



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Zaragoza

“LAS CRASULÁCEAS DEL VALLE DEL MEZQUITAL”

Tesis de licenciatura que para obtener el título de
Biólogo presentan:

Gabriela de Jesús Espino Ortega

Luis Emilio de la Cruz López

Área de Botánica

Director de tesis: M. en C. Balbina Vázquez Benítez.

Marzo 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A la UNAM por brindarme la oportunidad de desarrollarme mejor tanto en el sentido humano como en el profesional. Por hacer la diferencia en mi vida.

A la FES Zaragoza y a las personas que en ella laboran, por ser mi casa de estudios.

Al grupo de sinodales formado por M. en C. Ramiro Ríos Gómez, M. en C. Balbina Vázquez Benítez, M. en C. Efraín Ángeles Cervantes, M. en C. Carlos Castillejos Cruz y Florencia Becerril Cruz, por las observaciones hechas pertinentemente para la mejora de este trabajo, por los comentarios y el tiempo dedicado al mismo. Por su amistad

A la Maestra Balbina con quien estaré siempre agradecida porque trabajó con mucho entusiasmo en nuestro trabajo. Por enseñarme el amor a la Biología y por ser una amiga siempre dispuesta a escuchar y a ayudar. Es un ejemplo a seguir por ser una excelente bióloga, una extraordinaria profesora y una maravillosa persona.

A todos mis profesores por transmitirme sus conocimientos con dedicación y por realizar un esfuerzo día a día para hacernos mejores profesionistas y mejores personas.

A Dios por permitirme llegar hasta aquí, guiarme y acompañar mi camino.

A mis padres, gracias infinitas por ser el pilar de mi vida. Por su apoyo y amor incondicional. Por la enorme paciencia que siempre me han tenido. Por creer en mí, darme fuerza y alentarme siempre. Por ser un ejemplo de esfuerzo y demostrarme que con trabajo todo se puede lograr.

A mis hermanos: Ale, Vero, Viole y Lupita, mis mejores amigos, por impulsarme a seguir siempre adelante. Por siempre apoyarme en todos los aspectos de mi vida. Porque son para mí un ejemplo de superación. Por la felicidad que me brindan, y porque teniéndolos a ellos nunca estaré sola.

A Luis Emilio como compañero de tesis, por el enorme esfuerzo que realizó para llevar a cabo este trabajo. Por su gran ánimo. Por impulsarme siempre a ser mejor. Por su apoyo durante toda la carrera. Como compañero de vida por darme tantos momentos de alegría. Por enseñarme a compartir. Por ser mi mejor amigo. Por estar conmigo en mis éxitos y confortarme en mis tropiezos.

Gaby

A la Universidad Nacional Autónoma de México, la institución más respetada de México por incluirme en sus filas.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y todo su personal, por brindarme la oportunidad de conocer a algunas de las personas más importantes de mi vida y por formarme como biólogo a través de experiencias y conocimientos que me hicieron ver el mundo de otra manera.

Un agradecimiento especial merece la M. en C. Balbina Vázquez Benítez a quien considero como un ser humano excepcional y académica ejemplar, aprecio el tiempo, el esfuerzo económico y los conocimientos que compartió tanto para mi formación como para la elaboración de este trabajo.

A los miembros del jurado conformado por el M. en C. Carlos Castillejos Cruz, M. en C. Efraín Ángeles Cervantes, Biól. Florencia Becerril Cruz y M. en C. Ramiro Ríos Gómez ya que las observaciones y opiniones de todos los miembros contribuyeron al mejoramiento de ésta tesis, de todos ellos aprecio el tiempo y la amabilidad demostrada.

Al M. en C. Ramiro Ríos Gómez por su colaboración en el trabajo de campo, así como, la asesoría con respecto a la determinación de los tipos de suelo.

A Ulises Guzmán excelente cactólogo por su apoyo en el trabajo de campo y logístico.

A mi compañera de vida y de trabajo Gaby, quien en todos los aspectos referentes a éste estudio, mostró siempre entusiasmo, aún en las circunstancias más adversas, te agradezco tu compañía y el cariño mostrado a mí y a las crasuláceas.

Luis Emilio de la Cruz López

Dedicatoria

Dedico este trabajo con mucho amor a toda mi familia mi papá y mi mamá, hermano y hermanas, a Víctor, Dana y Sharon, a mis tíos y tías, primos y sobrinos, esperando que se sientan muy orgullosos de mí. Porque todo lo que soy y todo lo que seré es gracias a ellos. Por hacer de mi vida una fiesta. Por alegrarse con mis logros y ayudarme a levantarme en mis fracasos.

A Luis un logro más juntos, con todo mi amor por los sueños que compartimos.

A la familia de la Cruz López por la amistad y por los ánimos.

Por su amistad a Zaira, Ray, Manuel, Diego y en especial a Daniel por su apoyo.

Con mucho cariño a todos mis amigos con quienes he compartido tantas alegrías y momentos inolvidables, gracias por estar conmigo y por las porras.

A los maestros que he tenido durante toda mi vida escolar pues todos han aportado algo con sus enseñanzas a mi desarrollo personal y profesional.

A las personas con las que durante mi estancia en esta facultad compartí una parte de mi vida.

Gaby

A mi padre José Manuel de la Cruz Jasso, quién a pesar de las adversidades, mantuvo siempre la disposición de apoyar mis decisiones, así como, económicamente y de quién he adquirido la mayoría de los mejores valores.

A mi madre María Guadalupe López Negrete a quien le reconozco el esfuerzo cotidiano por mantener satisfechas mis necesidades básicas y de quien he recibido el impulso para mejorar intelectualmente.

A mis hermanos Manuel y Diego con quienes he compartido experiencias cotidianas muy agradables.

A mi novia y compañera de tesis Gabriela por su apoyo emocional y económico, sus observaciones y opiniones contribuyeron a la planeación, discusión y elaboración de este trabajo. Reconozco su esfuerzo físico e intelectual, durante el trabajo de campo y la discusión y elaboración de la tesis respectivamente.

A las familias de la Cruz Jasso, Sánchez de la Cruz y de la Cruz Quesada, pues de ellos recibo una motivación constante de superación intelectual, así como, los apoyos económicos para la elaboración de este trabajo y otros.

A la familia Espino Ortega por brindarme su apoyo, su amistad y permitirme compartir experiencias agradables con ellos.

A mis amigos de la carrera de biología Alejandro, Anahí, Christian, Ismael, Misael, Rasviet, Sarahí, Viridiana, Yasmín, pues convirtieron los años de duración de la carrera una experiencia más divertida.

Luis Emilio de la Cruz López.

"Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla mientras el género humano no escucha." La naturaleza benigna provee de manera que en cualquier parte halles algo que aprender.

Leonardo da Vinci

Contenido

	Página
Resumen.....	V
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
Antecedentes.....	4
Generalidades de la familia Crassulaceae.....	4
• Distribución.....	4
• Morfología y adaptaciones especiales.....	5
• Metabolismo ácido de las crasuláceas.....	7
• Historia taxonómica.....	9
Taxonomía numérica.....	13
• Análisis de agrupamiento.....	13
• Análisis de componentes principales.....	15
Estudios florísticos de referencia.....	16
Zona de estudio.....	18
• Delimitación.....	18
• Descripción.....	19
Materiales y métodos.....	23
Trabajo de campo.....	23
Trabajo de laboratorio.....	24
Trabajo de gabinete.....	28
Resultados.....	31
Listado de especies registradas.....	31
Análisis multivariado de agrupamiento.....	32
Análisis de componentes principales.....	33
Distribución.....	34
Discusión general.....	36
Tratamiento taxonómico y discusión por taxón.....	39
Conclusiones.....	110
Literatura citada.....	113

Resumen

Se realizó una revisión sistemática de las especies de la familia Crassulaceae distribuidas en el Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo, debido a que diferentes referencias bibliográficas colocan a algunos taxones de esta región como sinónimos o con problemas de delimitación y/o problemas de ubicación taxonómica. Los objetivos principales del trabajo consistieron en determinar cuántos y qué taxones se distribuyen en la zona, así como, determinar a través de técnicas estadísticas multivariadas de agrupamiento y ordenación las relaciones fenéticas entre los taxones representados en el área de estudio. Se realizaron muestreos a través de transectos de diferentes longitudes en las principales asociaciones vegetales en la zona. Los taxones colectados se sometieron a una evaluación morfológica que consistió de 77 caracteres preestablecidos y que tradicionalmente se utilizan en los trabajos taxonómicos especializados en la familia Crassulaceae, la información recabada, se introdujo en una base de datos incluida en el programa de cómputo NTSYS 2.0. El fenograma presentó grupos jerárquicos que muestran una tendencia que concuerda con las dos propuestas de clasificación de mayor trascendencia para la familia. Los gráficos de componentes principales en dos y tres dimensiones resultado del análisis de ordenación confirman las relaciones fenéticas entre géneros y muestran una relación muy estrecha entre los géneros *Villadia* y *Sedum*. Se concluye que la familia Crassulaceae está representada en el Valle del Mezquital por 21 taxones, de los cuales 10 pertenecen al género mejor representado en México *Echeveria*, seis a *Sedum*, dos a *Pachyphytum*, dos a *Villadia* y uno a *Graptopetalum*, se establece además una nueva subespecie. *Echeveria coccinea*, *Echeveria bifida*, *Sedum ebracteatum ssp. ebracteatum*, *Sedum moranense ssp. moranense*, *Villadia misera* y *Villadia cucullata ssp. apiculata*, presentan una distribución amplia en el Valle.

Introducción

La familia Crassulaceae es de tamaño mediano, con una riqueza estimada de 900 (Cronquist, 1981) a 1500 especies Berger (en Engler y Prantl, 1930). La mayoría son plantas herbáceas de hojas suculentas y presentan generalmente flores pentámeras. Tiene una amplia distribución, sin embargo, es rara en Australia y Sudamérica. Frecuentemente se le encuentra en la zona intertropical, en regiones semiáridas y montañosas (Roeland *et al.*, 1998). México, Sudáfrica, el Mediterráneo y los Himalayas son considerados los principales centros de diversificación de la familia. El territorio nacional cuenta con algunos géneros endémicos y la riqueza de especies representa un 25% de los taxones registrados en el planeta. Su aprovechamiento se limita principalmente al aspecto ornamental y en mucho menor grado como plantas medicinales a nivel regional.

Diferentes especialistas que han estudiado a la familia Crassulaceae (Walther, 1972; Egli, 2003; Meyrán y López, 2003; entre otros), coinciden en que la sistemática de este grupo es difícil. La falta de ejemplares en los herbarios del mundo es considerado uno de los principales problemas que limitan el conocimiento de este taxa, desde la época de la conquista, los botánicos extranjeros enviaban *in vivo* los ejemplares colectados durante sus excursiones en el territorio nacional. Cuando los especímenes arribaban a Europa, se mantenían en cultivo en invernaderos, debido a la belleza de sus formas, los colores de las hojas y flores. Únicamente una fracción de las colectas fue herborizada. La naturaleza suculenta de los miembros de esta familia también es un problema ya que es difícil su herborización y una vez lograda esta, los ejemplares pierden muchas de sus características originales creando confusión en la determinación taxonómica de las especies. Esta situación es general en todas las plantas suculentas.

La enorme variabilidad de la familia (genética, citológica y morfológica), ha originado una historia taxonómica compleja, su clasificación ha sido difícil y se ha modificado prácticamente en cada revisión. La circunscripción de los géneros es aun complicada y la determinación de especies es a menudo difícil y no muy precisa, dentro de una misma población, es posible encontrar variaciones morfológicas entre individuos, como por ejemplo, diferencias en la forma y tamaño de las hojas, color de la lámina foliar y margen de las mismas, entre otras.

Los factores antes mencionados han originado una gran cantidad de sinónimos y por consiguiente confusión en el reconocimiento y delimitación de géneros y especies.

El uso ornamental y el cultivo a través de cinco siglos de las especies de esta familia, han dado origen a muchos híbridos, incluso es posible cruzar especies de géneros diferentes (Uhl, 1994) aunque los descendientes generalmente son estériles. Walther (1972), reconoció varios de estos híbridos en los diferentes mercados de plantas de México.

Debido a que las plantas pertenecientes a esta familia generalmente crecen en lugares de difícil acceso, figuran poco en los listados florísticos o algunas veces ni siquiera se consideran. De forma que, el conocimiento taxonómico, ecológico y geográfico de esta familia es aún muy limitado en México. Los datos generados en los estudios regionales de esta familia sin duda contribuyen a un manejo más apropiado de estos recursos.

Posiblemente estas dificultades representen las razones por las cuales pocos botánicos se especializan en esta familia y generalmente la excluyen de los estudios florísticos o pasa desapercibida. Además los miembros de esta familia prefieren los sitios rocosos y las pendientes muy pronunciadas que son de difícil acceso y frecuentemente se encuentran en la cima de lomeríos o de montañas en los que hay que invertir mucho tiempo y esfuerzo para llegar a su hábitat. Los especialistas coinciden en que se requiere de un trabajo de campo más extenso y riguroso. Por tal motivo, se vuelve fundamental realizar estudios de esta familia en diferentes regiones de México.

En México, las regiones áridas y semiáridas constituyen más del 50% del territorio y es en estos sitios en donde se presentan los mayores porcentajes de endemismos (Rzedowski, 1991). Actualmente la demanda mundial de especies de la familia Crassulaceae como plantas ornamentales es mayor y la capacidad de cubrir ésta demanda es limitada por lo que el saqueo y la sobrecolecta legal e ilegal (principalmente por coleccionistas extranjeros) con fines comerciales las coloca en una situación de riesgo debida al manejo no sustentable de éste recurso natural.

El Valle del Mezquital (VM) su mayor extensión está conformada por matorrales de zonas áridas y en menor extensión por bosques templados. El clima, la orografía y otros factores ecológicos del VM, han permitido el establecimiento de muchas especies de varios géneros de crasuláceas distribuidas ampliamente en esta región semiárida del estado de

Hidalgo, ya que los miembros de ésta familia cuentan con una serie de adaptaciones fisiológicas y morfológicas que les permiten enfrentarse a los ambientes limitados por la cantidad de agua disponible, entre otros.

Debido a la cada vez más alta tasa de destrucción de estos ecosistemas, es de suma importancia establecer estrategias adecuadas de conservación y manejo sustentable de los recursos naturales, por lo cual, se requiere el diagnóstico y actualización de inventarios florísticos para saber que especies habitan en diferentes comunidades vegetales y en que situación se encuentran.

Las crasuláceas mexicanas tienen el potencial de utilizarse como un componente del desarrollo regional, puesto que se distribuyen en casi toda la República Mexicana y representan un recurso natural renovable que aún no se utiliza adecuadamente (con excepciones) en México.

El presente trabajo tuvo como prioridad conocer las especies de la familia distribuidas en el VM, así como contribuir al esclarecimiento de la sistemática de las mismas, pues a la fecha, se discute sobre la situación taxonómica de varias especies distribuidas en esta región.

Objetivos

General

- Revisar la sistemática de las crasuláceas del Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo.

Particulares

- Elaborar un listado de los géneros y especies de la familia Crassulaceae distribuidas en el Valle del Mezquital.

- Determinar a través de un análisis multivariado si existen diferencias morfológicas suficientes que permitan discernir entre especies cercanas o con problemas en la delimitación taxonómica.

- Explorar y evaluar la circunscripción taxonómica de las especies que se distribuyen en el Valle del Mezquital.

- Determinar patrones de distribución ecológica de las especies pertenecientes a la familia en estudio en el VM.

- Tratar taxonómicamente a las especies registradas.

- Elaborar mapas de distribución de las diferentes especies.

Antecedentes

Generalidades de la familia Crassulaceae

Distribución

La familia Crassulaceae es de distribución cosmopolita, se concentra principalmente en el Hemisferio Norte y Sudáfrica, es muy rara en Australia y Sudamérica (Roeland *et al.*, 1998), cuenta con principales centros de diversificación en México, Sudáfrica, Madagascar, así como, las regiones de los Himalayas y la Península Ibérica (Mort *et al.*, 2001).

Ecológicamente se distribuye en la zona intertropical bajo temperaturas subtropicales y templadas, y en un gradiente altitudinal muy amplio, principalmente en elevaciones de 1000 a 2500 m.

En México se estiman aproximadamente 340 a 350 especies, que representan un 25% del total de esta familia y nuestro país se considera uno de los centros de diversificación, ya que cuenta con algunos géneros endémicos como *Pachyphytum* con 19 especies, *Thompsonella* con siete, *Cremnophila* con dos y *Tacitus* que es monotípica. Así mismo la proporción de especies de otros géneros distribuidos en el país es muy grande como *Echeveria* con aproximadamente 140 especies y algunas variedades, *Villadia* con 20, *Graptopetalum* con 19 especies, *Lenophyllum* con seis. *Dudleya* y *Sedum*, presentan también un número considerable de especies en México. Incluso el género *Crassula* que es predominantemente africano tiene algunos taxones representados en el país (Meyrán, 1988).

En el territorio nacional se distribuyen principalmente en bosques templados de *Pinus*, *Quercus*, *Pinus – Quercus*, *Abies*, entre otros; y en matorrales de zonas semiáridas (matorral crasicaule, submontano, rosetófilo, subinerme, entre otros. Aunque también se encuentran en otros tipos de vegetación como bosques caducifolios y bosques tropicales perennifolios. Altitudinalmente se distribuyen desde los 300 m (*Echeveria laui*) hasta los 4000 m (*Echeveria pumila*) (Walther, 1972).

En general la distribución geográfica y ecológica de la familia en México es muy amplia, con excepción de Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Yucatán, en donde hasta el momento no se han registrado especies. El estado de Oaxaca es reconocido como una región de riqueza de especies, le siguen los estados de Puebla, e Hidalgo, así como, las

regiones de la Península de Baja California, que concentra al género *Dudleya*, la Sierra Madre Occidental, también, la Reserva del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, con numerosos endemismos.

Morfología y adaptaciones especiales

La familia Crassulaceae está compuesta por plantas perennes, anuales o bienales; herbáceas, subarborescentes o arbustos, algunas veces epífitas. Hojas suculentas, opuestas, alternas, en espiral, aunque generalmente forman rosetas; glabras o pubescentes; estipulas ausentes. Inflorescencia terminal o lateral. Flores actinomorfas, bisexuales o unisexuales, frecuentemente pentámeras pero pueden presentarse de tres a 32 partes; sépalos libres o unidos en la base; pétalos libres o unidos en la base formando un tubo. Poseen el mismo número de sépalos, pétalos y carpelos; y en algunos géneros tienen el mismo número de estambres pero en la mayoría de los géneros tienen el doble (Meyrán y López, 2003).

Para que las especies pertenecientes a la familia Crassulaceae pudieran permanecer en el tiempo y diversificarse, tuvieron que desarrollar estrategias y modificarse morfológicamente para evitar o reducir la competencia con otras especies y minimizar el estrés causado por los factores ecológicos.

Entre las principales modificaciones morfológicas se encuentran la disposición en roseta de las hojas que es una adaptación que presentan muchas especies de zonas áridas y semiáridas. Dentro de los géneros mexicanos de Crassulaceae destacan *Dudleya* y *Echeveria*, con condición arrosetada. Esta característica, les permite reducir el área de exposición solar así como concentrar el agua de lluvia (simulando un embudo) que conducen a la base de la planta donde se encuentran las raíces.

La suculencia es un carácter común en muchas especies de zonas áridas y semiáridas del mundo que resulta de una gran proliferación celular en ciertos parénquimas, acompañado de un aumento en el tamaño de las vacuolas y una disminución del tamaño de los espacios intercelulares. El grado de suculencia depende sobretodo de la extensibilidad de las células y de los tejidos (Cruz, 1978) y permite acumular grandes cantidades de agua durante el periodo lluvioso, para posteriormente durante la sequía, racionalizarla y sobrevivir hasta el siguiente periodo favorable, en México, las crasuláceas habitan áreas con estacionalidad marcada.

En el caso de las crasuláceas mexicanas, únicamente una pequeña fracción de los taxones, habitan zonas donde la precipitación es muy limitada o poco frecuente,

generalmente se presentan en zonas montañosas donde pueden aprovechar la humedad atmosférica.

Se ha observado la presencia de huevecillos y orugas de una mariposa diurna (*Callophrys xami*) alimentarse de las hojas de *Sedum* y *Echeveria* (Cordero, 1993), por lo que la condición efímera de hojas y brácteas, es una estrategia importante pues permite a los individuos deshacerse de este tipo de depredadores, así como, preparar un periodo de “hibernación” o de reposo. Estas especies pierden parcial o totalmente las hojas en periodos fríos o de sequía, con lo cual, reducen el gasto energético, finalmente en condiciones favorables desarrollan nuevas hojas.

En algunas especies es mucho más marcada la condición efímera de brácteas, las cuales tienen el potencial de formar raíces adventicias en poco tiempo, mismas que se desarrollan en la base de la bráctea, finalmente después de un tiempo se desarrolla un nuevo individuo, este tipo de reproducción asexual es una ventaja en condiciones limitantes, pues los clones se desarrollan mucho más rápido (meses), con respecto a la reproducción sexual en donde todo el proceso puede durar años.

Para reducir la irradiación solar, la estrategia de las especies es la tendencia a la coloración clara que refleja parte de la luz y así minimizar el sobrecalentamiento de los tejidos, lo que también contribuye a este proceso es la producción de una sustancia hidrofóbica llamada “pruina” de coloración blanquecina que recubre las hojas y/o brácteas y en ocasiones las flores. Esta sustancia le confiere un aspecto glauco a las hojas, el ejemplo que mejor aplica es la presencia de ésta sustancia en *Echeveria laui* que le da un aspecto completamente blanco a las hojas. Un mecanismo alternativo es la utilización de plantas nodriza, que generalmente son arbustos. La pubescencia es también una adaptación morfológica que permite a las especies reducir la intensidad luminosa, a través del desarrollo de tricomas, generalmente, de color claro y que en algunas especies llegan a cubrir la totalidad de estructuras aéreas incluyendo los pétalos (*Echeveria coccinea*) (Meyrán y López, 2003).

Generalmente los miembros de la familia se presentan en sitios rocosos, en donde la competencia con otras especies es reducida por el factor limitante del suelo. En estos sitios, son poco frecuentes especies herbáceas de mayor talla, así como, especies de porte arbustivo. Las crasuláceas son consideradas especies que se ubican dentro de la primera etapa de la sucesión ecológica (sucesión xerarca en roca desnuda), en la cual especies

pioneras (hepáticas, musgos, etc.) desintegran la roca y acumulan partículas formadoras de suelo. Este comportamiento les permite aprovechar un hábitat reducido en competencia, pues, toleran la escasez del suelo y aprovechan la humedad almacenada en las rocas (Cervantes y Hernández, 1998).

Metabolismo ácido de las Crasuláceas (CAM)

Uno de los factores más importantes para la adaptabilidad de las crasuláceas a condiciones de sequía, lo constituye la adaptación fisiológica denominada metabolismo ácido de las crasuláceas CAM “Crassulacean Acid Metabolism” (por sus siglas en inglés).

Este tipo de fotosíntesis es uno de los tres encontrados en las plantas, aproximadamente comprende el 7% de las plantas vasculares, que suman 33 familias y 328 géneros. Los ambientes donde se desarrollan las plantas CAM van desde regiones áridas, bosques tropicales lluviosos hasta ecosistemas acuáticos (Borland y Taybi, 2004). Estas plantas, están mejor representadas como individuos con tallos suculentos, sufrutescentes o pequeñas plantas leñosas, pero es posible encontrarlas en prácticamente todas las formas de crecimiento conocidas (Keeley y Rundel, 2003).

La primera y más simple definición de CAM fue descrita para especies de la familia Crassulaceae y establece que en la fase nocturna es tomado el CO₂ atmosférico vía apertura de estomas, fijación por la carboxilasa fosfoenolpiruvato y almacenamiento vacuolar en forma de ácidos orgánicos, principalmente ácido málico y una fase diurna en la que los ácidos orgánicos son removidos de la vacuola, descarboxilación y fijación, asimilación de CO₂ seguido del ciclo de Calvin-Benson (Lüttge, 2004).

La plasticidad en la expresión de las fases del metabolismo fotosintético CAM, está íntimamente ligada al ambiente y puede ser modificada por diferentes factores, al grado de perturbar el patrón de las diferentes fases características, e incluso, desaparecer por completo. Esta plasticidad permitió a muchas especies de diferentes familias adaptarse a los ambientes áridos y semiáridos del mundo ya que a diferencia de las plantas C₃ y C₄, las plantas CAM asimilan el CO₂ atmosférico en ácidos de cuatro carbonos, predominantemente de noche y subsecuentemente, lo refijan al siguiente día, vía Ciclo de Calvin. Una de las características más importantes de las plantas CAM es la apertura de los estomas durante la noche y el cierre de las mismas durante la mayor parte del día, lo que se traduce en una pérdida mínima de agua (Geydan y Melgarejo, 2005). Las especies C₃-

CAM son probablemente las de mayor plasticidad en la expresión de CAM, pues dependiendo de los factores ambientales, pueden cambiar de C₃ a CAM bajo condiciones, por ejemplo, de estrés hídrico (Geydan y Melgarejo, 2005).

Las variaciones de este metabolismo, dificultan su definición precisa, entre estas se encuentran, diferentes carboxilasas, cambios en la acumulación de ácido cítrico y málico, algunos precursores de PEP (fosfoenolpiruvato). El CAM presenta un alto grado de modificación en la amplitud de las distintas fases como respuesta a las diferentes condiciones ambientales (Andrade *et al.*, 2007). En el cuadro 1 se presenta de manera resumida el proceso metabólico CAM.

Cuadro 1. Procesos del metabolismo CAM. Tomado de Andrade *et al.* (2007) y modificado por los autores.

Fase	Procesos
Nocturna	<ol style="list-style-type: none"> 1) Apertura de estomas y captura del CO₂ 2) Formación del aceptor primario del CO₂, Fosfoenol-piruvato (PEP) a partir de carbohidratos no estructurales en las células fotosintéticas. 3) Fijación del CO₂ por la enzima (PEPC) en el citosol y síntesis del ácido málico. 4) Almacenaje del ácido málico (como ión malato) en la vacuola central de las células fotosintéticas.
Diurna	<ol style="list-style-type: none"> 1) Liberación del malato de la vacuola hacia el citosol. 2) Descarboxilación del malato en el citosol, liberación de CO₂ y formación de compuestos de tres carbonos (piruvato o PEP). 3) Asimilación del CO₂ liberado en los cloroplastos por la enzima rubisco, seguida por el ciclo de Calvin-Benson y la regeneración de carbohidratos de almacén o glucogénesis.

Tradicionalmente, el factor considerado como el más significativo en el desarrollo de CAM es el estrés causado por la escasez de agua, sin embargo, se han descrito otras variables participantes en la expresión de CAM, entre estas se encuentran, bajas concentraciones de CO₂, deficiencia de nutrientes, intensidad luminosa, temperatura y salinidad (Lüttge, 2004). Esta característica se convierte entonces, en una amplia ventaja competitiva, por que permite administrar de forma más eficiente estos recursos.

Historia taxonómica

Shoenland en 1890 hizo un amplio tratamiento de la familia en la primera edición de *Die Natürliche Pflanzenfamilien* de Engler y Prantl (Meyrán y López, 2003). Posteriormente Berger (Engler y Prantl, 1930), partiendo del trabajo de Shoenland, trató a la familia en una extensa revisión, y reconoce seis subfamilias, 33 géneros y 1500 especies. El agrupó las subfamilias basado en el número y arreglo de las estructuras florales, el grado de simpetalia y la filotaxia. También circunscribió dos grupos mayores entre el nivel de familia y subfamilia (linajes): el linaje *Crassula* y el linaje *Sedum*. El primero agrupa a especies de distribución predominantemente africana, e incluye las subfamilias: *Crassuloideae*, *Kalanchoideae* y *Cotyledonoideae*. El segundo linaje agrupa a especies casi exclusivas al Hemisferio Norte. En este linaje se encuentra la mayoría de las especies mexicanas y agrupa a las subfamilias: *Sempervivoideae*, *Sedoideae* y *Echeverioideae* (Mort *et al.*, 2001).

Dentro del linaje *Crassula*, Berger, separa a las subfamilias de acuerdo a las siguientes características: *Crassuloideae* presenta un grupo de cinco estambres, cinco carpelos y cinco pétalos no fusionados (haplostemonas), mientras que *Cotyledonoideae* y *Kalanchoideae* presenta especies con flores diplostemonas, es decir, presentan el doble de estambres que pétalos y carpelos, 10 estambres para *Cotyledonoideae* y ocho para *Kalanchoideae* con flores de cinco y cuatro verticilos respectivamente. En el linaje *Sedum*, *Sempervivoideae* presenta flores con partes que varían de 6 hasta 32 (polímeras) y pétalos no fusionados, en *Echeverioideae* las flores son pentámeras con pétalos parcial o completamente fusionados, finalmente, en *Sedoideae*, han sido agrupadas especies que no se han podido ubicar en otras subfamilias y es considerada como la de mayor dificultad, puesto que incluye el mayor y más diverso género: *Sedum* (Roeland *et al.*, 1998).

Se considera la propuesta de Berger (en Engler y Prantl, 1930) como una clasificación altamente artificial (Mort *et al.*, 2001), sin embargo, es utilizada en la actualidad por tener un valor práctico (Meyrán y López, 2003). En la figura 1 se presenta de manera resumida la clasificación propuesta por Berger.

