifida</i> Schtdl.	ETS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2008
<i>E. cante</i> Glass & M. Mendoza-García	ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009
<i>E. chihuahuensis</i> von Poellnitz	ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009
<i>E. coccinea</i> (Cav.) DC.	ETS, ITS	Acevedo-Rosas <i>et al.</i> , 2004
<i>E. colina</i>	ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009
<i>E. colorata</i> E. Walther	ETS	Acevedo-Rosas <i>et al.</i> , 2004
<i>E. elegans</i> Rose	ETS, ITS	Acevedo-Rosas <i>et al.</i> , 2004
<i>E. fulgens</i> Lem.	ETS, ITS, <i>rpl16</i> , <i>trnL-F</i> , <i>matK</i>	Acevedo-Rosas <i>et al.</i> , 2004, Mort <i>et al.</i> , 2001
<i>E. gibbiflora</i> DC.	ETS, ITS, <i>rpl16</i> , <i>trnL-F</i>	Acevedo-Rosas <i>et al.</i> , 2004
<i>E. grisea</i> E. Walther	ETS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2008
<i>E. juarezensis</i> E. Walther	ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009
<i>E. longissima</i> E. Walther	ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009
<i>E. megacalyx</i> Walth.	ETS, ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2008, 2009
<i>E. montana</i> Rose	ETS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2008
<i>E. nodulosa</i> Otto	ETS, ITS, <i>rps16</i>	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2008
<i>E. nuda</i> Lindl.	ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009
<i>E. potosina</i> E. Walther	ETS, ITS	Acevedo-Rosas <i>et al.</i> , 2004
<i>E. pringlei</i> (S. Watson) Rose	ETS, ITS, <i>rpl16</i> , <i>trnL-F</i>	Acevedo-Rosas <i>et al.</i> , 2004
<i>E. prolifica</i> Moran & Meyrán	ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009
<i>E. pulvinata</i> Rose	ETS, ITS	Acevedo-Rosas <i>et al.</i> , 2004
<i>E. purpusorum</i> (Rose) Berger	ETS, ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009
<i>E. racemosa</i> Cham. & Schtdl.	ETS, ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2008, 2009
<i>E. rosea</i> Lindl.	<i>matK</i>	Mort <i>et al.</i> , 2001
<i>E. secunda</i> Booth	<i>matK</i>	Mort <i>et al.</i> , 2001
<i>E. setosa</i> Rose & Purpus	ITS	Acevedo-Rosas <i>et al.</i> , 2004
<i>E. simulans</i> Rose	ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009
<i>E. strictiflora</i> A. Gray	ITS	Carrillo-Reyes <i>et al.</i> , 2009

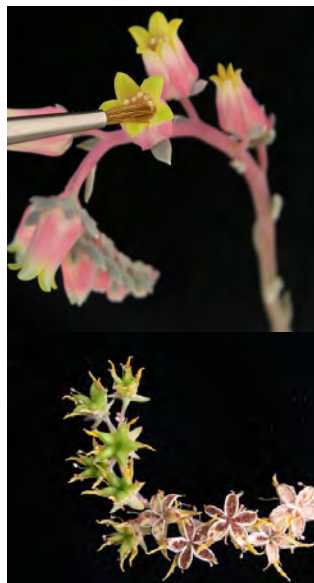
3. Propagación

En México, el cultivo y propagación del género *Echeveria*, se ha practicado de manera casera y empírica, por lo que la información disponible es mínima. Otros países, como Inglaterra y Australia, sí cuentan con un protocolo para reproducirlas, no obstante, debido a que las condiciones climáticas de esos sitios son diferentes a las de nuestro país, sólo se puede aplicar parcialmente. El siguiente texto se basa en la literatura existente, y en la práctica y experiencia generada por los que participan en la Colección Nacional de Crasuláceas y el programa de propagación del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

a. Propagación sexual

Para la obtención de semillas en invernadero es necesario contar al mismo tiempo con dos ejemplares de la misma especie en floración y trasladar el polen de la flor de una planta a la otra (polinización cruzada). Esto puede hacerse con la ayuda de un pincel fino de pelo o con pinzas; se frota el pincel en los estambres de una flor y se esparce en la punta del pistilo de la segunda. Sólo hay que observar que las flores estén lo suficientemente maduras para producir polen y recibir la fecundación; entonces se espera la formación y maduración de frutos para su posterior recolección y almacenamiento.

Para la propagación sexual es necesario contar con semillas que se hayan comprado, colectado u obtenido de las mismas plantas que uno posee. Las semillas se siembran en macetas, charolas o cajas de plástico transparente. El sustrato puede ser similar al que se usa para cultivar las plantas adultas, pero



Fotografías: Omar González Z.

cernido más fino, y tendrá que estar húmedo antes de esparcir las semillas sobre él, teniendo cuidado de distribuir las lo mejor posible sin saturarlo. Es necesario regarlo –por la parte de abajo– diariamente para mantener la humedad. Una vez ocurrida la germinación, se debe evitar que se seque, pues las plántulas son muy delicadas hasta los tres o cuatro meses. Debido a que las semillas son muy pequeñas no hay manera de manipularlas para su hidratación o desinfección, lo que hace difícil cualquier tratamiento pregerminativo; sólo se procura que se encuentren limpias para evitar la contaminación del cultivo.

También funciona sembrar en un contenedor e introducirlo dentro de una bolsa de plástico hermética para mantener la humedad constante y así reducir el riego. Sin embargo, para ello es necesario esterilizar el sustrato y aplicar un fungicida, ya que la humedad constante y encerrada ocasiona la proliferación de hongos que a la larga matan a las plántulas antes de que puedan desarrollarse. Para evitarlo se lava y desinfecta el contenedor con una solución de cloro o algún otro desinfectante; se esteriliza el sustrato en olla exprés, baño maría u horno de microondas, y se aplica como riego una solución de fungicida.

La germinación ocurre entre los ocho y diez días, aunque algunas semillas pueden tardar hasta uno o dos meses en germinar completamente. Mientras tanto habrá que continuar manteniendo la humedad constante. Aproximadamente de tres a seis meses después las plántulas estarán lo suficientemente grandes y tendrán hojas verdaderas, como las de una planta adulta. Para entonces se pueden transplantar a charolas o directamente en macetas para facilitarles el desarrollo. En este punto se recomienda aplicar fertilizante, pues entre más rápido adquieran tamaño tienen mayores posibilidades de sobrevivir.



b. Propagación vegetativa

Una de las grandes ventajas que presenta el género *Echeveria* es su reproducción vegetativa, es decir, por medio de hojas, tallos o hijuelos. La mayoría de las echeverias disponibles en el mercado son obtenidas de esta manera pues basta con tomar las ramas o los brotes de una planta y enraizarlos para conseguir nuevos ejemplares.

Se pueden obtener esquejes de plantas, que normalmente no se ramifican, mediante la técnica de decapitación, la cual consiste en eliminar la porción apical a través de algún daño físico para promover la formación de ramas.

Cuando las hojas de la roseta o de los tallos florales se separan con cuidado del tallo producen raíces y brotes en un corto tiempo. Sin embargo, no todas las echeverias lo permiten, por lo que el método más efectivo para propagarlas, en esos casos, seguirá siendo por medio de semillas.



Propagación por esqueje.



Propagación por hijuelos.



Propagación por hoja. Fotos: Omar González Z.

c. Cultivo

Dependiendo del lugar en el que se tengan (macetas, jardineras, en el suelo directo, en jardines de roca, en invernadero o en sombreaderos) las plantas desarrollarán sus formas y colores dependiendo de que tanta exposición tengan al sol. La ubicación de la planta con respecto a la luz es el factor más importante para determinar su salud y apariencia.

La mayoría de las echeverias provienen de bosques donde, al menos por algunos meses, existe una humedad relativamente elevada y la vegetación circundante les provee de sombra. Aquellas que provienen de sitios más elevados y fríos sufrirán al mantenerlas en invernadero o en sitios muy cálidos, pues necesitan condiciones más frescas, como una simple estructura que sostenga una malla de sombra. Otras, más robustas o grandes pueden quedar completamente expuestas al sol sin problema y precisamente por eso desarrollan sus colores y formas más vistosos.

Sustratos

En cada lugar existen diferentes materiales disponibles. Para elegir el tratamiento adecuado hay que tener en cuenta la ubicación particular de la colección, el tipo de sustrato y la especie.

En general las crasuláceas pueden vivir en cualquier tipo de sustrato sin ningún problema siempre y cuando se tengan en consideración ciertos puntos. Es posible utilizar tierra lama, de hoja o negra; composta; *peat moss* o turba; fibra de coco o cualquier mezcla de las anteriores, y a su vez incorporarla con un material inerte y ligero, como gravilla, tepojal, tezontle, agrolita o vermiculita, para proporcionar a la planta un sustrato aireado y bien drenado.



Ejemplo de sustrato preparado.

Foto: Omar González Z

El exceso de humedad es una de las causas más comunes de muerte por pudrición, ya que la retención de agua promueve el desarrollo de hongos y la compactación del sustrato evita el desarrollo libre y saludable de las raíces.

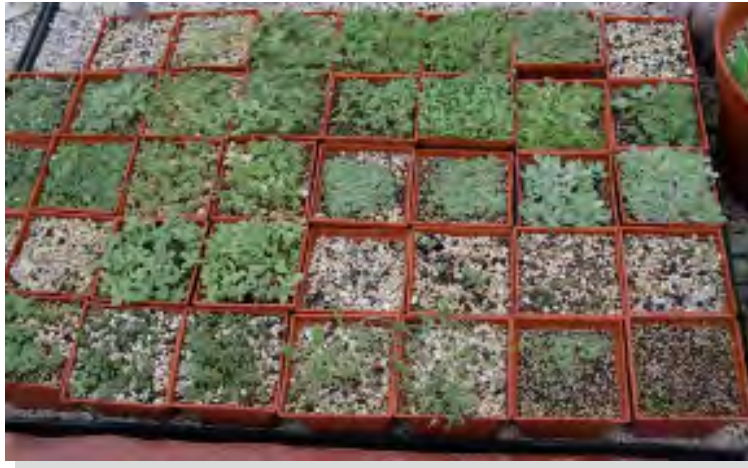
Como regla general puede utilizarse una mezcla de 25% de tierra de hoja, 25% de tierra negra bien descompuesta y cernida, y 50% de material inerte. Normalmente se recomienda el uso de tepojal pues es muy ligero, limpio y completamente inerte. El tezontle funciona pero es más pesado; la agrolita y vermiculita son materiales muy buenos, aunque excesivamente ligeros, por lo que conviene revolverlos con otros más pesados hasta obtener la consistencia adecuada.

El sustrato ideal debe contener suficientes nutrientes para mantener a la planta, por lo menos durante un año y sobre todo contar con el drenado adecuado para evitar la acumulación de agua al interior de la maceta.

Contenedores y macetas

Las especies del género *Echeveria* se han cultivado tradicionalmente en jardines comunes y jardines de roca, especialmente en aquellos con espacio limitado en el suelo. Esto asemeja mucho las condiciones naturales en donde crecen, es decir en pendientes rocosas ligeramente sombreadas y húmedas. Es posible también promoverlas en camellones y camas de cultivo.

Las echeverias se pueden cultivar perfectamente en macetas. Aunque las macetas de barro son más atractivas para patios y jardines, tienen la desventaja de ser frágiles, pesadas y más importante aun, el sustrato se seca rápido y tienden a acumular sales con el tiempo. Para una colección grande lo más recomendable son las macetas de plástico, pues son ligeras, económicas, y se prestan más para la propagación y el trasplante continuo, ya que además pueden manipularse de manera que no lastimen las raíces de las plantas.



Es importante seleccionar el tamaño óptimo del contenedor, una maceta pequeña limitará el crecimiento de las plantas de talla mayor, mientras que una maceta grande para plantas de porte pequeño será un desperdicio, además de que guardará la humedad por más tiempo con las consecuencias que eso acarrea.

Riego

El riego puede darse una vez a la semana en temporada de calor y cada dos semanas en temporada fría. Si se tienen plantas más pequeñas o especies menos suculentas puede ser necesario regar cada tercer día. Las especies con hojas más gruesas pueden tolerar mucho tiempo la falta de riego mientras que las de hojas delgadas habrá que regarlas más frecuentemente.

Fertilizantes

Las echeverias responden muy bien a la fertilización e incluso es recomendable, si se utilizan sustratos pobres en materia orgánica. Se recomiendan fertilizantes balanceados aplicados con moderación, o bien con bajo contenido en nitrógeno para evitar el agrandamiento excesivo de las plantas, lo que también implica

un debilitamiento de la salud. Es muy importante que las plantas que se fertilicen regularmente reciban una buena cantidad de luz para mantener un crecimiento uniforme y saludable.

Plagas y enfermedades

La plaga más frecuente en las echeverias es la cochinilla algodonosa o cochinilla harinosa que se aloja en la base de los tallos y entre las hojas secas, pero también se le puede encontrar en el ápice de las plantas o en las raíces. Para controlarla se pueden aplicar algunos insecticidas, especialmente sistémicos, lo cual garantizará el control de las plagas en todas las partes de la planta. También se pueden emplear insecticidas orgánicos que son menos tóxicos, pero hay que aplicar más dosis para controlar a la plaga adecuadamente.

En algunas especies menos suculentas principalmente durante las temporadas de poca humedad y mucho calor, puede aparecer la araña roja, por ello conviene mantener la humedad relativa elevada.

Muchas plantas presentan durante la floración una infestación de pulgones, pues la gran cantidad de néctar que producen algunas flores atrae a estos áfidos, especialmente si las plantas se encuentran en el exterior; para controlarlo se puede utilizar un insecticida piretroide, algún insecticida de uso comercial en aerosol para plantas de jardín, algún insecticida orgánico o bien un poco de agua jabonosa.



Plaga por tlaconetes

El mayor peligro para las crasuláceas, especialmente si se tienen en el exterior, son las pequeñas orugas de mariposa (lepidópteros). Que pueden devastar una colección de plantas en cuestión de días. Las orugas penetran fácilmente a la planta y la devoran internamente. Para controlarlas es necesario mantener a las plantas vigiladas y eliminar a las orugas. Ciertos insecticidas en aerosol comerciales, insecticidas orgánicos y los piretroides funcionan bien; también se puede hacer un control biológico con una bacteria parásito de las orugas (*Bacillus thuringensis*), pero hay que mantener la humedad elevada para que funcione correctamente.