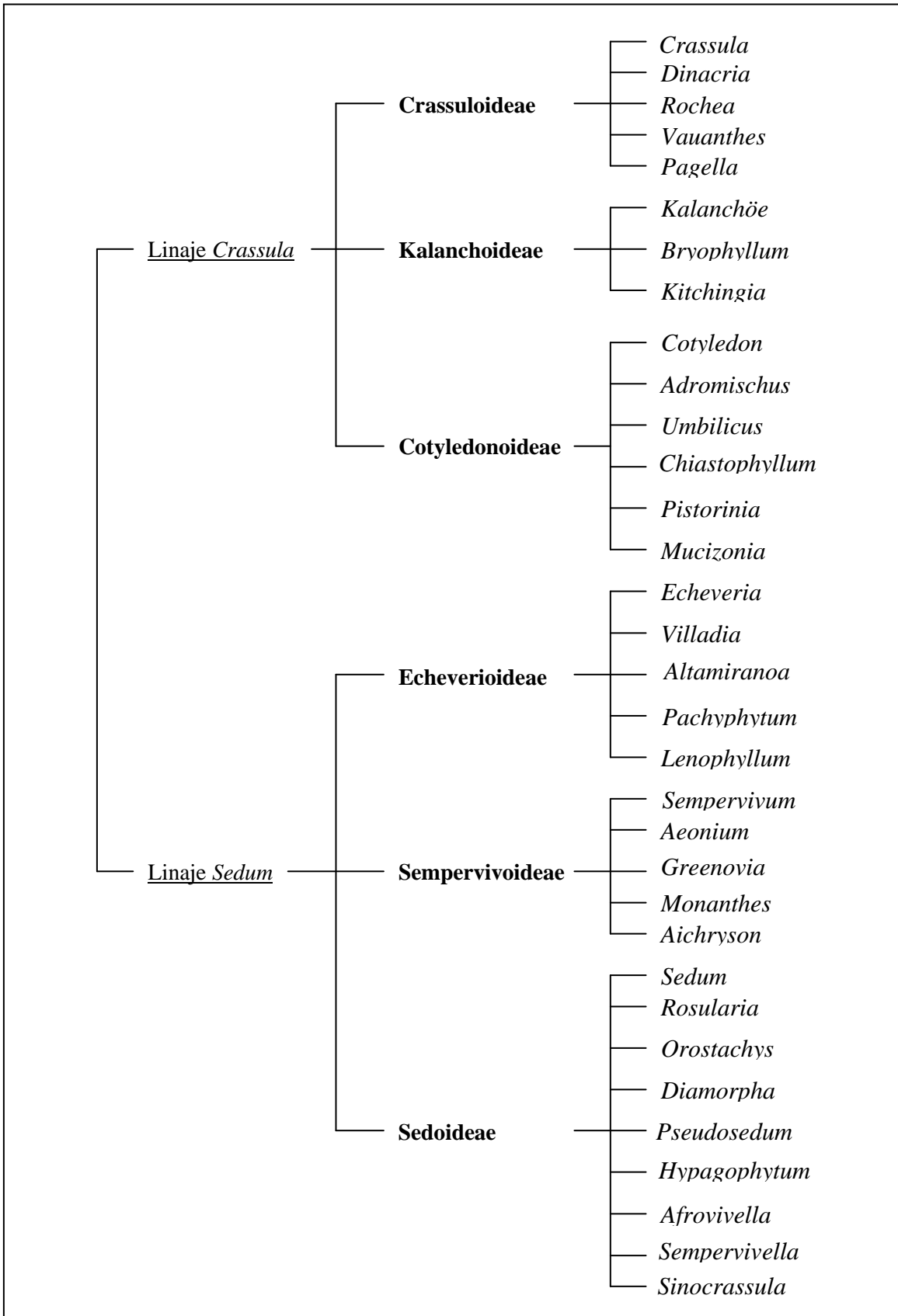


Figura 1. Clasificación de la familia Crassulaceae propuesta por Berger (en Engler y Prantl, 1930). Tomado de Mort *et al.*, (2001), modificado por los autores. Los linajes se presentan subrayados, las subfamilias en negritas y sus respectivos géneros en cursivas.

Thorne (1983), (citado por Roeland *et al.*, 1998) propuso una reducción de las subfamilias de Berger a tres y reconoció únicamente a Crassuloideae, Cotyledonoideae (incl. Kalanchoideae) y Sedoideae (incl. Sempervivoideae y Echeverioideae).

Análisis filogenéticos recientes (Roeland *et al.*, 1998) han tratado de resolver la problemática delimitación de las categorías intrafamiliares (subfamilias, géneros y especies), estos colocan a la familia Crassulaceae como un grupo monofilético, relacionada con la familia Saxifragaceae y con Penthoraceae dentro del orden Rosales, mientras que Judd *et al.* (1999) sostienen que la familia está incluida en el orden Saxifragales. Roeland *et al.* (1998), refieren, con base en evidencias moleculares, específicamente de la variación del sitio de restricción de ADN del cloroplasto, que la familia es monofilética y ésta se subdivide en siete clados principales. El estudio abarcó 44 especies de 19 géneros, de las seis subfamilias de Berger. Los clados se presentan a continuación:

1. Clado *Crassula*: incluye a toda la subfamilia Crassuloideae de Berger (en Engler y Prantl, 1930), también se incluye el género cosmopolita *Tillaea* de plantas semiacuáticas.
2. Clado *Kalanchoe*: incluye a la subfamilia Kalanchoideae de Berger y a los géneros *Adromischus* y *Cotyledon* antes incluidos en Cotyledonoideae.
3. Clado *Telephium*: incluye al género *Umbilicus*, antes en Cotyledonoideae y a los géneros *Rhodiola*, *Sedum* e *Hylotelephium*, antes en Sediodeae
4. Clado *Sempervivum*: agrupa al género *Sempervivum* y dos especies de *Sedum*.
5. Clado *Leucosedum*: comprende a los géneros *Mucizonia* y *Pistorinia* de la subfamilia Cotyledonoideae de Berger, parte del género *Sedum* y *Rosularia*.
6. Clado *Aeonium*: incluye a una fracción de *Aeonium* y *Monanthes*, se incluye también a *Sedum caeruleum*.
7. Clado *Acre*: agrupa a *Echeveria*, *Pachyphytum* y *Villadia* de Echeverioideae, además de especies de *Sedum* de Asia, Europa, África, México y Macaronesia.

Mort *et al.* (2001), en un estudio similar, donde incluyó 112 especies de 33 géneros y con la técnica de la secuenciación del gen *MATK*, sostiene al igual que Roeland *et al.*, (1998), que la familia es monofilética. Retoma la división de dos grupos mayores: las subfamilias Crassuloideae y Sedoideae de Roeland *et al.* (1998). Dentro de las dos subfamilias, Mort *et al.*, (2001), reconoce los mismos siete clados en

concordancia con Roeland *et al.*, (1998). De los anteriores análisis se desprende la clasificación propuesta por Eggli (2003), que se muestra en la figura 2.

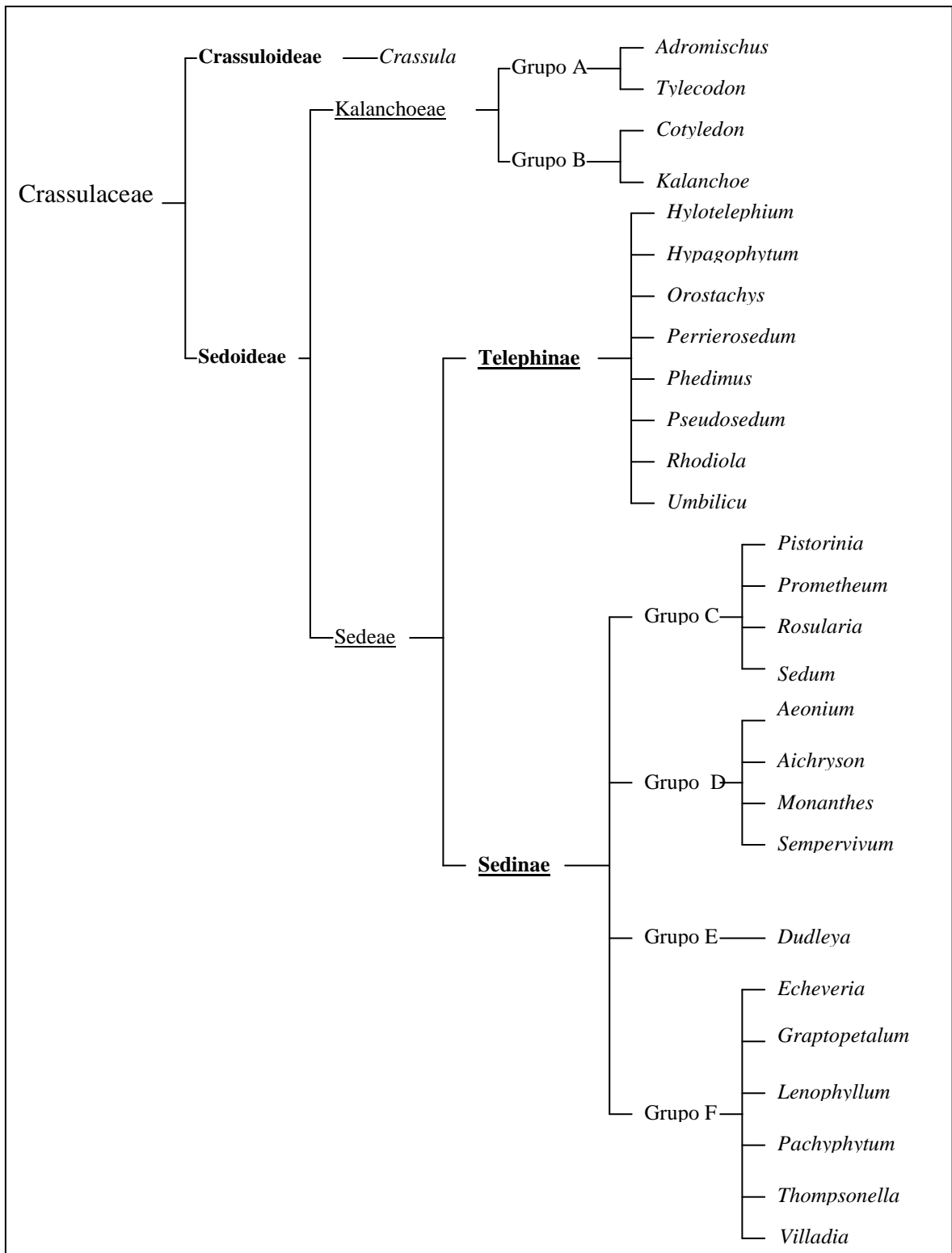


Figura 2. Clasificación propuesta por Eggli (2003). Se muestran las subfamilias en negritas, las tribus subrayadas, las subtribus subrayadas y en negritas, los grupos de A-F y los géneros en cursivas.

Taxonomía numérica

El feneticismo, es una escuela de clasificación surgida como reacción al sopesamiento (otorgar mucho peso a una cualidad) de caracteres usados en la taxonomía evolutiva. Los organismos son agrupados sobre la base de su similitud global (*overall similarity*); se clasifican en el mismo grupo los organismos que tengan la mayor cantidad de caracteres en común, los que son más parecidos. La fenética tiene en cuenta, en teoría, la mayor cantidad de caracteres disponibles, cualquiera que sea su naturaleza y considera que todos los caracteres tienen el mismo valor. Dado que el número de especies y de caracteres a estudiar puede ser muy elevado, es imprescindible la ayuda de programas informáticos específicos. El resultado es un dendograma no enraizado denominado fenograma, en que se establecen las relaciones de parentesco fenético de los organismos estudiados. Los objetos de estudio (los taxones terminales) pueden ser especies, géneros o cualquier otra categoría taxonómica y reciben el nombre de UTO (unidades taxonómicas operacionales) (en inglés, *OTU, operational taxonomic unit*) (Sneath y Sokal, 1973).

La taxonomía numérica ha sido utilizada como una herramienta auxiliar, principalmente para comparar y agrupar variedades agrícolas, microorganismos (predominantemente bacterias), así como, para clasificar géneros y especies de difícil delimitación. Las técnicas multivariadas más utilizadas en taxonomía numérica son el análisis de agrupamiento y el análisis de ordenación (Duarte *et al.*, 1999).

Análisis de agrupamiento

La secuencia de pasos a seguir para realizar un análisis de agrupamiento requiere del orden específico siguiente.

- 1) Elección de las OTU's.
- 2) Elección y codificación de los caracteres a evaluar.
- 3) Estandarización de la matriz básica de datos.
- 4) Cálculo de la semejanza entre OTU's utilizando un coeficiente de similitud.
- 5) Elaboración de un gráfico (fenograma) que permita visualizar la similitud entre OTU's.

La elección de las OTU's depende de los objetivos del estudio, pudiéndose trabajar con familias, poblaciones, especies, subespecies, individuos, objetos, etc.

Con respecto a los caracteres, el número de ellos depende, de las limitaciones económicas y del tiempo que se disponga, en teoría, se puede utilizar un número infinito de caracteres para el análisis, los cuales pueden ser morfológicos, ecológicos, genéticos, fisiológicos, bioquímicos, etológicos, entre otros, se parte del hecho de que entre mayor sea el número de caracteres la clasificación será más estable, pero esto resulta poco práctico, Sneath y Sokal (1973) recomienda usar como mínimo 50 caracteres, sin embargo, es posible obtener clasificaciones estables con unos cuantos caracteres. A grandes rasgos los caracteres se dividen en cualitativos y cuantitativos, los primeros pueden ser simples (con dos estados) o multiestado (ordenados o sin orden). Los caracteres cuantitativos son aquellos que se pueden medir en una escala de intervalo continua.

La estandarización de la matriz básica de datos es muy recomendable, pues evita el sesgo en los resultados debido a las diferencias de tamaño. Consiste en la reexpresión de la matriz básica de datos en una nueva escala, uno de los métodos más utilizados es la estandarización por rango (Gower, 1971), que transforma la medida inicial a en a' aplicando el algoritmo $a' = (a - a_{\min}) / (a_{\max} - a_{\min})$, se recomienda cuando los valores absolutos de los caracteres difieren ampliamente.

En el cálculo de la similitud (o disimilitud) entre OTU's se emplean diversos coeficientes dependiendo del tipo y la forma en que fueron codificados los caracteres utilizados en el análisis, generalmente se emplean tres tipos básicos de coeficiente (distancia, asociación y correlación), los primeros miden la distancia entre OTU's, son considerados medidas de disimilitud, uno de los más utilizados es el coeficiente de distancia euclidiana que se basa en el teorema de Pitágoras, se recomienda cuando los caracteres son continuos o multiestado ordenados. Los coeficientes de asociación miden las coincidencias y diferencias entre los caracteres de las OTU's, el coeficiente de Jaccard es de los más utilizados y se define por la expresión $S_{ij} = a / (a+b+c)$ (Sneath y Sokal, 1973).

Entre los coeficientes de correlación más utilizados se encuentra el coeficiente de Pearson, también conocido como coeficiente de correlación del producto-momento, cuantifica la similitud a partir de la separación angular de dos líneas que parten del origen de las coordenadas y pasan por las OTU's i y j , los valores de este coeficiente varían entre -1 y 1, para la mínima y máxima similitud respectivamente.

Los algoritmos SAHN (secuenciales, aglomerativos, jerárquicos, excluyentes, por sus siglas en inglés), proporcionan una solución al problema de la clasificación jerárquica

de los organismos, los más utilizados son las técnicas jerárquicas aglomerativas, que se basan en una serie de fusiones sucesivas en grupos, se comienza por agrupar a las dos OTU de mayor similitud, posteriormente se calculan las proximidades de cada OTU restante con el primer grupo, el proceso continúa hasta agrupar a todas las OTU. El método más utilizado es el método de *ligamiento promedio* (UPGMA, unweighted pair-group method using arithmetic averages, por sus siglas en inglés), que define la proximidad entre dos agrupamientos como el promedio entre todos los pares de las OTU's que conforman a uno de los agrupamientos (Sneath y Sokal, 1973).

Análisis de componentes principales

Es uno de los métodos de análisis, que permite la estructuración de un conjunto de datos multivariados obtenidos de una población, cuya distribución de probabilidades no necesita ser conocida. Es muy útil para la descripción de las relaciones existentes entre las variables, así como para la descripción del comportamiento multidimensional de los individuos con respecto a las variables en estudio.

Es un método que se utiliza sobre variables cuantitativas y consiste en buscar la mejor combinación lineal entre las variables originales, de tal forma, que explique la mayor cantidad de varianza total posible. Posteriormente se obtiene una segunda mejor combinación lineal que explique la varianza residual no explicada en la primera y que cumpla con la ortogonalidad con el primer factor. El proceso se repite hasta obtener todos los factores posibles.

Es de gran utilidad como una técnica de ordenación en la taxonomía numérica de plantas, por que permite reducir la dimensionalidad, es decir, el número de variables (dimensiones), al eliminar los atributos que aportan poca información y remover la redundancia y el efecto aleatorio entre las variables. Se basa en la maximización de la varianza de las transformaciones lineales de los valores de los atributos, es decir, en la generación de vectores y valores propios. Se recomienda la generación de esas nuevas variables tomando como base la matriz de correlación, producto de la estandarización de los valores de los atributos para evitar la sensibilidad a las diferencias de escala y a los valores extraños. Así, se producen componentes principales independientes entre si y cada uno sintetiza la máxima variabilidad residual contenida en los datos y explica una proporción de la variación total (Pla, 1986) (citado en Fernández, 2001).

Estudios florísticos de referencia

En general los trabajos florísticos regionales que abordan a la familia Crassulaceae en México son escasos, entre ellos destaca “Las Crasuláceas del Valle de México” (Calderón, 1974) quien realizó un listado de especies y descripción de las mismas.

Actualmente no existe un trabajo especializado para esta familia en el Valle del Mezquital o regiones adyacentes. Se han realizado listados florísticos en donde se reportan algunas especies de la familia.

Entre los trabajos realizados en el área, destaca el de González-Quintero (1968), quien enlistó siete especies para la región, mismas que relacionó de acuerdo al tipo de vegetación en que fueron encontradas. De los taxones reportados sólo fueron determinados tres, en las siguientes asociaciones vegetales:

- Matorral crasicaule: *Echeveria elegans*.
- Matorral de *Fouquieria*: *Echeveria coccinea*.
- Matorral desértico calcícola: *Sedum sp.*
- Matorral de *Juniperus*: *Sedum sp.*
- Encinar arbustivo sobre sustrato riolítico: *Echeveria sp.* y *Sedum aff. liebmannianum*.
- Encinar arbustivo sobre sustrato calizo: *Sedum sp.*

Velasco y Ojeda (1989), reconocieron ocho especies totales para la región. Estas especies pertenecen a dos géneros, cuatro correspondientes a *Echeveria* y el resto a *Sedum*. Dentro de las asociaciones vegetales donde se enlistaron destacan:

- Matorral de *Prosopis laevigata*: *Echeveria coccinea* y *Echeveria secunda*.
- Matorral de *Quercus microphylla*: *Sedum moranense* y *Sedum aff. liebmannianum*.
- Matorral de *Fouquieria*: *Echeveria coccinea*.
- Matorral de *Stenocereus-Myrtillocactus*: *Echeveria coccinea*.
- Matorral desértico calcícola: *Sedum moranense* y *Sedum dendroideum*.
- Bosque bajo de *Juniperus*: *Sedum sp.*
- Bosque de *Quercus*: *Echeveria elatior*, *Echeveria sp.* y *Sedum moranense*.

El trabajo más actualizado es la recopilación de Meyrán y López (2003), donde enlistan todas las especies que están distribuidas en el territorio nacional. En el VM y áreas adyacentes se tienen registradas aproximadamente 23 especies. Una relación de especies distribuidas en el VM según Meyrán y López (2003) se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Especies por localidad de la familia Crassulaceae para el Valle del Mezquital, según Meyrán y López (2003). En negritas se resaltan las localidades que corresponden al Valle del Mezquital.

ESPECIE	DISTRIBUCIÓN EN VM
1) <i>Echeveria agavoides</i>	Presa Francisco I. Madero
2) <i>Echeveria bifida</i>	Tasquillo
3) <i>Echeveria bifurcata</i>	Colinas cerca de Ixmiquilpan
4) <i>Echeveria halbingeri</i>	Actopan
5) <i>Echeveria hialina</i>	Cerro Juárez
6) <i>Echeveria longipes</i>	Cerro Xicuco
7) <i>Echeveria maculata</i>	Tula
8) <i>Echeveria minima</i>	Río Tula, cerca del puente de Tasquillo.
9) <i>Echeveria platyphylla</i>	El Salto.
10) <i>Graptopetalum pachyphyllum</i>	Tepenene, entre colonia y Actopan
11) <i>Pachyphytum brevifolium</i>	Probablemente el límite de Hidalgo y Querétaro.
12) <i>Pachyphytum coeruleum</i>	Probablemente límite entre Querétaro e Hidalgo.
13) <i>Pachyphytum glutinicaule</i>	Río Tula, Tasquillo, Tecozautla
14) <i>Pachyphytum compactum</i>	Ixmiquilpan.
15) <i>Sedum calcaratam</i>	El Salto, Huichapan.
16) <i>Sedum confusum</i>	Pueblo Nuevo.
17) <i>Sedum corynephyllum</i>	Cardonal
18) <i>Sedum ebracteatum</i>	Hidalgo. No se especifica.
19) <i>Sedum goldmanii</i>	Zonas montañosas de Hidalgo, no se especifica.
20) <i>Sedum humifusum</i>	Tecozautla.
21) <i>Sedum jurgensenii</i>	Hidalgo, no se especifica.
22) <i>Villadia elongata</i>	La Magdalena, Santuario.
23) <i>Villadia misera</i>	Chuilcuautla

Zona de estudio

Delimitación

El Valle del Mezquital, se ha delimitado bajo un criterio orográfico en donde se incluyen las siguientes elevaciones: al norte la Sierra de Juárez; al este, la serranía que va desde el Cerro del Fraile hasta el Cerro del Águila y la Sierra de Actopan; al sur por la Sierra de Mexe y al oeste por la Sierra Xinthé (González-Quintero, 1968). Actualmente los límites de esta región se han precisado a través de un criterio hidrológico, sumando un área total de 85000 ha comprendidas en 37 municipios (Cantellano, comun. pers.). Está conformado por varios valles como el de Actopan, Ixmiquilpan, Alfajayucan, Mixquiahuala, Tula, Tezontepec y Tepetitlán entre otros.

Se encuentra ubicado en el suroeste del estado de Hidalgo. Una fracción de Querétaro y otra del Estado de México forman parte de esta región (figura 3).

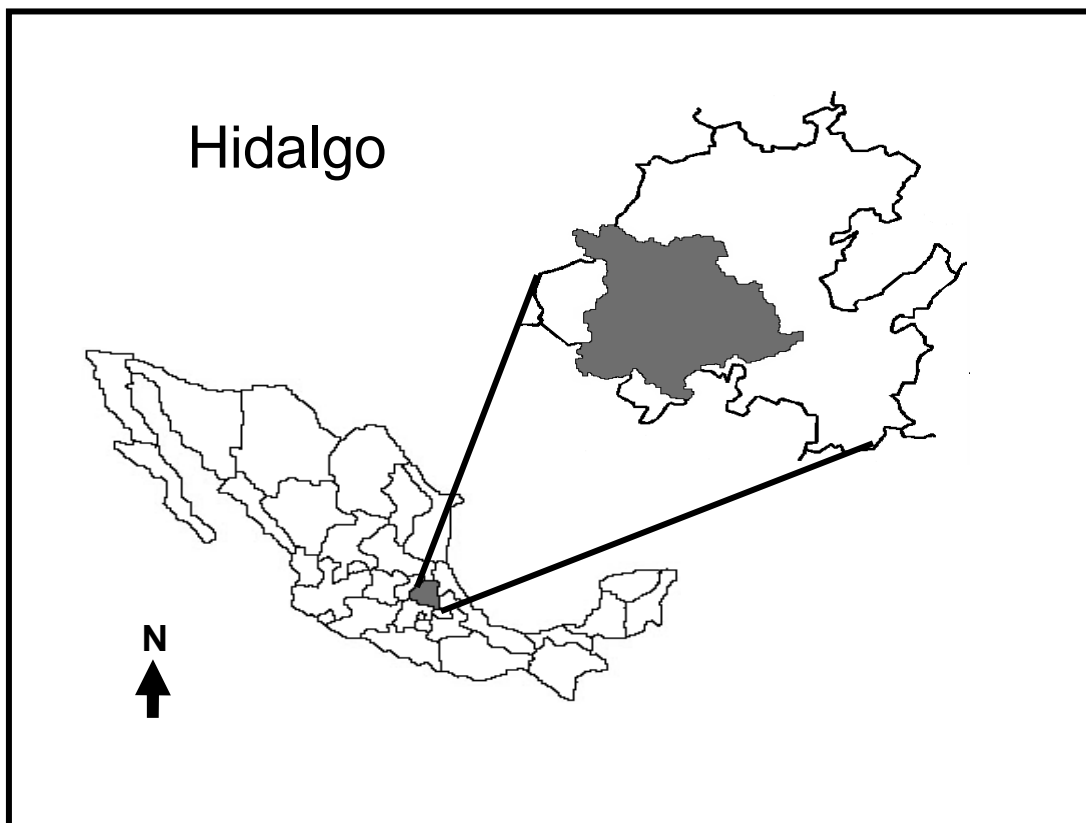


Figura. 3. Delimitación del Valle del Mezquital de acuerdo a Cantellano (com. pers.). La zona sombreada corresponde a la ubicación y el área aproximada que abarca el Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo.

Descripción

El Valle del Mezquital es una cuenca exorreica, el caudal más importante de la región es el río Tula, nace en los flancos orientales del Cerro de La Bufa en el Edo. de México, recorre cerca de su origen las faldas orientales y profundas barrancas de la Sierra de Monte Alto, dirigiéndose después a Tepeji del Río, donde alimenta a la presa Requena, posteriormente corre por la cañada que conduce a la planicie de Tula.

Antes de penetrar a la zona de estudio, aumenta su caudal con las aguas residuales de la cuenca de México, que vienen por el tajo de Nochistongo. El Río Tula cruza la parte oriental del Valle del Mezquital de sur a norte, atravesando las poblaciones de Tezontepec, Mixquiahuala, Chilcuahutla, San Miguel de la Cal e Ixmiquilpan en donde se le une el Río Tephé y recibe el nombre de río Ixmiquilpan, posteriormente se dirige hacia una cañada amplia que termina bruscamente en el cañón del Abra, el cual corta la Sierra de San Juanico y da paso a la planicie de Tasquillo (Velasco y Ojeda, 1989).

El tipo climático de la zona de estudio de acuerdo a la clasificación de Koppen corresponde al templado seco, con lluvias en verano (BS). En su mayor parte la región tiene el subtipo climático BSI y se caracteriza por tener un coeficiente P/T mayor al valor crítico de 22.9 y una temperatura media anual de 12 a 18 °C, los meses más cálidos superan los 18 °C y los más fríos menores de 18 hasta -3 °C. También se presenta el subtipo BSo, su coeficiente P/T es menor al valor crítico de 22.9 y su temperatura media anual registra valores entre los 18 y 22 °C. La variación térmica diaria alcanza un valor máximo de 27.5 °C y las oscilaciones de las temperaturas medias mensuales son de entre 4 y 7 °C (Velasco y Ojeda, 1989).

En la zona se presentan dos máximos de precipitación, uno en junio y otro en septiembre. El primero debido a los vientos alisios, mientras que el segundo está ligado a fenómenos ciclónicos originados en el Caribe o el Golfo de México. La máxima precipitación se presenta en el periodo mayo-septiembre, y coincide con la época calurosa (González-Quintero, 1968). Existe un gradiente de precipitación de sur a norte, que presenta los valores más altos en Tula y disminuye conforme se asciende en latitud hacia Ixmiquilpan. Los valores mínimos de precipitación media anual se presentan en Ixmiquilpan (365.67 mm) y los máximos en Mixquiahuala (642.52 mm) y Tula (602.67 mm), registrados en el periodo 1973 – 1984 (Velasco y Ojeda, 1989).

En la Sierra Juárez se encuentra la máxima elevación, el Cerro Boludo, de 3,100 m; destacan también el Cerro Juárez (3,000 m), La Muñeca y San Juan (2,800 m). La sierra Xinthé alcanza una altitud de 2,700 m en el Cerro Sombrerete, sobresalen también los Cerros: Panales, Alberto Tlago, Decá y Xinthé.

La región sur del Valle presenta elevaciones de 2,800 m como: Ulapa, Mexe, Chínfi, y La Cantera. La Sierra de Actopan es la menos elevada con 2,400 m. Hacia el oriente se encuentra la serranía que va desde el Cerro Cuxmagé hasta el cerro Santa María. La planicie sur está localizada a 1,950 m de altitud, abarca los municipios de San Salvador y parte de los municipios de Actopan, Chilcuautla, Mixquiahuala, Tepatepec y Santiago (González-Quintero, 1968).

La Formación Tarango ocupa el fondo del Valle, está formada por depósitos clásticos del Plioceno-Pleistoceno, mientras que, la formación El Doctor está constituida de calizas marinas del Cretácico. Otras formaciones de importancia en la zona son, el grupo Pachuca de rocas volcánicas del Mioceno que varían del basalto a la riolita, las formaciones Mezcala, Méndez, Soyatal y las Trancas, constituidas por rocas calcáreas y el grupo San Juan formado por riolitas y andesitas (González-Quintero, 1968).

Los suelos del fondo del Valle son profundos, casi sin rocas superficiales, pobres en materia orgánica, la textura más común es el migajón arenoso y el migajón arcilloso. Los suelos son más delgados en las cercanías de las elevaciones montañosas, las laderas tienen suelos muy someros, su pH es de alrededor de 8 (González-Quintero, 1968).

Las unidades de suelos que se han reportado para la zona de estudio son, Feozem háplico, Feozem calcárico, Rendzinas, Vertisol pélico, Litosol, Castañozem cálcico, Regosol calcárico, Regosol eutrítico y Cambisol húmico (Velasco y Ojeda, 1989).

La vegetación del Valle del Mezquital se establece en dos grupos que se diferencian según el sustrato donde se desarrollan: ígneo y calizo (cuadro 2), González-Quintero (1968) reconoce 11 diferentes tipos de asociación vegetal, mientras que Velasco y Ojeda (1989) reconocen 16. La totalidad de los 16 tipos de asociación vegetal se enlistan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Asociaciones vegetales del VM de acuerdo a Velasco y Ojeda (1989).