La mosca negra, mosco fungoso o *fungus gnat* es un peligro cuando está en estado larval porque daña las raíces de las plantas, especialmente de las plántulas, y puede arruinar por completo el cultivo en poco tiempo. Los caracoles y babosas, que proliferan en sitios húmedos y temporadas de lluvia, consumen las hojas jóvenes y brotes tiernos. En lo que respecta a las enfermedades, se han presentado casos de ataques de hongos y bacterias (*Fusarium*, *Botrytis*, *Erwinia*) cuando la humedad es muy alta, especialmente en ambientes cerrados o con poca ventilación.

d. Invernaderos y viveros

Invernaderos

A pesar de que un invernadero es, aparentemente, una infraestructura un tanto sencilla, debe proyectarse a futuro. El mayor problema que enfrentan los invernaderos es el espacio, pues la mayoría de ellos tarde o temprano padecen precisamente de él, por ello se debe contemplar prospectivamente cómo optimizarlo, ya sea contando con terreno suficiente y adecuado o bien adquiriendo mesas diseñadas para lograr una mejor distribución.



E. laui (Invernadero)

Es importante que un invernadero contemple no sólo el espacio, sino también las áreas de trabajo y los lugares donde estarán asignadas las plantas en cada una de sus fases de crecimiento.

El invernadero es, pues, una inversión costosa para los productores quienes generalmente terminan improvisando en sus espacios. Y aunque esto no siempre afecta a la planta, ya que es apta para tolerar ciertos cambios, también es cierto que esta situación puede propiciar que estén más expuestas a las plagas y, por consecuencia, disminuyan su calidad.

Viveros

El vivero es un conjunto de instalaciones cuyo propósito es la producción de plantas con los cuidados necesarios y las condiciones propicias para lograr un buen desarrollo.

Las plantas tienen mayores probabilidades de supervivencia y adaptación cuando se les trasplanta a su lugar definitivo, ya que esto permite prevenir y controlar los efectos de los depredadores y las enfermedades que dañan a las plántulas en su etapa de mayor vulnerabilidad.

Los viveros funcionan como fuente de producción aunque también podrían ser sitios de investigación donde se experimentara con las especies nativas de interés para propiciar la formación de bancos temporales de germoplasma y plántulas oriundas, que posibilitaran su caracterización, selección y manejo. Esto permitiría diseñar, conocer y adecuar las técnicas para la propagación masiva de estas especies. Además, en los viveros también podrían actuar como sitios de capacitación de donde surgirían los promotores de estas mismas técnicas.



Cultivo en Villa Guerrero
Estado de México (vivero).

Ubicación, drenaje y suelo del vivero

Al establecerse un vivero deben considerarse cuatro puntos principales: el acceso al vivero, el suministro de agua, su orientación en el terreno y la topografía de éste. De los dos últimos aspectos depende, en gran parte, el buen drenaje del vivero y que se minimice la erosión. El drenaje también depende de la textura del suelo del lugar, por lo que debe cuidarse su relación con la pendiente del sitio. En suelos de textura fina la pendiente deberá ser suave (de dos a tres por ciento) mientras que en el caso de suelos arenosos y profundos se recomienda nivelar el terreno.



Villa Guerrero Estado de México (cultivo extensivo).

La textura del suelo, además de regular el drenaje y la erosión, deberá facilitar la extracción de las plántulas y promover el crecimiento vegetativo. Un suelo bien drenado asegura su aireación, por lo que es conveniente verificar que no existan capas endurecidas en los primeros 20 centímetros.

Clima

Es muy importante conocer las especies que se encuentran adaptadas a las condiciones climatológicas que prevalecen en la zona donde se establecerá el vivero; asimismo, es necesario contar con los registros climáticos que indiquen

las épocas de riesgo, las heladas y sequías, así como la cantidad y distribución del período de lluvias. Estos datos pueden ser complementados o sustituidos con la información que los habitantes de la zona manejan tradicionalmente. Con base en dicha información se logra planear el momento adecuado para llevar a cabo las labores del vivero (siembras, trasplantes, podas, fumigaciones, etcétera).

Abastecimiento del agua

Los viveros siempre necesitan agua y aunque las echeverias no requieren de riego frecuente, es necesario asegurarse que el lugar donde se establezca el vivero cuente con un suministro constante del líquido.

4. Importancia del género *Echeveria*

Una parte medular del Perfil del Diagnóstico en el género *Echeveria* es la importancia económica. Con este estudio ahora sabemos quiénes, cómo y cuánto se produce para cubrir la demanda, así como las especies que faltan por comercializar y su potencialidad. Otro aporte del mencionado estudio es el planteamiento de ciertas estrategias para que los productores puedan competir con otras naciones y que sea verdaderamente una fuente permanente de trabajo e ingreso para las comunidades. Un aspecto más que arroja el perfil de diagnóstico es que deja al descubierto la falta de estudios sobre la ecología de este género; pues a pesar de que juega un papel importante como planta pionera, regeneradora de suelo y portadora de alimento, tanto para insectos como para aves, no se le da la suficiente importancia.

a. Importancia económica

En los últimos años las especies del género *Echeveria* se han convertido en una fuente relevante para obtener ingresos económicos, por ello se han creado viveros como Cuthá, en Zapotitlán Salinas, Puebla; CANTE en San Miguel de Allende, Guanajuato; Cactus de México; Succumex en el D.F.; La Biznaga en Tulancingo, Hidalgo; Quinta Schmoll en Querétaro, y Tenango de las Flores y Necaxa en la Sierra Norte de Puebla.

Es probable que existan otros viveros más pequeños que no se han detectado y que produzcan especies de *Echeveria* de alto valor estético fuera de lo común y por lo tanto de alto valor comercial; sin embargo, dichos viveros enfrentan una problemática constante, pues además de que necesitan cubrir la demanda, deben cuidar la calidad y contar con estándares para poder operar adecuadamente. Por ejemplo, el comprador espera que todas las plantas tengan el mismo diámetro y que no tengan daños físicos ni presenten plagas y enfermedades; lo que implica un costo de mantenimiento más alto, por tales razones los viveros pequeños, tienen una producción y venta limitada y local. Es indudable que existe un mercado potencial para las echeverias, y también

que hay gente interesada en propagarlas y un mercado a gran escala donde distribuir las. La Red de Echeveria debe ayudar a articular estos dos ejes para que ambos resulten económicamente beneficiados, sobretodo en la recuperación y estabilidad de las plantas en su hábitat natural. Para ello es necesario:

- Dotar de infraestructura adecuada a los viveros e invernaderos especializadas en la producción de *Echeveria*.
- Crear un centro de producción de semillas y plántulas para abastecer a los viveros especializados en la producción de las distintas especies del género.
- Diversificar la producción.
- Dotar de capacidad técnica a los productores para el cultivo adecuado de las plantas, mantenimiento y todo lo referente a aspectos fitosanitarios.
- Desarrollar capacidades para la exportación.
- Fomentar viveros en lugares donde existe alta riqueza biológica, en particular del género de *Echeveria*.
- Estandarizar los precios entre todos los productores.

De esta forma estamos convencidos de que los productores estarán a la altura de las demandas competitivas, además de proveer de fuentes de trabajo y oportunidades de negocio a muchas personas en sus comunidades.

Aprovechamiento

En la actualidad el aprovechamiento de echeverias como plantas de ornato ocurre en todo el mundo; entre los países con tradición en su cultivo están: Inglaterra, Estados Unidos de Norteamérica, Alemania, y recientemente Australia, Japón y Corea del Sur. En México se aprovechan de manera general como plantas de ornato en macetas y en jardineras.

Producción

Son escasos los viveros que cultivan y producen ejemplares del género *Echeveria* para su venta y que además cuentan con registro de UMA (Unidad de

Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre). Entre ellos destacan el Jardín Botánico de la UNAM y los viveros La Biznaga de Tulancingo; Succusmex; Cuthá de Zapotitlán de las Salinas, Puebla; La Iberia, de la Fundación Cuicatlán A.C., en Oaxaca, y el de Floraplant en Morelos, los cuales surten de manera limitada al mercado nacional e internacional pues su producción no rebasa los diez mil ejemplares al año.

Aunque hay un mercado creciente, se carece de la infraestructura para abastecerlo: en los últimos tres años han venido a México viveristas de Corea del Sur en busca de especies del género *Echeveria*, pero sólo las encuentran de manera ocasional propagadas de forma casera en pequeños viveros.

Existen numerosos viveros pequeños, que se concentran principalmente en la Sierra Norte de Puebla, como son Necaxa y Tenango de las Flores, donde se producen ejemplares de *E. elegans*, *E. setosa*, *E. secunda* y *E. agavoides*. Es probable que la mayoría de las plantas sean colectadas de su hábitat natural para su procesamiento en estos sitios y transportadas a muchos centros de comercialización, como los mercados de Madreselva, Cuemanco y Xochimilco en el Distrito Federal.



Producción de *Echeveria colorata* y *E. cante* en la UNAM.

De ahí que el proyecto de propagación y cultivo de cactáceas y suculentas del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México se encamine a la preservación y protección de las crasuláceas, incluidas las echeverias, principalmente las de origen mexicano. Con este tipo de actividades

se trata de incentivar a la sociedad para que adquiriera su planta favorita en viveros legalmente autorizados y evitar los establecimientos informales e ilegales.

b. Especies infrautilizadas con potencial de aprovechamiento

Diversas echeverias han sido históricamente preferidas por los cultivadores, principalmente del extranjero. Sin embargo, en nuestro país no se tiene la educación por el cultivo de estas plantas y se extraen directamente de su hábitat natural. Por la belleza de sus hojas dispuestas en rosetas, lo llamativo de sus inflorescencias y su resistencia, son varias las especies que se pueden aprovechar en floricultura. En el cuadro 5 se enlistan algunas de ellas.

Cuadro 5. Especies aprovechables en floricultura

No.	Especies	No.	Especies	No.	Especies
1	<i>E. affinis</i> E. Walther	11	<i>E. fulgens</i> var. <i>fulgens</i> Lemaire	21	<i>E. longissima</i> var. <i>longissima</i> E. Walther
2	<i>E. agavoides</i> Lemaire	12	<i>E. fulgens</i> var. <i>obtusifolia</i> (Rose) Kimnach	22	<i>E. longissima</i> var. <i>aztatlensis</i> J. Meyrán
3	<i>E. alata</i> Alexander	13	<i>E. gibbiflora</i> DC	23	<i>E. megacalyx</i> E. Walther
4	<i>E. bella</i> Alexander	14	<i>E. gigantea</i> Rose & Purpus	24	<i>E. nayaritensis</i> Kimnach
5	<i>E. calderoniae</i> Pérez-Cálix	15	<i>E. globosa</i> Moran	25	<i>E. nodulosa</i> Otto
6	<i>E. cante</i> Glass & Mendoza-García	16	<i>E. harmsii</i> J. F. Macbride	26	<i>E. nuda</i> Lindley
7	<i>E. colorata</i> E. Walther	17	<i>E. juarezensis</i> E. Walther	27	<i>E. patriotica</i> L. García & Pérez-Cálix
8	<i>E. cuicatecana</i> J. Reyes, J. Pérez & Brachet	18	<i>E. laui</i> Moran & J. Meyran	28	<i>E. perezcalixii</i> Jimeno-Sevilla & P. Carrillo
9	<i>E. dactylifera</i> E. Walther	19	<i>E. longiflora</i> E. Walther	29	<i>E. pilosa</i> J. A. Purpus
10	<i>E. elegans</i> Rose	20	<i>E. longiflora</i> E. Walther	30	<i>E. scheeri</i> Lindley

No.	Especies	No.	Especies	No.	Especies
31	<i>E. secunda</i> Booth	36	<i>E. setosa</i> var. <i>oteroi</i> Moran	41	<i>E. valvata</i> Moran
32	<i>E. setosa</i> var. <i>setosa</i> Rose & Purpus	37	<i>E. spectabilis</i> Alexander	42	<i>E. viridissima</i> E. Walther
33	<i>E. setosa</i> var. <i>ciliata</i> (Moran) Moran	38	<i>E. subalpina</i> Rose & Purpus		
34	<i>E. setosa</i> var. <i>deminuta</i> J. Meyran	39	<i>E. subrigida</i> (Robinson & Seaton) Rose		
35	<i>E. setosa</i> var. <i>minor</i> Moran	40	<i>E. uhlii</i> J. Meyrán		

c. Usos actuales y potenciales del género

En México y en el mundo el uso más generalizado de las echeverias es como planta de ornato. Algunas especies son extraídas de su entorno natural para cultivarlas de manera casera y formar parte de colecciones particulares.

Los países que producen más especies para exportación son Australia, Estados Unidos de Norteamérica e Inglaterra. Sin embargo, el país con mayor demanda internacional es Corea del Sur. En Australia los horticultores se han especializado en crear híbridos muy llamativos para el mercado asiático. Es irónico que México, con la mayor riqueza de especies, no figure en las listas de países productores de echeverias, pero no es demasiado tarde para ello ya que cuenta con el material biológico y el clima idóneo para su cultivo.



Envoltura correcta para exportación

Hay tres maneras en las que México puede ingresar y competir en la producción de echeverias:

1. Los productores mexicanos deben aprovechar las especies que son más difíciles de cultivar en el extranjero, como *E. colorata*, *E. dactylifera*, *E. uhlii*, *E. longissima*, *E. lilacina*, *E. mondragoniana* y *E. subcoymbosa*, o especies para flor de corte, como *E. spectabilis*, *E. zorzaniana*, *E. harmsii* y *E. carminea*, por mencionar algunas. El mayor problema en esos países es el clima, por lo que deben invertir en complejas y costosas infraestructuras, por ello prefieren venir periódicamente a México a comprar plantas o rentar terrenos para cultivarlas.
2. Algunos viveros mexicanos cuentan con material biológico para la obtención de híbridos únicos, un recurso que no se encuentra en otros países. Los híbridos entre *Echeveria laui* y *Echeveria cante* o *E. laui* con *E. shaviana* han producido ejemplares altamente cotizados. Ésta es una excelente oportunidad para comercializarlos tanto nacional como internacionalmente.
3. Otra gran industria que consume y demanda plantas del género *Echeveria* son los proyectos de azoteas verdes y paredes verticales. Es un mercado emergente que requerirá cientos de miles de ejemplares. Ya se tienen probadas algunas especies resistentes a las condiciones climáticas de la Ciudad de México y algunas de ellas son específicas para las azoteas, como *Echeveria agavoides*, *E. cante*, *E. elegans*, *E. gigantea*, *E. gibbiflora* y *E. pallida*, sin embargo, aún falta producir híbridos resistentes a la prolongada sequía y a las heladas.