Sobre sustrato ígneo	Altitud (m)	Sobre sustrato calizo	Altitud (m)
Vegetación riparia	1700	Matorral de <i>Sophora</i>	1700 – 1850
Matorral de <i>Prosopis</i>	1700 – 2000	Matorral de <i>Flourensia resinosa</i>	1700 – 2100
Matorral de <i>Fouquieria</i>	1800 – 2400	Matorral de <i>Karwinskia humboldtiana</i>	1700 – 2100
Matorral de <i>Quercus microphylla</i>	2100 – 2300	Matorral desértico calcícola	1800 – 2600
Matorral de <i>Juniperus</i>	2200 – 2500	Matorral de <i>Quercus microphylla</i>	2150 – 2350
Matorral crasicaule	1750 – 2750		
Bosque de <i>Quercus</i>	2250 – 2800		
Bosque de <i>Pinus cembriodes</i>	2250 – 2800		

Cuadro 4. Asociaciones vegetales y componentes florísticos representativos de acuerdo a Velasco y Ojeda (1989) en el Valle del Mezquital.

Asociación vegetal	Especies fisonómicamente dominantes	Componentes florísticos adicionales
1) Matorral de <i>Prosopis laevigata</i>	<i>Prosopis laevigata</i> , <i>Mimosa biuncifera</i> , <i>Mimosa depauperata</i> , <i>Acacia farnesiana</i> , <i>Acacia schaffneri</i> .	<i>Cylindropuntia imbricata</i> , <i>Ferocactus latispinus</i> , <i>Jatropha dioica</i> , <i>Karwinskia humboldtiana</i> , <i>Yucca filifera</i> , <i>Opuntia streptacantha</i> , <i>Lantana involucrata</i> , <i>Leucophyllum ambiguum</i> , <i>Brickellia veronicaefolia</i> .
2) Matorral de opuntias	<i>Opuntia streptacantha</i> .	<i>Opuntia sp.</i> , <i>Acacia schaffneri</i> , <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , <i>Yucca filifera</i> , <i>Agave atrovirens</i> , <i>Brickellia veronicaefolia</i> , <i>Ferocactus glaucescens</i> .
3) Matorral de <i>Quercus microphylla</i>	<i>Quercus microphylla</i> , <i>Nolina parvifolia</i> , <i>Dasyllirion acrotriche</i> .	<i>Buddleia microphylla</i> , <i>Cercocarpus pringlei</i> , <i>Dalea dorycninoides</i> , <i>Decatropis bicolor</i> , <i>Eupatorium espinosarum</i> , <i>Lindleya mespiloides</i> .
4) Matorral de <i>Fouquieria</i>	<i>Fouquieria fasciculata</i> , <i>Bursera fagaroides</i> , <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , <i>Prosopis laevigata</i> .	<i>Yucca filifera</i> , <i>Acacia farnesiana</i> , <i>Cassia wislizenii</i> , <i>Condalia velutina</i> , <i>Coryphantha erecta</i> , <i>Dodonaea viscosa</i> , <i>Ferocactus glaucescens</i> .
5) Matorral crasicaule de <i>Stenocereus</i> - <i>Myrtillocactus</i>	<i>Stenocereus dumortieri</i> , <i>Myrtillocactus geometrizans</i> .	<i>Hechtia podantha</i> , <i>Mammillaria compressa</i> , <i>Mammillaria magnimamma</i> , <i>Croton dioicus</i> , <i>Senecio praecox</i> , <i>Euphorbia antisiphilitica</i> , <i>Celtis pallida</i> , <i>ferocactus latispinus</i> .
6) Matorral desértico calcícola.	<i>Flourensia resinosa</i> , <i>Agave lechuguilla</i> , <i>Agave striata</i> , <i>Hechtia podantha</i> .	<i>Echinocactus platyacanthus</i> , <i>Leucophyllum ambiguum</i> , <i>Bursera schlechtendalii</i> , <i>Jatropha dioica</i> , <i>Lippia graveolens</i> , <i>Opuntia stenopetala</i> , <i>Coryphantha octacantha</i> , <i>Mammillaria gracilis</i> .

7) Bosque bajo de <i>Juniperus</i>	<i>Juniperus flaccida</i> .	<i>Arbutus xalapensis</i> , <i>Ayenia rotundifolia</i> , <i>Karwinskia humboldtiana</i> , <i>Montanoa tomentosa</i> , <i>Opuntia robusta</i> , <i>Casimiroa pubescens</i> , <i>Croton dioicus</i> .
8) Matorral de <i>Sophora secundiflora</i>	<i>Sophora secundiflora</i> , <i>Salix</i> sp., <i>Fourlesia resinosa</i> .	<i>Bouvardia ternifolia</i> , <i>Chrysactinia mexicana</i> , <i>Condalia mexicana</i> , <i>Echites coulteri</i> , <i>Hechtia podantha</i> , <i>Karwinskia mollis</i> , <i>Vauquelinia corymbosa</i> .
9) Vegetación de la cañada del arenalito	<i>Pinus cembroides</i> , <i>Cephalocereus senilis</i> .	<i>Juniperus flaccida</i> , <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , <i>Opuntia streptacantha</i> , <i>Pinus pinciana</i> , <i>Yucca filifera</i> .
10) Matorral de <i>Agave lechuguilla</i>	<i>Agave lechuguilla</i> , <i>Hechtia podantha</i> .	<i>Calliandra eriophylla</i> , <i>Coryphantha radians</i> , <i>Ephedra compacta</i> , <i>Ferocactus latispinus</i> , <i>Cylindropuntia tunicata</i> , <i>Koeberlinia spinosa</i> , <i>Lippia graveolens</i> , <i>Opuntia cantabrigiensis</i> .
11) Bosque de <i>Quercus</i>	<i>Quercus crassifolia</i> , <i>Quercus crassipes</i> , <i>Quercus mexicana</i> , <i>Quercus rugosa</i> .	<i>Arbutus glandulosa</i> , <i>Buddleia sessiliflora</i> , <i>Cercocarpus fothersgilloides</i> , <i>Senecio angustifolius</i> , <i>Stevia lucida</i> , <i>Plantago</i> sp., <i>Pinguicula caudata</i> .
12) Matorral de <i>Myrtillocactus geometrizans</i>	<i>Myrtillocactus geometrizans</i> , <i>Bursera fagaroides</i> , <i>Prosopis laevigata</i> , <i>Pachycereus marginatus</i> , <i>Yucca filifera</i> .	<i>Aloysia lycioides</i> , <i>Calliandra eriophylla</i> , <i>Celtis pallida</i> , <i>Coryphantha cornifera</i> , <i>Mammillaria geminispina</i> , <i>Nicotiana trigonophylla</i> , <i>Croton fruticosus</i> , <i>Verbesina serrata</i> .
13) Bosque de <i>Pinus cembroides</i>	<i>Pinus cembroides</i> .	<i>Juniperus flaccida</i> , <i>Dodonaea viscosa</i> , <i>Flourensia resinosa</i> , <i>Dalea bicolor</i> , <i>Astragalus</i> sp., <i>Citharexylum oleinum</i> , <i>Quercus saltillensis</i> , <i>Rhus mollis</i> .
14) Matorral de <i>Flourensia resinosa</i>	<i>Flourensia resinosa</i> .	<i>Acacia farnesiana</i> , <i>Bernardia mexicana</i> , <i>Casimiroa pubescens</i> , <i>Decatropis bicolor</i> , <i>Sophora secundiflora</i> , <i>Salvia ballotaeflora</i> , <i>Mammillaria schiedeana</i> , <i>Tecoma stans</i> .
15) Matorral de <i>Karwinskia humboldtiana</i>	<i>Karwinskia humboldtiana</i> , <i>Opuntia</i> sp.	<i>Brickellia veronicaefolia</i> , <i>Croton rzedowski</i> , <i>Menodora coulteri</i> , <i>Notholaena coperlandii</i> , <i>Cylindropuntia leptocaulis</i> , <i>Gymnosperma glutinosum</i> , <i>Leucophyllum ambiguum</i> , <i>Zexmenia lantanifolia</i> .
16) Vegetación del cañón del río Tula	Sobre roca riolítica o basáltica: <i>Myrtillocactus geometrizans</i> , <i>Stenocereus dumortieri</i> , <i>Pachycereus marginatus</i> , <i>Opuntia streptacantha</i> , <i>Dasyliirion acrotiche</i> . En las orillas: <i>Taxodium mucronatum</i> , <i>Pharagmites communis</i> , <i>Salix bonplandiana</i> , <i>Salix humboldtiana</i> , <i>Junglans</i> sp.	<i>Acacia coulteri</i> , <i>Acacia micrantha</i> , <i>Baccharis glutinosa</i> , <i>Kearnemalvastrum lacteum</i> , <i>Brongniartia intermedia</i> , <i>Colubrina elliptica</i> , <i>Dodonaea viscosa</i> , <i>Eupatorium glabratum</i> , <i>Flourensia laurifolia</i> , <i>Hoverdenia speciosa</i> , <i>Neopringlea integrifolia</i> , <i>Plumeria acutifolia</i> , <i>Randia cinerea</i> , <i>Solanum verbascifolium</i> , <i>Tecoma stans</i> , <i>Trixis inula</i> , <i>Viguiera dentata</i> .

Materiales y métodos

Tgrabajo de campo

Muestreo: Los sitios de muestreo se seleccionaron con base en la consulta de referencias bibliográficas especializadas (Walther, 1972; Eggli, 2003; Meyrán y López, 2003) y el herbario nacional (MEXU). Posteriormente se realizaron recorridos en el área de estudio, visitando los diferentes tipos de asociaciones vegetales presentes en la zona, de acuerdo a González-Quintero (1968). Esto con la finalidad de abarcar distintos ambientes en los que potencialmente pudieran distribuirse las crasuláceas. En virtud de la heterogeneidad de las condiciones ecológicas de las zonas semiáridas, se efectuaron 45 transectos de diferentes longitudes, en promedio de 1 Km de longitud y 20 m de ancho, uno realizado del pie de monte a la cima sobre la exposición norte, otro horizontal rodeando la cima, procurando abarcar todas las exposiciones, por último, se realizó un transecto vertical de la cima al pie de monte sobre la exposición sur, en cada una de las localidades seleccionadas. Así, se pretendió abarcar y muestrear en estos recorridos, asociaciones de pie de monte, laderas intermedias y las cimas de las montañas. Se estableció especial énfasis a las regiones pedregosas.

Colecta: Se colectaron de tres a cinco individuos de cada especie en poblaciones abundantes y dos en poblaciones reducidas, los ejemplares fueron colocados en bolsas de estraza marcadas y con parte del suelo del sitio donde fueron colectadas. Durante el proceso de colecta, se tomaron los datos ecológicos más representativos, así como, datos relevantes de la población para la elaboración de una base de datos (cuadro 5).

Cuadro 5. Datos tomados en campo.

DATOS ECOLÓGICOS	DATOS POBLACIONALES
Tipo de asociación vegetal	Especie
Especies fisonómicamente dominantes	Fenología
Componentes florísticos adicionales	Nombre de la localidad
Tipo de suelo	Abundancia (alta, media o baja)
Exposición	Fotografía
Sustrato geológico (tipo de roca)	Altitud (m)
	Latitud y Longitud

Trabajo de laboratorio

Los ejemplares colectados se trasladaron al invernadero de la FES Zaragoza con el fin de mantenerlos en cultivo y recabar información morfológica de estructuras reproductivas en poblaciones que no presentaron floración al momento de la colecta. Los ejemplares colectados sobre sustrato de origen ígneo fueron mantenidos en un sustrato compuesto por musgo sphagnum- tepojal o suelo del sitio 3:1 v/v; para los ejemplares colectados sobre sustrato calizo se preparó un sustrato consistente de musgo sphagnum - suelo del sitio 1:1 v/v.

Herborización: Las plantas suculentas requieren un proceso especial de herborización, ésta no se llevó a cabo en campo. De uno a tres de los individuos se herborizaron en laboratorio, siguiendo la técnica propuesta por Gutiérrez-Salazar y García-Mendoza (2000) para crasuláceas, que indica de manera resumida lo siguiente:

- a) Se lava el material colectado sin dañar sus órganos
- b) Se coloca el material en una charola o bolsa plástica y se coloca en un congelador de 6 a 24 horas, a una temperatura de 0 a -5° C.
- c) Después del tiempo de congelamiento, se sumerge en agua a temperatura ambiente hasta su descongelación.
- d) Se retira el material de la bolsa y con una aguja o alfiler se pica una cara de las hojas, tallo y brácteas.
- e) Se coloca el material en una solución de alcohol y glicerina, preparada de la siguiente manera: 900 mL de alcohol al 70%, 100 mL de glicerina y 0.5 g de sulfato de cobre.
- f) Se saca el material de la solución y se procede al prensado acomodando de la mejor manera, procurando la posición al momento de la colecta.
- g) Se coloca la prensa en una secadora o estufa a una temperatura entre 65 y 75°C durante 12 a 48 horas en función de la succulencia del material.

Determinación de ejemplares: Los ejemplares colectados se determinaron *in vivo* con claves especializadas tomadas de Walther (1972), Eggli (2003) y Meyrán y López (2003).

Evaluación de caracteres: Cada uno de los ejemplares fue evaluado morfológicamente de acuerdo a una base de caracteres previamente codificados y que tradicionalmente se han empleado para la identificación y comparación de especies de la familia Crassulaceae. Se incorporaron el mayor número de caracteres morfológicos cuantificables posibles. Para la cuantificación de caracteres vegetativos y reproductivos se empleó un Vernier digital. Los rasgos morfológicos cualitativos se evaluaron de acuerdo a una codificación previamente establecida. Para caracterizar el color de los órganos se utilizó una Tabla de Munsell para tejidos vegetales. En el cuadro 6 se muestra el listado de los caracteres y estado de carácter evaluados.

Cuadro 6. Caracteres y estados de carácter evaluados para cada una de las OTU's colectadas en campo. 30 de ellos son cualitativos y 47 son cuantitativos.

Carácter	Estado
1) Hábito	0= no sufrutice 1= sufrutice
2) Hábito de crecimiento	0= no cespitoso 1= cespitoso
3) Tipo de raíz	0= fibrosa 1= fibrosa-tuberosa 2= tuberosa
4) Tipo de tallo	0= acaule 1= erecto caulescente 2= caulescente decumbente
5) Longitud del tallo	Continuo
6) Diámetro del tallo	Continuo
7) Superficie del tallo	0= glabra 1= rugosa 2= pubescente
8) Filotaxia de las hojas	0= roseta 1= espiraladas 2= verticiladas 3= opuestas 4= alternas 5= alternas muy imbricadas
9) Diámetro de la roseta	Continuo
10) Longitud de la hoja basal	Continuo
11) Longitud de la hoja media	Continuo
12) Longitud de la hoja apical	Continuo
13) Ancho de la base de la hoja basal	Continuo
14) Ancho de la región media de la hoja basal	Continuo
15) Ancho del ápice de la hoja basal	Continuo
16) Ancho de la base de la hoja media	Continuo
17) Ancho de la región media de la hoja media	Continuo
18) Ancho del ápice de la hoja media	Continuo
19) Ancho de la base de la hoja apical	Continuo
20) Ancho de la región media de la hoja apical	Continuo

21) Ancho del ápice de la hoja apical	Continuo
22) Grosor de la parte media de la hoja basal	Continuo
23) Grosor de la parte media de la hoja media	Continuo
24) Grosor de la parte media de la hoja apical	Continuo
25) Forma de la hoja	0= linear 1= linear-lanceolada 2= lanceolada 3= oblanceolada 4= oblanceolada-espatalada 5= espatalada 6= romboide-lanceolada 7= romboide-oblanceolada 8= obovada-lanceolada 9= obovado-espatalada 10= obovada 11= ovada-deltaide 12= deltaide 13= claviformes
26) Forma de la hoja en corte transversal	0= circular 1= elíptica 2= cóncava 3= cóncavo-acanalada 4= aquillada 5= romboide 6= triangular 7= acorazonada
27) Superficie de la hoja	0= glabra 1= pubescente
28) Color de la hoja	0= translucido 1= blanco 2= 2.5GY5/4 3= 2.5GY6/8 4= 2.5GY7/2 5= 2.5GY7/4 6= 2.5GY7/8 7= 2.5GY7/10 8= 2.5GY8/2 9= 2.5GY8/4 10= 2.5GY8/10 11= 5GY4/6 12= 5GY5/4 13= 5GY5/6 14= 5GY6/4 15= 5GY6/6 16= 5GY7/4 17= 7.5GY4/2 18= 7.5GY4/4 19= 7.5GY5/2 20= 7.5GY5/4 21= 7.5GY5/6 22= 7.5GY6/4 23= 7.5GY7/2 24= 5G5/2 25= 5G7/2 26= 5BG7/2 27= 2.5B6/2 28= 2.5B8/2 29= 7.5B6/2 30= 2.5Y7/10 31= 2.5Y8/10 32= 5Y7/4 33= 5Y8/2 34= 5Y8/6 35= 5Y8/8 36= 5Y8/10 37= 5YR7/10 38= 2.5PY5/2 39= 2.5R4/2 40= 2.5R4/6 41= 2.5R7/8 42= 5R3/6 43= 5R6/10 44= 5R7/6 45= 5R7/8 46= 5R8/4 47= 10R6/10 48= 5RP7/8 49= 5RP8/6
29) Aspecto del margen de la hoja	0= hialino 1= opaco
30) Ápice de la hoja	0= agudo 1= acuminado 2= acuminado-mucronado 3= agudo-mucronado 4= mucronado 5= espatalado-mucronado 6= obtuso 7= obtuso-mucronado 8= redondeado 9= redondeado-mucronado 10= emarginado-mucronado
31) Longitud del mucrón	Continuo
32) Posición de la inflorescencia	0= terminal 1= axilar 2= lateral
33) Número de tallos florales	Discreto
34) Tipo de inflorescencia	0= espiga 1= racimo 2= cincino 3= panícula c/cincino 4= panícula 5= tirso 6= flor única
35) Longitud del tallo floral	Continuo
36) Diámetro del tallo floral en su base	Continuo
37) Diámetro del tallo floral en la región media	Continuo
38) Diámetro del tallo floral en el extremo	Continuo

Cuadro 6. Continuación.

39) Distancia entre las flores	Continuo
40) Color del tallo floral	Misma codificación que para las hojas
41) Arreglo floral	0= secundo 1= equilateral
42) Número de brácteas del tallo floral	Discreto
43) Longitud de las brácteas	Continuo
44) Ancho de la bráctea en la base	Continuo
45) Ancho de la bráctea en la parte media	Continuo
46) Ancho de la bráctea en el ápice	Continuo
47) Forma de la bráctea	0= linear 1= linear-lanceolada 2= lanceolada 3= lanceolada-ob lanceolada 4= oblonga-lanceolada 5= oblonga-mucronada 6= romboide 7= romboide-lanceolada 8= obovado-lanceolada 9= obovado-ob lanceolada 10= obovada 11= ovada-lanceolada
48) Ápice de la bráctea	0= agudo 1= acuminado 2= agudo-mucronado 3= obtuso 4= obtuso-mucronado 5= redondeado
49) Forma de la bráctea en corte transversal	0= circular 1= elíptica 2= cóncava 3= cóncavo-acanalada 4= cóncavo-aquillada 5= rómbica 6= triangular
50) Color de las brácteas	Misma codificación que para las hojas
51) Distancia entre las brácteas	Continuo
52) Disposición de las brácteas	0= alternas 1= opuestas 2= verticiladas
53) longitud de los pedicelos	Continuo
54) Ancho de los pedicelos	Continuo
55) Grosor de los pedicelos	Continuo
56) Color de los pedicelos	Misma codificación que para las hojas
57) Número de flores por tallo floral	Discreto
58) Sépalos	0= apresadores 1= semiapresadores 2= extendidos
59) Longitud de los sépalos	Continuo
60) Ancho de los sépalos	Continuo
61) Grosor de los sépalos	Continuo
62) Forma de los sépalos	0= linear 1= lanceolado 2= triangular 3= triangular-lanceolados 4= ovado-lanceolado 5= rómbico-ob lanceolado 6= elíptico-obovado
63) Color de los sépalos	Misma codificación que para las hoja
64) longitud de la corola	Continuo
65) Ancho de la base de la corola	Continuo
66) Ancho de la boca de la corola	Continuo

Cuadro 6. Continuación.

67) Forma de la corola	0= pentagonal 1= urceolada 2= cilíndrica 3= reflejada 4= estrellada
68) Color interno de la corola	Misma codificación que para las hojas
69) Color externo de la corola	Misma codificación que para las hojas
70) Ancho de los pétalos	Continuo
71) Color del nectario	Misma codificación que para las hojas
72) Longitud del nectario	Continuo
73) Ancho del nectario	Continuo
74) Forma del nectario	0= ovalados 1= reniformes 3= elípticos
75) longitud de los estambres	Continuo
76) Longitud de los carpelos	Continuo
77) Número de hojas	Discreto

Trabajo de gabinete

Análisis fenético de agrupamiento: Se realizó un análisis de agrupamiento estadístico, basado en caracteres morfológicos de las Unidades Taxonómicas Operacionales (OTU's) con la finalidad de obtener un agrupamiento basado en la similitud (o disimilitud) (Crisci y López-Armengol, 1983).

A partir de la matriz de similitud o disimilitud se investigó el parecido o distancia entre las unidades empleadas (McGarigal *et al.*, 2000). Para este agrupamiento se utilizaron 77 caracteres morfológicos. Cada entidad biológica correspondió a un ejemplar.

El análisis involucró los siguientes pasos:

- 1) Elección de OTU's, selección y codificación de caracteres: para el análisis, se seleccionaron 47 caracteres cuantitativos y 33 cualitativos (cuadro 6). Los caracteres utilizados en este estudio, de acuerdo con Crisci y López-Armengol (1983) son del tipo “multiestado-cuantitativos-continuos” y “multiestado-cualitativos-ordenados”. Esta matriz se elaboró con promedios, valores unitarios o la codificación correspondiente para los caracteres cualitativos.

- 2) Evaluación de OTU's: en este trabajo en particular, cada OTU correspondió a cada ejemplar colectado.
- 3) Introducción de los estados de carácter en una matriz básica de datos: se trabajó con el programa de cómputo NTSYS-PC, versión 2.0 (Rohlf, 1998).
- 4) Estandarización de la matriz: para evitar un sesgo debida a la diferencia de tamaño, en este análisis se optó por la estandarización por rango, puesto que se recomienda en la literatura para el caso en el que los valores absolutos de los caracteres difieren grandemente y se evaluó con el criterio de la asociación de caracteres (técnica R).
- 5) Medida de similitud: se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, cuyo intervalo está comprendido entre 1 (máxima similitud) y -1 (mínima similitud). Este coeficiente se recomienda en la literatura para el caso de trabajar con caracteres cualitativos multiestado ordenados y cuantitativos.
- 6) Agrupamiento: el agrupamiento de OTU's, se realizó utilizando algoritmos SAHN (secuenciales, aglomerativos, jerárquicos, excluyentes), que correspondieron a técnicas jerárquicas aglomerativas. Posteriormente se utilizó el método de ligamiento promedio, a través del uso de la media aritmética no ponderada (UPGMA por sus siglas en inglés).
- 7) Fenograma: del paso anterior se obtuvo un gráfico (fenograma) que representa la similitud fenotípica de las OTU's de acuerdo al coeficiente de correlación momento-producto de Pearson (fig. 4).

Análisis de ordenación: se utilizó la técnica de análisis de componentes principales para simplificar la información a través de una reducción a tres dimensiones llamadas componentes principales, que muestran la mayoría de la variación en los caracteres estudiados. El análisis involucró los siguientes pasos.

- 1) Estandarización de la matriz básica de datos: la estandarización se llevó a cabo a través de la opción STD del programa NTSYS.

- 2) Obtención de una matriz de correlación: a partir de la matriz estandarizada en el paso anterior, se obtuvo una matriz utilizando el coeficiente de Pearson como medida de similitud.
- 3) Cálculo de los eigen-valores y los eigen-vectores: estos valores se obtuvieron de la transformación de la matriz de correlación por el procedimiento de doble centrado en la opción DC del programa NTSYS.
- 4) Elaboración de gráficos de componentes principales: a partir de la matriz resultante de eigen-vectores se obtuvieron dos gráficos con el procedimiento de proyección en la opción 2D y 3D PLOT de NTSYS.

Distribución geográfica: La posición geográfica de cada una de las poblaciones donde se colectaron ejemplares, fue incluida en una base de datos en el programa Excel, posteriormente con el programa ArcGis 9.1, se elaboraron 4 mapas que señalan la distribución actual de los géneros en el Valle del Mezquital.

Distribución ecológica: Para definir los patrones de distribución de las crasuláceas del VM se tomaron en cuenta los tipos de vegetación y las especies fisonómicamente dominantes en que se presentan, así como, algunos componentes florísticos representativos, altitud, tipo de suelo y sustrato geológico (de referencias bibliográficas) de las poblaciones en donde se reportaron crasuláceas.

Resultados

Listado de especies registradas

Se registraron 21 taxones para el Valle del Mezquital, 11 especies y 10 subespecies, pertenecientes a cinco géneros de la familia Crassulaceae en el área de estudio (cuadro 7).

Cuadro 7. Crasuláceas registradas para el Valle del Mezquital.

1) <i>Echeveria agavoides</i> Lem.
2) <i>Echeveria bifida</i> Schltdl.
3) <i>Echeveria coccinea</i> (Cav.) DC.
4) <i>Echeveria halbingeri</i> subsp. <i>halbingeri</i> E. Walther
5) <i>Echeveria minima</i> subsp. <i>minima</i> (J. Meyrán) Espino & de la Cruz <i>comb. nov.</i>
6) <i>Echeveria minima</i> subsp. <i>intermedia</i> Espino & de la Cruz <i>ssp. nov.</i>
7) <i>Echeveria mucronata</i> Schltdl.
8) <i>Echeveria paniculata</i> subsp. <i>maculata</i> (Rose) Kimnach
9) <i>Echeveria platyphylla</i> Rose
10) <i>Echeveria secunda</i> Booth
11) <i>Graptopetalum pachyphyllum</i> Rose
12) <i>Pachyphytum brachetii</i> J. Reyes, González & Gutiérrez
13) <i>Pachyphytum glutinicaule</i> Moran
14) <i>Sedum corynephyllum</i> Fröd.
15) <i>Sedum dendroideum</i> subsp. <i>parvifolium</i> (C. DC.) R. T. Clausen
16) <i>Sedum ebracteatum</i> subsp. <i>ebracteatum</i> DC.
17) <i>Sedum humifusum</i> Rose
18) <i>Sedum jurgensenii</i> subsp. <i>jurgensenii</i> (Hemsl.) Moran
19) <i>Sedum moranense</i> subsp. <i>moranense</i> Kunth
20) <i>Villadia cucullata</i> subsp. <i>apiculata</i> Moran y C. H. Uhl
21) <i>Villadia misera</i> (Lindl.) R. T. Clausen

Análisis multivariado de agrupamiento

El fenograma que se muestra en la figura 4 se obtuvo con base en 77 caracteres morfológicos (cuadro 6) utilizando el coeficiente de correlación de Pearson como medida de similitud (disimilitud) entre las OTU's. Los criterios principales para la inclusión de las OTU's en el análisis fueron, especies con problemas históricos de delimitación o inclusión en determinado género y que la información recabada fuera lo más completa posible.

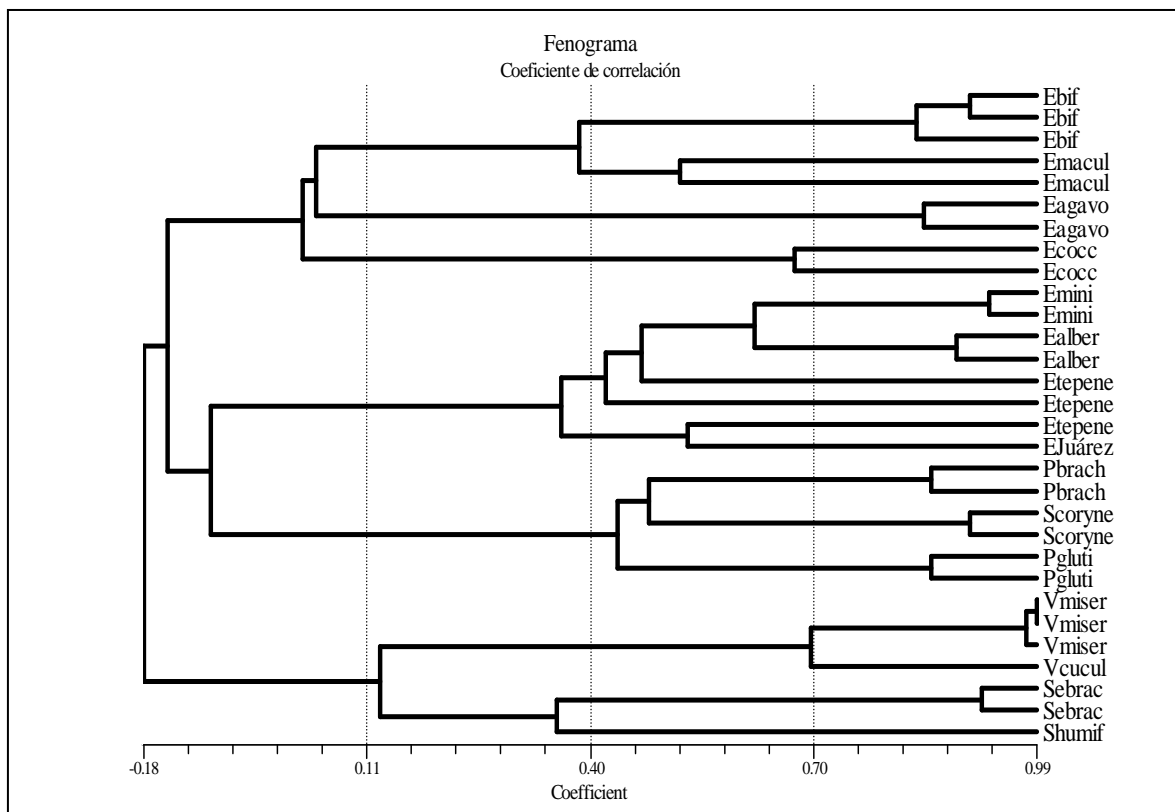


Figura 4. Fenograma de OTU's participantes en el análisis. La letra mayúscula de las etiquetas corresponde al género al que pertenecen, mientras que las letras minúsculas corresponden a la especie, con excepción de Ealber, Etepenene y EJuárez, que corresponden a los nombres de las localidades de poblaciones de OTU's afines a *Echeveria secunda*.

El fenograma resultante del análisis de agrupamiento muestra 30 OTU's divididas de las OTU's en dos grupos generales, uno de estos corresponde a especies pertenecientes a los géneros *Villadia* y *Sedum*, y que en la clasificación propuesta por Berger (en Engler y Prantl, 1930) están incluidos en la subfamilia Sedoideae. El otro grupo está representado por los géneros *Echeveria*, *Pachyphytum* y una especie de *Sedum*, los dos primeros géneros, en la clasificación de Berger están incluidos en la subfamilia Echeverioideae.

Análisis de componentes principales

Como complemento al agrupamiento, se realizó un análisis de ordenación de componentes principales en dos y tres dimensiones. Las OTU's participantes corresponden a las especies que se incluyeron en el fenograma (clustering). Los resultados se muestran como gráficos (fig. 5 y 6).

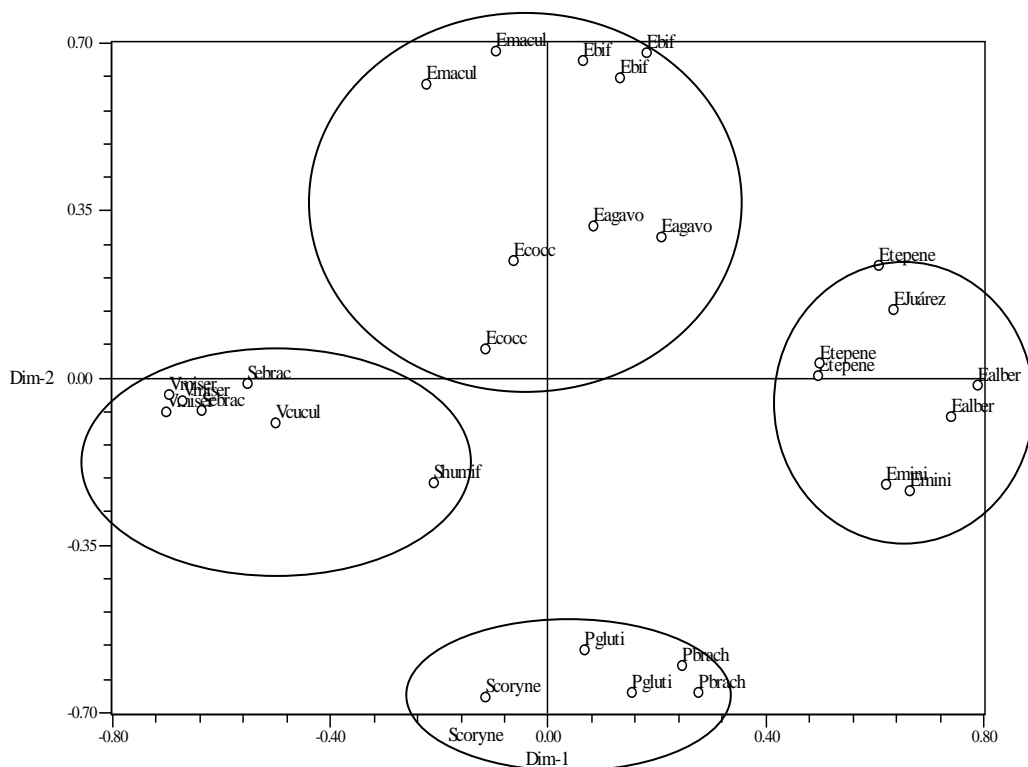


Figura 5. Gráfico de componentes principales en dos dimensiones. Acumulando el 37.73 % de la variación. Las etiquetas de las OTU's corresponden al género (en mayúscula) y la especie (en minúscula) a la que corresponden, con excepción de Ealber, Etepenene y Ejuárez, que corresponden a los nombres de las localidades de poblaciones de OTU's afines a *Echeveria secunda*.

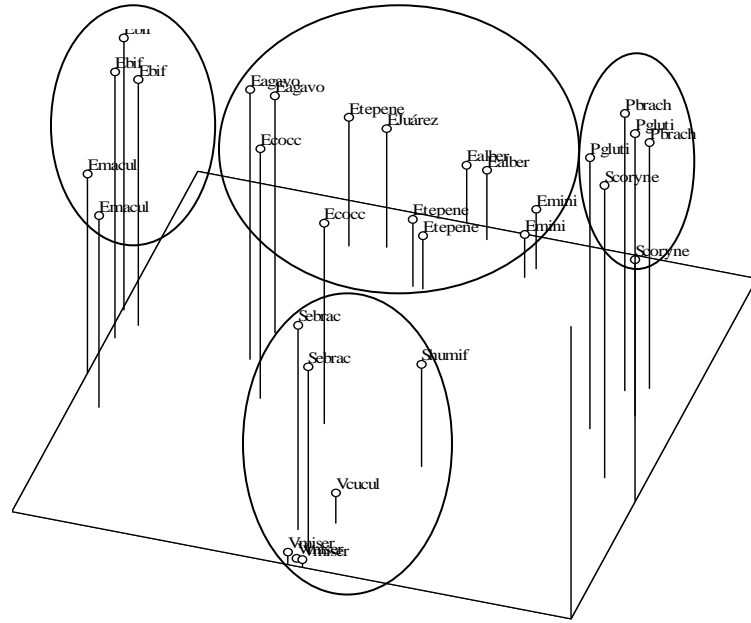


Figura 6. Gráfico de componentes principales en tres dimensiones. Con un porcentaje acumulado de 52.56 % de la variación. Las etiquetas de las OTU´s corresponden al género (en mayúscula) y la especie (en minúscula) a la que corresponden, con excepción de Ealber, Etepenene y Ejuárez, que corresponden a los nombres de las localidades de poblaciones de OTU´s afines a *Echeveria secunda*.

Distribución

En el cuadro 8 se presentan las localidades visitadas en las cuales se encontraron crasuláceas, se incluyen los datos geográficos tomados en ellas y que fueron incluidos en el programa Arcview 9.1 para la elaboración de los mapas de distribución de las especies de la familia Crassulaceae en el VM.

Cuadro 8. Localidades visitadas y datos tomados en cada una de ellas. Los datos resaltados en negritas participaron en la elaboración de los mapas de distribución.

Número	Localidad	Fecha	Posición geográfica	Altitud (m)
1	Cañón del Diablo (Julián Villagrán)	29/09/06	20°26'56.2''N 99°05'37.9''O	1823
2	Cerro el Alberto, municipio de Ixmiquilpan	13/10/06	20°25'7.1''N 99°14'42.2''O	1950
3	Cerro del señor (Julián Villagrán)	14/10/06	20°26'49''N 99°07'58''W	
4	Cerro Juárez	26/01/07	20°25'47''N 99°9'37''O	2550

5	Presa Francisco I. Madero	27/01/07	20°37'47''N 99°43'25''O	
6	2 Km después de Huichapan rumbo a Ixmiquilpan	27/01/07	20°23'47''N 99°37'24''O	2082
7	Km 36 carretera Huichapan – Ixmiquilpan	27/01/07	20°25'17''N 99°35'43''O	2137
8	Carretera Huichapan – Ixmiquilpan	27/01/07	20°25'54''N 99°27'33''O	2136
9	Carretera Huichapan – Ixmiquilpan	27/01/07	20°26'05''N 99°25'51''O	1847
10	Colada basáltica a un lado del río Tula, Xinthó	28/01/07	20°19'48''N 99°13'33''O	1976
11	Cerro entre Taxhadó y Xuchitlan	28/01/07	20°25'03''N 99°08'01''O	1906
12	Cerro a 2 Km de la Magdalena	28/01/07	20°18'13''N 99°52'07''O	2465
13	Km 94 carretera a Laredo, cerca del puente de Tasquillo	14/04/07	20°34'5'' N 99°20'51.2''O	
14	10 Km al sur de Alfajayucan	12/05/07	20°42'7.1''N 99°24'9.7''O	2429
15	Bifurcación entre Nicolás Flores e Ixtli	21/06/07	20°41'9.7''N 99°8'54.6''O	2257
16	Santuario	21/06/07	20°39'34.5''N 99°08'31.3''O	2482
17	Cerca de San Nicolás Tecomatlán a 500 m de la desviación a Emiliano Zapata	22/06/07	20°08'32.3''N 99°01'6.3''O	2169
18	Cerro Xicuco	22/06/07	20°07'42.4''N 99°17'52.3''O	2365
19	Cerro Azul	22/06/07	20°20'14.4''N 99°17'45.5''O	2373
20	Cerro el Alberto	23/06/07	20°25'42.3''N 99°15'51.9''O	1949
21	Cerro Juárez		20°37'28.7''N 99°16'58.9''O	2776
22	Cerro Juárez		20°37'29.4''N 99°17'3.2''O	2846
23	La Magdalena		20°17'48.4''N 99°51'54.4''O	2524

Discusión general

Se registran 21 taxones pertenecientes a la familia Crassulaceae en el Valle del Mezquital, Hidalgo, de los cuales uno coincide con el trabajo de González-Quintero (1968), tres con Velasco y Ojeda (1989) y 13 coinciden con la recopilación de Meyrán y López (2003). Estas diferencias con respecto a los trabajos anteriores en la zona, se explican por que son trabajos encaminados a determinar los tipos de asociaciones vegetales presentes en la zona. La elaboración de listados florísticos generalmente considera a las especies más representativas y las crasuláceas en su mayoría son pequeñas herbáceas consideradas no muy relevantes en la ecología de la asociación vegetal, además, los miembros de esta familia suelen desarrollarse en acantilados o formaciones rocosas diversas con una estructura vegetal diferente a la principal asociación.

Estos factores y adicionando la dificultad en la delimitación y determinación de especies, coloca a la familia Crassulaceae como “sólo para especialistas”. En este trabajo se coincide en 13 taxones con respecto a Meyrán y López (2003), los restantes corresponden a sinónimos de otros taxones, a especies sin localidad precisa o taxones cuya localidad se encuentra en zonas donde los habitantes se están disputando las tierras y existe un peligro al ingresar a ellas, tal es el caso de Pueblo Nuevo.

El criterio orográfico en la delimitación del Valle empleado por los anteriores autores puede explicar la diferencia en relación al número de taxones registrados para la zona, pues en este trabajo se empleó un criterio hidrológico cuyos límites se extienden aún más principalmente hacia el oeste abarcando aproximadamente el doble del área original considerada como Valle del Mezquital.

El análisis de agrupamiento (Clustering) produjo dos grupos principales de OTU's, uno de estos grupos principales que llamaremos aquí para diferenciarlos VS, por incluir a los géneros *Villadia* y *Sedum* y que se encuentra en la parte inferior del fenograma, está compuesto de siete OTU's en total, que forman a su vez, a los subgrupos V y S, los subgrupos están apareados con una proximidad de 0.15 según el coeficiente de correlación de Pearson, la similitud es pobre, puesto que, las especies difieren mucho morfológicamente entre géneros. En *Villadia*, la inflorescencia es en espiga, los pétalos están unidos en la base y reflejados en la mitad de la corola, mientras que en *Sedum* la inflorescencia es en cima, panícula, tirso o flor solitaria y generalmente los pétalos están unidos en una pequeña fracción basal de la corola y reflejados en casi toda su extensión,

entre otras diferencias. El agrupamiento VS concuerda con la propuesta de Walther (1930) (citado en Meyrán y López, 2003) de transferir al género *Villadia* a Sedoideae, pues Berger (en Engler y Prantl, 1930) lo había ubicado en Echeverioideae. En la clasificación de Egglí (2003) *Villadia* se encuentra en la tribu Sedinae en el grupo F, mientras que *Sedum* se ubica en el grupo C, ya que esta última está basada en relaciones filogenéticas.

El segundo grupo mayor está compuesto por especies de los géneros *Echeveria* y *Pachyphytum* (EP), a la vez, se divide en dos grupos E y EP, el primero en la parte superior del fenograma que incluye a especies de diferentes series del género *Echeveria*, es un grupo heterogéneo pues, en este, las OTU's presentan características muy contrastantes.

El grupo EP está conformado por el grupo de OTU's correspondientes al género *Echeveria* de la serie Secundae y un grupo de OTU's pertenecientes al género *Pachyphytum* y *Sedum*, el grupo de Secundae incluye a especies de talla pequeña con inflorescencia en cincino, hojas oblanceoladas a espatuladas, glaucas. El grupo de *Pachyphytum* incluye a taxones del género caracterizados por sus hojas muy gruesas y por presentar apéndices en la cara interna de los pétalos. En este grupo, *Sedum corynephyllum* está incluido por dos razones, la primera se relaciona con la falta de datos de las estructuras reproductivas y la segunda por que las estructuras vegetativas son muy parecidas a las estructuras vegetativas de *Pachyphytum*, especialmente con las de *Pachyphytum viride*. Es importante señalar que la posición de la inflorescencia en *Sedum corynephyllum* es lateral, aunque algunos botánicos prefieren el término axilar para disminuir la contradictoria ubicación del taxón. Las flores presentan una combinación de características entre los géneros *Villadia* y *Pachyphytum*, razón por la cual, Rose (1905) decide nombrarlo *Corynephyllum viride*, creando un nuevo género.

Los gráficos de componentes principales en dos y tres dimensiones resultado del análisis de ordenación confirman las relaciones fenéticas entre géneros. El gráfico de componentes principales en dos dimensiones muestra una estrecha relación entre los géneros *Villadia* y *Sedum* (fig. 5), concuerda con la decisión de Walther (1930) (citado en Meyrán y López, 2003) de transferir al género *Villadia* a la subfamilia Sedoideae de Berger antes en Echeverioideae. El gráfico muestra también la relación de *Echeveria secunda* etiquetados como Etepene, Ejúarez y los taxones Emini correspondiente a *Echeveria minima* de Meyrán y Ealber correspondiente a un taxón cercano a *E. minima* de una población conocida como Cerro El Alberto, que pertenecen a la serie Secundae, existe una relación entre Emini y Ealber más estrecha que con Ejúarez y Etepene. El gráfico apoya el agrupamiento del fenograma del género *Pachyphytum* y *Sedum corynephyllum*,

como se mencionó anteriormente las estructuras vegetativas de *S. corynephyllum* son semejantes a las de *Pachyphytum*.

El gráfico de componentes principales en tres dimensiones (fig. 6) confirma las aseveraciones anteriores, sin embargo, la relación entre *Sedum* y *Villadia* se percibe menos estrecha.

El muestreo realizado en este estudio se diseñó dividiendo el área de estudio en estratos, los estratos correspondieron a las asociaciones vegetales reportadas en trabajos anteriores para la zona de estudio, con la finalidad de ubicar a los taxones geográfica y ecológicamente en la zona y asegurar que el muestreo fuera lo más completo y representativo posible, sin embargo, se observó que algunos taxones requieren de necesidades ecológicas muy específicas los que se traduce en una distribución restringida en el Valle, tal es el caso de *Pachyphytum brachetii* y *Sedum dendroideum* subsp. *parvifolium*, mientras que otros taxones toleran diferentes ambientes y su distribución es amplia en el Valle, es el caso de *Echeveria secunda*, *Sedum ebracteatum* subsp. *ebracteatum*, *Sedum moranense* subsp. *moranense*, *Villadia cucullata* subsp. *apiculata* y *Villadia misera*

Tratamiento taxonómico y discusión por taxón

Crassulaceae A. P. de Candolle

Plantas perennes o raramente anuales, hierbas, subarbustos o arbustos (raramente acuáticas o epífitas) usualmente suculentas. Hojas suculentas; opuestas, alternas o en espiral frecuentemente formando una roseta simple, usualmente entera, glabra o pubescente; estípulas ausentes. Inflorescencia lateral o terminal, con muchas flores en espiga o panícula, raramente pocas o una flor y axilar. Flor bisexual o unisexual (entonces plantas más o menos dioicas), actinomorfas (excepto *Tylecodon grandiflorus*), frecuentemente pentámeras pero variando de 3- a 32-meras; sépalos libres o basalmente unidos; pétalos libres o basalmente unidos formando una corta o larga corola tubular; estambres los mismo o el doble de los pétalos, libres o unidos a ellos; carpelos los mismos que los pétalos, superiores, libres o casi, con una base pequeña a conspicuos; estilos con pocos o muchos ovulos; frutos usualmente folículos dehiscentes, encapsulados. Semillas pequeñas, de 1.5-3 mm, elongadas, suaves, papilosas a longitudinalmente rígidas, generalmente color café. (Eggl, 2003)

Clave de los géneros

- 1a.-** Inflorescencia terminal o axilar.....**2**
2a.- Inflorescencia en tirso o racimo pero generalmente en espiga; pétalos blancos o violáceos.....*Villadia*
2b.- Inflorescencia en panícula, cima, corimbo, tirso o compuesta; pétalos blancos, amarillos, rosas, púrpuras o rojizos.....*Sedum*
1b.- Inflorescencia lateral.....**3**
3a.- Pétalos unidos en la base, reflejados cerca de la mitad de la corola, con manchas rojizas a pardas, hojas obovadas a espatuladas.....*Graptopetalum*
3b.- Pétalos unidos en toda su longitud formando un tubo.....**4**
4a.- Inflorescencia en cincino, hojas muy gruesas, dispuestas en espiral, pétalos con apéndices en la cara interna.....*Pachyphytum*
4b.- Inflorescencia en panícula, espiga o cincino, hojas dispuestas en roseta compacta a laxa, pétalos sin apéndices en la cara interna.....*Echeveria*

Echeveria DC, Prodrumus 3: 401, 1828. **Tipo:** *Cotyledon coccinea* Cav. [Lectotipo, seleccionado por J. N. Rose, Bull. New York Botanical Garden. 3: 5, 1903]. **Incl.** *Courantia* Lem. (1851), *Oliverella* Rose (1903), *Urbinia* Britton & Rose (1903), *Oliveranthus* Rose (1905). **Etimología:** por Atanasio Echeverría. **Distribución:** sur de USA, México, Centro y Sudamérica excepto: Brasil, Chile, Guyana, Paraguay y Uruguay (Eggli, 2003).

Plantas suculentas; herbáceas o sufrutescentes; perennes; solitarias a cespitosas, glabras o pubescentes. **Raíces** fibrosas, fibroso-tuberosas o tuberosas. **Tallo** muy corto (acaule) o erecto-caulescente y alto, frecuentemente ramificado. **Roseta** compacta o laxa. **Hojas** delgadas a carnosas, fuerte o débilmente sujetas al tallo, frecuentemente lanceoladas a oblanceolado-espatuladas; ápice agudo a obtuso, frecuentemente mucronado; con forma en corte transversal romboide, triangular, acorazonada o cóncavo acanalada; a menudo glaucas a muy diversos colores pastel y frecuentemente cubiertas de una sustancia blanquecina (pruina), con bordes hialinos u opacos. **Inflorescencia** lateral, cincino, espiga, racimo, o panícula con uno o muchos cincinos; tallo floral con numerosas hojas; **brácteas** similares en forma a las hojas pero más pequeñas; **pedicelos** reducidos a largos, en ocasiones con una a varias bractéolas; **sépalos** 5, extendidos a apresadores, normalmente desiguales en tamaño. **Corola** cilíndrica, urceolada a pentagonal; **pétalos** 5, unidos en la base de la corola, imbricados (valvados en la Serie *Valvatae*), erectos, ligera o fuertemente reflejados en la punta, color externo blanco, amarillo, naranja, rojo, rosa o combinaciones de éstos, color interno generalmente amarillo; **estambres** 10, cinco de ellos unidos al los pétalos en el tope de la cavidad de néctar, los restantes unidos a al tope del tubo de la corola entre los pétalos; **carpelos** 5, unidos basalmente, erectos en la antesis; **nectarios** grandes, truncados, elípticos a reniformes. **Frutos** folículos, ampliamente divergentes al madurar; **semillas** numerosas, muy pequeñas, con testa lisa o reticulada. **Citología:** muy diversa en número de cromosomas, con cada número haploide de $n = 12$ a 34 y con números poliploides de 28 a 250 .

Clave de las especies del género *Echeveria*

- 1a.- Inflorescencia en espiga al menos en la parte superior.....2
2a.- Sufrutescente, pubescente en todas sus estructuras exteriores.....*Echeveria coccinea*
2b.- Herbácea, glabra en todas sus estructuras exteriores.....3
3a.- Corola rojiza en la base, amarilla en la boca.....*Echeveria platyphylla*
3b.- Corola amarilla.....4
4a.- Hojas verdes con bordes hialinos.....*Echeveria mucronata*
4b.- Hojas pardo verdosas con bordes opacos.....*Echeveria paniculata* subsp. *maculata*
1b.- Inflorescencia en cincino o panícula con cincinos.....5
5a.- Inflorescencia en panícula con cincinos.....6
6a.- Corola urceolada.....*Echeveria agavoides*
6b.- Corola pentagonal.....*Echeveria bifida*
5b.- Inflorescencia en cincino.....7
7a.- Corola urceolada.....*Echeveria halbingeri* subsp. *halbingeri*
7b.- Corola pentagonal.....8
8a.- Roseta > 4 cm de diámetro, hojas espatuladas.....*Echeveria secunda*
8b.- Roseta no mayor a 4 cm de diámetro.....9
9a.- Hojas oblanceoladas, ápice de la hoja redondeado....*Echeveria minima* subsp. *minima*
9b.- Hojas espatuladas, ápice agudo.....*Echeveria minima* subsp. *intermedia*

Echeveria agavoides Lem., Illustrations Horticoles 10 : Miscellanées 1 : 78. No. 2, 1863.

Tipo: [neo-ícono] Saunders Refugium Botanicum 1: 67, 1869 México (sin localidad precisa). **Bas.** *Cotyledon agavoides* (Lem.) Baker (1869). *Echeveria yuccoides* Hort. Ex Morren (1874). *Urbinia agavoides* (Lem.) Rose (1903). *Urbinia oscura* Rose (1903). *Echeveria oscura* (Rose) A. Berger (1930). *Echeveria agavoides* 'crest' E. Walther (1972). *Echeveria agavoides* 'red edge' E. Walther (1972).

Planta herbácea; perenne; glabra. **Raíces** fibrosas. **Tallo** erecto-caulescente corto o acaule, de 1-5 cm de longitud y 3 cm de diámetro. **Roseta** de 15-40 cm de diámetro. **Hojas** ± 40, dispuestas en ovado-deltoides, planas a ligeramente cóncavas en la cara superior, poco aquilladas en la inferior, de 4-7 cm de longitud, 2-3 cm de ancho y 9 mm de grueso, color verde, amarillentas a pardo oscuro (fig. 7A, 7B y 7C), bordes opacos, enteros, redondeados de color rojo a pardo oscuro, ápice agudo o ligeramente acuminado. **Inflorescencia** dos a

cinco panículas con dos o tres cincinos cada una; tallo floral (fig. 7D) de 15-46 cm de longitud a la primera ramificación con 12-15 flores c/uno; **brácteas** \pm 27, linear-lanceoladas, con ápice agudo a acuminado, de 13-15 mm de longitud; **pedicelos** de 10 a 18 mm de longitud, color rojizo. **Sépalos** apresadores, ovado-lanceolados, de 2.3-2.5 mm de longitud, 1.5 mm de ancho en la base, color verde. **Corola** urceolada de 12-14 mm de longitud, color naranja en la base, amarillo en el ápice (fig. 7E); **pétalos** delgados, no angulados; **estambres** de 5.6-5.75 mm de longitud; **carpelos** de 7.6-7.8 mm de longitud; **nectarios** delgados con bordes definidos.

Distribución: Durango; Guanajuato; **Hidalgo:** Presa Francisco I. Madero; Michoacán; San Luis Potosí: Hacienda San Francisco, Zaragoza, Ahualulco.

Hábitat: esta especie comparte el hábitat con vegetación riparia y con componentes de matorral crasicaule como, *Myrtillocactus geometrizans*, *Ferocactus glauscesens*, *Mammillaria sp.*, *Cylindropuntia imbricata*, *Opuntia sp.*, *Echeveria coccinea*, *Kalanchoe tubiflora* (introducido), entre otras. Es frecuente encontrarlas sobre paredes de roca sobre Leptosol nudolítico (fig. 7C) y en Regosol colúbico esquelético (fig. 7D) y también, aunque menos común, como epífita sobre *Myrtillocactus geometrizans* como se muestra en la figura 7A.

Fenología: presenta una floración que comienza en diciembre y continúa hasta febrero. Fructifica en marzo y abril.

Ejemplares examinados: **Guanajuato:** mpio. Gto., Cañada de la Virgen, Agua sabrosa, Juan Martínez-Cruz 931(MEXU). Mpio. Gto., Cascada cerca de Picones, E. Pérez Calix y E. Carranza 2872 (MEXU). Mpio. Gto., Santa Rosa de Lima, S. Zamudio y R. Ma. Murillo 8411(MEXU). **Hidalgo:** Mpio. Huichapan, Presa Francisco I. Madero, LED y GEO 004 (Inv. FES Zaragoza). **México, D. F:** Jardín Botánico UNAM, A. García-Mendoza 4496 (MEXU). **Michoacán:** Mpio. Contepec, Presa de Tepuxtepec, Cañón del río Lerma, E. Pérez Calix 2916 (MEXU). Mpio. Morelia, Cascada del río Grande cerca de Cointzio, H. Díaz y E. Pérez Calix 6935 (MEXU).

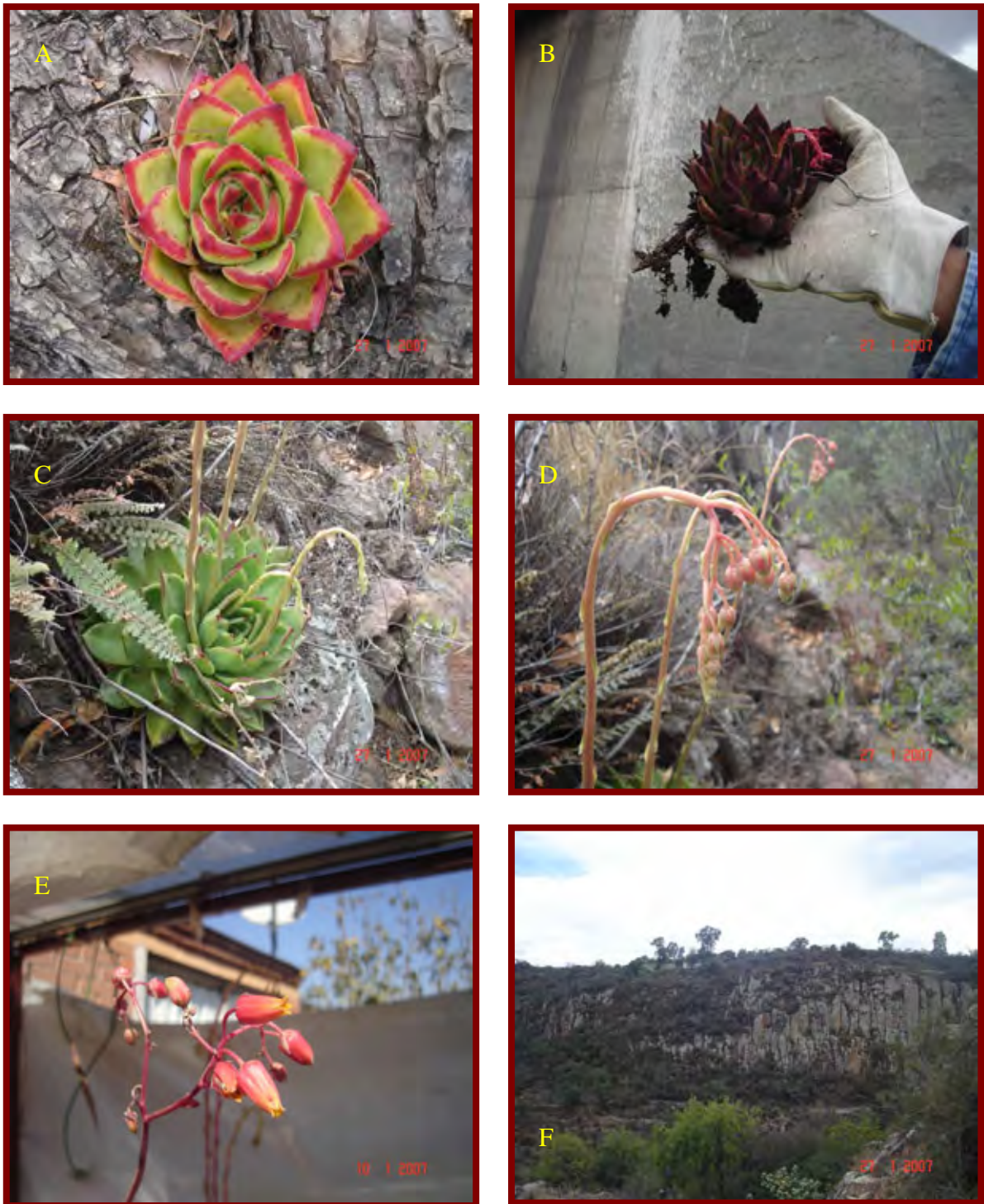


Figura 7. *Echeveria agavoides*. A, B y C, variaciones morfológicas en la población causadas por factores ambientales. D, inflorescencia. E, flor. F, hábitat.