Echeveria cante (azotea verde)

Existe un campo muy amplio de usos potenciales; por ejemplo, la cera que producen varias especies de este género puede ser utilizada como bloqueador y protector solar contra las temperaturas extremas. Es muy probable que en un futuro no muy lejano algunas propiedades de las crasuláceas se utilicen en la industria farmacéutica.

d. Importancia social

Aunque la mayor importancia con que cuenta el género es la hortícola, existen algunos reportes aislados de especies que son usadas en la medicina tradicional: *E. secunda* se usa en el tratamiento de la amigdalitis en el estado de Hidalgo mientras que *E. gigantea* se emplea para la limpieza de los dientes en la Mixteca Alta (Meyrán y López, 2003). Otro uso ampliamente difundido, aunque es más común en el centro de México, ocurre durante las fechas navideñas, cuando varias especies son usadas para la elaboración de nacimientos. La mayoría de estas plantas provienen de poblaciones silvestres y son colectadas y vendidas en mercados locales (Cabrera-Luna *et al.*, 2007); *Echeveria agavoides* y *E. elegans* son de las más atractivas para los consumidores. Desafortunadamente no existen estudios que evalúen el impacto de esta actividad.

Cuadro 6. Algunas especies de echeverias utilizadas en fiestas navideñas

Especie	Estado	Fuente
<i>E. acutifolia</i> Lindley	Oaxaca	Meyrán y López, 2003
<i>E. agavoides</i> Lem.	Michoacán y Querétaro	Pérez-Cálix, obs. pers.; Cabrera-Luna <i>et al.</i> , 2007
<i>E. colorata</i> E. Walther	Jalisco	Carrillo-Reyes, obs. pers.
<i>E. gibbiflora</i> DC.	Morelos	García-Lara, com. pers.
<i>E. rubromarginata</i> Rose	Querétaro	Cabrera-Luna <i>et al.</i> , 2007
<i>E. secunda</i> Booth	Querétaro, D.F. y Edo. de México	Chávez, 1998; Cabrera-Luna <i>et al.</i> , 2007 y Reyes, 2010, (com. pers.).
<i>E. elegans</i> Rose	Hidalgo	Reyes, 2010, (com.pers.).
<i>E. setosa</i> Rose & Purpus	Oaxaca, D.F. y Puebla	Reyes, 2010, (com.pers.)

e. Importancia ecológica

El papel que desempeñan las crasuláceas dentro de las comunidades es aún desconocido. Generalmente son excluidas de los estudios ecológicos por tratarse de “pequeñas herbáceas”, subarbustos o arbustos. No se consideran muy relevantes en la red de interacciones bióticas que se desarrollan en las comunidades, y aunado a esto, una gran proporción de especies de *Echeveria* se establece en sitios abiertos, aparentemente independiente de los componentes vegetales que son considerados de mayor importancia por su abundancia, biomasa y cobertura. Tampoco se ha documentado la magnitud de las relaciones que tienen con otras especies.

Entre las principales funciones ecológicas del género *Echeveria* y de otras crasuláceas se encuentran que muchas pueden considerarse pioneras en el proceso de sucesión ecológica pues son de las primeras plantas en colonizar los espacios originados por disturbios ambientales y/o antropogénicos, ya que son muy eficientes en el aprovechamiento los recursos que, en esta primera etapa, tienen una disponibilidad reducida. Las crasuláceas contribuyen en las primeras etapas de la sucesión a la formación de suelo (pedogénesis), fragmentado la roca, añadiendo materia orgánica y reteniendo el suelo recién formado (Martínez, 2009).

Otra gran proporción de las especies se desarrolla en comunidades más complejas y en etapas más avanzadas en el proceso de sucesión, donde la competencia interespecífica es más intensa. A pesar de ello, las crasuláceas dependen de otros componentes vegetales y animales para su establecimiento, y su supervivencia depende—por ejemplo—de la protección a la insolación que le provean otras especies, así como de la creación de microambientes para la germinación y establecimiento de las plántulas. Estas facilidades están dadas principalmente por arbustos en zonas áridas y semiáridas y por especies arbóreas en zonas templadas. En ocasiones el papel se invierte y las crasuláceas de porte arbustivo, como algunas especies de *Echeveria* y *Sedum*, realizan la función de nodriza, facilitando el establecimiento de otras crasuláceas u otros grupos taxonómicos.

Las crasuláceas, al igual que otras angiospermas, mantienen una relación estrecha con los polinizadores de los que dependen para realizar la polinización cruzada, que se realiza aleatoriamente; este mecanismo asegura mantener la diversidad genética en las poblaciones, pues en teoría reduce la depresión por endogamia causada por cruzamientos con parientes cercanos o por autofecundación. En la interacción entre polinizadores y crasuláceas ambos reciben un beneficio mutuo (mutualismo), ya que el polinizador recibe su recompensa en néctar y la planta en el transporte de su polen. Pero como en muchos otros tipos de interacciones, no todo es beneficio mutuo: algunas crasuláceas presentan una relación de parasitoidismo con *Calloprys xami* (De Cordero, 1993), una mariposa diurna que pone sus huevecillos sobre las hojas, pero aunque las larvas pueden devorar varias de ellas, no ocasionan la muerte del individuo.



Polinización de *E. coccinea* por mariposas.

El endemismo permite definir regiones y provincias florísticas. México es uno de los países con mayor número de taxa endémicos –aproximadamente 57% de sus plantas con flores (Villaseñor, 2003). La importancia en este sentido de las crasuláceas mexicanas radica en que muchas de las especies son endémicas dentro de una pequeña región o se distribuyen discontinuamente a través de zonas más amplias, por lo que junto con *Asteraceae*, *Bromeliaceae*, *Cactaceae*, *Euphorbiaceae* y *Fabaceae*, entre otras, permiten establecer provincias florísticas, islas ecológicas (Rzedowski, 1991), áreas prioritarias para la conservación o áreas naturales protegidas.

En conclusión, el alcance ecológico de las especies de *Echeveria* es incipiente, pues son excluidas de los trabajos ecológicos por tratarse de un grupo poco conocido. A medida que los ecólogos se interesen más por su investigación, se descubrirán nuevos usos y adquirirán mayor importancia.



Uso popular de *E. Secunda*.

5. Conservación

La conservación del género apenas empieza, tanto *in situ* como *ex situ*; no obstante se deben reconocer los esfuerzos que se realizan. Tiene poco tiempo que pobladores, autoridades e instituciones se han dando cuenta de la verdadera importancia económica, social y ecológica que tiene México como una nación megadiversa, en lo que respecta al género *Echeveria*.

a. Conservación *in situ*

Primeramente es necesario actualizar la lista de las especies en la NOM-059, ya que esto no se ha hecho desde su creación, hace 17 años. Asimismo, se deben ampliar las áreas de exclusión en los estados donde ya se tenían registros para incluir los nuevos géneros y decretar nuevas áreas para los estados donde no se había tenido reporte del género *Echeveria*. Esto es un reflejo de la importancia que tienen las exploraciones.

Áreas de distribución real y potencial del género

El género *Echeveria* se distribuye desde el sureste de Texas a Centroamérica y en el oeste de Sudamérica, hasta Argentina; sin embargo, México es el país que concentra la mayor parte de las especies de las cuales un alto porcentaje es endémico, por lo que la conservación *in situ* debe ser prioritaria.

El gráfico del apartado de riqueza y distribución de especies mexicanas del género *Echeveria* de México, nos da una idea de la intensidad de exploraciones: hay estados en donde sólo se tienen dos registros (Aguascalientes, Nayarit y Sonora), tres (Sinaloa), cuatro (Chihuahua y Zacatecas) y cinco (Coahuila, Distrito Federal, Morelos y Tlaxcala). Ciertamente hay otros donde la riqueza es mayor, aunque también carecer de registro puede deberse a diversas razones, entre ellas están la dificultad e inseguridad para transitar por muchas regiones dentro del país, así como a la falta de medios económicos y equipo adecuados para hacerlo.

Especies locales amenazadas

Actualmente siete especies y siete variedades se encuentran legalmente protegidas de acuerdo la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001). Sin embargo, ya sea porque su hábitat es limitado, por la amenaza que enfrentan sus poblaciones o por la intensa colecta a la que están sometidas, otras especies ameritan su inclusión a esta norma (mapa 13).

Cabe resaltar que esta información no ha sido suficientemente evaluada en la mayoría de las especies y por lo tanto puede advertirse un sesgo hacia aquellas que ya han sido incluidas en tratados florísticos regionales (Pérez-Cálix, 2008). La lista de las especies incluidas en la NOM-059 se creó en 1994, época en que no se conocía mucho de este grupo de plantas en México.

Mapa 13. Especies de *Echeveria* incluidas en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-ECOL-2001)



A estas alturas del siglo XXI, con toda la tecnología del mundo, no tenemos una lista a nivel nacional de las plantas de México, mucho menos una página web de la flora mexicana. La información que tenemos de un inventario nacional está basada en estimaciones.

Cuadro 7. Especies de Echeveria raras o amenazadas que podrían ameritar su inclusión en la Norma Oficial Mexicana.

Especie	Distribución	Amenazadas	Fuente
<i>E. agavoides</i> Lem.	Norte y Centro de México	SC	Pérez-Cálix, 2008
<i>E. amphoralis</i> E. Walther	Oaxaca	DR	
<i>E. brachetii</i> Reyes & González	Oaxaca	DR, DH	
<i>E. calderoniae</i> Pérez-Cálix	Guanajuato	DR	Pérez-Cálix, 2008
<i>E. cante</i> Glass & Mendoza-García	Zacatecas	DR	
<i>E. chazaroi</i> Kimnach	Oaxaca	DR	
<i>E. colorata</i> E. Walther	Jalisco	DR, SC	Cházaro <i>et al.</i> 1992
<i>E. grisea</i> E. Walther	Guerrero	DR	
<i>E. humilis</i> Rose	S.L.P., Qro., Hgo.	DR, DH	Pérez-Cálix, 2008
<i>E. lilacina</i> Kimnach & Moran	Nuevo León	DR	
<i>E. minima</i> J. Meyrán	Hidalgo	DR	
<i>E. mondragoniana</i> Reyes & Brachet	Oaxaca	DR, DH	Reyes, 2009
<i>E. olivacea</i> Moran	Oaxaca	DR, DH	
<i>E. pallida</i> E. Walther	Oaxaca	DR, DH	
<i>E. rosea</i> Lindley	Tamps. a Chis.	DH	Pérez-Cálix, 2008
<i>E. schaffneri</i> (S. Watson) Rose	S.L.P., Qro.	DR	Pérez-Cálix, 2008
<i>E. semivestita</i> var. <i>semivestita</i> Moran	Qro., Hgo.	DR	Pérez-Cálix, 2008
<i>E. tolimanensis</i> Matuda	Qro., Hgo.	DR	Pérez-Cálix, 2008
<i>E. walpoleana</i> Rose	S.L.P., Gto.	DR, DH	Pérez-Cálix, 2008

Amenazas: Destrucción del hábitat (DH), Distribución restringida (DR), Sobrecolecta (SC).

Especie	Categoría de protección
<i>E. amphoralis</i> E. Walther	Protección especial
<i>E. elegans</i> Rose	En peligro de extinción
<i>E. laui</i> Moran & Meyrán	En peligro de extinción
<i>E. longissima</i> Walther var. <i>aztatlensis</i> Meyrán	Amenazada
<i>E. longissima</i> var. <i>longissima</i> E. Walther	Amenazada
<i>E. moranii</i> E. Walther	Protección especial
<i>E. purpusorum</i> A Berger	En peligro de extinción
<i>E. setosa</i> Rose & Purpus var. <i>minor</i> Moran	En peligro de extinción
<i>E. setosa</i> Rose & Purpus var. <i>oteroi</i> Moran	En peligro de extinción
<i>E. setosa</i> Rose & Purpus var. <i>setosa</i>	En peligro de extinción
<i>E. setosa</i> Rose & Purpus var. <i>ciliata</i> (Moran) Moran	En peligro de extinción
<i>E. setosa</i> Rose & Purpus var. <i>diminuta</i> Meyrán	En peligro de extinción

Cuadro 8. Especies de *Echeveria* presentes en Reservas de la Biósfera en México

Especie	Área natural protegida
<i>E. acutifolia</i> Lindley	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. amoena</i> de Smet	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. bifida</i> Schtdl.	RB Barranca de Metztlán, RB Sierra Gorda
<i>E. bifurcata</i> Rose	RB Sierra Gorda
<i>E. coccinea</i> (Cav.) DC.	RB Barranca de Metztlán, RB Sierra Gorda, R del Pedregal de San Angel, D.F. RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. crassicaulis</i> E. Walther	Parque Nacional Izta-Popo
<i>E. dactylifera</i> Walther	RB Bosque La Primavera
<i>E. elegans</i> Rose	RB Barranca de Metztlán y Parque Nacional El Chico
<i>E. fulgens</i> Lem.	RB Mariposa Monarca
<i>E. gigantea</i> Rose & Purpus	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. gibbiflora</i> D.C.	R del Pedregal de San Angel, D.F.
<i>E. gracilis</i> Rose ex E. Walther	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán

Cuadro 8. Especies de Echeveria presentes en Reservas de la Biosfera en México (continuación)

Especie	Área natural protegida
<i>E. halbingeri</i> var. <i>sanchez-mejoradae</i> (E. Walther) Kimnach	RB Barranca de Metztitlán
<i>E. heterosepala</i> Rose	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. laui</i> Moran & Meyrán	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. leucotricha</i> Purpus	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. longissima</i> E. Walther	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. megacalyx</i> E. Walther	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. mucronata</i> Schldl.	RB Sierra Gorda
<i>E. multicaulis</i> Rose	Parque Nacional Omiltemi, Guerrero
<i>E. nebularum</i> Moran & Kimnach	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. nodulosa</i> Otto	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. peacockii</i> Croucher	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. platyphylla</i> Rose	R del Pedregal de San Angel, D.F.
<i>E. purpusorum</i> A. Berger	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. rosea</i> Lindl.	RB Sierra Gorda y RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. secunda</i> Booth	RB Barranca de Metztitlán, RB Sierra Gorda, RB Mariposa Monarca y Parque Nacional Izta-Popo
<i>E. semivestita</i> Moran	RB El Cielo, RB Sierra Gorda
<i>E. setosa</i> Rose & Purpus	RB Valle de Tehuacán-Cuicatlán
<i>E. schaffneri</i> (S. Watson) Rose	RB Sierra Gorda
<i>E. strictiflora</i> A. Gray	RB El Cielo
<i>E. subrigida</i> (Robinson & Seaton) Rose	RB Sierra Gorda
<i>E. tencho</i> Moran & Uhl	RB Los Tuxtlas
<i>E. tolimanensis</i> Matuda	RB Sierra Gorda

Áreas de conservación

Son contados los ejemplos de áreas de exclusión pero se pueden extrapolar a otros sitios de alto valor ambiental. Los puntos clave han sido la sensibilización y disposición de las comunidades, así como la cooperación de las instituciones locales y federales; de este modo, ha sido menos difícil llevar a cabo los trabajos de conservación.