Discusión: Esta especie ha presentado problemas nomenclaturales en el pasado. Rose (1903), estableció a *Urbinia* como género basándose en *Urbinia agavoides* (*Echeveria agavoides*) como tipo, posteriormente Berger consideró a *Urbinia* como sección de *Echeveria*. Walther (1935) propuso como serie a *Urbinia* y posteriormente realizó la sustitución de la serie *Urbinia* a *Urceolatae* Walther (1972), argumentando que la serie

Urbiniae no se podía mantener puesto que, en el artículo 31 del código internacional de nomenclatura botánica establecía que para las subsecciones o divisiones menores, los epítetos tenían que ser preferiblemente adjetivos en plural. Finalmente Kimmach (en Eggli, 2003) reestableció a la serie Urbiniae argumentando que Urceolatae es un sinónimo publicado años después. En éste trabajo se sigue el criterio de Walther (1972).

La serie Urceolatae se caracteriza por presentar plantas con hojas dispuestas en roseta, acaules; simples o cespitosas; hojas numerosas, gruesas y túrgidas, con cutícula gruesa, más o menos transparentes, márgenes a menudo hialinos; inflorescencia en cincino o panícula con cincinos; sépalos generalmente pequeños, desiguales, agudos, apresadores, extendidos o algo reflejados; corola globosa, urceolada, a cilíndrica o conoide (Meyrán y López, 2003).

La localidad tipo de esta especie no se conoce con precisión, se sabe que se colectó en México. Walther (1972), delimitó como *Echeveria agavoides* a plantas con hojas completamente verdes sin traza de rojo, en ocasiones con el ápice de la hoja rojizo y con inflorescencia con dos ramificaciones, distribuidas en San Luis Potosí y en la presa de Madero (Hidalgo). En adición describió las variedades *prolifera*, *corderoyi* y *multifida*. La primera de una planta cultivada en el Golden Gate Park, en San Francisco, cultivada originariamente en el jardín de C. Halbinger en la ciudad de México, la cual se diferencia por presentar hojas más amplias y en menor número, así como, sépalos más conatos en la base y más deltoides. La variedad *corderoyi* de plantas cultivadas por J. Corderoyi, se diferencia de *Echeveria agavoides* por sus hojas más numerosas, pequeñas, aflechadas y grisáceas, inflorescencia con tres ramificaciones con 15 a 20 flores, sépalos libres en la base y corola de 9 mm de longitud. La variedad *multifida* de Hacienda de San Francisco (San Luis Potosí) con inflorescencia de cuatro o cinco ramificaciones. Kimmach y Trager (1992) describen a la variedad o cultivar *ebony*, la cual difiere por presentar tallos sin brotes laterales, hojas casi deltoides, de 5 a 7 x 3 a 3.5 cm de ancho en la base, ligeramente recurvadas, cuspidado-aristadas, gris verdoso y con márgenes y ápice púrpuras a negros.

En este trabajo se colectaron individuos de *Echeveria agavoides* de la localidad conocida como presa Madero. Como se muestra en la figura 7 (A, B y C), las variaciones morfológicas de los individuos en esta población son importantes, se encontraron variaciones en la forma, tamaño, grosor y color de las hojas; tamaño y color del tallo floral, entre otros. Se observó que las plantas ubicadas en la exposición este y sobre suelo más profundo (Regosol colúbico esquelético), son plantas de mayor talla, hasta 40 cm de diámetro, presentan hojas de mayor longitud y con el ápice más acuminado, de coloración

verde con bordes y ápice rojizos, la inflorescencia es también de mayor longitud (figura 7C). Las plantas orientadas al sur presentan rosetas de talla media, hojas más pequeñas y más deltoides, de coloración amarilla y bordes marcadamente rojizos (figura 7A). Los individuos establecidos en una orientación oeste presentan rosetas más compactas y son las de menor de talla (15 cm de diámetro), presentan hojas de coloración muy oscura de púrpura a marrón muy oscuro en toda su extensión, la inflorescencia es pequeña y de coloración rosada. Las variaciones observadas en la población se deben al estrés causado por factores ambientales, tales como intensidad de la luz solar, disponibilidad de nutrientes, disponibilidad de agua, entre otros.

En individuos con orientación este la insolación es menos marcada, aunado a esto, la disponibilidad de nutrientes es mayor por asentarse en suelos más profundos, con mayor retención de humedad, esto se traduce en un crecimiento mayor y más veloz. Estos individuos se acercan más a la típica *Echeveria agavoides* de Lemaire (1863) y de Walther (1972). Mientras que los individuos orientados al sur y oeste están sometidos a un mayor estrés, la diferencia de coloración (figura 7, A y B) se debe a una mayor exposición solar, a medida que se intensifica se presentan individuos de coloración amarillenta con bordes rojos a púrpura o pardo oscuro, están también limitados por la disponibilidad de nutrientes, pues, se ubican en paredes de roca desnuda en pendientes pronunciadas casi verticales y con suelo muy somero, por lo tanto, se traduce en un crecimiento menor, los individuos que crecen en la exposición este se aproximan a *E. agavoides* 'Ebony' de Kinnach y Trager (1992) (figura 7B).

Puesto que se presentan variaciones morfológicas importantes entre los individuos de la población causadas por factores ambientales, consideramos que no se justifica la descripción de variedades utilizando los criterios utilizados por Walther (1972) y Kinnach y Trager (1992), con excepción de *E. agavoides* var. *multifida* Walther (1972), de la cual se conoce una población natural y se diferencia de la típica *Echeveria agavoides* por presentar un número mayor de ramificaciones de la inflorescencia, 2 a 3 para *E. agavoides* y 4 a 6 para *E. var. multifida* y que son homogéneas en las dos poblaciones. En el análisis de agrupamiento, se distingue un grupo formado por *E. bifida*, *E. paniculata* var. *maculata*, *E. agavoides* y *E. coccinea*, el grupo esta formado por plantas de talla mediana, con excepción de *E. coccinea* todas son plantas acaules, la similitud de *E. agavoides* con el resto del grupo es de mediana según el coeficiente de correlación de Pearson, pues el grupo se compone por especies de las series Angulatae Walther (1935), Thyrsiflorae Moran (1968), Urceolatae Walther (1972) y *Echeveria* respectivamente.

Echeveria bifida Schltdl., Linnaea 13: 411, 1839. **Tipo:** México, Hidalgo (Ehrenberg 546 [no localizado]). **Bas.** *Cotyledon bifida* (Schltdl.) Hemsl. (1880). *Echeveria bifurcata* Rose (1909). *Echeveria teretifolia* subsp. *bifurcata* (Rose) Walther (1935). *Echeveria erubescens* Walther (1972). *Echeveria tenuifolia* Walther (1972).

Planta herbácea; perenne; glabra. **Raíces** fibrosas algo engrosadas. **Tallo** erecto-caulescente corto o acaule, de 1-4 cm de longitud y 1-2.5 cm de diámetro. **Roseta** laxa de 6-20 cm de diámetro. **Hojas** 15-35, lanceoladas a romboide lanceoladas de 4-15 cm de longitud, 1-1.5 cm de ancho y 3-6 mm de grosor, cóncavas, acanaladas en la cara superior, algo aquilladas en la cara inferior, color pardo claro, verde amarillentas a violáceas, a veces con manchas color rojizo, ápice agudo-mucronado (fig. 8B). **Inflorescencia** 1 a 2, en panícula bifurcada con dos cincinos de 30-60 cm de longitud, 9 a 15 flores cada uno; **brácteas** alternas, ascendentes, numerosas hasta 35 por tallo floral, de 2-3 cm de longitud, 3-4 mm de ancho y 2-3 mm de grueso, linear lanceoladas, de similar color que las hojas, ápice agudo; **pedicelos** de 1-1.7 cm de longitud y 1.5-2 mm de diámetro, de color similar a las hojas. **Sépalos** desiguales, extendidos, de 0.8-1 cm de longitud y 2-3 mm de ancho en la base, triangular-lanceolados, color similar a las hojas. **Corola** pentagonal muy angulada a urceolada ligeramente angulada, de 12-14 mm de longitud y 6-8 mm de ancho en la base, color externo amarillo pálido en la base y rojizo en la boca a salmón en toda su extensión, color interno naranja (fig. 8D); **pétalos** aquillados, de 1-2.5 mm de grosor; **estambres** de 0.8-1 cm de longitud; **carpelos** de 10-12 mm de longitud; **nectarios** de 1.5-2 mm de longitud y 1 mm de ancho, color blanquecino.

Distribución: Guanajuato; **Hidalgo:** Cañón del diablo, Cerro del Señor, Puente de Tasquillo, Sierra Xinthé; Querétaro; San Luis Potosí.

Hábitat: *Echeveria bifida* se desarrolla en ambientes muy variados, se presenta en asociaciones vegetales cuyo suelo es derivado de roca ígnea (Fig. 8C) como, el matorral crasicaule de *Stenocereus-Myrtillocactus* (Fig. 8E), sin embargo, en el VM se encuentra en abundancia en matorrales con suelo derivado de roca sedimentaria (Fig. 8A y 8B), tal es el caso del matorral de *Flourensia resinosa*, matorral desértico calcícola (Fig. 8F), matorral rosetófilo de *Agave lechuguilla*. Los tipos de suelo registrados son, Leptosol nudolítico y Regosol colúbico.

Fenología: en cultivo puede florecer una a tres veces al año en diferentes temporadas, en su hábitat florece en primavera-verano.

Ejemplares examinados: **Guanajuato:** Km 9.8 este de San José Iturbide, camino a Tierra Blanca, C. H. Uhl 1845 (MEXU). **Hidalgo:** Barranca de Tolimán, F. Otero y J. Meyrán 3606 (MEXU); Mpio. Ixmiquilpan, ejido Julián Villagrán, Cerro del Señor, LED y GEO 002 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Ixmiquilpan, ejido Julián Villagrán, Cañón del Diablo, LED y GEO 005 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Ixmiquilpan, Cerro El Alberto, LED y GEO 006 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Tasquillo, Puente de Tasquillo, LED y GEO 008 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Actopan, 8 Km al sur de Actopan, LED y GEO 003 (Inv. FES Zaragoza). **Querétaro:** Km 26 camino Tolimán-Palmas, J. Meyrán s/n (MEXU). Bernal, S. Brack 881 (MEXU). **San Luis Potosí:** cerca de Huizache, J. Meyrán 3886 (MEXU).



Figura 8. *Echeveria bifida*. A y B, sobre sustrato calizo. C, sobre sustrato ígneo. D, inflorescencia. E, hábitat, matorral crasicaulé de *Stenocereus dumortieri* sobre sustrato ígneo. F, hábitat, matorral desértico calcícola.

Discusión: Esta especie ha presentado una historia nomenclatural y taxonómica problemática, pues fue una de las primeras en ser descritas para México, Schlechtendal (1839) ubicó al nuevo taxón dentro del género *Echeveria*. Posteriormente Hemsley (1880) relaciona al nuevo taxón con las especies del género *Cotyledon* que se distribuye principalmente en el Viejo Mundo. Rose (1909) describió a *Echeveria bifurcata* colectada en Hidalgo, la cual se diferencia de *Echeveria bifida* principalmente por la coloración de la corola. Posteriormente fueron descritos tres taxones más, *Echeveria teretifolia* subsp. *bifurcata* Rose (1935), *Echeveria erubescens* Walther (1972) y *Echeveria tenuifolia* Walther (1972), las tres muy relacionadas con *E. bifida*. La mayoría de los especialistas coinciden en tratar a todos los taxones anteriores como sinónimos de *E. bifida*, mientras que algunos aceptan tanto a *Echeveria bifurcata* como a *Echeveria bifida*. *Echeveria teretifolia* podría ubicarse como sinónimo de *E. bifida*; ya que De Candolle en la descripción original, ilustró a esta especie con un fragmento de la inflorescencia aparentemente bifurcada y por esta condición, muchos botánicos consideran que *E. tenuifolia* podría corresponder a las siguientes especies *E. bifurcata*, *E. trianthina*, *E. erubescens*.

Para contribuir al esclarecimiento taxonómico, en este trabajo se colectaron ejemplares en localidades diversas, en el puente de Tasquillo (Fig. 8E) que corresponden según Meyrán y López (2003) a *Echeveria bifida*, cuyas características más significativas son, hojas de 4 a 12 cm de longitud, color de las hojas café amarillento teñido de violáceo y corola color rosado a salmón, se colectaron también ejemplares en localidades reportadas para *Echeveria bifurcata* Rose (1909) las cuales se reportan como “colinas cerca de Ixmiquilpan”, cuyas características distintivas son, hojas de 6 a 15 cm de longitud, muy cóncavas en la cara superior, verde ámbar y corola de color amarillo en la base y punta rojiza.

Durante los recorridos en campo se hicieron observaciones de los ejemplares colectados en diversas localidades y que de acuerdo a su localización correspondían a *E. bifida* de Schlechtendal y a *E. bifurcata* de Rose. Existen diferencias en sendas poblaciones; sin embargo las variaciones morfológicas se presentan en las poblaciones de cada especie. Así, los ejemplares colectados en Tasquillo presentan características tanto de *E. bifida* como de *E. bifurcata* y el mismo patrón se observó en las demás localidades. Los organismos con características de *E. bifurcata* se presentan en “Puente de Tasquillo” que según sus características corresponden a *E. bifida* (Fig. 8C).

Se observó que los individuos de la especie prosperan tanto en terrenos ondulados en suelos poco profundos (Leptosoles) expuestas directamente al sol o protegidas por arbustos de la insolación, presentan también la inclinación saxícola que caracteriza a la familia. Aunque se observó que los individuos con características de *E. bifurcata* se presentan preferentemente sobre suelos derivados de roca caliza (Fig. 8A y 8B).

En otras especies se observa una preferencia hacia la orientación norte, pues sobre ésta, la insolación es menor, sin embargo, esta especie no tiene predilección, encontrándose en prácticamente todas las orientaciones posibles incluyendo la zenital. El taxón se presenta tanto en las zonas más bajas del Valle (1800 m), como en las zonas medias (2300 m), sin presentarse en las zonas más altas de alrededor de 2700 – 2800 m, lo que indica una predilección a enclaves xerófilos.

La distribución ecológica de esta especie es muy amplia, lo que propicia una variabilidad considerable del taxón. El color, forma y dimensiones de las hojas varían significativamente dependiendo de los microhábitats en donde se desarrollan los individuos, mientras que con respecto a la forma y coloración de la corola, se presentan dos patrones, uno en el cual, la corola es marcadamente angulada, de coloración amarillenta en la base y rojiza en la boca, con las puntas de los pétalos erectas, por lo tanto, la abertura de la corola es pequeña, una característica propia de *E. bifurcata* de Rose. En el segundo patrón, la corola tiene forma campanulada, menos angulada, el ápice de los pétalos es recurvado, por lo tanto, la abertura de la corola es mayor y presenta una coloración exterior rosada o de color salmón en su totalidad, características de *E. bifida* de Schlechtendal. Las observaciones obtenidas en campo sugieren, que estos patrones de la corola están relacionados a la exposición solar puesto que, en individuos desarrollados en zonas de menor exposición se presenta el primer patrón, mientras que, en los individuos que crecen en zonas con mayor exposición, se presenta el segundo patrón.

En los análisis de agrupamiento y de ordenación participaron individuos representativos de los dos patrones, el fenograma resultante de agrupamiento revela que existe una relación cercana de estos individuos (aprox. 0.8), por lo tanto, y adicionando las observaciones en campo, se considera, en este trabajo, tratar a *Echeveria bifurcata* como sinónimo de *Echeveria bifida* Schlechtendal.

Echeveria bifida pertenece a la serie Angulatae de Walther que se distingue por incluir a plantas glabras, con raíces algo engrosadas, rosetas de tamaño mediano, brácteas subcilíndricas, inflorescencia en cincino (Fig. 8D), corola marcadamente pentagonal y pétalos aquillados.

Echeveria coccinea (Cav.) DC, Prodrum 3: 401, 1828. **Tipo:** ([lecto – icono]: Cav., Icono. 2: t. 170, 1793). **Bas.** *Cotyledon coccinea* Cav (1793). *Echeveria pubescens* Schltdl. (1839). *Cotyledon pubescens* (Schltdl.) Baker (1869).

Planta sufrutescente; perenne; pubescente en todas sus estructuras exteriores. **Raíces** fibrosas. **Tallo** erecto-caulescente rara vez decumbente de 30-70 cm de longitud y 1.5-2 cm de diámetro, ramificado desde la base. **Roseta** laxa en el extremo del tallo de hasta 22 cm de diámetro. **Hojas** romboide-lanceoladas a romboide-oblancoadas, pubescentes, de 6-8 cm de longitud, 1-2 cm de ancho y 3.5-5 mm de grueso, subpecioladas, cara superior cóncava, ápice agudo a cortamente acuminado, color verde, bordes redondeados, rojos a pardos. **Inflorescencia** una o dos, pubescente, en espiga de 25-45 cm de longitud, con 20 o más flores sésiles (fig. 9D); **brácteas** inferiores semejantes a las hojas de la roseta pero más pequeñas, las más grandes de 3-5 cm de longitud, tempranamente deciduas; **pedicelos** muy cortos, con 2-3 bractéolas lineares, de hasta 4 cm de longitud o más, verdes. **Sépalos** extendidos, ligeramente desiguales, el mayor de 11-13 mm de longitud, linear a lanceolados, unidos en la base. **Corola** pentagonal, de 12-14 mm de longitud, 6-8 mm de ancho en la base y 6-7 mm de ancho en la boca, color naranja-amarillento a escarlata, color interno amarillo a naranja (fig. 9E); **pétalos** gruesos, aquillados, pubescentes; **estambres** no observados; **carpelos** delgados; **nectarios** blancos, elípticos.

Distribución: Chiapas; Estado de México; Guanajuato; **Hidalgo:** Cardonal, Cerro Xicuco, Epazoyucan, Mixquiahuala, Molango, Sierra de Juárez, Sierra Xinthé; Oaxaca; Puebla; Querétaro; Tlaxcala; Valle de México.

Hábitat: en el Valle del Mezquital se presenta preferentemente en formaciones de roca ígnea (Fig. 9B), en paredes con pendientes pronunciadas sobre Leptosol nudolítico, donde desarrolla tallos decumbentes o colgantes. Se encuentra en asociaciones vegetales diversas, entre estas se pueden mencionar, matorral rosetófilo, donde se asocia con diferentes especies de *Agave*, *Dasiliryon sp.* y *Hechtia sp.* (Fig. 9F), se presenta también en matorrales crasicaules ya sea de *Stenocereus dumortieri* o de *Opuntia sp.*, en el matorral subinermis de *Flourensia resinosa*, aunque con menor frecuencia y únicamente en sitios rocosos. Prefiere la cima de las montañas y en laderas con exposición norte y se asocia con plantas rupícolas (hepáticas, briofitas, helechos, entre otros).

Fenología: florece en Otoño-Invierno.

Ejemplares examinados: **Hidalgo:** Cara rocosa noroeste del río Metztlán, Peña del aire, 7 Km noreste de Hueyapan, R. T. Clausen 80-13(1) (MEXU); Cerro Gordo 3 Km al oeste de Pachuca, M. Medina C. 2236 (MEXU); Mpio. Cardonal, Cerro del Fraile, LED y GEO 001 (Inv. FES Zaragoza); Mixquiahuala, LED y GEO 012 (Inv. FES Zaragoza); Sierra de Juárez, LED y GEO 018 (Inv. FES Zaragoza); Cerro Xicuco, LED y GEO 025 (Inv. FES Zaragoza). **Guanajuato:** El Banco 10 Km al suroeste de Atarjea, E. Ventura y E. López 6350 (MEXU). **México, D. F.,** Jardín Botánico UNAM, A. García-Mendoza 4419 (MEXU). **Oaxaca:** Juxtlahuaca, mpio. San Juan Mixtepec, Cañada Antigua a 2 Km del río Mixtepec, J. Reyes S. 2138 (MEXU). **Puebla:** Al este de Puebla, Hacienda Álamos, Cham y Schtdl. 1680 (MEXU); Barranca cerca de Huejolcingo, Legit Wolfgang Boeger 2128 (MEXU). **Querétaro:** Mpio. Peñamiller, parte alta del Cerro La Tembladera, 10.5 Km al norte de Peña Blanca, E. Pérez Calix y S. Zamudio 3241 (MEXU).



Figura 9. *Echeveria coccinea*. A, B y C, individuos en diferentes poblaciones. D, inflorescencia. E, flores (jardín botánico, Inst. Biol. UNAM). F, hábitat.

Discusión: Esta especie fue descrita e ilustrada por Cavanilles en su *Icones plate 170*. El basiónimo de esta especie (*Cotyledon coccinea*) alude al parecido que tiene esta especie con taxones del género *Cotyledon* distribuidos en Europa y África.

Posteriormente De Candolle (1828) establece el género *Echeveria* dedicado al botánico y dibujante mexicano Atanasio Echeverría y utiliza a *Echeveria coccinea* como tipo del género. Schlechtedal (1839) describió una nueva especie como *Echeveria pubescens* que diferenció de *Echeveria coccinea* por sus hojas y brácteas más anchas y por tener una corola más ancha y sépalos más extendidos. En 1869, Baker colocó a *Echeveria coccinea* en el género *Cotyledon* con el nombre *Cotyledon pubescens* aunque el nombre aceptado siguió siendo el que le dio Schlechtedal en 1839. Las diferencias que se mencionan entre *Echeveria pubescens* y *Echeveria coccinea* no son suficientes para separarlas por lo cual la primera ha pasado a sinonimia de la segunda. Existe una forma de *E. coccinea* en el Cerro de Yerbabuena, Puebla, cuyos tallos llegan a medir 1.5-2 m de altura y la inflorescencia hasta 1 m. pero no hay suficientes datos para darle un rango subespecífico (Meyrán y López, 2003).

Echeveria coccinea pertenece a la serie *Echeveria* caracterizada por plantas con tallo evidente, corto o de hasta 1 m de longitud, inflorescencia en espiga (Fig. 9D), racimo o panícula, hirsutas a pubescentes en todas o casi todas las estructuras aéreas, incluyendo el exterior de la corola. En el análisis de agrupamiento, *Echeveria coccinea*, forma un grupo heterogéneo con *E. bifida*, *E. paniculata* subsp. *maculata* y *E. agavoides*, aunque con valores de similitud bajos. El agrupamiento congrega a especies de las diferentes series propuestas por Baker (1869) y de este conjunto sobresale *E. coccinea* por sus características contrastantes, ya que es la única especie sufrutescente del grupo, es pubescente en todas sus estructuras aéreas, la roseta es muy laxa, entre otras. Dentro de las características compartidas con el grupo se encuentran, el diámetro de la roseta, forma y longitud de las hojas, longitud de la inflorescencia, longitud de la corola y longitud de las brácteas, entre otras.

Echeveria halbingeri subsp. *Halbingeri* E. Walther, Cactus & Succulent Journal of America 30 (3): 89, 1958. **Tipo:** México, Hidalgo (anónimo s.n. [CAS]).

Planta herbácea; perenne; glabra. **Raíces** fibrosas. **Tallo** acaulescente. **Roseta** compacta de 5-6 cm de diámetro (fig. 10D). **Hojas** \pm 45, oblanceoladas, planas a convexas en cara superior, cóncavas ligeramente aquilladas en la inferior, de 2.2-2.5 cm de longitud, 0.9-11 mm de ancho y 5-6 mm de grueso, color verde a glauco, ligeramente hialinas; bordes redondeados, hialinos, ápice obtuso, mucronado, mucrón de 1.5-1.8 mm de longitud. **Inflorescencia** dos cincinos de 14-23 cm de longitud a la primera flor y 2-2.3 mm de diámetro en su base, rosado, con 8 flores por tallo floral; **brácteas** de 5.5-7 mm de longitud, romboides, ápice acuminado, color similar a las hojas; **pedicelos** de 7-8 mm de longitud y 0.6-1 mm de ancho color rosado (fig. 10E). **Sépalos** desiguales, triangular-lanceolados, de 5-6 mm de longitud, 2-2.5 mm de ancho y 1-1.3 mm de grueso, ápice agudo, del mismo color de las brácteas. **Corola** urceolada de 0.9-10 mm de longitud y 4-4.5 mm de ancho en su base, color externo naranja-rosado, color interno amarillento a naranja rosado; **pétalos** de 2.1-2.25 mm de ancho y 1 mm de grueso, muy recurvados en el ápice; **estambres** de 5.4-5.5 mm de longitud; **carpelos** de 4.3-4.5 mm de longitud; **nectarios** ovalados, amarillos.

Distribución: Hidalgo: Actopan, la Paila, sur de El Chico; Querétaro.

Hábitat: crece en paredes de roca con pendiente vertical orientada al norte, rodeadas de matorral crasicaule de *Opuntia streptacantha*, entre las especies saxícolas asociadas se encuentran, *Agave filifera*, *Mammillaria rhodantha*, *Sedum dendroideum* subsp. *parvifolium* y *Echeveria secunda*. El tipo de suelo corresponde a Leptosol nudolítico.

Fenología: florece en julio. Fructifica en agosto-septiembre.

Ejemplares examinados: Hidalgo: Mpio. Actopan, 5 Km al sur de Actopan, LED y GEO 010 (Inv. FES Zaragoza). **Querétaro:** Puente Tepozán, 11 min. Al noreste de Vizarrón, 120 en camino a San Joaquín, C. H. Uhl 2125 (MEXU); Ladera caliza arriba del camino a San Joaquín, 15 min al oeste de Vizarrón, C. H. Uhl 2126 (MEXU).



Figura 10. *Echeveria halbingeri* subsp. *halbingeri*. A y B, individuos en su hábitat. C, inflorescencia. D, aspecto general de la planta. E, inflorescencia. F, flores.

Discusión: Es una especie de la que se conoce poco, Walther (1958) reconoce una mayor cercanía entre *Echeveria halbingeri* subsp. *halbingeri* y *Echeveria elegans*, por presentar corola urceolada, hojas gruesas, subtriquetras, de color verde, con la punta de los pétalos muy recurvada. Pertenece a la serie Urceolatae al igual que *Echeveria agavoides*. Kimmach (1997) propuso a *Echeveria sanchez-mejoradae* como subespecie de *E. halbingeri*

Echeveria minima* subsp. *intermedia Espino & de la Cruz *status et. comb. nov.* (inérita)

Planta herbácea; perenne; solitaria; glabra. **Raíces** fibrosas muy cortas. **Tallo** acaule. **Roseta** compacta, de 2-3.5 cm de diámetro. **Hojas** ± 35 espatuladas, planas en la cara superior, aquilladas en la inferior, de 1.4-1.8 cm de longitud, 7-8 mm de ancho en el ápice y 4-5 mm de grosor, color glauco, ápice agudo a obtuso, con bordes rojos, mucrón de 2-2.3 mm de longitud, rojizo (fig. 11A y 11C). **Inflorescencia** 1 a 2, en cincino, cercano al centro de la roseta, de 7-8 cm de longitud a la primera flor (13 cm en total) y 1.3-1.5 mm de diámetro en la base, con 4-7 flores; **brácteas** 9-10, obovadas con ápice acuminado, de 5-6 mm de longitud, 2.5-3 mm de ancho y 1.3-1.5 mm de grosor, ascendentes, base espolonada; **pedicelos** de 6-15 mm de longitud y 0.8-1 mm de grosor. **Sépalos** extendidos, lanceolados, desiguales, el mayor de 3-4 mm de longitud. **Corola** pentagonal de 9-10 mm de longitud y 4-5 mm de ancho en la base, color rojiza en la base y amarilla en la boca (fig. 11E); **pétalos** aquillados de 1.4-1.5 mm de ancho, recurvados en el ápice; **estambres** de 4.4-4.5 mm de longitud; **carpelos** no observados; **nectarios** de 0.8-1 mm de longitud y 0.5-0.6 mm de ancho.

Distribución: Hidalgo: Cerro el Alberto, municipio de Ixmiquilpan

Hábitat: se presenta en paredes de roca basáltica sobre Leptosol nudolítico, rodeadas de matorral crasicaule de *Stenocereus-Myrtillocactus*. El hábitat de este taxón es similar al de *Echeveria minima* subsp. *minima* sólo que en la primera la roca basáltica es más oscura (ligeramente rojiza). *Echeveria minima* subsp. *intermedia*, se asocia a la misma briofita que *Echeveria minima* subsp. *minima* y con *Sedum humifusum* (fig. 11F).

Fenología: florece en junio y julio. Fructifica en agosto.

Ejemplares examinados: Hidalgo: Mpio. Ixmiquilpan, Cerro El Alberto, LED y GEO 021 (Inv. FES Zaragoza).

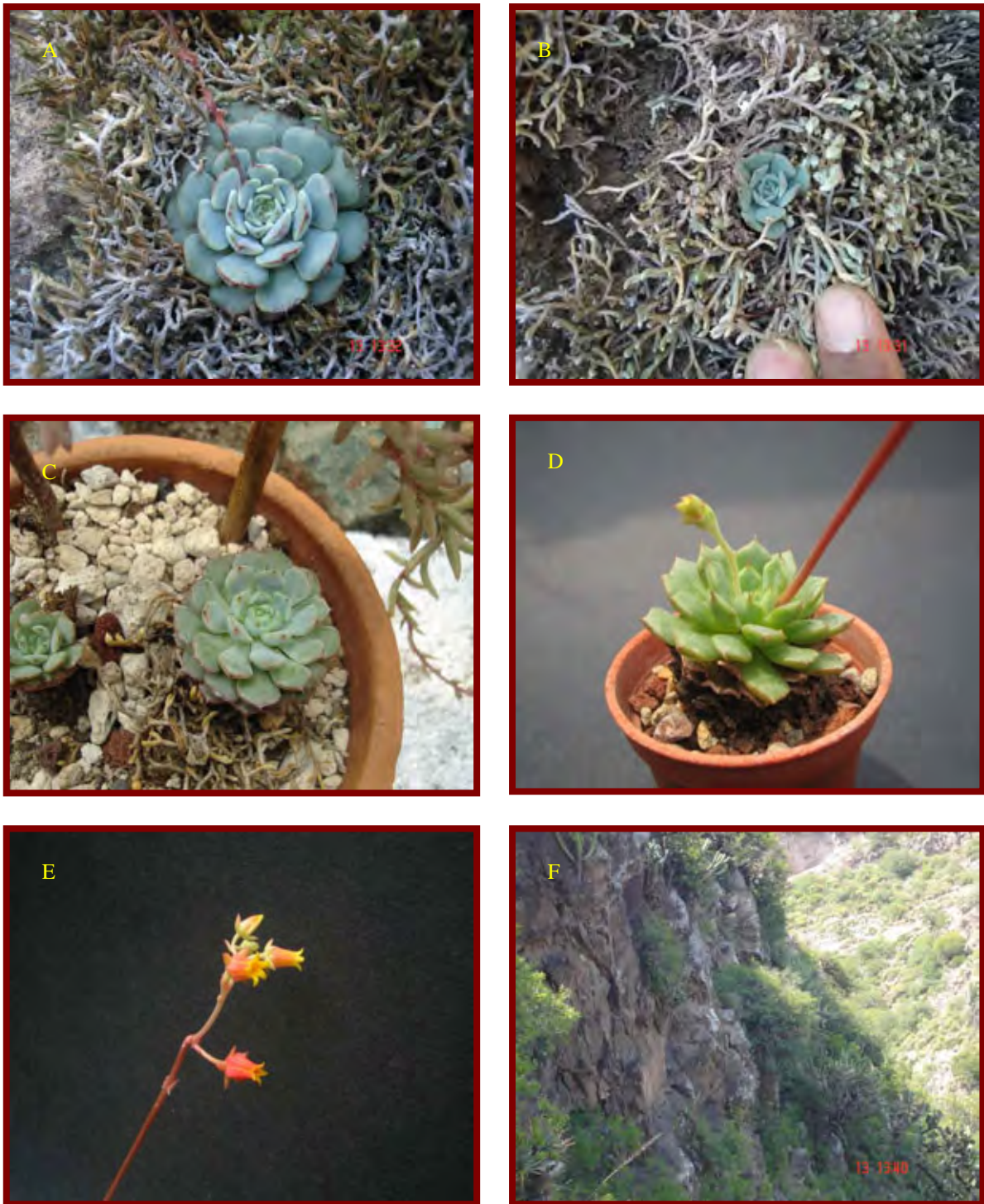


Figura 11. *Echeveria minima* subsp. *intermedia*. A, B, individuos en la localidad tipo. C y D, individuos colectados. E, inflorescencia. F, hábitat.

Discusión: Durante el periodo de muestreo para este trabajo en el Valle del Mezquital se colectaron ejemplares de la localidad cerro El Alberto ubicada en la Sierra Xinthé en el municipio de Ixmiquilpan. Los ejemplares fueron identificados en primera instancia como afines a *Echeveria minima*, por el tamaño diminuto de la roseta y la inflorescencia. La determinación posterior con claves especializadas confirmaron la proximidad entre *E.*

minima subsp. *minima* y *E. minima* subsp. *intermedia*, sin embargo, al comparar los taxones se observaron diferencias que sugerían que los individuos colectados en el Cerro El Alberto podrían corresponder a una subespecie de *Echeveria minima*.

Para establecer la ubicación del taxón los ejemplares fueron evaluados y sometidos al análisis de agrupamiento y de ordenación (figuras 4, 5 y 6). El análisis muestra un grupo conformado por taxones pertenecientes a la serie Secundae, entre estos se encuentra *Echeveria minima*, ejemplares de distintas localidades de *Echeveria secunda* y los ejemplares colectados en el Cerro El Alberto. Los ejemplares etiquetados como *E. alber* forman un grupo más relacionado (0.65) con los ejemplares de la población de *E. minima* del puente de Tasquillo, que con el resto del grupo. Las evidencias generadas en los análisis permitieron ubicar a esta población como *Echeveria minima* subsp. *intermedia*, el epíteto subespecífico hace referencia a las características intermedias de *Echeveria minima* y *Echeveria secunda*, las características de los tres taxones se presentan en el cuadro 9.

Cuadro 9. Cuadro comparativo de algunos caracteres entre *E. minima* subsp. *minima*, *E. minima* subsp. *intermedia* y *E. secunda*.

Carácter	<i>Echeveria minima</i> subsp. <i>Minima</i>	<i>Echeveria minima</i> subsp. <i>intermedia</i>	<i>Echeveria secunda</i>
Forma de la hoja	Oblanceolada	espatulada	espatulada
Forma del ápice de la hoja	obtusos a redondeado	agudo	obtusos ligeramente agudo
Color de la hoja	verde agua	glauco	glauco
Longitud de la hoja	1.4 a 2 cm	1.4 a 1.8 cm	3 a 6 cm
Longitud de la inflorescencia	4 a 10 cm	13 cm	10 a 25 cm
Longitud de la corola	8 mm	10 mm	12 mm

Del análisis surge la siguiente combinación *Echeveria minima* subsp. *minima* (Meyrán) Espino y de la Cruz *comb. nov.* y *Echeveria minima* subsp. *intermedia* Espino y de la Cruz subsp. *nov.*

Echeveria minima subsp. minima J. Meyrán, *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 13: 47-50, 1968. **Tipo:** México, Hidalgo. (Otero, Meyrán 3060 [MEXU]).

Planta herbácea; perenne; generalmente solitaria; glabra. **Raíces** fibrosas muy cortas. **Tallo** acaulescente. **Roseta** compacta de 2-4 cm de diámetro. **Hojas** 35-50, oblanceoladas ligeramente espatuladas, de 1.4-2 cm de longitud, 7-8 mm de ancho y 3-4 mm de grosor, de color verde agua a ligeramente glaucas, ápice redondeado, mucronado, mucrón de 2-2.3 mm de longitud, rojizo (fig. 12B). **Inflorescencia** en cincino, una, menos común dos, cercano al centro de la roseta, de 8-10 cm de longitud total y 1.6-2 mm de diámetro en la base, con 6-9 flores, de color verde pálido a rosa pálido; **brácteas** 4-6, lanceoladas, de 4 mm de longitud, ápice acuminado, color similar al tallo floral; **pedicelos** de 6 mm de longitud y 1 mm de grosor, del mismo color que el tallo floral. **Sépalos** extendidos, lanceolados, desiguales, el mayor de 3-4 mm de longitud. **Corola** pentagonal, de 8 a 10 mm de longitud y 5 mm de ancho en la base, color rosa a rojiza con la boca amarilla, color interno amarillo; **pétalos** aquillados de 1.4-1.5 mm de ancho; **estambres** de 4.5-4.6 mm de longitud; **carpelos** no observados; **nectarios** de 1 mm de longitud y 0.5 mm de ancho.

Distribución: Hidalgo: Cañada lateral del Río Tula, cerca del puente de Tasquillo.

Hábitat: se presenta en el matorral crasicaula de *Stenocereus dumortieri* - *Myrtillocactus geometrizans*, el sustrato geológico es de origen ígneo (basalto), muy intemperizado, otorgándole un aspecto rojizo a la roca. Se presenta en paredes verticales de roca orientadas al noreste (fig. 12F). Algunos componentes florísticos de este tipo de asociación son, *Pachyphytum glutinicaule*, *Sedum humifusum*, *Sedum ebracteatum ssp. ebracteatum*, *Echeveria bifida*, *Mammillaria longimamma*, *Ferocactus glausceus* y *Fouquieria splendens*. El tipo de suelo corresponde a Leptosol nudolítico.

Fenología: florece en junio y julio.

Ejemplares examinados: Hidalgo: Río Tula cerca del puente de Tasquillo, F. Otero y J. Meyrán 3060 (MEXU) Isotipo; Mpio. Tasquillo, 200 m al sur del Puente de Tasquillo, LED y GEO 024 (Inv. FES Zaragoza).



Figura 12. *Echeveria minima ssp. minima*. A, B y C, individuos adultos. D, Individuo con brotes laterales. E, individuos colectados. F, hábitat.

Discusión: Esta especie fue descrita por J. Meyrán (1968) de plantas colectadas por F. Otero en 1967 en una cañada lateral del Río Tula cerca del puente de Tasquillo, Hidalgo. El autor la colocó en la serie Secundae de Baker (1869) por presentar un cincinio solitario y relativamente pequeño, por sus corolas pentagonales con lados acanalados y por sus pétalos más anchos que gruesos.

Está muy relacionada con *Echeveria secunda*, de la cual difiere según el autor principalmente en el diámetro menor de la roseta, hojas más pequeñas, inflorescencia muy corta con pocas flores y con un mucrón prominente. Existe cierta imbricación de las medidas del tamaño de varias estructuras de *E. minima* y *E. secunda*, sin embargo, las características discriminantes son constantes en la población (Meyrán, 1968).

Para este trabajo se visitó la localidad tipo de la especie donde se colectaron dos individuos cuya evaluación fue incluida en el análisis de agrupamiento. Los resultados muestran un grupo formado por plantas afines a *Echeveria secunda* de diferentes poblaciones, *Echeveria minima* de la localidad tipo y ejemplares de una población que en primera instancia fueron determinados y considerados como muy cercanos a *E. minima*, que para el análisis se etiquetaron como Ealber, en referencia a la población donde se colectaron.

El fenograma muestra una afinidad entre los tres taxones, sin embargo, se presenta suficiente disimilitud para dividir al grupo en tres subgrupos, el grupo de *Echeveria secunda*, el grupo de la nueva combinación de *Echeveria minima* subsp. *minima* (Meyrán) Espino y de la Cruz *comb. nov.* y el grupo de *Echeveria minima* subsp. *intermedia* Espino y de la Cruz subsp. *nov.*

Echeveria mucronata Schltld. Linnaea 13: 411, 1839. **Tipo:** México, Hidalgo (anónimo s.n. [neo-icón: Schltld. Hort. Hal., t. 10, 1853]). **Incl.** *Cotyledon mucronata* (Schltld.) Baker (1869). *Echeveria crassicaulis* Walther (1935).

Planta herbácea; perenne; glabra. **Raíces** tuberosas-fibrosas. **Tallo** erecto-caulescente, corto de 1-2.5 cm de longitud. **Roseta** semidensa de 17-19 cm de diámetro. **Hojas** semidecíduas, romboide-oblancoadas, de 6-9 cm de longitud, 2-3 cm de ancho y 6-7 mm de grosor, verdes, no pruinosas, mucronadas, cara superior plana, ápice agudo, bordes y mucrón hialino. **Inflorescencia** en espiga, de 30-45 cm de longitud, del mismo color de las hojas, con 12 flores o más (fig 13C); **brácteas** romboide-lanceoladas más pequeñas que las hojas, ascendentes, del mismo color que las hojas (fig. 13D); **pedicelos** muy cortos de 1-4

mm de longitud o inexistentes, del mismo color que las hojas. **Sépalos** ligeramente extendidos, de 7-9 mm de longitud, mucronados. **Corola** urceolada de 13-15 mm de longitud y 9-10 mm de ancho en la base y 4-5 mm en la boca, amarilla; **pétalos** gruesos, angostos, prominentemente aquillados, profundamente cóncavos en la base, un poco extendidos hacia la punta; **estambres** no observados; **carpelos** no observados; **nectarios** reniformes, de 2.4-2.5 mm de ancho, amarillo pálido.

Distribución: Chihuahua; Durango; Guanajuato; **Hidalgo:** Huichapan, 7 Km al norte de Santuario; Jalisco; Estado de México; Michoacán; Morelos; Nuevo León; Oaxaca, Puebla; Querétaro; Tamaulipas; Tlaxcala; Valle de México; Veracruz; Zacatecas.

Hábitat: se presenta en Bosque de *Quercus*, en el sotobosque a veces cubiertas por la hojarasca, en pendientes de 30 a 60° (fig. 13F). Algunos componentes florísticos adicionales son, *Sedum moranense* subsp. *moranense*, *Manfreda maculosa*, *Juniperus sp.* *Pinguicula sp.*, entre otros.

Fenología: florece en julio. Fructifica en agosto.

Ejemplares examinados: **Guanajuato:** El Bordo 8 Km al norte de San José Iturbide, E. Ventura y E. López 6960 (MEXU). **Hidalgo:** 7 Km al norte de Santuario, LED y GEO 007 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Huichapan, alrededores de Huichapan, LED y GEO 009 (Inv. FES Zaragoza). **Michoacán:** 3 Km al suroeste de Paracho, S. Zamudio 5485 (MEXU). **Morelos:** 1.5 Km al norte de Laguna Zempoala, J. Alejandro Gutiérrez S. 65 (MEXU). **Nuevo León:** ladera este del Cerro Viejo ca 15 Km al sureste de Zaragoza, brecha a Dulces Nombres, S. Zamudio y R. Alcalá 13171 (MEXU). **Oaxaca:** Dist. Ixtlán, Yadi 5 Km al noreste de la Trinidad camino a Talea, Refugio Cedillo, David Lorence y A. García-Mendoza 931 (MEXU). **Tlaxcala:** Calpulalpan, Dudley B. Gold 304 (MEXU). **Valle de México:** J. N. Rose 202, [Isotipo (MEXU)]; Del. Gustavo A. Madero, La Armella 3230 m LR en dirección suroeste del Picacho El Fraile, Álvaro Espinosa 167 (MEXU); Del. Tlalpan, a 2.2 Km LR al oeste del Volcán Caldera del Guarda, Álvaro Espinosa y G. Ornelas 123 (MEXU).



Figura 13. *Echeveria mucronata*. A y B, variaciones en la forma de las hojas. C, D, E y F, individuos con inflorescencia.

Discusión: La especie más relacionada con *Echeveria mucronata* es *Echeveria crassicaulis* de Walther (1935) que se distingue por su corola relativamente más corta y sus brácteas más anchas, los sépalos más largos y su corola más corta y de color rojizo con amarillo.

Echeveria paniculata subsp. *maculata* (Rose) Kimnach (1998), *Haseltonia* 5: 51. **Tipo:** México, Hidalgo (Rose & Hay 217 (6412) [US]). **Bas.** *Echeveria maculata* Rose (1903). *Echeveria longipes* Walther (1935).

Planta herbácea; perenne; glabra. **Raíces** la principal tuberosa, secundarias fibrosas. **Tallo** erecto-caulescente, muy corto, de 1-2 cm de longitud, 1-2 cm de diámetro. **Roseta** con 12-15 hojas, laxa. **Hojas** deciduas en la sequía, romboide-oblanceoladas, de 7-10 cm de longitud, 1-3 cm de ancho, ligeramente cóncavas en la cara superior, redondeadas en la inferior, recurvadas hacia arriba, ápice agudo a acuminado, algunas mucronadas, pardo verdosas con bordes opacos (fig. 14A). **Inflorescencia** a menudo solitaria, de 40-80 cm de longitud, subpaniculada abajo, en espiga arriba (fig. 14E); **brácteas** numerosas, linear-oblanceoladas, subteretas, ápice agudo, de 4-5 cm longitud; **pedicelos** de 1-2 mm de longitud, bibracteolados. **Sépalos** desiguales, el mayor de 6-8 mm de longitud, lineares, agudos, ascendentes a reflejados. **Corola** urceolada, de 14-16 mm de longitud, 8-9 mm de grosor cerca de la base, 4-5 mm en el ápice, amarilla sin traza de rojo (fig 14F); **pétalos** gruesos, ligeramente aquillados, algo recurvados en la punta; **estambres** no observados; **carpelos** no observados; **nectarios** truncado, reniformes.

Distribución: Aguascalientes; **Hidalgo:** Cerro Xicuco, Dublán, El Salto, Huehuetoca, Metepec, Puente Grande, Tula; Guanajuato; Michoacán; Querétaro; San Luis Potosí; Zacatecas.

Hábitat: *Echeveria paniculata* subsp. *maculata* se desarrolla en el matorral crasicaule de *Opuntia* sp. (fig. 14D), otros componentes son, *Prosopis laevigata*, *Ferocactus latispinus* y *Acacia* sp., sobre roca ígnea en Leptosol lítico.

Fenología: florece en abril.

Ejemplares examinados: **Aguascalientes:** Sierra Fría, 5.4 Km de Tepezala, C. H. Uhl 2107 (MEXU). **Guanajuato:** Km 87 oeste de San Luis de la Paz, 3.5 Km al noreste de Santa Rosa, C. H. Uhl 2269 (MEXU). **Hidalgo:** Cerro Xicuco, LED y GEO 013 (Inv. FES Zaragoza); a lo largo de la carretera Huichapan-Ixmiquilpan, LED y GEO 014 (Inv. FES Zaragoza). **San Luis Potosí:** Hacienda de Angostura, C. G. Pringle s/n (MEXU).



Figura 14. *Echeveria paniculata* subsp. *maculata*. A, B y C, diferentes individuos en su hábitat. D y E, inflorescencia. F, flor.

Discusión: Esta especie ha tenido diferentes nombres, el primero fue aplicado por Rose (1903) como *Echeveria maculata* y la describe como, acaulescente, glabra, hojas basales en densa roseta, elongado-lanceoladas, gruesas, cerca de 1 dm de longitud, 1.5-2 cm de ancho, agudas, verde oscuro y algo moteadas, ramificaciones florales robustas, de 6-8 dm de longitud, sus hojas inferiores de 8-10 cm de longitud, inflorescencia paniculada, con

ramificaciones basales con 3 o 4 flores sésiles arregladas a lo largo de un lado de la rama, las flores superiores en la axila de la panícula y sésiles, sépalos muy desiguales, algo reflejados, carnosos, agudos; corola amarillo limón pálido, de 10 mm de longitud. Rose la relacionó cercanamente con *Echeveria mucronata* Schltdl.

Walther (1935) describe como nueva especie a *Echeveria longipes* de ejemplares colectados en Puente Grande y Huehuetoca, Hidalgo, en la descripción Walther refiere una coloración rosada en la base y color carne en la boca de la corola y relaciona al taxón con *Echeveria paniculata* Gray (1852) y con *Echeveria mucronata*. Las diferencias entre *E. maculata* y *E. longipes* no son importantes por lo tanto los botánicos decidieron colocar a *E. longipes* en sinonimia. Posteriormente Walther (1972) al referirse a *Echeveria maculata* indica una coloración amarillo pálido de la corola sin traza de rojo. Finalmente Kimnach (1998) sugiere que, *Echeveria maculata* es una variedad de *Echeveria paniculata* ya que difiere sólo en sus hojas más suculentas, sépalos más largos y extendidos, y por su corola color amarillo y propone la combinación *Echeveria paniculata* subsp. *maculata*,

Echeveria platyphylla J. N. Rose, Bulletin of the New York Botanical Garden 3 (9): 7, 1903. **Tipo.** Distrito Federal, Valle de México, Rose and Hay 01/202:6393 [US, no. 399920]; isotipo [MEXU].

Planta herbácea; perenne; glabra. **Raíces** principales tuberosas con algunas raíces laterales fibrosas-tuberosas (fig. 15C). **Tallo** corto a acaule. **Roseta** horizontalmente desparramada, 7-10 cm de diámetro. **Hojas** 10-15, rosuladas, a menudo decíduas en el periodo de sequía, romboide-lanceoladas, de 5.5-7 cm de longitud, 1.8-2.5 mm de ancho, color verde a verde grisáceo, ápice recurvado hacia arriba, agudo a acuminado-mucronado, bordes hialinos. **Inflorescencia** una o dos, 25-40 cm de longitud, espiga equilateral, con 15 o más flores (fig. 15E); **brácteas** inferiores numerosas, ascendentes a apresadoras, obovado-lanceoladas, cuneadas, acuminadas con mucrón hialino, de 2-2.5 cm longitud, brácteas superiores de 1.4-1.6 cm de longitud, gruesas, recurvadas hacia arriba, espolonadas en la base; **pedicelos** generalmente con única flor, no mayores a 2 mm de longitud, pero elongados hasta 5 mm cuando fructifican, cada pedicelo con dos bractéolas, similares a los sépalos. **Sépalos** extendidos o semiapresadores, casi iguales, el mayor de 10-12 mm de longitud, triangular-lanceolados, agudos, triquetros-subteretos. **Corola** urceolada, de 12-14 mm de longitud, de 7-9 mm de grosor en la base, 4-5 mm en la boca, ligeramente pentagonal, rojiza en la base y amarilla en la boca (fig. 15F); **pétalos** ligeramente recurvados en

la punta, unidos en la base; **estambres** no observados; **carpelos** no observados; **nectarios** reniformes, de hasta 1 mm de ancho.

Distribución: Hidalgo: El salto, Huichapan; Estado de México; Valle de México.

Hábitat: se desarrolla en matorrales de *Prosopis laevigata*, *Acacia sp.* y *Mimosa sp.* En donde recibe protección de estos arbustos a la fuerte insolación, es difícil de hallar en periodos secos, pues sus hojas son deciduas, es posible encontrarla también en los bancos de los ríos, así como, en formaciones rocosas con suelos muy delgados. Los suelos en donde se presenta corresponden a los Feozems, Leptosol lítico y Leptosol renzico.

Fenología: florece en julio.

Ejemplares examinados: Hidalgo: a lo largo de la carretera Huichapan-Ixmiquilpan, LED y GEO 015 y 016 (Inv. FES Zaragoza). **Valle de México:** J. N. Rose 202 (MEXU).



Figura 15. *Echeveria platyphylla*. A y B, vista de las hojas de la roseta y brácteas inferiores. C, vista de las raíces. D y E, inflorescencia. F, flores.

Discusión: Rose describió a esta especie y la relaciona con *Echeveria mucronata*, según el autor, difiere, en la forma y dimensiones de las hojas. Entre los dos taxones existen muchas semejanzas, sin embargo, Walther (1972) consideró que *E. platyphylla* es suficientemente diferente para considerarse una especie válida, criterio que consideramos acertado.

Echeveria secunda Booth, Edward's Bot. Reg. 24: Misc.: 59, 1938. **Tipo:** [neo-icóno]: I.c. 26: t. 57, 1840. **Bas.** *Echeveria pumila* Van Houtte (1846). *Echeveria spilota* Kunze (1853). *Cotyledon secunda* (Booth) Baker (1869). *Cotyledon pumila* Van Houtte (1869). *Cotyledon glauca* Baker (1869). *Echeveria secunda* var. *pumila* (Van Houtte) Otto (1873). *Echeveria secunda* var. *glauca* (Baker) Otto (1873). *Echeveria glauca* (Baker) Morren (1874). *Echeveria alpina* E. Walther (1935). *Echeveria elatior* E. Walther (1935). *Echeveria glauca* var. *pumila* (Van Houtte) von Poellnitz (1936). *Echeveria pumila* var. *glauca* (Baker) E. Walther (1972). *Echeveria cornuta* E. Walther (1972). *Echeveria reglensis* E. Walther (1972).

Planta herbácea; perenne; cespitosa; glabra. **Raíces** fibrosas, cortas. **Tallo** muy corto, de 1.5-2 cm de longitud o menos y 1 cm de diámetro, con ramificaciones basales donde se originan nuevos brotes. **Roseta** de 4-8 cm de diámetro. **Hojas** espatuladas, delgadas, de 3-6 cm de longitud, 1-1.5 cm de ancho en la base, 2-3 cm de ancho en el ápice y 5 mm de grosor, ápice emarginado, agudo-mucronado a redondeado, mucronado, planas, semi ascendentes, glaucas con margen y mucrón rojizo (fig 16A). **Inflorescencia** 1-2 o 3 cincinos, erectos, de 10-25 cm de longitud y 2-3 mm de diámetro, de coloración rosada (fig 16D); **brácteas** 6-10, obovadas, con ápice agudo, ascendentes, de 6-10 cm de longitud, rosadas; **pedicelos** de 1-1.5 cm de longitud, rosados. **Sépalos** ovado-lanceolados, agudos, extendidos, desiguales, de 3-7 mm de longitud, del color de las brácteas. **Corola** pentagonal, de 10-12 mm de longitud; **pétalos** lanceolados, marcadamente aquillados, erectos, rosa en la base, amarillos en la punta (fig. 16E); **estambres** 10, 5 de ellos unidos a los pétalos; **carpelos** unidos en la base, verdosos; **nectarios** no observados.

Distribución: Estado de México; Guanajuato; **Hidalgo:** Cerro Juárez, Mixquiahuala, Santuario, Sierra Xinthé; Michoacán; Morelos; Puebla; Querétaro; Tlaxcala; Valle de México.

Hábitat: *Echeveria secunda* se ubica en paredes rocosas y acantilados de pendientes pronunciadas preferentemente en la cima de las montañas, sus semillas germinan en oquedades y fracturas en la roca donde se ha acumulado algo de suelo, es frecuente encontrar asociada a *Echeveria coccinea* y otras especies saxícolas como *Mammillaria*,

Agave, *Sedum*, entre otras (fig. 16F). El suelo donde se presenta corresponde a los tipos Leptosol lítico y Leptosol nudolítico.

Fenología: florece en primavera-verano.

Ejemplares examinados: Estado de México: Ladera sur del monte Iztazihuatl, R. T. Clausen 7446 (MEXU); media milla antes de Temascalcingo a lo largo del río Lerma, Myron Kimmach 491 (MEXU); Mpio. de Texcoco, Santa Catarina, E. Ventura B. 578 (MEXU). **Guanajuato:** Los Jilgueros, Cañada de la Virgen-Viborillas, Juan Martínez-Cruz 421 (MEXU). **Hidalgo:** Km 64.9 carretera México 85, arriba de la Barranca de los Mármoles, C. H. Uhl 2344 (MEXU); 6 Km al noreste de Venados, F. González Medrano 7946 (MEXU); 1 Km al sur de Encarnación, R. T. Clausen, Edna R. Clausen y F. Chávez G. 78-14 (MEXU); Cerro Juárez, LED y GEO 009 (Inv. FES Zaragoza); Mixquiahuala de Juárez, LED y GEO 011 (Inv. FES Zaragoza); Santuario, LED y GEO 017 (Inv. FES Zaragoza); Sierra Xinthé, LED y GEO 020 (Inv. FES Zaragoza). **Michoacán:** Mpio. de Contepec, Cerro Altamirano camino al Llano, G. Cornejo Tenorio 754 (MEXU). **Morelos:** Mpio. Huitzilac, 1.5 Km al norte de Laguna de Zempoala, J. Alejandro Gutiérrez S., A. García-Mendoza, L. de la Rosa y A. Castañeda 65 (MEXU)



Figura 16. *Echeveria secunda*. A, B y C, individuos adultos. D, inflorescencia. E, flor. F, hábitat.

Discusión: *Echeveria secunda* es una de las crasuláceas de mayor problemática nomenclatural y taxonómica, es una de las especies de la familia con mayor número de sinónimos, esto debido, a su amplia distribución y al amplio espectro ecológico que tolera, por ende, presenta una variación morfológica importante. Booth (1838) describe a *E. secunda* como plantas acaules, con hojas numerosas, cóncavas, espatuladas, gruesas y

carneas, con pequeño mucr3n, de color verde glauco, con bordes y mucr3n pardos, inflorescencia de cerca de 30 cm de longitud, terminando en un racimo unilateral (cincino) con 10 o 12 flores, br3ctas pequeas y carneas, ovobado-acuminadas, rosadas en el 3pice, pedicelos de las primeras flores de cerca de 2.6 cm de longitud, s3palos, reflejados, gruesos y carneos, lanceolados, agudos, corola de media pulgada de longitud, unida en la base, rojo amarillenta, p3talos ligeramente reflejados en la boca de la corola, filamentos 10, cinco unidos en la mitad a los p3talos, anteras erectas, amarillo intenso, estilos 5, cortos, y unidos entre ellos, verde brillantes, ovarios de cinco celdas, con numerosas semillas en cada uno.

Ejemplares descritos despu3s, var3an muy poco de est3s caracter3sticas, por lo que Uhl (1995) considera que deben pasar a sinonimia, Meyr3n y L3pez (2003) sin embargo, consideran que este complejo debe ser separado en dos especies, el grupo de *Echeveria secunda* que se distribuye hacia el norte y oeste del Valle de M3xico y el de *Echeveria pumila* que se distribuye al sur y sureste del Valle de M3xico a altitudes de 4000 m (Iztazihuatl), esta 3ltima difiere, principalmente por tener hojas de mayor longitud, m3s planas, el di3metro de la rose alcanza los 25 cm, presenta un n3mero mayor de tallos florales, etc. En este trabajo se considera a los taxones del complejo como sin3nimos de *Echeveria secunda*.

Por la enorme variabilidad morfol3gica y el amplio rango de distribuci3n, es necesario el estudio de estos taxones como un complejo en un estudio posterior, para ello se requiere de un trabajo de campo extenso y cuidadoso, pues se considera que podr3an existir elementos para separar al complejo en tres grupos, en la figura 16, se presenta a la t3pica *E. secunda* de Booth, en el trabajo de campo se observaron diferencias entre distintas poblaciones, observ3ndose en unas, las caracter3sticas de la t3pica *E. secunda*, mientras que en otras, especialmente en aquellas poblaciones ubicadas al norte del Valle, presentan hojas m3s gruesas, con 3pice agudo-acuminado con mucr3n m3s evidente, las hojas son m3s pruinosas, en ocasiones con bordes hialinos, la inflorescencia es m3s corta y de un color m3s intenso, la corola es menos angulada, entre otras y se aade el grupo *pumila*. Estos tres tipos deben ser evaluados en un trabajo m3s extenso.