Participación de las comunidades locales en la conservación

Un predio que antiguamente fungía como un ingenio azucarero, conocido como La Iberia, fue donado por Fomento Social Banamex, A.C. en el marco de un convenio suscrito con la Comisión Federal de Electricidad. En el 2002, la Sociedad Mexicana de Cactología A.C. instaló en ese lugar el vivero La Iberia, ubicado a dos kilómetros de la cabecera municipal de San Juan Bautista Cuicatlán, en el kilómetro 117 de la carretera federal Tehuacán-Oaxaca.

El vivero fue conformado para impulsar el proyecto denominado “Rescate de Cactáceas y otras Plantas Endémicas de la Región de Cuicatlán, Oaxaca”, como parte de las acciones de mitigación de daños ambientales derivadas de la construcción de la Línea de Transmisión Temascal II-Oaxaca Potencia. La finalidad de La Iberia ha sido rescatar y propagar especies nativas de la región, así como llevar a cabo actividades de reforestación.

En este vivero se han propagado más de cien mil individuos de 30 familias botánicas diferentes, como cactáceas, crasuláceas, agaváceas y árboles de tallo blando (cuajotes, mulatos y copales). Actualmente la Fundación



para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán, A.C. comanda los trabajos que se desempeñan en el vivero La Iberia, enfocando los esfuerzos a la propagación de *Echeveria laui* y *Echeveria cuicatecana* bajo condiciones de invernadero, con lo que contribuye a la protección de especies vegetales endémicas. En los últimos cinco años se han propagado más de 30 000 rosetas de *Echeveria laui* y más de cuatro mil de *Echeveria cuicatecana*.

Uno de los pocos ejemplos donde una comunidad emprende esfuerzos para proteger especies del género *Echeveria* es Santiago Quiotepec, región de la Cañada, en Oaxaca, donde la localidad se convenció de que *Echeveria laui* es una planta única y por lo que decidió proteger la zona. Hasta la fecha se han realizado varios trabajos ecológicos y dos eventos de restauración con plantas producidas en el vivero La Iberia patrocinados por la Comisión Federal de Electricidad y Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán, A.C. En la actualidad una de las poblaciones ha sido abierta al público en general como parte del programa de ecoturismo, de manera que la gente pueda acceder a observar las plantas en su hábitat, tomar fotografías y adquirir ejemplares en el vivero autorizado de la zona.

Otro ejemplo conocido es el del municipio de Concepción Buenavista, Oaxaca. Las autoridades comunal y municipal aceptaron colaborar en la protección de *Echeveria longissima* var. *aztatlensis* mediante un cercado eléctrico con energía solar. Dicho proyecto se generó en 2001 bajo el patrocinio del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, la Sociedad Mexicana de Cactología, A.C. y la UNAM. En la actualidad la cerca eléctrica sigue funcionando, con lo que las plantas siguen protegidas del constante ramoneo y de las pisadas del ganado.



b. Conservación *ex situ*

La situación de la conservación *ex situ* para el género *Echeveria* no es muy diferente a la de *in situ*. Son pocas las instituciones que verdaderamente están comprometidas y participan activamente en ella. Una forma de conservación *ex situ* son los bancos de germoplasma, de reciente creación, que esperamos crezcan con el tiempo, aunque esto dependerá de que se sumen y comprometan más instituciones. Otra instancia de conservación *ex situ* son los jardines botánicos regionales aunque es lamentable que dichos recintos no reflejen la riqueza de especies del género *Echeveria* del estado al que representan. Otra medida es la invitación al público en general para adquirir plantas en viveros autorizados y legales.

Metodología de preparación de semillas para el banco de germoplasma del género *Echeveria*

No existe a la fecha ninguna metodología publicada ni tampoco algún procedimiento que se practique sistemáticamente en alguna institución o vivero comercial referente a la recolección, almacenamiento y preservación del germoplasma de plantas de la familia Crassulaceae, específicamente del género *Echeveria*.

El Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM posee la colección nacional de Crasuláceas así como un vivero de propagación, por lo que ha desarrollado un protocolo para uso interno que se expone brevemente a continuación:

- I. Se colectan en campo, dependiendo del estado de maduración, las semillas, frutos e inflorescencias en bolsas de papel de estraza debidamente etiquetadas o numeradas. Cuando las inflorescencias o frutos se encuentran muy inmaduros y hay que colectarlos en el campo, se pueden extraer las plantas completas con cuidado de no maltratarlas para cultivarlas en invernadero y esperar a que los frutos terminen de madurar en cultivo.
- II. Cuando las inflorescencias están al final de su maduración, pero aún no han liberado las semillas, se pueden colectar completas y dejar que

terminen de madurar en laboratorio en un sitio fresco y seco hasta que las semillas sean liberadas.

- III. En el caso de que las inflorescencias estén completamente maduras y las cápsulas abiertas, se pueden sacudir las inflorescencias para que caigan las semillas dentro de la bolsa, si es que éstas se liberan completamente, de lo contrario se cortan las inflorescencias secas para limpiarlas posteriormente en el laboratorio.
- IV. Una vez en el laboratorio se depuran de insectos y se tamizan en coladores de diferentes aperturas para separar los residuos de las flores o frutos que puedan contener hasta dejarlas completamente limpias.
- V. Lo más importante es eliminar el exceso de humedad para evitar la descomposición de las semillas por hongos y la proliferación de insectos que se las puedan comer; también se deben mantener alejadas de fuentes de luz y calor para asegurar la viabilidad de las semillas por más tiempo.
- VI. Finalmente, cuando las semillas están limpias, se empacan en bolsas pequeñas de papel encerado rotuladas o etiquetadas y se mantienen en frascos con silica gel secante para eliminar el exceso de humedad y matar a los pequeños insectos que pudieran haber quedado con las semillas. No se sabe hasta ahora con certeza la viabilidad que tengan, es decir, el tiempo que pueden estar almacenadas sin perder su potencial de germinación.



Proceso para la obtención de semillas.

Instituciones que participan en actividades de conservación *ex situ*

Son muy pocas las instituciones que participan activamente en la preservación *ex situ*, sin embargo constituyen algunos pequeños esfuerzos que se están sumando a la conservación del género *Echeveria* (ver cuadro 9).

Cuadro 9. Instituciones con colecciones del género *Echeveria*

No. de especies conservadas	Institución	Estado
14	Jardín Botánico del Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO- UNAM)	Morelia, Michoacán
16	Jardín Botánico del Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara	Guadalajara, Jalisco
3	Jardín Etnobotánico de Morelos	Morelos
114	Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM	México, D.F.
2	Vivero “Cuthá”	Zapotitlán, Puebla
1	Vivero “La Iberia”, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán, A. C.	Cuicatlán, Oaxaca

Para que haya más participación de instituciones se debe fomentar en los jardines botánicos regionales una colección de especies de *Echeveria* del estado que representan, así como promover su cultivo y propagación para venta local. El Jardín Botánico de la UNAM podría dotar de plantas a aquellos jardines que así lo solicitaran.

Colecciones *ex situ* existentes

Los estados de Oaxaca, Puebla e Hidalgo reportan hasta el momento la mayor riqueza de especies del género *Echeveria*; sin embargo, sus jardines botánicos no reflejan tal riqueza, pues ninguno de ellos cuenta con una colección de las especies de este género.

A continuación se mencionan algunos jardines botánicos institucionales, las especies que albergan cada jardín, la infraestructura con la que cuentan y la cantidad de personal a cargo.

Jardín Botánico del Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara

Fuente: Dra. Hilda Julieta Arreola Nava

Infraestructura: dos invernaderos

Personal: un técnico y un jardinero

Especies	Especies	Especies
<i>E. agavoides</i> Lem	<i>E. laui</i> Moran & Meyrán	<i>E. secunda</i> Booth
<i>E. colorata</i> E. Walther	<i>E. minima</i> Meyrán	<i>E. setosa</i> Rose & Purpus
<i>E. dactylifera</i> E. Walther	<i>E. prolifica</i> Moran & Meyrán	<i>E. shaviana</i> E. Walther
<i>E. gibbiflora</i> D. C.	<i>E. pulidonis</i> E. Walther	<i>E. tolimanensis</i> Matuda
<i>E. gigantea</i> Rose & Purpus	<i>E. pulvinata</i> Rose	
<i>E. heterosepala</i> Rose	<i>E. rosea</i> Lindl	

Jardín Botánico del Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO- UNAM) Morelia, Michoacán

Fuente: Dr. Santiago Arizaga Pérez

Infraestructura: un invernadero y dos casas de sombra

Personal: dos técnicos académicos y cuatro jardineros

Especies	Especies
<i>E. agavoides</i> Lem.	<i>E. heterosepala</i> Rose
<i>E. amoena</i> de Smet	<i>E. gibbiflora</i> DC
<i>E. aff. elegans</i> Rose	<i>E. prolifica</i> Moran & Meyrán
<i>E. derenbergii</i> Purpus	<i>E. pulvinata</i> Rose
<i>E. diffractens</i> Kimnach & Lau	<i>E. secunda</i> Booth
<i>E. longissima</i> E. Walther	<i>E. setosa</i> Rose & Purpus
<i>E. mucronata</i> Schltdendal	<i>E. subalpina</i> Rose & Purpus

Invernadero Cuthá en Zapotitlán, Puebla

Fuente: C. Rafael Barragán

Infraestructura: dos invernaderos, un invernadero de exhibición y una bodega

Personal: siete integrantes

Especies
<i>Echeveria peacockii</i> Croucher
<i>E. gigantea</i> Rose & Purpus

Como se puede constatar, existe escasa conservación *ex situ* dentro de los jardines botánicos regionales, pues la mayoría no cuenta con una colección de ejemplares vivos y, mucho menos, tiene bien representada la riqueza de su estado. Por ejemplo; el jardín botánico de Guadalajara tiene 16 especies de echeverias, de las cuales sólo dos son propias de la región, y no corresponden a las endémicas que se reportan para Jalisco (*Echeveria colorata* y *E. paniculata*). Lo mismo sucede con el jardín botánico de Morelia: de las 14 que se tienen, únicamente dos son del estado. El caso más extremo es el invernadero de Puebla, uno de los estados más ricos en el género *Echeveria*: solo se propagan dos especies. Solamente el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM cuenta con una colección completa de toda la familia Crassulaceae a nivel nacional (ver cuadro).

Jardín Botánico del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México

Fuente: Biól. Jerónimo Reyes Santiago

Infraestructura: dos invernaderos y una casa de sombra

Personal: dos técnicos académicos

Especies	
<i>E. acutifolia</i> Lindley	<i>E. affinis</i> E. Walther
<i>E. agavoides</i> Lemaire	<i>E. alata</i> Alexander
<i>E. albicans</i> E. Walther	<i>E. amoena</i> de Smet
<i>E. amphoralis</i> E. Walther	<i>E. atropurpurea</i> (Baker) Morren
<i>E. aurantiaca</i> Reyes, Brachet & González-Zorzano (Ined.)	<i>E. bella</i> Alexander
<i>E. bifida</i> Schltdendal	<i>E. bifurcata</i> Rose
<i>E. brachetii</i> Reyes & González-Zorzano	<i>E. calderoniae</i> Pérez-Cálix
<i>E. calycosa</i> Moran	<i>E. canaliculata</i> Hook. Fil.
<i>E. cante</i> Glass & Mendoza-García	<i>E. carminea</i> Alexander
<i>E. carnicolor</i> (Baker) Morren	<i>E. chapalensis</i> Moran & Uhl
<i>E. chazaroi</i> Kimnach	<i>E. chihuahuensis</i> von Poellnitz
<i>E. coccinea</i> (Cav.) DC	<i>E. colorata</i> E. Walther
<i>E. craigiana</i> E. Walther	<i>E. crassicaulis</i> E. Walther
<i>E. crenulata</i> Rose	<i>E. cuspidata</i> Var. <i>cuspidata</i> Rose
<i>E. cuspidata</i> Var. <i>zaragozae</i> Kimnach	<i>E. dactylifera</i> E. Walther
<i>E. derenbergii</i> J. A. Purpus	<i>E. diffractens</i> Kimnach & Lau
<i>E. elegans</i> Rose	<i>E. fimbriata</i> C. H. Thompson
<i>E. fulgens</i> Var. <i>fulgens</i> Lemaire	<i>E. fulgens</i> Var. <i>obtusifolia</i> (Rose) Kimnach
<i>E. gibbiflora</i> DC.	<i>E. gigantea</i> Rose & Purpus
<i>E. globulosa</i> Moran	<i>E. goldmanii</i> Rose
<i>E. gracilis</i> Rose ex E. Walther	<i>E. grisea</i> E. Walther
<i>E. halbingeri</i> Var. <i>halbingeri</i> E. Walther	<i>E. halbingeri</i> Var. <i>sanchez-mejoradae</i> (E. Walther) Kimnach
<i>E. harmsii</i> J.F. Macbride	<i>E. helmutiana</i> Kimnach
<i>E. heterosepala</i> Rose	<i>E. humilis</i> Rose