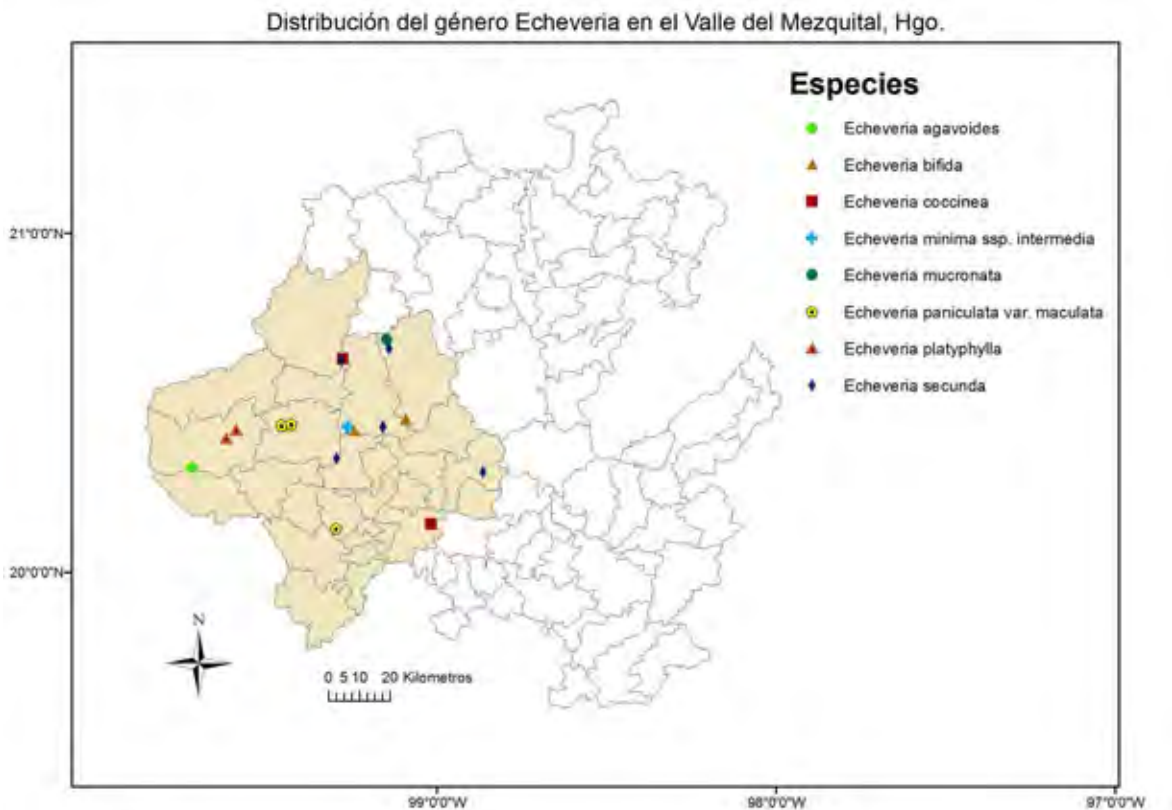


Figura 17. Mapa de distribución del género *Echeveria* en el Valle del Mezquital, Hgo.

Graptopetalum Rose, Contributions from the U.S. National Herbarium 13(9): 296, 1911.

Tipo: *Graptopetalum pusillum* Rose [Tipificación por inferencia]. **Incl.** *Byrnesia* Rose (1922). *Tacitus* Moran (1974). **Etimología:** del griego “Graptos” marcado, manchado, y del griego “petalon” pétalo, por sus inusuales pétalos manchados, rayados o completamente coloreados. **Distribución:** Estados Unidos: Sur, México: de Sonora y Chihuahua hasta Oaxaca, en lugares rocosos.

Plantas herbáceas a sufrutescentes; perennes; cespitosas o solitarias; glabras. **Raíces** fibrosas. **Tallos** erectos a decumbentes, de unos pocos centímetros a 2 m de largo y de unos cuantos milímetros a 2 cm de diámetro, algunas especies acaules poco ramificadas, en especies sufrutescentes muy ramificados desde la base, de textura suave a semileñosa, de colores muy variados. **Hojas** en espiral o formando rosetas densas de 2 a 16 cm de diámetro, hojas más o menos recurvadas, obovadas a espatuladas, de 8 mm a 6 cm de longitud, cara superior plana, convexa o cóncava, cara inferior cóncava, redondeada o a quillada, ápice redondeado a mucronado, de cloración diversa, ligeramente pruinosas. **Inflorescencia** lateral, en tirso, hasta 60 cm de longitud, generalmente ascendente, con flores de 4, 7 o 5 partes, pero generalmente pentámeras; **brácteas** similares a las hojas;

pedicelos de hasta 2.5 cm de longitud. **Sépalos** apresadores, usualmente libres en la base, casi iguales. **Corola** de 10 hasta 38 mm de diámetro, forma del tubo de la corola campanulada, en forma de tazón o de copa; **pétalos** unidos en la base, reflejados cerca de la corola, blancos, blanco-verdoso o amarillentos, usualmente con manchas rojizas a pardas en forma de puntos, líneas transversales o completamente coloreadas (*G. bellum*); **estambres** 10 en dos verticilos (5 en el grupo de *G. pentandrum*), primero desparramados luego erectos en la antesis; **carpelos** unidos basalmente, apicalmente rosados, lanceolados a obovados, blancos, amarillentos, verdosos o rojizos; **nectarios** reniformes, blancos a amarillentos. **Frutos** ascendentes o erectos, folículos; **semillas** más o menos cilíndricas, rojizas a pardas, reticuladas, muy pequeñas < 0.7 mm.

Graptopetalum pachyphyllum Rose, Addisonia 7(3): 45. 247, 1922. **Tipo:** México, Querétaro (Rose et. al. 9730 [US, B, MEXU, NY]). **Incl.** *Sedum atypicum* A. Berger (1930). *Echeveria minutifoliata* von Poellnitz (1935).

Planta herbácea a sufrutescente; perenne; cespitosa; glabra. **Raíces** fibrosas, muy cortas. **Tallo** erecto-caulescente de 5-7 cm de longitud o decumbentes de 15-20 cm de longitud, al principio verde-azuloso, después marrón. **Roseta** de 1.5-4.5 cm de diámetro, con 15 a 50 hojas, en el extremo del tallo. **Hojas** en espiral, oblancoeolado-espantuladas a obovadas, de 8-15 mm de longitud, 4-7 mm de ancho y 5-6 mm de grosor, glaucas, ligeramente pruinosas, ápice obtuso a redondeado, rojizo, mucronado, bordes redondeados. **Inflorescencia** en cima o tirso más o menos laxo, de 2-10 cm de longitud, con 1-4 cincinos de 5 flores cada uno; **brácteas** similares en forma y tamaño a las hojas de la roseta; **pedicelos** de 5-35 mm de longitud. **Sépalos** apresadores, oblongos, agudos, casi iguales, de 2.5 mm de longitud. **Corola** semejante en forma a *Sedum*, de 11-23 mm de diámetro; **pétalos** triangular-lanceolados, de 8-10 mm de longitud y 4-4.5 mm de ancho, reflejados en el ápice, blanco-verdoso, punteados de rojo o con 3-7 líneas rojizas; **estambres** de 8-10 mm de longitud, filamentos epipetalos unidos con la base de los pétalos; **carpelos** semi ovoides, de 6-9 mm de longitud, en la base verdes, arriba rosado; **nectarios** amarillentos.

Distribución: Guanajuato; **Hidalgo:** 3 Km al sur de Tepenene, entre Colonia y Actopan; Jalisco; Querétaro; San Luis Potosí; Zacatecas.

Hábitat: común en paredes rocosas y acantilados orientados al norte, sobre Leptosol nudolítico, se establece en un gradiente altitudinal de entre 1900 - 2300 m, en matorrales xerófilos. Esta es una de las especies del género que se distribuyen a mayores altitudes.

Fenología: Florece en el verano.

Ejemplar examinado: Querétaro: cerca de Cadereyta, J. N. Rose 9730 [Isotipo (MEXU)].

Discusión: Esta especie fue colectada por Rose en 1905, mientras hacía un extenso recorrido por el interior del estado de Querétaro. Los ejemplares fueron trasladados al New York Botanical Garden. Al principio se pensó que se trataba de un pequeño ejemplar del género *Echeveria* pero las flores de esta especie son totalmente diferentes a las de este último género. Cuando estos especímenes florecieron (1922), Rose nombró al ejemplar como *Graptopetalum pachyphyllum* y realizó la publicación en el Handsome Garden Periodical "Addisonia".

Graptopetalum pachyphyllum es una especie atípica del género, razón por la cual, en 1930, Berger ubicó a *Graptopetalum* como una sección de *Sedum* y renombró a esta especie como *Sedum atypicum*, los caracteres vegetativos de este taxón con las del género *Pachyphytum* tentaron a Berger a nombrarlo *Sedum pachyphyllum*, sin embargo, este nombre ya existía para otro taxón. En la monografía del género *Echeveria*, von Poellnitz (1935) llevó al herbario de Berlín un duplicado de la colección de Rose probablemente bajo el nombre de *Echeveria minutifoliata*, sin embargo, la descripción corresponde a *Graptopetalum pachyphyllum*. Los caracteres reproductivos no dan lugar a dudas con respecto a la ubicación del taxón en el género *Graptopetalum*.

Este taxón pertenece a la sección Byrnesia (Rose) Moran, que incluye a plantas subarborescentes, con rosetas en el extremo de las ramas, hojas angostadas en una inserción mucho más pequeña que la base de la hoja, con una sola vena, las hojas caen después de marchitarse (Meyrán y López, 2003). Esta es la única especie del género *Graptopetalum* que florece en el verano además de *Graptopetalum saxifragoides*, con la cual está muy relacionada. En este estudio no se colectaron ejemplares de esta especie pues no se ubicó la población reportada.

Pachyphytum Link, Klotzsch & Otto, Allg. Gartenzeitung 9(2): 9-10, 1841. **Tipo:** *Pachyphytum bracteosum* Link & al. [Tipificación por inferencia]. *Diotostemon* Salm-Dick (1845). **Etimología:** del griego “pachys” grueso y del griego “phyton” planta: por lo inusual de sus hojas muy gruesas. **Distribución:** este - centro de México (endémico).

Plantas herbáceas a sufrutescentes, perennes, solitarias a ligeramente cespitosas; glabras. **Raíces** fibrosas y cortas. **Tallos** erecto-caulescentes en etapas juveniles, decumbentes y colgantes en etapa adulta de hasta 1 m de longitud y hasta 3.5 cm de diámetro, simple o basalmente ramificado. **Hojas** dispuestas en espiral a lo largo del tallo, concentrándose y formando una roseta en el extremo del tallo de hasta 20 cm de diámetro, hojas juveniles mas o menos erectas, después extendidas o ligeramente recurvadas, gruesas, obovadas u oblanceoladas, ápice redondeado a obtuso, rara vez mucronadas, cara superior convexa a cóncava, cara inferior cóncava a redondeada, más o menos glaucas, de colores pastel, en algunas especies ligeramente pruinosas. **Inflorescencia** lateral que nace cerca de las hojas medias y/o superiores, 1 o más cincinos de hasta 30 cm de longitud, ascendente; **bráctees** semejantes a las hojas de la roseta, caedizas, obovadas a elípticas, espolonadas, más o menos pruinosas; **pedicelos** de hasta 4 cm de longitud. **Sépalos** erectos, apresadores, en algunas especies más largos que la corola, en otras, menores que la corola, desiguales. **Corola** cilíndrica, en forma de barril o campanulada, blanca, o rosa, rara vez naranja o rojiza; **pétalos** ovado-oblongos a oblanceolados, agudos a obtusos, apéndices en cara interna, en ocasiones tricolores; **estambres** en dos series, filamentos epipétalos unidos a la corola, filamentos episépalos libres; **carpelos** unidos basalmente con numerosos óvulos, erectos en la anthesis. **Frutos** folículos, la mayoría más o menos divergentes; **semillas** ovoides, numerosas, muy pequeñas, de color pardo rojizo. **Citología:** Muy variada. $2n=31,32,33, 62, 64, 66, +/-93-96, 96, 99, +/-124, +/-128, +/-160 +/-186$.

Clave de las especies del género *Pachyphytum* presentes en el VM

1a.- Sépalos $\pm \frac{1}{4}$ mayores que la corola.....*Pachyphytum brachetii*

1b.- Sépalos $\pm \frac{1}{2}$ de longitud que la corola.....*Pachyphytum glutinicaule*

Pachyphytum brachetii J. Reyes, González & Gutiérrez (2007). Cactáceas y Suculentas Mexicanas 52(2): 53-63. **Tipo:** 5 km al sur de Actopan (Holotipo [MEXU]).

Planta sufrutescente, perenne, cespitosa; glabra. **Raíces** fibrosas. **Tallo** erecto-caulescente en individuos juveniles, decumbente en plantas adultas, de 15 cm de largo o más y 2 cm de diámetro, con marcas de las hojas caídas. **Roseta** de 7-12 cm de diámetro. **Hojas** 25-35, dispuestas en espiral, formando una roseta o dispersas en el tallo semejando un racimo, ligeramente ascendentes, obovadas, de 3-4 cm de longitud, 1-5-2 cm de ancho y 10-12 mm de grueso, algunas hojas mucronadas, color azul glauco con marcas color rosa o lavanda, ligeramente pruinosas, de corte transversal elíptico a cóncavo, bordes redondeados, ápice obtuso a redondeado (fig. 18B). **Inflorescencia** en cincino, de 7-20 cm de longitud y 3-4 mm de grosor, con 7-10 flores, color rosado (fig. 18D); **brácteas** 12-15, obovadas, de 13-15 mm de longitud, 6-7 mm de ancho y 3 mm de grosor, de sección transversal acanalada, color amarillento, ápice obtuso; **pedicelos** de 1 cm de longitud y 1 mm de diámetro. **Sépalos** apesadores, $\pm \frac{1}{4}$ mayores que la corola, desiguales, elíptico-ovados, el mayor de 12-13 mm de longitud, 5-6 mm de ancho y hasta 2 mm de grosor, amarillos en la base, verdes en el ápice, ápice obtuso. **Corola** cilíndrica, cubierta en su totalidad por los sépalos, de 12-13 mm de longitud y 8-9 mm de ancho en la base, rojiza (fig. 18D); **pétalos** obovado oblongos, amarillo en la base, rojo en medio y verde en el ápice, con apéndices en la cara interna; **estambres** de 8.7-8.9 mm de longitud, amarillo en la base, rojo en el ápice; **carpelos** de 7.5-8 mm de longitud amarillos en la base, rojo en el ápice; **nectarios** amarillentos, de 1-1.3 mm de longitud y 0.8-1 mm de ancho.

Distribución: **Hidalgo:** 5 Km al sur de Actopan (localidad tipo)

Hábitat: habita en una pared de roca con pendiente vertical orientada al norte con suelo de tipo Leptosol nudolítico, rodeada de matorral crasicale de *Opuntia streptacantha*, entre las especies saxícolas asociadas se encuentran, *Agave filifera*, *Mammillaria rhodantha*, *Sedum dendroideum* subsp. *parvifolium*, *Echeveria secunda*, entre otras (fig. 18E).

Fenología: en cultivo la inflorescencia comienza a formarse en noviembre, en la localidad tipo florece de enero a abril aunque en invernadero continúa hasta julio (Reyes *et. al.*, 2007).

Ejemplares examinados: Hidalgo: Municipio de Actopan, 5 Km al sur de Actopan, J. Reyes S. 4350 [Holotipo (MEXU)]; Mpio. Actopan, 5 Km al sur de Actopan, LED y GEO 026 (Inv. FES Zaragoza).

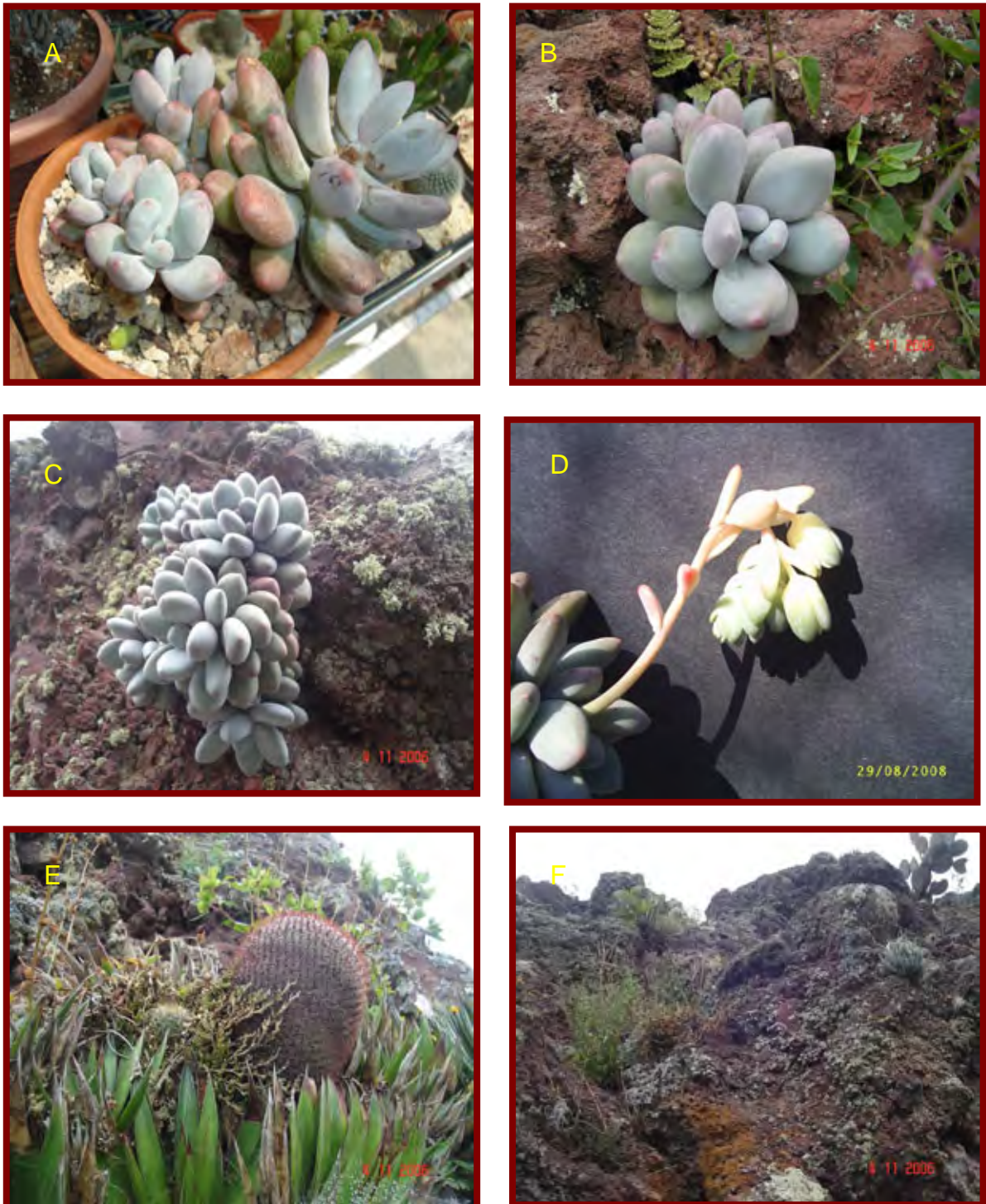


Figura 18. *Pachyphytum brachetii*. A, B y C, individuos adultos. D, inflorescencia. E, componentes florísticos asociados. F, hábitat.

Discusión: *Pachyphytum brachetii*, es la especie descrita más reciente para el género *Pachyphytum*, coincidimos con los autores en el sentido de ubicar al nuevo taxón en la

sección *Pachyphytum* la cual incluye a especies con las siguientes características, sépalos desiguales, tan largos o mayores que los pétalos y la presencia en los pétalos de una mancha rojiza debajo de la punta (Meyrán y López, 2003). Los autores relacionan a la especie con *Pachyphytum bracteosum*, *P. garciae* y especialmente con *P. caesium*.

Pachyphytum glutinicaule Moran, Cactus & Succulent Journal of America 35(1): 35-41, 1963. **Tipo:** México, Hidalgo (Moran & Kinnach 7805 [SD, DS, NY, UC, US])

Planta sufrutescente; perenne; glabra. **Raíces** fibrosas. **Tallo** erecto en individuos juveniles, decumbente y colgante en plantas adultas, de hasta 70 cm de longitud y 1.5 cm de diámetro, ramificado cerca de la base, color pardo grisáceo, glutinoso y verdoso cuando está desarrollándose (fig. 19A). **Roseta** de 7-12 cm diámetro. **Hojas** ± 25, obovadas, de 3-4 cm de longitud, 1.7-2 cm de ancho y 0.8-1 cm de grosor, de sección transversal elíptica o cóncavas en el periodo seco, color grisáceo, ápice obtuso, con mucrón hialino (fig 19B). **Inflorescencia** en cincino de 15-30 cm de longitud y 3-4 mm de diámetro, con 5-18 flores y hasta 12 **brácteas** de 11-13 mm de longitud, 7-8 mm de ancho y 2 mm de grosor, romboides, del mismo color de las hojas, ápice acuminado (fig. 19C); **pedicelos** de 0.6-1 cm de longitud y 1.5-2 mm de diámetro. **Sépalos** ± ½ de longitud que la corola, apresadores, desiguales, lanceolados, el mayor de 1 cm de longitud y 4 mm de ancho en la base, de color semejante al de las hojas, ápice agudo. **Corola** de 1.7-2 cm de longitud y 0.8-1 cm de ancho, de color rosado-rojizo (fig 19E); **pétalos** ± del doble de longitud que los sépalos; **estambres** de 6-7 mm de longitud; **carpelos** de 5-6 mm de longitud; **nectarios** no observados.

Distribución: Hidalgo: Barranca de Tolimán, Cerro el Alberto, Cerro Tathi, El Brinco, Mina Lomo de Toro, Puente de Tasquillo, Tecozautla; Querétaro.

Hábitat: se observa en paredes rocosas de origen ígneo exclusivamente, donde desarrolla tallos decumbentes o colgantes con la edad, prefiere la orientación norte aunque, es posible observarlo en diferentes orientaciones pero escaso. En el Valle del Mezquital se presenta en matorral crasicaule de *Stenocereus dumortieri*, asociado con *Tillandsia recurvata*, *Sedum ebracteatum* subsp. *ebracteatum*, *Sedum humifusum*, *Echeveria minima* subsp. *minima*, *Mammillaria longimamma*, así como, briofitas y hepáticas (fig. 19F). El tipo de suelo corresponde a Leptosol nudolítico.

Fenología: florece en septiembre-diciembre.

Ejemplares examinados: **Hidalgo:** ladera orientada al norte justo arriba del río Tula debajo de Vista del Río, 13 millas al norte de Ixmiquilpan, Reid Moran y Myron Kinnach 7805 (MEXU); ladera orientada al norte al fondo de la Barranca de Tolimán, Reid Moran 10045 (MEXU); Conglomerado de rocas, Puente de Tasquillo arriba del río Tula, C. H. Uhl 1876 (MEXU); laderas orientadas al norte, Puente de Tasquillo, LED y GEO 018 (Inv. FES Zaragoza). **Querétaro:** Municipio de Cadereyta, Tziquia frente a la Sabina, S. Zamudio R. 9013 (MEXU).



Figura 19. *Pachyphytum glutinicaule*. A, individuos adultos. B, acercamiento. C, inflorescencia. D y E, flor. F, hábitat.

Discusión: *Pachyphytum glutinicaule*, pertenece a la sección *Ixiocaulon* de Moran, caracterizada por especies con sépalos muy desiguales, los tres mayores imbricados en el botón, pétalos de igual tamaño o mayores que los sépalos sin mancha oscura debajo de la punta (Meyrán y López, 2003). Es la especie más distintiva del género, pues presenta tallo

pegajoso (el epíteto específico hace referencia a esta característica) y verde cuando está en desarrollo, los pétalos son muy largos (casi el doble de los sépalos) y están completamente coloreados de rosa o rojizo, además el color del tallo floral y los sépalos y brácteas es muy contrastante. *Pachyphytum garciae* es semejante en los caracteres vegetativos, sin embargo, las diferencias en los caracteres reproductivos son importantes, y lo colocan como una especie diferente.

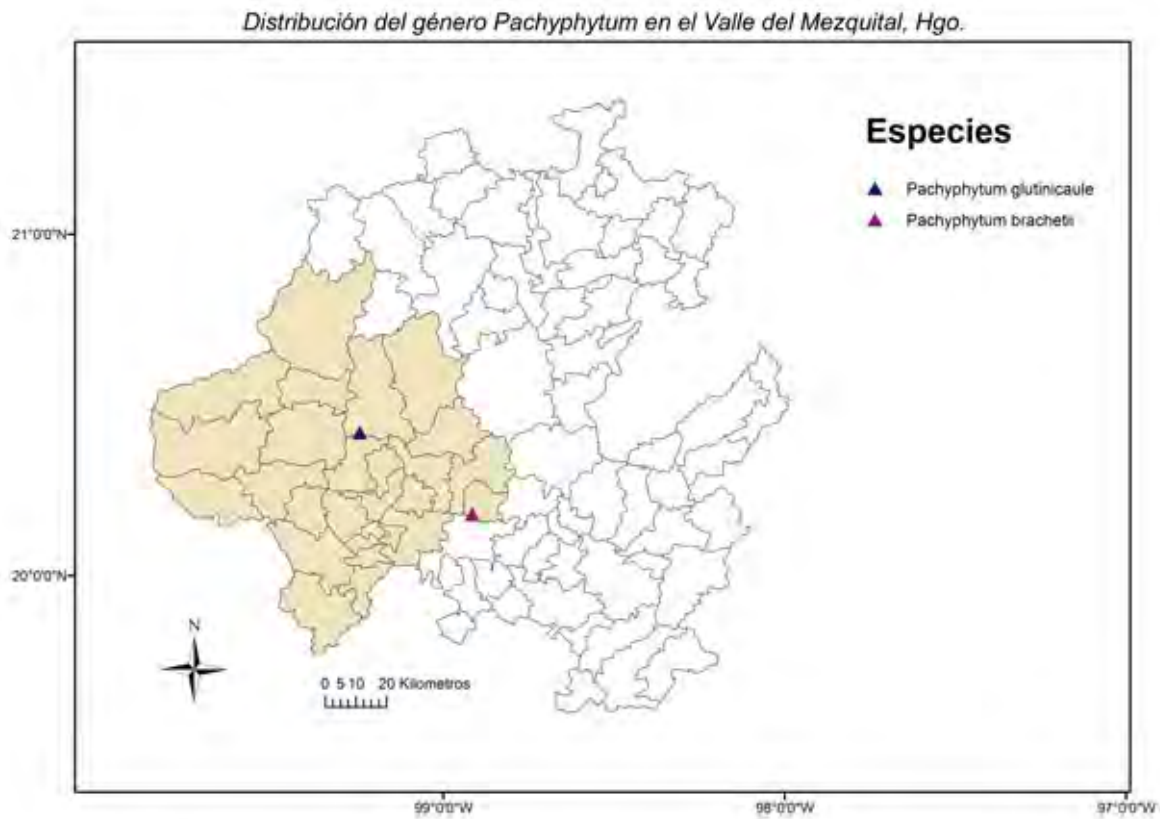


Figura 20. Mapa de distribución del género *Pachyphytum* en el Valle del Mezquital, Hgo.

***Sedum* L.** (Species Plantarum [ed. 1], 5, 1753). **Tipo:** *Sedum acre* L [Lectotipo, propuesto por M. L. Green en Hitchcock, Prop. Brit. Bot., 156, 1919; y propuesto para su conservación por t'Hart en Jarvis in Taxon 41: 569, 1992]. **Incl.** *Enchylus* Erhart (1789). *Diamorpha* Nuttall (1818). *Chetyson* Rafinesque (1821). *Aithales* Webb y Berthelot (1840). *Telmisa* Fenzi (1842). *Procrassula* Grisebach (1843). *Leucosedum* Fourreau (1868). *Sedella* Fourreau (1868). *Macrosepalum* Regel y Schmalhausen (1882). *Altamiranoa* Rose (1903). *Gormaniana* Britton (1903). *Tetrorum* Rose (1903). *Corynephyllum* Rose (1905). *Sempervivella* Stapf (1923). *Congdonia* Jepson (1925). *Monanthella* A. Berger (1930). *Oreosedum* Grulich (1984). *Petrosedum* Grulich (1984).

Poenosedum Holub (1984). *Amerosedum* A. Löve y D. Löve (1985). *Breitungia* A. Löve y D. Löve (1985). *Clausenellia* A. Löve y D. Löve (1985). *Cockerellia* (Clausen y uhl) A. Löve y D. Löve (1985). *Etiosedum* A. Löve y D. Löve (1985). *Hjaltalinia* A. Löve y D. Löve (1985). *Helladia* M. Král (1987). *Balfouria* (H. Ohba) H. Ohba (1995). *Ohbaea* Byalt y I. V. Sokolova (1999). **Etimología:** del latín “Sedum”, hierba puntera, siempreviva. **Distribución:** Norte de América, Asia, Europa, Norte de África, poco frecuente en Sudamérica y Sudáfrica.

Plantas herbáceas; perennes o anuales; glabras o pubescentes; usualmente sufrutescentes, raramente formando rosetas cespitosas. **Raíces** fibrosas, fibrosas-tuberosas, raramente tuberosas. **Tallos** delgados, decumbentes, rastrero o erecto-caulescente, semileñoso, poco o muy ramificados, de unos pocos milímetros a varios metros de longitud. **Hojas** alternas u opuestas, arrosetadas, en algunas especies imbricadas, generalmente sésiles, raramente sub o pecioladas, suculentas raramente planas, rombiode-lanceoladas, ovadas-deltoides, lanceoladas, claviformes, espatuladas a obovadas. **Inflorescencia** terminal o axilar, en panícula, tirso, cima, corimbo o compuesta, rara vez eje floral con flor única; **brácteas** 1-2 por flor, similares a las hojas. **Sépalos** verdes algunas especies con puntos rojizos, ampliamente sésiles o libres, semiapresadores o extendidos, iguales o desiguales, generalmente menores que los pétalos. **Corola** con forma estrellada. **Flores** generalmente pentámeras, rara vez 3-4 meras o 6-12 meras, generalmente obdiplostemonas, pero a veces haplostemonas, sésiles o con pedicelo; **pétalos** amarillos a amarillo-verdosos, rosas, púrpuras, rojizos o blancos con o sin puntos rojizos, libres o connatos, usualmente extendidos en la antesis a veces erectos; **estambres** a menudo basalmente unidos con los pétalos; **carpelos** usualmente sésiles, ligeramente unidos en la base, menos frecuente completamente libres; **nectarios** truncados, reniformes, cuneados, generalmente blancos, en ocasiones amarillos o rojos; **semillas** menores a 1 mm, ovoides a elipsoides; **citología:** $2n = 4$ a ± 640 .