Especies

<i>E. juarezensis</i> E. Walther	<i>E. laui</i> Moran & J. Meyrán
<i>E. leucotricha</i> J. A. Purpus	<i>E. lilacina</i> Kimnach & Moran
<i>E. longissima</i> Var. <i>aztatlensis</i> J. Meyrán	<i>E. longissima</i> Var. <i>longissima</i> E. Walther
<i>E. longissima</i> Var. nov.	<i>E. lutea</i> Rose
<i>E. lyonsii</i> Kimnach	<i>E. macdougallii</i> E. Walther
<i>E. megacalyx</i> E. Walther	<i>E. minima</i> J. Meyrán
<i>E. mondragoniana</i> Reyes & Brachet	<i>E. montana</i> Rose
<i>E. moranii</i> E. Walther	<i>E. mucronata</i> Schltdendal
<i>E. multicaulis</i> Rose	<i>E. nayaritensis</i> Kimnach
<i>E. nebularum</i> Moran & Kimnach	<i>E. nodulosa</i> (Baker) Otto
<i>E. nuda</i> Lindley	<i>E. olivacea</i> Moran
<i>E. pallida</i> E. Walther	<i>E. paniculata</i> Var. <i>maculata</i> (Rose) Kimnach
<i>E. paniculata</i> Var. <i>paniculata</i> A. Gray	<i>E. patriotica</i> García & Pérez-Cálix
<i>E. peacockii</i> Croucher	<i>E. penduliflora</i> E. Walther
<i>E. perezcalixii</i> Jimeno-Sevilla & P. Carrillo-Reyes	<i>E. pinetorum</i> Rose
<i>E. platyphylla</i> Rose	<i>E. pringlei</i> Var. <i>parva</i> Kimnach
<i>E. procera</i> Moran	<i>E. prolifica</i> Moran & J. Meyrán
<i>E. prunina</i> Kimnach & Moran	<i>E. pulidonis</i> E. Walther
<i>E. pulvinata</i> Rose	<i>E. purpusorum</i> A. Berger
<i>E. racemosa</i> Var. <i>racemosa</i> Schlechtendal & Chamisso	<i>E. rodolfi</i> Martínez-Ávalos & Mora-Olivo
<i>E. rosea</i> Lindley	<i>E. roseiflora</i> Reyes & González-Zorzano
<i>E. rubromarginata</i> Rose	<i>E. schaffneri</i> (S. Watson) Rose
<i>E. secunda</i> Booth	<i>E. secunda</i> Var. <i>pumila</i> Otto
<i>E. semivestita</i> Var. <i>semivestita</i> Moran	<i>E. sessiliflora</i> Rose
<i>E. setosa</i> Var. <i>ciliata</i> (Moran) Moran	<i>E. setosa</i> Var. <i>deminuta</i> J. Meyrán
<i>E. setosa</i> Var. <i>minor</i> Moran	<i>E. setosa</i> Var. <i>oteroi</i> Moran
<i>E. setosa</i> Var. <i>setosa</i> Rose & Purpus	<i>E. shaviana</i> E. Walther
<i>E. skinneri</i> E. Walther	<i>E. simulans</i> Rose
<i>E. sp. nov.</i> (<i>E. guerrerensis</i>)	<i>E. novogaliciana</i>

Echeveria

Manual del perfil diagnóstico del género *Echeveria* en México

Especies	
<i>E. spectabilis</i> Alexander	<i>E. sp. nov.</i> Oaxaca
<i>E. subalpina</i> Rose & Purpus	<i>E. strictiflora</i> A. Gray
<i>E. subrigida</i> (Robinson & Seaton) Rose	<i>E. subcorymbosa</i> Kimnach & Moran
<i>E. tobarensis</i> A. Berger	<i>E. tencho</i> Moran & Uhl
<i>E. toluensis</i> Rose	<i>E. tolimanensis</i> Matuda
<i>E. uhlii</i> J. Meyrán	<i>E. trianthina</i> Rose
<i>E. valvata</i> Moran	<i>E. unguiculata</i> Kimnach
<i>E. walpoleana</i> Rose	<i>E. viridissima</i> E. Walther
<i>E. xichuensis</i> López & Reyes	<i>E. waltheri</i> Moran & J. Meyrán
	<i>E. zorzaniana</i> Reyes & Brachet

Una de las acciones inmediatas a realizar es invitar a los jardines botánicos del país a que inicien una colección de las especies del género *Echeveria*, sobre todo en aquellos estados donde la diversidad es alta. Los candidatos ideales son el jardín etnobotánico de Santo Domingo, Oaxaca; el jardín botánico “Cubitos” del estado de Hidalgo; el Cosmovital de Toluca y el de la Universidad Autónoma Chapingo, en el Estado de México; el jardín botánico “El Charco del Ingenio”, en Guanajuato; el jardín botánico del Africam Safari, en Puebla; el de Cadereyta en Querétaro y varias colecciones particulares. No hay que olvidar que muchas veces las mejores plantas se conservan en instalaciones de algún aficionado o amante de estas especies.

Instituciones que intervienen en la caracterización y evaluación sobre el género *Echeveria*:

- 1.- Jardín Botánico, Instituto de Biología, UNAM
- 2.- Instituto de Ecología, A.C.
- 3.- Universidad Autónoma Chapingo
- 4.- Sociedad Mexicana de Cactología, A.C.
- 5.- Universidad Veracruzana
- 6.- Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM
- 7.- Universidad Popular del Estado de Puebla

Directorio de centros de investigación, productores, instituciones y organizaciones.

Nombre	Instancia	Actividad	Correo electrónico
Alfonso Herrera	Laboratorio Vitroalma	Floricultura	vitroalma@yahoo.com.mx
Ángeles Islas	Jardín Botánico de la UNAM	Propagación, cultivo y ecología	maislasluna@yahoo.com.mx
Araceli Gutiérrez de la Rosa	FES- Aragón, UNAM	Propagación y cultivo	gutierrez_araceli@hotmail.com
Aurelio Martínez Godínez	Productor	Producción rural	viverolabiznaga@hotmail.com
Carlos López Marín	SUCCUMEX	Comercialización, propagación y cultivo	carlos.lopez@succumex.com
Carmen Cervantes Nava	Vivero Taxhuada, Mixquiahuala, Hgo.	Comercialización, propagación y cultivo	viverotaxhuada@hotmail.com
Christian Brachet	Sociedad Mexicana de Cactología, A.C.	Exploración	chris.brachet@gmail.com
David Jimeno	INECOL Universidad de Veracruz	Investigación en taxonomía y exploración	bpdjimeno@yahoo.com.mx
Elisa Olivares	Universidad de Sheffield	Investigación en azoteas verdes	elisaolivares@hotmail.com
Emiliano Sánchez	Jardín Botánico Regional de Cadereyta, Querétaro	Cultivo	jbrcmgc@prodigy.net.mx
Emmanuel Pérez Calix	Instituto de Ecología, A.C	Investigación en taxonomía y exploración	emmanuel.perezcalix@inecol.edu.mx
Francisco Vergara	Instituto de Biología, UNAM	Investigación en biología molecular	fvs@ibiologia.unam.mx f.vergarasilva@gmail.com
Guillermo Sánchez Martínez	Vivero comunitario de cactáceas	Propagación y cultivo	jilgero.maru@gmail.com
Helena Borys	Universidad Popular Autónoma del Edo. de Puebla	Investigación en mejoramiento genético	helena.borys@upaep.mx
Isela Saavedra	SEMARNAT	Cultivo, propagación y leyes	iselsaavedra@hotmail.com iselsaavedra@semarnat.gob.mx

Directorio de centros de investigación, productores, instituciones y organizaciones (continuación).

Nombre	Instancia	Actividad	Correo electrónico
Jerónimo Reyes Santiago	Jardín Botánico de la UNAM	Investigación en taxonomía y exploración	jreyes@ibiología.unam.mx
Lilián López Chávez	UACH	Taxonomía y cultivo	lilianlch@yahoo.com
Liliana Cervantes	Instituto de Biología, UNAM	Cultivo y propagación	liliancervante_mar@yahoo.com.mx
Luis Emilio de la Cruz	Instituto de Ecología, UNAM	Investigación en ecología	ledbiologia@hotmail.com
Marco Antonio Hernández	Sociedad Mexicana de Cactología, A.C.	Exploración	
Mauricio Ávila Serratos	Sociedad Mexicana de Cactología, A.C.	Exploración	mauricioavilaserratos@hotmail.com
Michael Borys	Universidad Popular Autónoma del Edo. Puebla	Investigación en mejoramiento genético	michel.borys@upaep.mx
Omar González Zorzano	Jardín Botánico de la UNAM	Cultivo y propagación	ozorzano@prodigy.net.mx
Pablo Carrillo Reyes	Instituto de Ecología, A.C	Investigación en taxonomía, biología molecular y exploración	pcarreyes@gmail.com
Rocio Reyero	FES-Iztacala, UNAM	Investigación en fisiología	maroresa@yahoo.com.mx
Rosario Castro	Jardín Botánico de la UNAM	Azoteas verdes	ross0773@hotmail.com
Samuel Lee	Comercio Internacional	Comercio internacional	ala82@hotmail.com
Saúl Mera Banda	Vivero Taxhuada, Mixquiahuala, Hgo.	Cultivo y propagación	viverotaxhuada@hotmail.com
Julia Etter	Sociedad Mexicana de Cactología, A.C.	Exploración	editos@globetrotters.ch
Martin Kristen	Sociedad Mexicana de Cactología, A.C.	Exploración	editos@globetrotters.ch

Ejemplos de conservación *ex situ*

En el año de 2004 se inició una campaña de protección de las especies del género *Echeveria* en vías de extinción, mediante trabajos de educación ambiental y programas de propagación, sobre todo de aquellas plantas que están sujetas a aprovechamiento excesivo como *E. laui* y *E. longissima* var. *aztatlensis* en Santiago Quiotepec y Concepción Buenavista, Oaxaca. La campaña de protección se basó en tres estrategias principales:

1. Se realizaron exploraciones *in situ* para evaluar la situación actual de cada especie. Posteriormente se llevó la información recabada a los comisariados ejidales y se les propuso proteger los sitios donde están creciendo dichas echeverias.
2. Se lanzó el programa denominado “Adopta una especie en peligro de extinción” durante el Día Nacional de Jardines Botánicos en las instalaciones del Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM.
3. Para fomentar conciencia del valor económico, estético y ecológico de las especies del género *Echeveria*, en la tienda Tigridia del Jardín Botánico de la UNAM se cuenta con un programa de propagación y producción.

Formación de capacidades y especialistas

Para llevar a cabo la tarea de ampliar el conocimiento sobre el género *Echeveria* en todos los campos de la biología se cuenta afortunadamente con un equipo humano entrenado. Entre varios investigadores jóvenes y activos están Pablo Carrillo en taxonomía, David Jimeno y Francisco Vergara en la parte molecular del proyecto de código de barras genético; así como los autores y colaboradores de este manual. También es de reconocerse la enorme tarea emprendida por la señora Julia Etter y el señor Martin Kristen, excelentes exploradores y creadores de la página web www.crassulaceae.com. Asimismo, las instituciones, fundaciones (Fundación Cuicatlán) y sociedades científicas que apoyan esta tarea.

No obstante, a pesar de los esfuerzos que ya existen, es necesario formar investigadores que atiendan las necesidades del área de química, fisiología, palinología, ecología, educación ambiental, producción, comercio e innovaciones.

A continuación se presenta una síntesis en tabla de este rubro (Cuadro 11).

Cuadro 11. Creación de capacidades

Línea de acción	Indicadores	Actividad
Creación de redes y programas nacionales sólidos	Instituciones, asociaciones civiles, agricultores que participan en la Red de Echeveria	Establecer contacto con más dependencias nacionales
	Dependencias del gobierno federal y estatal involucradas	Establecer contacto primero con los tres estados con mayor riqueza de especies
	Acuerdos de colaboración en el ámbito internacional	Trabajar de manera conjunta con otros expertos en taxonomía, palinología y biología molecular, en forma similar a la colaboración que ya se tiene con la Universidad de Guelph, en Canadá
	Investigadores involucrados en redes y programas internacionales	Se tiene detectado únicamente un experto en taxonomía en Estados Unidos de América.
	Políticas y leyes aprobadas en materia de RFAA	No se tiene
Promoción de redes sobre los recursos fitogenéticos	Redes funcionando por temática o cultivo	Existen subgrupos de colecta, taxonomía, cultivo y fisiología
	Líneas del Plan de Acción Nacional atendidas por red	Colecta de germoplasma y establecimiento de viveros de producción comercial
	Investigadores de disciplinas diversas que participan en las redes, así como productores	Se cuenta con fitomejoradores, taxónomos, ecólogos, palinólogos, y expertos en comercio nacional e internacional
	Redes con planes de trabajo a corto, mediano y largo plazo	

Cuadro 11. Creación de capacidades (continuación).

Línea de acción	Indicadores	Actividad
Creación de sistemas amplios de información	Los módulos del sistema de información operan en el nivel nacional e internacional	Se tiene contemplado reforzar la página web www.crassulaceae.com , sobre todo la sección de <i>Echeveria</i>
	Accesiones e información relativas a éstas en el sistema de información.	Si se cuenta con recursos necesarios en cinco años, se tendrán cerca de dos mil accesiones y todas las especies georeferenciadas
	Mantenimiento y actualización del sistema de información	No existe todavía.
Sistemas de vigilancia y alerta para evitar la pérdida de recursos fitogenéticos	Programas de monitoreo implementados para evaluar la erosión genética	Se invitará a ecólogos y genetistas para iniciar el estudio de aquellas especies cuya población sea menor a 200 ejemplares

6. Disposiciones legales

El aprovechamiento de las especies del género *Echeveria* que se encuentran con algún estatus en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, están regulados por la Ley General de Vida Silvestre y su reglamento. Según este marco existen tres tipos de manejo:

1) UMA de manejo en vida libre, 2) UMA de manejo intensivo y 3) PIMVS (Predios o Instalaciones que Manejen Vida Silvestre). La Dirección General de Vida Silvestre de la SEMARNAT se encarga de otorgar dicho aprovechamiento.

En el cuadro 12 se muestran los trámites aplicables a cada tipo de manejo, éstos los pueden realizar los promoventes en las delegaciones que la SEMARNAT tiene en cada estado o en la del Distrito Federal.

Cuadro 12. Trámites aplicables a cada tipo de manejo

Tipos de manejo o esquema	Trámites aplicables
UMA manejo en vida libre	- Registro.
UMA manejo intensivo	- Plan de manejo.
PIMVS	- Solicitud de aprovechamiento. - Informes anuales.

A continuación se describen ampliamente cada uno de los trámites en materia de aprovechamiento, de acuerdo a la legislación vigente.

a. Registro y manejo de UMA. Artículo 30 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre

Para obtener el registro de UMA en aquellas unidades que realicen actividades de aprovechamiento sustentable, los interesados señalarán el tipo de manejo que pretendan realizar así como la información del artículo 12 del Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre (RLGVS) y anexarán los siguientes requisitos:

-
-
1. Copia de los documentos que acrediten los derechos de propiedad o legítima posesión de los predios o instalaciones.
 2. Plan de manejo o carta de adhesión a los planes de manejo tipo establecidos por la secretaría.
 3. Descripción de las características físicas y biológicas del predio, donde se incluya una carta topográfica del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática o la porción digitalizada del mismo, escala 1:50 000 o de escala adecuada al tamaño del predio, a efecto de trazar el polígono georreferenciado de la unidad de manejo. Se deberán señalar las coordenadas UTM y las colindancias mediante trazo de caminos, rutas de acceso y, en su caso, instalaciones y estructuras, tales como encierros, bardas, cercos, espiaderos, comederos u otras que el interesado considere relevantes para la ubicación.
 4. En caso de manejo intensivo deberá presentar el inventario de ejemplares acompañados de la documentación que acredite la legal procedencia.

Sólo se otorgará el registro previa evaluación del plan de manejo.

Contenido del Plan de manejo (Artículo 40 LGVS)

Objetivos específicos; metas a corto, mediano y largo plazo e indicadores de éxito:

- a. Descripción biológica del área y su infraestructura.
- b. Métodos de muestreo.
- c. Calendario de actividades.
- d. Medidas de manejo del hábitat, poblaciones y ejemplares.
- e. Medidas de contingencia.
- f. Mecanismos de vigilancia.
- g. En su caso, los medios y formas de aprovechamiento y el sistema de marca para identificar los ejemplares, partes y derivados que sean aprovechados de manera sustentable.

Solicitud de aprovechamiento (Artículo 12 LGVS)

Las personas que requieran gestionar aprovechamiento deberán presentar la solicitud correspondiente con la siguiente información:

- Nombre, denominación o razón social, domicilio para oír y recibir notificaciones, así como teléfono, fax o correo electrónico.
- Número de registro correspondiente, en caso de que se trate de una UMA previamente establecida.
- Nombre del representante legal o nombre de las personas autorizadas para oír y recibir notificaciones.
- Firma autógrafa o electrónica del interesado.
- Lugar y fecha de la solicitud.

Para cada trámite se deberá presentar copia de la identificación oficial o acta constitutiva, en caso de personas morales.

Los titulares de las UMA en vida libre que estén interesados en llevar a cabo el aprovechamiento extractivo de ejemplares de especies silvestres con alguna categoría de riesgo a través del responsable técnico de la UMA, deberán solicitarlo a la SEMARNAT en los términos establecidos en los artículos 85 y 87 de la Ley y 91 del Reglamento, incluyendo lo siguiente:

1. Los resultados del muestreo más reciente sobre la abundancia relativa y estructura en el marco del estudio de poblaciones.
2. Las especificaciones sobre los programas, proyectos o actividades de restauración, recuperación, repoblación, reintroducción y vigilancia.

Informes anuales (Artículo 50 RLGVS)

Los responsables de la UMA presentarán los informes conforme a lo siguiente:

- a. Logros con base en indicadores de éxito.
- b. Resultado del ejercicio de las actividades realizadas según el tipo de aprovechamiento autorizado.

-
-
- c. Número de personas en función del registro otorgado.
 - d. Datos socioeconómicos relativos a la actividad que desempeñen según su registro o autorización, tales como el valor en el mercado del ejemplar aprovechado, servicios ofertados (hospedaje, alimentación, guías, entre otros), número total de empleos generados (permanentes y temporales); informar si la UMA fue operada por su titular y, en caso contrario, describir el tipo de contrato realizado, gastos originados por la aplicación y seguimiento al plan de manejo (expresado en porcentaje con respecto a los ingresos que obtiene la UMA por el aprovechamiento).

Informe de contingencias que pongan en riesgo a la vida silvestre, su hábitat natural o la salud de la población humana, dentro de los 13 días hábiles siguientes a que estos ocurran, mediante el formato que establezca la SEMARNAT, el cual contendrá:

- a. Breve descripción de los hechos que constituyeron las contingencias y emergencias de que se trate.
- b. Descripción de las medidas que se tomaron para hacer frente a las emergencias o contingencias, señalando si se aplicó el plan de contingencia respectivo o si se tomaron medidas adicionales.
- c. Resultado de la aplicación de las medidas y, en su caso, describir otras adicionales que se requieran.

Predios o instalaciones que manejen vida silvestre (PIMVS)

Los predios o instalaciones que manejen vida silvestre de forma confinada, fuera de su hábitat natural, que no tengan como fin la recuperación de especies o poblaciones para su posterior reintegración a la vida libre, deben comprobar la legal posesión de la especie (mediante facturas o notas de remisión).

b. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) cuenta con una *lista roja* de especies según la categoría de riesgo. Asimismo, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) cuenta con una lista de especies con las que no se debe comercializar. Sin embargo, ambas no presentan un listado y categoría reales para las especies del género *Echeveria*, ya que sólo mencionan siete, y de ellas, cinco están indeterminadas, es decir, que no cuenta con suficiente información (Cuadro 13).

Cuadro 13. Lista de especies con alguna categoría de riesgo de acuerdo la UICN y el CITES

No.	Especie	Categoría	Clave
1	<i>Echeveria amphoralis</i> E. Walther	Rara	R
2	<i>Echeveria elegans</i> Rose	Indeterminada	I
3	<i>Echeveria laui</i> Moran & J. Meyán	Indeterminada	I
4	<i>Echeveria longissima</i> E. Walther	Vulnerable	V
5	<i>Echeveria moranii</i> E. Walther	Vulnerable	V
6	<i>Echeveria purpusorum</i> A. Berger	Rara	R
6	<i>Echeveria setosa</i> Var. <i>minor</i> Moran	Indeterminada	I
6	<i>Echeveria setosa</i> Var. <i>deminuta</i> J. Meyrán	Indeterminada	I
7	<i>Echeveria setosa</i> Var. <i>oteroi</i> Moran	Indeterminada	I

Rara= las poblaciones son tan pequeñas que las ponen en riesgo

Indeterminada = no hay suficientes datos

Vulnerable= es sensible a las alteraciones de su hábitat

Es claro que las listas no están actualizadas en ambas instituciones por lo que no existe ninguna protección legal para el género *Echeveria* en ningún nivel, sea internacional, nacional, federal, estatal y mucho menos local. Una lista real que refleje la realidad estipularía a más de 50% de las especies de echeverias, ya que la mayoría son endémicas.

7. Propuestas del plan estratégico de trabajo para la conservación y aprovechamiento del género *Echeveria* en México

A partir de la elaboración del *Perfil Diagnóstico del género Echeveria* nos damos cuenta que la información a la que se tiene acceso es incompleta. Existen muchos huecos en diferentes rubros, desde lo concerniente a la distribución, taxonomía y biogeografía hasta la falta de vinculación de manera coordinada y planificada entre investigadores, productores y vendedores. Para lograr que se cierren los huecos, el presente trabajo plantea tres propuestas básicas: 1) exploración, 2) investigación y 3) propagación de plantas para venta.

a. Exploración

- Es necesario tener inventariada la riqueza del género *Echeveria* en México, por lo que se debe realizar un registro nacional comenzando por explorar los estados de Guerrero, Tlaxcala, Chiapas, Durango y San Luis Potosí, que corresponden a los menos examinados hasta el momento.
- Con la colaboración de investigadores, taxónomos, aficionados y colectores de otros estados, en coordinación con el M. en C. Jerónimo Reyes del Jardín Botánico de la UNAM, se pretenden realizar exploraciones exhaustivas con la finalidad de inventariar cada estado del país. Los ejemplares serán concentrados en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM para integrarlos a la Colección Nacional de Crasuláceas y/o procesados para su herborización e incorporación al Herbario Nacional (MEXU).
- A partir de las exploraciones se pretende georreferenciar a las poblaciones de cada especie de *echeveria* que se encuentren en campo. Asimismo, se pretende ingresar las colectas a los herbarios, contar con ejemplares vivos para los jardines botánicos y obtener semillas de campo para el banco de germoplasma.
- Es indispensable realizar trabajos curatoriales en las colecciones depositadas en los diferentes herbarios nacionales, y realizar respaldos de las plantas que se colecten en los herbarios de Pátzcuaro y Guadalajara.

b. Investigación

- Faltan muchas investigaciones de ciencia básica del género *Echeveria*. Es necesario realizar estudios citogenéticos, fisiológicos, químicos, taxonómicos y biogeográficos, entre otros. Para ello es necesario contar con estudiantes de licenciatura y/o posgrado, y hacer estudios en colaboración con otras instituciones.
- En el área de la química se pueden explorar los potenciales usos del género *Echeveria*, desde los medicinales e industriales, hasta los cosméticos.
- En el área de fisiología también sería interesante llevar a cabo investigaciones con aquellas especies que habitan en condiciones extremas de temperatura, como es el caso de *Echeveria secunda*, que soporta el frío a más de 4 000 msnm. Esta planta se ha observado con hielo sobre sus hojas en los volcanes Popocatepetl, La Malinche y Cofre de Perote; una característica que nos debería interesar como modelo para adaptar a otras especies, de mayor uso, a condiciones extremas.
- Por otro lado, los trabajos ecológicos son muy escasos por lo que es necesario fortalecer esta área con estudiantes de licenciatura y/o posgrado para realizar investigaciones de ecología de poblaciones de especies de echeverias, particularmente importantes e interesantes, ya sea por estar en peligro de extinción, por su rareza o por la demanda en el mercado, así como estudios de ecología de la polinización y ecología fisiológica, por mencionar algunos aspectos.
- Resulta conveniente conocer el comportamiento del metabolismo MAC, en especial del género *Echeveria*, pues independientemente de tener un uso ornamental, pueden ayudar significativamente a la captación de CO₂ en zonas urbanas (interiores y exteriores). Combinando su uso con plantas de tipo C₃, se podrían obtener tasas de fijación tanto de día y de noche, lo cual ayudaría a reducir el exceso de CO₂ nocivo, lo que significaría un gran servicio ambiental. Adicionalmente, se necesitan hacer estudios sobre la afectación de las diversas condiciones ambientales al metabolismo del género *Echeveria*, con el fin de encontrar las óptimas para su reproducción, crecimiento y desarrollo. Esto contribuiría a proteger la especie e inclusive mejorar su propagación con fines de comercialización. Para este último

-
-
- fin, la propagación mediante cultivo *in vitro* debe ser investigada para saber si el medio de cultivo reportado para *E. laui* puede ser usado con las diferentes especies que existen. Al tener estos resultados sería necesario comparar la reproducción *in vivo* e *in vitro*, ya que se podría obtener una mayor cantidad de individuos con esta última técnica para diferentes fines, inclusive de reintroducción si es que la especie se encontrara en graves problemas de peligro de extinción (por ejemplo extinta en su medio natural).
- Desarrollar medios de difusión, tales como la creación de una página web, boletines y publicaciones acerca del género accesibles al público en general.
 - Crear programas y modelos de conservación en las comunidades.

c. Propagación para venta

- Crear viveros especializados en la producción de echeverias, con infraestructura adecuada para cada fase de crecimiento de las plantas.
- Crear un centro de producción de semillas y plántulas para abastecer a los viveros especializados en la producción de echeverias.
- Capacitación técnica para el cultivo, mantenimiento y en aspectos fitosanitarios.
- Desarrollo de híbridos resistentes a condiciones extremas para jardinería xerófila.
- Desarrollo de viveros en lugares donde haya alta diversidad biológica del género *Echeveria*.
- Modificar la Ley de la tasa de aprovechamiento para la producción de plantas, para que a los productores les sea más fácil realizar sus reportes anuales ante SEMARNAT.
- Capacitar a los especialistas en género *Echeveria* para recibir el derecho de obtentor de variedad de plantas de ornato.
- Capacitar a los horticultores que producen *Echeveria* para que alcancen el grado de obtentor de variedad de plantas de ornato.
- Promover las patentes.
- Desarrollar la explotación de nuevos mercados, como la venta de flor de corte. Darle difusión a la Expo “Flor de corte” que se lleva a cabo en los primeros días de enero .

- Participar en la Expo Azoteas Verdes para promover el uso de especies de echeverias como una mejor alternativa a la jardinería de mantenimiento de bajo costo.
- Desarrollar la idea de un concepto de salud en el uso de plantas tipo CAM: si el aire se purifica durante la noche, el cuerpo se oxigena mejor y la persona despierta con más vitalidad. Impulsar este estudio en la Facultad de Medicina o en el Instituto de Fisiología Celular.
- Desarrollar capacidades para la exportación. Contar con infraestructura adecuada para el proceso de empaquetamiento de plantas a gran escala, principalmente para la exportación al mercado internacional.
- Contar con una sola oficina donde se concentre toda la información sobre los trámites para la importación, exportación, la regulación de los precios para todos los viveristas, centros de distribución, etcétera.

En el cuadro 14 se presentan los rubros que deben considerarse para mejorar la conservación y aprovechamiento del género *Echeveria* de México, *in situ* y *ex situ*.

Cuadro 14. Conservación *in situ* y *ex situ*

Conservación <i>in situ</i>		
Líneas de acción	Indicadores	Actividades
Estudio e inventario	Documento de diagnóstico, estudios/inventarios realizados.	Elaboración de diagnóstico del género (En proceso).
	Documento de especies amenazadas identificadas.	En un análisis cualitativo se tienen 23 especies que hay que evaluar para su inclusión en la NOM-059.
	Mapas de áreas prioritarias identificadas para conservación.	Se tienen los mapas de sitios de alta riqueza, sin embargo se tienen que mejorar con mayor información de campo. No hay mucha colecta por la dificultad que presenta la herborización de crasuláceas.
	Metodologías desarrolladas para estudiar la riqueza.	Ya existen métodos en el presente manual.

Conservación *in situ* (continuación)

Líneas de acción	Indicadores	Actividades
Apoyo a la ordenación y mejoramiento participativo	Agricultores e instancias involucradas.	Se tienen apenas seis pequeños viveros en áreas rurales en los que se propagan especies de echeverias. Se espera mejorar e incrementar el número.
	Documentos de estudios socioculturales asociados al mejoramiento.	No existen.
	Especies/razas atendidas por pago por servicios.	Ninguna.
	Marcas colectivas y denominaciones de origen registrados.	Se ha iniciado un programa incipiente para obtener híbridos.
Asistencia a los agricultores en casos de catástrofe	Planes en operación para prestar asistencia a los agricultores en casos de catástrofes.	No se cuenta con programas, salvo en una especie, de la que se ha restaurado su población afectada por saqueo excesivo.
	Bancos comunitarios establecidos.	Se vigila y se resguardan solamente dos especies en campo.
	Protocolos de multiplicación masiva en especies perennes.	Se tienen experiencias suficientes para la propagación y protocolos generales para el género.
	Talleres para el resguardo de germoplasma por los agricultores.	Se imparten cursos y talleres de manera esporádica. Se espera el obtener recursos para su incremento.
Promoción de la conservación <i>in situ</i> de las especies silvestres afines de las cultivadas	Estrategias aplicadas para la conservación de especies afines a las cultivadas	No se tiene. Está en proceso de acopio de especies cultivadas.
	Plantas silvestres con uso alimenticio identificadas y atendidas.	No se han identificado hasta ahora especies comestibles.
	Comunidades y familias involucradas en la conservación de plantas silvestres de interés para la alimentación.	Se han localizado apenas cinco familias que cultivan en UMAS.
	Plantas silvestres y afines a las cultivadas conservadas en zonas naturales protegidas.	Se está estudiando la población de dos especies en la Reserva de la Biósfera Tehuacán-Cuicatlán y se ha estudiado una en la Reserva del Pedregal de San Ángel, D.F.

Conservación <i>ex situ</i>		
Línea de acción	Indicadores	Actividades
Mantenimiento de las colecciones.	Bancos operando en red acorde a normas internacionales.	SINAREFI
	Especies y accesiones viables resguardadas.	Se tiene un programa de propagación para verificar la viabilidad de las semillas recolectadas en hábitat.
	Duplicados de colecciones en otros bancos.	Preparación y envío de duplicados a bancos de referencia del SINAREFI y plantas vivas a Chapingo y la UNAM.
Regeneración de las muestras amenazadas.	Programas de regeneración en operación.	Se propagan todas las especies que se van recolectando, por lo menos en la UNAM.
	Muestras regeneradas.	Se tienen al menos cinco mil ejemplares, y de una de ellas hasta 20 mil ejemplares (<i>Echeveria laui</i>).
	Estudios de cambios genéticos durante la regeneración.	No se cuentan.
Recolección planificada y selectiva.	Muestras y especies colectadas para ampliar la base genética.	Se colecta solamente cinco ejemplares vivos y cerca de mil semillas.
	Accesiones transferidas a bancos de germoplasma.	Se han enviado 60 muestras a bancos de germoplasma del SINAREFI.
	Accesiones repatriadas.	No existen.
Ampliación de las actividades de conservación <i>ex situ</i> .	Instituciones involucradas en la conservación.	Incorporación de investigadores, estudiantes y aficionados en las diferentes disciplinas de la Red de Echeveria.
	Colecciones de trabajo, jardines botánicos y arboretos participantes.	Se cuenta con una colección base de plantas vivas en la UNAM, dentro de la Colección Nacional de la Familia Crassulaceae.
	Protocolos y técnicas desarrolladas en apoyo a la conservación.	Existe un programa emergente.
	Acuerdos concertados con comunidades/ agricultores para asegurar la conservación.	Hay hasta ahora dos comunidades que protegen las especies y se espera la incorporación de varias más en el corto plazo.
	Técnicas aplicadas a nivel comunidad/ productor de conservación a corto plazo.	Se ha restaurado hábitat para realizar visitas guiadas.

Echeveria

Manual del perfil diagnóstico del género *Echeveria* en México

8. Conclusiones

El estudio del *Perfil Diagnóstico del género Echeveria* nos condujo a tres puntos importantes que se deben cubrir a lo largo del proyecto para que funcione como una red entre investigadores, productores y comercializadores: a) exploración, b) investigación y c) propagación de plantas para venta. Se espera que el proyecto contribuya a mejorar sustancialmente los conocimientos y acciones en diferentes áreas para un mejor aprovechamiento de los recursos fitogenéticos.

La exploración es en lo que más se ha avanzado, pues hasta el momento se tienen 130 especies del género *Echeveria* registradas para el territorio nacional de las 153 que se conocen en el mundo (continente americano) y se estima que podría llegar a 160 especies al final del inventario. Sin embargo, todavía es difícil tener una lista completa por los cambios nomenclaturales, y las continuas descripciones de nuevas especies. Cabe destacar que solo siete especies de echeverias se encuentran enlistadas en la NOM-059-ECOL-2001 como en riesgo de extinción, pero existen otras que es necesario enlistar para asegurar su protección.

A pesar de que se tiene más de 80% de las especies registradas, es necesario seguir explorando con prioridad en aquellos estados donde el registro es bajo, sin dejar de lado los estados con mayor riqueza. Antes del proyecto Red de *Echeveria* no existía un banco de germoplasma y aunque apenas hemos logrado 40 especies en un año, esperamos que este banco se incremente sustancialmente con el paso del tiempo.

Otro punto que arrojó el *Perfil Diagnóstico* fue el tema de la investigación, apartado que incluye estudios taxonómicos, biogeográficos, químicos, fisiológicos y ecológicos, entre otros. Desafortunadamente, el tiempo apremia y se debe dar prioridad a aquellas investigaciones concisas que resuelvan problemas reales y tangibles, es decir, promover las investigaciones de aquellas especies

que tengan más demanda en el mercado, y evitar el saqueo en el medio natural. Asimismo es necesario consolidar intereses entre investigadores y productores para determinar prioridades, evitar la duplicación de esfuerzos y hacer más eficaz la labor en materia de recursos fitogenéticos del género *Echeveria*.

El tercer punto, pero no el menos importante, que el *Perfil Diagnóstico* desarrolló ampliamente, fue la propagación de plantas para venta, es decir, la comercialización.

México no figura en las listas de países productores de echeverias a pesar de ser el país con mayor riqueza de especies del género. Si este representa una alternativa viable para su aprovechamiento: ¿por qué no se hace? la respuesta a esta pregunta tiene más de tres vertientes:

1. Para la gente es más fácil y rápido tomarlas de su hábitat y venderlas, que propagarlas.
2. La carencia de infraestructura para albergar ejemplares vivos como invernaderos y viveros propicios para el mantenimiento y cultivo de las especies.
3. Lo complicado que resultan los trámites para dar de alta un invernadero legal y autorizado.
4. No existe la formación de recursos humanos capaces de cumplir las tareas que requieren el cultivo y la propagación.

Para que México entre y pueda competir en los mercados nacional e internacional de echeverias se debe apoyar a los productores y viveristas con cursos de capacitación, semillas y con un banco de germoplasma, para que encuentren suficiente variedad de especies y también exhortarlos a producir aquellas de difícil cultivo en otros países, como *E. colorata*, *E. dactylifera*, *E. uhlii*, *E. longissima*, *E. lilacina*, *E. mondragoniana* y *E. subcoymbosa*, o especies para flor de corte como *E. spectabilis*, *E. zorzaniana*, *E. harmsii* y *E. carminea*, por mencionar algunas.

En resumen, el estudio del *Perfil Diagnóstico* para el género *Echeveria* nos

permitió visualizar los puntos débiles y fuertes desde varias perspectivas, además de resaltar los aspectos sobre los que se tiene que trabajar más para así saber hacia dónde queremos dirigirnos sin poner en riesgo el recurso.

9. Bibliografía

Acevedo-Rosas, R.; K. Cameron; V. Sosa y S. Pell. 2004. "A molecular phylogenetic study of *Graptopetalum* (Crassulaceae) based on ETS, ITS, *rpl16*, and *trnL-F* nucleotide sequences". *American Journal of Botany* 91:1099-1104.

Andrade, J. L.; E. De la Barrera, C. Reyes-García, M. F. Ricalde, G. Vargas-Soto y J. C. Cervera, 2007. "El Metabolismo Ácido de las Crasuláceas: diversidad, fisiología ambiental y productividad". *Bol. Soc. Bot. Méx.* 81:37-51.

Barker, D. H. y W. W. Adams III. 1997. "The xanthopyll cycle and energy dissipation in differently oriented faces of the cactus *Opuntia macrorhiza*". *Oecologia*. 109: 353-361.

Benítez D. H y R. M. Bellot 2003. "Biodiversidad: uso, amenazas y conservación". En: *Conservación de Ecosistemas Templados de Montañas en México. Diplomado en conservación, manejo y aprovechamiento de vida silvestre*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México, pp 117-135.

Berger, A. 1930. "Crassulaceae". In: A. Engler y K. Prantl, (eds.). *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*. Segunda edición. Volumen XVIIIa. Verlag Wilhelm Englemann, Leipzig pp. 352-483.

Bender, M. M. 1971. "Variations in the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios of plants in relation to the pathway of photosynthetic carbon dioxide fixation". *Phytochemistry*. 10:1239-1244.

Borland, A. M. y H. Griffiths. 1990. "The regulation of CAM and respiratory recycling by water supply and light time in the C₃-CAM intermediate *Sedum telephium*". *Function Ecology*. 4:33-39.

Borys, M. W.; H. Leszczynska-Borys y J. L. Galván. "Echeveria spp. Rosette tolerance to long-lasting water constraint. VI International Symposium on New Floricultural Crops". *Acta Horticulturae*.

Cabrera-Luna, J.A.; V. Serrano-Cárdenas y R. Pelz-Marín. 2007. "Plantas comercializadas como ornamentales decembrinas en 12 municipios de Querétaro, México". *Polibotánica* 24:117-138.

Carrillo-Reyes, P.; V. Sosa y M. E. Mort. 2008. "*Thompsonella* and the *Echeveria* Group (Crassulaceae): phylogenetic relationships based on molecular and morphological characters". *Taxon* 57:863-874.

Carrillo-Reyes, P.; V. Sosa y M. E. Mort. 2009. "Molecular phylogeny of the Acre clade (Crassulaceae): dealing with the lack of definitions for *Echeveria* and *Sedum*". *Molecular Phylogenetics and Evolution* 53:267-276.

CBOL Plant Working Group (2009). "A DNA barcode for land plants". *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 106: 12794-12797

Cervantes, S. E.; E. A. Graham y J. L. Andrade, 2005. "Light microhabitats, growth and photosynthesis of an epiphytic bromeliad in a tropical dry forest". *Plant Ecology*. 179:107-118.

Crutzen, P. J. y E. F. Stoermer. 2001. "The Anthropocene". *Global Change Newsletter*. 4:112-113.

Cushman, J. C. 2001. "Crassulacean acid metabolism. A plastic photosynthetic adaptation to arid environments". *Plant Physiology*. 127:1439-1448.

Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press, New York. 1262 pp.

De Candolle, A. P. 1828. *Mémoire sur la famille des Crassulacées*. Treutel & Würtz. Paris.

De Cordero, C. 1993. "The courtship behavior of *Callophrys xami* (Lycaenidae)". *Journal of Reserch on the Lepidoptera*. 32:99-106

Denton, M. F. 1982. Revisión of *Sedum* section Gormaniana Martínez-Ávalos, J. G. y A. Mora-Olivo. 2000. Una nueva especie de *Echeveria* (Crassulaceae) del estado de Tamaulipas, México. *Acta Botánica Mexicana* 52:43–48.

De Mattos, E. A.; B. Herzog y U. Lüttge, 1999. “Chlorophyll fluorescence during CAM-phases in *Clusia minor* L. under drought stress”. *Journal of Experimental Botany*. 50: 253-261

Martínez-Ávalos, J. G.; A Mora-Oliva, y M. Terry, 2009. “Especie nueva de *Echeveria* (Crassulaceae) de Tamaulipas, México”. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80:309-314.

Dood, A. N.; A. M. Borland; R. P. Haslam; H. Griffiths y K. Maxwell. 2002. “*Crassulacean acid metabolism: plastic, fantastic*”. *Journal of Experimental Botany*. 53:569-580.

Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán, A. C. <http://www.fundacioncuicatlan.org/vive.html>, consultada el 2 de julio de 2010.

Frigot, P. 1960. *Contribution à l'étude chimique de quelques Crassulacées et en particulier de divers Sedum*. Thesis. Paris.

Garrido, G. M. 1998. *Evaluación del metabolismo ácido de las crasuláceas en tres especies de cactáceas cultivadas in vitro y durante su aclimatación a suelo*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México. 124 pp.

Gibson, M. 1982. “The anatomy of succulence”. En: Ting y P., M. Gibbs, (eds.). *Crassulacean acid metabolism. Proceedings of the fifth annual symposium in Botany*. Waverly Press. Baltimore.

Gibson, A. C. y P. S. Nobel. 1986. *The cactus primer*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.

Gual, D. M.; S. Peralta y E. Pérez-Calix. 1997. "Una nueva especie de *Thomsonella* (Crassulaceae) del Estado de Guerrero, México". *Acta Botánica Mexicana* 40:37-42.

Hart, H. y U. Eggli, 1995. *Evolution and Systematics of the Crassulaceae*. Leiden Backhuys.

Hartsock, T. y P. S. Nobel. 1976. *Watering converts a CAM plant to daytime CO₂ uptake*. *Nature*. 262:574-576.

Hebert, P. D. N.; A. Cywinska, S. L. Ball y J. R. deWaard, 2003. "Biological identifications through DNA barcodes". *Proceedings of the Royal Society of London B*, 270, pp 313–322.

Keeley, J. E. y P. W. Rundel. 2003. "Evolution of CAM and C₄ carbon-concentrating mechanisms". *International Journal of Plants Sciences*. 164:S55-S57.

Kluge, M.; Ch. Bohlke y O. Queiroz. 1981. "Crassulacean acid metabolism (CAM) in *Kalanchoë*: changes in intercellular CO₂ concentration during a normal CAM cycle and during cycles in continuous light or darkness". *Planta* 152:87-92.

Kluge, M.; A. Fischer, C. I. Buchanan-Bolling. 1982. "Metabolic control of CAM". En: Ting, P. y M. Gibbs, (eds.). 1982. *Crassulacean acid metabolism. Proceedings of the fifth annual symposium in Botany*. Waverly Press. Baltimore.

Kringstad, R. 1975. "Phorbic Acid from *Echeveria elegans*". *Phytochemistry*. 14: 2710.

Lüttge, U. 2002. "CO₂-concentrating: consequences in crassulacean acid metabolism". *Journal of Experimental Botany*. 53:2131-2142.

Maass, M. 2003. "Principios generales sobre manejo de ecosistemas" En: *Conservación de Ecosistemas Templados de Montañas en México. Diplomado en conservación, manejo y aprovechamiento de vida silvestre*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). México 117-135 pag.

Mandujano, P. M. 1988. *Respuesta fotosintética (Metabolismo Ácido de las Crasulaceas) en Escontria chiotilla (Weber) Rose en ambiente controlado*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. 51 pp.

Martínez-Ávalos, J.G y A. Mora-Olivo. 2000. "Una nueva especie de Echeveria (Crassulaceae) del estado de Tamaulipas, México". *Acta Botánica Mexicana* 52:43-48

Martínez-Ávalos, et al. 2009. "Germinación de *Sedum oxypetalum* H. B. K. (Crassulaceae) en ambientes contrastantes del Ajusco Medio, D. F. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.

Martorell, C. 2007. "Detecting and managing an overgrazing-drought synergism in the threatened *Echeveria longissima* (Crassulaceae): the role of retrospective demographic analysis". *Population Ecology*. 49:115-125.

Mayuzumi, S. y H. Ohba. 2004. "The phylogenetic position of eastern Asia Sedoideae (Crassulaceae) inferred from chloroplast and nuclear DNA sequences". *Systematic Botany* 29:587-598.

McDonald, J. A. 1991. "Plantae alpinae novae mexicanae: *Sedum chrysaecium* (Crassulaceae)". *Sida* 14: 315–319.

Medina, E. 1977. *Introducción a la ecofisiología vegetal*. Departamento de Asuntos Científicos de la Sría. General de la O. E. A. Washington, D.C.

Medina, E.; E. Olivares; M. Díaz, N. Van der Merwe. 1989. "Metabolismo ácido de Crassuláceas en bosques húmedos tropicales". *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. USA. 27: 56-67.

Meyrán, J y L. López. 2003. *Las crasuláceas de México*. Sociedad Mexicana de Cactología, A. C. México, D. F. 292 pág.

Mittermeir, R y Goettsch, C. 1992. "La importancia de la Biodiversidad biológica de México", En: *México ante los restos de la Biodiversidad*. CONABIO, México. pp. 57-62

Moran, R. 1999. "The name of *Echeveria*". *Cact. Succ. J.* Los Angeles 71: 301-306.

Moran R. y C.H. Uhl. 1964. "The inflorescence of *Echeveria*". *Cact. Succ. J. Amer.* 36:167-180.

Mort, M. E.; D. E. Soltis; P. S. Soltis; J. Francisco-Ortega y A. Santos-Guerra. 2001. "Phylogenetic relationships and evolution of the Crassulaceae inferred from matK sequence data". *American Journal of Botany*. 88:76-91.

Napton, J. 1966. "History of the genus *Echeveria* part I: its unusual origen". *Cactus and Succulent Journal of America*. 38:220-223.

Napton, J. 1967. "History of the genus *Echeveria* part II." *Cactus and Succulent Journal of America* 39:173.

Nesom, G. L. 1988. "New species of Crassulaceae from northeastern Mexico". *Sida* 13:21–24.

Nesom, G. L. y B. L. Turner. 1995. "Systematics of the *Sedum parvum* (Crassulaceae) in Northeastern Mexico and Texas". *Sida* 79:257–268.

Nobel, P. S. y T. L. Hartsock. 1983. "Relationships between photosynthetically active radiation, nocturnal acid accumulation, and CO₂ uptake for a crassulacean acid metabolism plant, *Opuntia ficus-indica*". *Plant Physiology* 71:71-75.

Nobel, P. S. y T. L. Hartsock. 1987. "Drought-induced shifts in daily CO₂ uptake patterns for leafy cacti". *Physiol. Plantarum* 70:114-118.

Nobel, P. S. y T. L. Hartsock. 1990. "Diel patterns of CO₂ exchange for epiphytic acid differing in succulence". *Physiologia plantarum* 78:628-634.

Osmond, C. B. 1978. "Crassulacean Acid Metabolism: a curiosity in context". *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 29: 379-414.

Osmond, C. B. y J. A. M. Holtum, 1981. "Crassulacean acid metabolism". En: *The Biochemistry of plant: A Comprehensive*. Treactise, Ed. Hatch, N. K., Boardman, N. K. London/New York: Academic 8: 283-328.

Parra-Tabla, V.; C. F. Vargas y L. E. Eguiarte. 1998. "Is *Echeveria gibbiflora* (Crassulaceae) fecundity limited by pollen availability? An experimental study". *Functional Ecology*. 12: 591-595.

Parra, V.; C. F. Vargas y L. E. Eguiarte. 1993. "Reproductive Biology, Pollen and Seed Dispersal, and Neighborhood Size in the Hummingbird-Pollinated *Echeveria gibbiflora* (Crassulaceae)". *American Journal of Botany*. 80:153-159.

Pérez-Cálix, E. 2004. *La familia Crassulaceae en el Bajío y regiones adyacentes*. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 199 pg.

Pérez, C. J. 2007. "*Echeveria laui* a treinta años de su descubrimiento. Conservación y Cultivo". Boletín SUCCUS. *Boletín de difusión de la Sociedad Mexicana de Cactología*, A. C. 3:13

Pérez-Cálix, E. 2008. "Crassulaceae". *Flora del Bajío y de regiones adyacentes* 156:1-141.

Pilbeam, J. 2008. *The Genus Echeveria*. British Cactus and Succulent Society. Hornchurch, UK.

Pimienta-Barrios, E.; J. Zañudo; E. Yopez y P. S. Nobel. 1998. "Vegetative, reproductive, and physiological adaptations to aridity of pitayo (*Stenocereus queretaroensis*, *Cactaceae*)". *Economic Botany* 52:401-411.

Piña-Poujol, P.; T. Valverde y J. Reyes-Santiago. 2007. "Propagación de la especie en peligro de extinción *Echeveria laui* con fines de conservación. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 52:4-19.

Piña-Poujol, P. C. 2003. "Propagación de *Echeveria laui* Morán & Meyrán (*Crassulaceae*) con fines de conservación y reintroducción". Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.

Pucher, G. W y V. H. Bradford. 1942. "On the identity of the so called crassulacean malic acid with isocitric acid". *Journal of Biological Chemistry*. 145:525-532.

Raven, J. A. y R. A. Spicer. 1996. "The evolution of crassulacean acid metabolism". En: Winter, K., Smith, J. A. C. (eds.) *Crassulacean Acid Metabolism. Biochemistry, Ecophysiology and Evolution*. Springer, Nueva York.

Reyero, S. M. R. 2009. *Determinación de la dinámica estomática de Echeveria laui (Crassulaceae) en individuos obtenidos de propagación vegetativa y sexual*. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.

Reyes, J. 2009. *Conservación y restauración de cactáceas y otras plantas suculentas mexicanas. Manual práctico*. Comisión Nacional Forestal. México.

Reyes, J. y C. Brachet. 2009. “*Echeveria mondragoniana*, una especie de la familia Crassulaceae para el estado de Oaxaca, México”. *Cactáceas y suculentas mexicanas* 3:82-89.

Rzedowski, J. 1991. “El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar”. *Acta Botánica Mexicana*. 15:47-64.

Rodríguez L. J. 2007. *Propagación convencional y cultivo de 26 especies de la familia Crassulaceae con potencial ornamental*. Tesis de ingeniero agrónomo. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Schulz, L. y A. Kapitany. 2005. *Echeveria Cultivars*. Schulz Publishing. Teesdale, Australia.

SEMARNAT. 2002. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. Protección ambiental-especies nativas de México de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambios-lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación, 6 de Marzo.

Silva, H.; E. Acevedo y P. Silva. 2001. “Anatomía del tejido fotosintético de diez taxa de *Opuntia* establecidos en el secano árido mediterráneo de Chile”. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74:341-351.

Stevens, J. F.; H. Hart; H. Hendriks, y T. M. Malingré, 1992. Alkaloids of some European and Macaronesian Sedoideae and Sempervivoideae (Crassulaceae). *Phytochemistry*. 31:3917-3924.

Stevens, J. F.; H. Hart; H. Hendriks y T. M. Malingré. 1993. “Alkaloids of the *Sedum acre*-group (Crassulaceae)”. *Pl. Syst. Evol.* 185: 207-217.

Stevens, J.; H. Hart; T. R. van Ham; E. T. Elema; M. V. van Den Ent; M. Wildeboer y J. Zwaving. 1995. “Distribution of Alkaloids and Tannins in the Crassulaceae”. *Biochemical Systematics and Ecology* 23:157-165.

Spongberg, S. A. 1978. "The genera of Crassulaceae in the southeastern United States". *J. Arnold Arbor* 59:197-248.

Szarek, S. R. y I. P. Ting, 1975. "Physiological Response to Rainfall in *Opuntia basilaris* (Cactaceae)". *Amer. J. Bot.* 62:602-609.

Takhtajan, A. 1997. *Diversity and classification of flowering plants*. Columbia University Press. Nueva York. 643 pp.

Thiede, J. 1995. "Quantitative phytogeography, species richness, and evolution of American Crassulaceae". En: *Evolution and systematics of the Crassulaceae*, Henk't Hart y U. Eggli (eds.). Backhuys, Leiden 89–123 pp.

Thiede, J. y U. Eggli. 2007. "Crassulaceae". En: K. Kubitzki. (ed.) *The families and genera of Vascular Plants*. Vol. 9. Springer, Hamburg, Germany. pp. 83-118.

Ting, P. I. y L. Rayder 1985. "Regulation of C₃ to CAM shifts. En: Ting, P., y M. Gibbs, (eds.). *Crassulacean acid metabolism. Proceedings of the fifth annual symposium in Botany*. Waverly, Press. California. pp: 193-209.

Ting, I. P. y S. R. Szarek 1975. "Drought adaptation in crassulacean acid metabolism plants". En: Halley, N. (ed.). *Environmental physiology of desert organisms*. Springer-Verlag, Berlín, Germany. pp: 1-358.

Thorne, R. F. y J. L. Reveal. 2007. "An updated classification of the class Magnoliophyta (Angiospermae)". *The Botanical Review* 73:67-181.

Van Ham, R. C; H. J. y H. Hart. 1998. "Phylogenetic relationships in the Crassulaceae inferred from chloroplast DNA restriction-site variation". *American Journal of Botany* 85:123-134.

Vázquez-Yanes, C. 1997. "Extraordinarias administradoras de agua". En: Valles-Septián, C. y L. Rodríguez-Pérez, (eds.) *Suculentas mexicanas: cactáceas*. México, D.F.: CONABIO-CVC Publicaciones. pp: 49-53.

Verastegui, V. M. 2009. *Establecimiento de Métodos de Propagación Vegetativa in vivo e in vitro de Echeveria laui* (Crassulaceae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México (en impresión).

Villaseñor, J. L. 2003. "Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México". *Interciencia*. 28:160-167.

Walther, E. 1972. *Echeveria*. California Academy of Sciences. San Francisco.

White, A. J. y C. Critchley. 1999. "Rapid light curves: a new fluorescence method to assess the state of photosynthetic apparatus". *Photosynthesis Research* 59:63-72.

Winter, K. 1985. "Crassulacean acid metabolism". En: Barber, J. y N. R. Baker, (eds.). *Photosynthetic mechanisms and environment*. Elsevier Publishers B. V. Biomedical Division. pp: 299-387.

Winter, K. y J. A. C. Smith. 1996. "An introduction to crassulacean acid metabolism: Biochemical principles and biological diversity". En: Winter, K. y J. A. C. Smith. (eds.) *Crassulacean Acid Metabolism. Biochemistry, Ecophysiology and Evolution*. Springer-Verlag, Berlín, Germany. pp: 1-13.

Wojciechowicz, M. K.; E. Kazimierczak-Grygiel; S. Olejnik y E. Zenkteler, 2001. "Plant regeneration from leaf explants of *Adromischus nussbaumerianus* Poelln and *Echeveria laui* Moran et Meyran". *Biological Bulletin of Poznan* 38:71-78.

Echeveria

Manual del perfil diagnóstico del género *Echeveria* en México

Se terminó de imprimir en Grupo Publicitario Imagen Digital

Prol. 2 de Marzo, núm. 21. Int. 2. Col. Zaragoza

Texcoco, Edo. de México.

Se tiraron 1 000 ejemplares,

Forros: cartulina sulfatada de 12 pts

Interiores en papel couché de 150 g

Familias tipográficas utilizadas: Helvetica y Dream Orphans

24 de noviembre de 2011.

El aprovechamiento de las echeverias se ha presentado desde la época prehispánica, según el código de Cruzvadiano, las plantas eran utilizadas para curar heridas o malestares bucales. Actualmente las echeverias todavía se utilizan, en las zonas rurales de la Mixteca oaxaqueña, para la limpieza de los dientes.

En países como Inglaterra, Estados Unidos de Norteamérica, Alemania y recientemente, Australia, Japón y Corea del Sur, las echeverias se cultivan tradicionalmente con propósitos ornamentales.