Clave de las especies del género *Sedum*

- 1a.- Plantas sufrutescentes.....2
- 2a.- hojas claviformes, cilíndricas.....*Sedum corynephyllum*
- 2b.- hojas espatuladas a obovadas, planas.....*Sedum dendroideum* subsp. *parvifolium*
- 1b.- plantas herbáceas.....3
- 3a.- Plantas con hojas pubescentes.....4

- 4a.-** Inflorescencia en panícula o tirso, roseta > 4 cm de diámetro, flores de aroma pestilente.....*Sedum ebracteatum subsp. ebracteatum*
- 4b.-** Eje floral con flor única, roseta de hasta 5 mm de diámetro.....*Sedum humifusum*
- 3b.-** Plantas con hojas glabras.....**5**
- 5a.-** Plantas de hasta 10 cm de altura, hojas imbricadas.....*Sedum moranense subsp. moranense*
- 5b.-** Plantas de hasta 35 cm de altura, hojas alternas.....*Sedum jurgensenii subsp. jurgensenii*

Sedum corynephyllum. Fröd., Acta Horti Gothoburgensis, 10. App.: 16, 1935. **Tipo:** México (Purpus s.n. [US]). **Bas.** *Corynephyllum viride*. Rose (1905). *Sedum viride*. (Rose) Berger (1930).

Planta sufrutescente; perenne; glabra. **Raíces** fibrosas. **Tallo** erecto-caulescente o decumbente de 15-40 cm de longitud y 1-1.5 cm de diámetro, ramificado desde la base de color pardo a grisáceo, cubierto por una fina membrana amarillenta (fig. 21A). **Hojas** alternas, subrosuladas, concentradas en el ápice del tallo, claviformes, de 3-5 cm de longitud y 1 cm de grosor, de corte transversal circular, verde amarillentas en ocasiones rojizas en el ápice, bordes y ápice redondeados. **Inflorescencia** axilar, panícula con flores sésiles, de 5-8 cm de longitud (fig. 21E); **brácteas** no observadas. **Sépalos** semiapresadores, desiguales, basalmente libres, oblongo-lanceolados a ovados, de 4-8 cm de longitud, obtusos. **Corola** con forma estrellada; **pétalos** basalmente libres, de 4-5 mm de longitud, amarillo verdosos; **estambres** un poco más cortos que los pétalos y ligeramente anchos; **carpelos** unidos cerca de la base de 4-5 mm de longitud; **nectarios** amarillos.

Distribución: Guanajuato; **Hidalgo:** Cardonal, Cañon del Diablo (Julián Villagrán), Cerro del Señor (Julián Villagrán), Metztlán, Santa Ma. Regla, Zimapán; Querétaro; San Luis Potosí.

Hábitat: está presente en formaciones rocosas de origen calizo exclusivamente, orientadas al norte, asociado con *Tillandsia recurvata*, *Hechtia sp.*, *Senecio praecox*, *Mammillaria sempervivi*, *Stenocactus sp.*, *Thelocactus leucacanthus*, *Agave striata*, *Agave lechuguilla*, entre otros (fig. 21F).

Fenología: noviembre y diciembre.

Ejemplares examinados: Hidalgo: Mpio. Ixmiquilpan, ejido Julián Villagrán, Cerro del Señor, LED y GEO 019 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Ixmiquilpan, ejido Julián Villagrán, Cañón del Diablo, LED y GEO 023 (Inv. FES Zaragoza).



Figura 21. *Sedum corynephyllum*. A, B y C, individuos adultos. E, inflorescencia. D y F, hábitat.

Discusión: La primera descripción de esta especie fue hecha por Rose (1905) de ejemplares colectados por C. A. Purpus al oriente de México. Rose la colocó en el género *Corynephyllum* creado por él, bajo el nombre de *Corynephyllum viride*. Posteriormente Berger (en Engler y Prantl, 1930), vuelve colocar el taxón en el género *Sedum* y respetando el nombre que Rose le había dado, le nombra *Sedum viride*, sin embargo, este nombre fue considerado ilegal por lo cual Fröderström (1935), aludiendo al antiguo género de Rose, le nombró *Sedum corynephyllum*.

En los análisis de agrupamiento y ordenación los dos ejemplares de *Sedum corynephyllum* forman un grupo con las especies de *Pachyphytum*, esta circunstancia se explica porque los dos ejemplares colectados carecían de estructuras reproductivas y no se tomaron en cuenta en el análisis, además, en virtud de que existe una gran similitud en las estructuras vegetativas entre esta especie y el género *Pachyphytum* especialmente con *Pachyphytum viride*, semejando una forma diminuta de este último. *Sedum corynephyllum* pertenece a la sección Pachysedum la cual se distingue por presentar plantas subarborescentes, con tallos carnosos, hojas gruesas, subcilíndricas, cilíndricas o engrosadas en la cara inferior; inflorescencia lateral con flores blancas o amarillas (Meyrán y López, 2003). La principal diferencia se presenta en la corola, la cual presenta características de los géneros *Sedum*, *Pachyphytum* y *Villadia*. Además en el género *Sedum* se incluyen a muchas especies que no entran en la clasificación de ningún otro género por lo cual contiene plantas con amplias diferencias. *Sedum corynephyllum* es la única especie de la sección Pachysedum que se encuentra en el Valle del Mezquital, lo que hace que se aleje de las demás especies de *Sedum* analizadas.

Las características de *Sedum corynephyllum* no permiten la ubicación exacta de este taxón, el habito sufrutescente, las hojas cilíndricas alargadas y gruesas, la inflorescencia lateral o axilar y los sépalos semiapresadores o apresadores, desiguales, tan largos como la corola aproximan a este taxón a *Pachyphytum*, sin embargo, la ausencia de apéndices en la cara interna de los pétalos, así como la inflorescencia en panícula, mantienen alejada a la especie de *Pachyphytum*. Además de los caracteres vegetativos, la inflorescencia axilar y la corola con pétalos no reflejados alejan al taxón de *Sedum*. En este trabajo, el taxón se ubica en *Sedum*.

La inflorescencia lateral es considerada por los especialistas como un carácter importante para discriminar a las subfamilias, puesto que las especies de la sección *Pachysedum* presentan esta característica, es menester revisar la ubicación de esta sección.

Sedum dendroideum* subsp. *parvifolium (DC) R. T. Clausen (*Sedum* Trans-Méx. Volcanic Belt, 72-73, 1959). **Tipo:** México (Clausen 1 [CU]). **Bas.** *Sedum prealtum* DC (1847). *Sedum prealtum* subsp. *parvifolium* (R. T. Clausen) R. T. Clausen (1975).

Planta sufrutescente; perenne; glabra. **Raíces** fibrosas. **Tallo** erecto-caulescente, muy ramificado desde la base (fig. 22A). **Hojas** alternas, subrosuladas, concentradas en el ápice del tallo, espatuladas a ovobadas, planas, pecioladas, 40- 52 mm de longitud, 17-18 mm de ancho, 2-5 mm de grosor, de color verde claro, ápice redondeado, rojizo, bordes redondeados, rojizos (fig. 22A). **Inflorescencia** en panícula elongada, con flores pentámeras, sésiles o subsésiles; **brácteas** no observadas. **Sépalos** generalmente sésiles, ligeramente espolonados, usualmente libres, desiguales, en promedio 3 mm de longitud, verdes. **Corola** con forma estrellada; **pétalos** libres o un poco connatos, mucronados, de 2.5-3.6 mm de ancho, extendidos más de 2/3, amarillo brillante; **estambres** no observados; **carpelos** no observados; **nectarios** reniformes, truncados, redondeados o emarginados, amarillentos o translucidos.

Distribución: Estado de México; **Hidalgo:** 5 Km al sur de Actopan; Oaxaca; Puebla; Veracruz.

Habitat: En el VM se desarrolla en paredes de roca ígnea orientadas al norte, sobre leptosol nudilítico, rodeadas de matorral crasicale de *Opuntia streptacantha* otras especies asociadas son *Agave filifera*, *Agave lechuguilla*, *Mammillaria rhodantha*, *Echeveria secunda*, Musgos, hepáticas, entre otras (fig. 22B). Las plantas de la subespecie *parvifolium* se desarrollan en la parte oriental del Cinturón Volcánico Mexicano y en la Meseta Central de México hacia el norte. Generalmente se encuentra en las zonas rocosas de los bosques donde *Abies religiosa* es común.

Fenología : florece en diciembre

Ejemplares examinados: **Estado de México:** bordes de la ladera noroeste del Popocatepetl, J. R. Clausen y J. L. Edwards 7444 (MEXU); ladera oeste del Iztaccihuatl, R. T. Clausen s/n (MEXU). **Hidalgo:** cara noroeste en ladera rocosa de “gorge” del río Metztlán, Peña del Aire, 7 Km al noreste de Hueyapan, R. T. Clausen 80-12(2) (MEXU); Mpio. Actopan, 5 Km al sur de Actopan, LED y GEO 022 (Inv. FES Zaragoza). **Oaxaca:** a lo largo del camino entre Motozintla de Mendoza y Jiltepec, 1.5-5.5 millas al norte de El Porvenir, Thomas B. Croot 47351 (MEXU). **Puebla:** rocas a lo largo del camino este de Teziutlan, 4 min al oeste de Veracruz, C. H. Uhl 1882 (MEXU). **Veracruz:** Municipio de Alto Lucero, La Piedra Cuata entre Plan de las Hayas y Rancho Nuevo, G. Castillo C. y F. Vázquez 1388 (MEXU).



Figura 22. *Sedum dendroideum* subsp. *parvifolium*. A, individuo adulto. B, hábitat.

Discusión: En 1828 De Candolle describió una nueva especie con el nombre *Sedum dendroideum*. Posteriormente en 1959, R. T. Clausen realizó un estudio con 19 ejemplares de *S. dendroideum* de diferentes localidades. Después de analizar las variaciones entre distintas poblaciones obtuvo resultados que le permitieron dividirlos en cuatro subespecies, *S. dendroideum* subsp. *dendroideum*, *S. dendroideum* subsp. *monticola*, *S. dendroideum* subsp. *prealtum* y *S. dendroideum* subsp. *parvifolium*. Este último taxón se distingue de los otros principalmente por tener sépalos más cortos con un promedio de 3 mm de longitud.

Sedum ebracteatum subsp. *ebracteatum* Mociño & Sessé ex DC, Coll. Mém. 2, Crass., 37, ill., 1828. **Tipo:** basado en la obra de Mociño. **Incl.** *Sedum incertum* Hemsley (1878). *Sedum chapalense* Watson (1886). *Sedum cordifolium* Mociño & Sessé (1894). *Sedastrum incertum* (Hemsley) Rose (1905). *Sedastrum chapalense* (Watson) Rose (1905). *Sedastrum ebracteatum* (De Candolle) Rose (1905). *Sedastrum rubricaulle* Rose (1905). *Sedum rubricaulle* (Rose) Praeger (1921). *Sedum barrancae* Jones (1935). *Sedum ebracteatum* var. *rubricaulle* (Rose) Fröderström (1935).

Plantas herbáceas; perennes; cespitosas. **Raíces** fibrosas-tuberosas. **Tallo** corto o acaule. **Hojas** formando rosetas de hasta 4 cm de diámetro, ovadas-deltoides a romboide-lanceoladas, muy anchas en la base, de 2-3 cm de longitud, 1-1.5 cm de ancho y 1 cm de grosor, cara superior plana o ligeramente cóncava, cara inferior aquillada a redondeada, pubescentes en ambas superficies, verdes ligeramente glaucas, ápice subagudo (fig. 23B). **Inflorescencia** en panícula o tirso, erecta, de 20-25 cm de longitud con 1-8 cincinos, con flores sésiles que despiden un aroma pestilente brotes secundarios en la base del tallo (fig. 23C); **brácteas** iguales o más grandes que las hojas de la roseta, ovadas-lanceoladas a oblongas, con ápice obtuso, opuestas, de 2.5-3 cm de longitud y 1.7-2 cm de ancho. **Sépalos** unidos basalmente, iguales o ligeramente desiguales, ovado-lanceolados, obtusos a ligeramente agudos, ligeramente pubescentes, de 4-5 mm de longitud y 3-3.5 mm de ancho, extendidos, verde amarillentos con puntos rojizos. **Corola** en forma estrellada; **pétalos** basalmente unidos, reflejados, ovados o elíptico-ovados, agudos, gruesos, de 5.5-6 mm de longitud, blancos con puntos rojizos; **estambres** blanquecinos con anteras amarillentas o pardas; **carpelos** unidos en la base, blanquecinos con puntos rojos; **nectarios** blancos (fig. 23E).

Distribución: Coahuila; Durango; Estado de México; Guanajuato; Guerrero; **Hidalgo:** Chilcuahutla, Huichapan, Mixquiahuala, Presa Madero, Puente de Tasquillo; Jalisco; Michoacán; Querétaro; San Luis Potosí; Tamaulipas.

Hábitat: se desarrolla en sitios rocosos y debajo de pequeños arbustos, sobre coladas basálticas, en diferentes asociaciones vegetales, pero exclusivamente sobre rocas de origen ígneo, sobre Leptosol nudolítico. Se distribuye principalmente al oeste del VM.

Fenología: su floración comienza en octubre.

Ejemplares examinados: **Guanajuato:** entre Dolores Hidalgo y Cd. de Guanajuato, C. L. Gill 1946 (MEXU). **Guerrero:** Municipio La Unión, a 4 Km al noreste de El Balsamo, camino a Zihuatanejo-Cd. Altamirano, E Martínez y F. Barrie 5530 (MEXU). **Hidalgo:** Cerca de Actopan, R. Hernández M. y Y. Vázquez de Hernández 644 (MEXU); Cerca de Dublán, J. N. Rose y R. Hay 218 (MEXU); Gilotla municipio de Eloxochitlan, R. Hernández Magaña, L. Cortés e I. Hernández M. 6071 (MEXU); 3 km al sureste de Venados, F. González Medrano et al 8418 (MEXU); mpio. Chilcuautla, colada basáltica cerca del río Tula, LED y GEO 018 (Inv. FES Zaragoza); a lo largo dela carretera Huichapan-Ixmiquilpan, LED y GEO 022 (Inv. FES Zaragoza); Presa Francisco I. Madero, LED y GEO 030 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Tasquillo, Puente de Tasquillo, LED y GEO 028 (Inv. FES Zaragoza); Mixquiahuala, LED y GEO 035 (Inv. FES Zaragoza). **Michoacán:** municipio de Zacapu, al oeste de la Angostura, A. Grimaldo 408 (MEXU); municipio de Zinapécuaro, sobre peñas a la orilla del camino, Juan M. Escobedo 2276 (MEXU). **Querétaro:** municipio de Colón, alrededor del poblado El Zamorano, R. Hernández, J. Orozco H. y C. Orozco L. 10316 (MEXU). **Tamaulipas:** pared de rocas calizas en el cañon a 16 Km al suroeste de Ciudad Victoria, J. L. Edwards s/n (MEXU).



Figura 23. *Sedum ebracteatum* subsp. *ebracteatum*. A, individuo juvenil junto a *Pachyphytum glutinicaule*. B, C y D, individuos adultos. E, flor. F, hábitat.

Discusión: La historia taxonómica y nomenclatural de este taxón ha sido problemática, en 1828 De Candolle describe a *Sedum ebracteatum* basándose en dibujos copiados de la publicación Flora de México de Mociño. Probablemente De Candolle desconoció el ejemplar que sirvió para la descripción de la especie. El epíteto alude al pobre desarrollo observado en las brácteas de la inflorescencia. Posteriormente Hemsley, en 1878, realizó la

descripción de una especie colectada en Guadalupe, en el Valle de México que nombró *Sedum incertum*. La descripción que hizo, no fue muy clara por lo que pueden incluirse en ella otras especies. Debido a la descripción ambigua, de *Sedum incertum*, Eggli (2003) la colocó como sinónimo de *S. ebracteatum*. Después en 1886, Watson, describió una nueva especie y le dio el nombre de *Sedum chapalense*. Para esta descripción él se basó en un espécimen de Chapala, Jalisco. Esta especie fue sólo conocida de la localidad tipo. Al hacer la comparación de esta especie con *Sedum ebracteatum* se reconoció que no existía entre ellas una diferencia relevante. Posteriormente en 1894 Mociño y Sessé describieron a *Sedum cordifolium* como una nueva especie.

Rose (1905) propone el género *Sedastrum* que se separa de *Sedum* porque el primero presenta densas rosetas basales, numerosos tallos que se secan hasta la base después de florecer, inflorescencia más o menos en panícula y carpelos erectos y cóncavos. Por sus características Rose transfirió a *Sedum ebracteatum*, *Sedum incertum* y *Sedum chapalense* a este recién creado género, estableciendo las combinaciones: *Sedastrum ebracteatum*, *Sedastrum incertum* y *Sedastrum chapalense*. También en 1905, Rose describió a *Sedastrum rubricaula*. La diagnosis se basó en ejemplares provenientes de los alrededores de Concepción del Oro, Zacatecas, que fueron cultivados en Washington. El epíteto *rubricaula* alude al color rojo de los tallos

Posteriormente Praeger, en 1921, analizó estos mismos ejemplares y colocó a esta especie como *Sedum rubricaula*. En 1930 Berger redujo el género *Sedastrum* a estatus de una sección de *Sedum* por poseer rosetas densas e inflorescencia en panícula. En el año 1935, M. E. Jones, hizo la descripción de *Sedum barrancae* de plantas colectadas en La Barranca, Guadalajara. Jones no mencionó las diferencias que separaban a *S. barrancae* de *S. incertum* y de *S. ebracteatum*, por lo que las dos primeras pasan a sinonimia de *S. ebracteatum*. En ese mismo año, Fröderström, describió a *Sedum ebracteatum* subsp. *rubricaula* argumentando como principal variación la pubescencia y el hábito. Fröderström distinguió dos variedades, la variedad *rubricaula* con sépalos de igual longitud y la variedad *ebracteatum* con sépalos desiguales.

Posteriormente en 1959, Clausen, realizó un análisis meticuloso de cinco ejemplares de esta especie y reconoció la existencia de dos subespecies *Sedum ebracteatum* subsp. *ebracteatum* y *Sedum ebracteatum* subsp. *grandifolium*. Las principales diferencias que menciona Clausen entre ambos taxones es que las hojas de los tallos florales en *S. ebracteatum* subsp. *ebracteatum* nunca alcanzan el tamaño (más largo) de *S. ebracteatum* subsp. *grandifolium*, además de que la primera presenta vellosoidad

simple y ocasionalmente pelos ramificados en las hojas, tallos y pedicelos. *Sedum ebracteatum* subsp. *ebracteatum* pertenece a la sección Sedastrum.

En el análisis de agrupamiento este taxón se relaciona con la otra especie de *Sedum* analizada, pues comparten muchas características principalmente de la corola.

Sedum humifusum Rose, Contributions from the U.S. National Herbarium 13(9): 298, pl. 55, 1911. **Tipo:** México, Querétaro (Pringle s.n. [US 399703]).

Planta herbácea; perenne, cespitosa semejando un musgo. **Raíces** fibrosas. **Tallo** muy corto. **Hojas** pubescentes, muy imbricadas semejando una roseta de hasta 5 mm de diámetro, obovadas, obtusas, ciliadas en los márgenes, planas pero carnosas, de 2-4 mm de longitud, 2-3 mm de ancho y 1-2 mm de grosor, de color verde, las basales rojizas (fig. 24A). **Inflorescencia** erecta con flor única, de 1-2 cm de longitud; **brácteas** no observadas. **Sépalos** basalmente libres, ligeramente desiguales, semejantes a las hojas basales, muy ciliados en los márgenes, gruesos. **Corola** con forma estrellada, de 6-8 mm de longitud, 0.9-11 mm de ancho (fig. 24B); **pétalos** casi libres en la base, subovados, obtusos, de color amarillo canario, de 6-10 mm de longitud, extendidos; **estambres** no observados; **carpelos** no observados; **nectarios** muy pequeños, amarillento oscuro.

Distribución: Guanajuato; **Hidalgo:** Cerro El Alberto, Puente de Tasquillo, Tecozautla; Querétaro.

Hábitat: se desarrolla en leptosoles nudolíticos, en paredes casi verticales, en pequeñas cañadas. La vegetación predominante es el matorral de *Stenocereus dumortieri*. Algunas especies asociadas son, *Mammillaria longimamma*, *Sedum ebracteatum* subsp. *ebracteatum*, *Pachyphytum glutinicaule*, hepáticas y briofitas (fig. 24C).

Fenología: florece en primavera.

Ejemplares examinados: **Guanajuato:** El rincón municipio de Tierra Blanca, E. Ventura y E. López 7813 (MEXU). **Hidalgo:** una milla al norte de Tecozautla, R. Morán 14742 (MEXU); Mpio. Ixmiquilpan, Cerro El Alberto, LED y GEO 027 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Tasquillo, Puente de Tasquillo, LED y GEO 029 (Inv. FES Zaragoza). **Querétaro:** subiendo a la mina de Ópalos, La Trinidad entre San Juan del Río y Tequis, E. Arguelles

1558 (MEXU); San Juan del Rio, Pringle 1905 (MEXU); La Ceja 4 Km al norte de Mesa de León municipio de Cadereyta, E. Pérez Cáliz y S. Zamudio 2907 (MEXU); alrededor de la ex hacienda Santa Maria del Mexicano mpio. Colón, E. Pérez Cáliz y S. Zamudio 2911 (MEXU).



Figura 24. *Sedum humifusum*. A y B, colonia de individuos adultos. C, colonia de individuos con pedúnculo floral y flor.

Discusión: Esta especie fue descrita como una nueva especie por Rose de material colectado por C. G. Pringle cerca de San Juan del Rio, Querétaro, en el año 1905. Es una planta con características muy especiales principalmente por su diminuto tamaño que ni siquiera alcanza 1 cm de diámetro. Es de las especies de crasuláceas más pequeñas que se conocen y es la más pequeña de las que se encontraron en el Valle del Mezquital. Otra característica muy particular es el hecho de presentar una flor solitaria que se puede observar en muy pocas especies de esta familia, es la única especie que presenta este tipo de floración de las observadas en el área de estudio.

Por la dificultad que se tuvo para tomar las medidas de esta especie únicamente se analizó un ejemplar, el cual en el análisis de agrupamiento formó un grupo con dos de las tres especies de *Sedum* examinadas, aunque estando dentro del mismo grupo esta especie se aleja un poco principalmente por las características que mencionamos anteriormente. Este taxón es una especie que presenta cierta dificultad para mantenerla en cultivo pues aunque es cespitosa requiere estar en no muy alta temperatura para propagarse y para florecer.

Sedum jurgensenii subsp. *jurgensenii* (Hemsley) Moran, *Haseltonia* 4: 46, 1996. **Tipo:** México (Jurgensen 616 p.p. [K]). **Bas.** *Altamiranoa elongata* Rose (1903). *Cotyledon elongata* (Rose) Fedde (1904). *Sedum brandtianum* von Poellnitz (1933). *Altamiranoa necaxana* Fröderström (1936). *Villadia elongata* (Rose) R. T. Clausen (1940). *Villadia necaxana* (Fröderström) H. Jacobsen (1958).

Planta herbácea o sufrutescente; perenne; glabra. **Raíces** fibrosas. **Tallo** muy ramificado desde la base y arriba, base del tallo semileñosa, de 15-35 cm de longitud y 1.5-2 mm de diámetro (fig. 25A). **Hojas** al principio imbricadas, después alternas en el tallo a medida que éstese desarrolla, deltoide-lanceoladas, de 0.5-1 cm de longitud, 2-3 mm de ancho en la base y 2-3 mm de grosor, verdes a rojizas, ápice redondeado. **Inflorescencia** en cima o panícula con 2-3 cincinos, de 1-3 cm de longitud, con 2-12 flores cada uno, flores sésiles (fig. 25E); **brácteas** no observadas. **Sépalos** extendidos o semiapresadores, iguales, ovado-lanceolados, de 2-5 mm de longitud, agudos. **Corola** de 4-6 mm de longitud y 7-8 mm de diámetro, estrellada; **pétalos** a veces reflejados, blancos; **estambres** con anteras rojas; **carpelos** de 3-4 mm de longitud, verdes con blanco; **nectarios** truncados, de 0.3-0.35 de longitud y 0.6 mm de ancho, amarillos.

Distribución: Guanajuato; **Hidalgo:** Cardonal, San José Tepenene; Puebla; Querétaro; San Luis Potosí; Tamaulipas; Veracruz.

Hábitat: en Hidalgo se encuentra principalmente en montañas y pendientes rocosas. En suelos Leptosoles nudolíticos. En áreas de roca caliza o ígnea, en diferentes asociaciones vegetales, se asocia a especies saxícolas. Se distribuye en un intervalo altitudinal de 1100 a 2900 m.

Fenología: florece de septiembre a diciembre.

Ejemplares examinados: Hidalgo: Mpio. Cardonal, Cerro del Fraile, LED y GEO 031 (Inv. FES Zaragoza); Cerro al oeste de San José Tepehene, LED y GEO 032 (Inv. FES Zaragoza).



Figura 25. *Sedum jurgensenii* subsp. *jurgensenii*. A, hábito cespitoso. B, C y D, individuos adultos. E, inflorescencia. F, hábitat.

Discusión: Esta especie ha sido colocada, a lo largo de los años en diferentes géneros. El basiónimo de esta especie es *Cotyledon jurgensenii* Hemsley (1878). En 1903, Rose la describió como *Altamiranoa elongata*, basándose en ejemplares provenientes de la Sierra de Pachuca. El criterio para colocarla en el género *Altamiranoa* fue su inflorescencia en forma de cima. En 1904 Fedde decidió regresarla al género *Cotyledon* y la incluyó aquí como *Cotyledon elongata* por sus tallos alargados, pero este fue considerado nombre ilegal con base en el artículo 53.1 del Código Internacional de Nomenclatura. En 1905 Rose transfirió a *Cotyledon jurgensenii* Hemsley a *Altamiranoa*, llamándola *Altamiranoa(?) jurgensenii*. La colocó con una interrogante argumentando que *Cotyledon jurgensenii* Hemsley fue sólo conocida del ejemplar tipo, aunque por el tamaño pequeño de las hojas del holotipo duda que sean la misma especie.

Von Poellnitz describió en 1933 un ejemplar que nombró *Sedum brandtianum*. En 1936 Fröderström describió una especie colectada en Necaxa, Puebla. Haciéndole honor al lugar le nombró *Altamiranoa necaxana*. Después él mencionó que esta especie estaba cercanamente relacionada a *Altamiranoa elongata* y supuso que podría ser una forma glabra de *Altamiranoa elongata*. El etiquetó tres isotipos de *Altamiranoa elongata* y Aunque en la descripción indica que es glabra los isotipos son algo pubescentes en las hojas de los nuevos brotes. Posteriormente *Altamiranoa elongata* Fue ubicada por Clausen (1940) en la sección *Altamiranoa* de *Villadia* como *Villadia elongata*. En 1958 Jacobsen indica que *Altamiranoa necaxana* y *Sedum brandtianum* son sinónimos de *Villadia necaxana*. Cabe mencionar que *A. elongata*, a diferencia de otras especies de ese género, presenta velloso (pubescencia) en los brotes vegetativos y un número cromosómico más o menos constante de $2n=46$. Esta última condición no se cumple en otras especies de *Altamiranoa* o *Villadia*.

De acuerdo a Morán (1996), *Altamiranoa* es un grupo polifilético y ubica las especies de este género en *Sedum*. De aquí, que *Altamiranoa elongata* pasa a *Sedum elongatum*. Morán (1997), ubicó a *Sedum elongatum* como sinónimo de *S. jurgensenii*. El epíteto *jurgensenii* es en honor a Jurgensen, un colector de Galeotti. *Sedum jurgensenii* subsp. *jurgensenii* difiere de la subespecie *S. jurgensenii* subsp. *attenuatum* principalmente por tener hojas en su mayoría extendidas más o menos perpendiculares al tallo reflejado y descendente y por tener hojas no tan marcadamente agudas.

Este taxón se ubica en la sección *Fructisedum* que incluye a plantas subarborescentes o arbustivas, con tallo carnoso, hojas lineares, angostas y delgadas, aplanadas, inflorescencia terminal, flores principalmente blancas, rojizas o amarillentas (Meyrán y López, 2003).

Sedum moranense subsp. *moranense* Humboldt, Bonpland & Kunth, Nova Genera et Species Plantarum 6: 37, 1823. **Tipo:** México, Hidalgo (Bonpland s.n. [P]). **Incl.** *Sedum arboreum*. Masters (1878), *Sedum submontanum*. Rose (1903), *Sedum moranense* var. *arboreum*. (Masters) Praeger (1917).

Planta herbácea; perenne; cespitosa; glabra. **Raíces** fibrosas. **Tallo** erecto, con el tiempo decumbente, muy ramificado, de 8-10 cm de longitud. **Hojas** alternas a imbricadas, de 3-4 mm de longitud, ovado-deltoides, ápice agudo, truncado, verdes a rojizas cuando se exponen a sol. **Inflorescencia** axilar, cima con una o dos ramificaciones, de 10-12 mm de longitud, con flores sésiles; **brácteas** no observadas. **Sépalos** extendidos, desiguales, lanceolados, de 2-3 mm de longitud y 1-1.5 mm de ancho, ápice obtuso. **Corola** en forma de estrella, de 4-6 mm de longitud, 1 cm de ancho; **pétalos** connatos, lanceolados, de 4-5 mm de longitud, extendidos, blancos; **estambres** con filamentos blancos y anteras rojas, extendidos; **carpelos** no observados; **nectarios** no observados.

Distribución: Guanajuato; **Hidalgo:** Apan, Barranca de los Mármoles, Cerro Juárez, Epazoyucan, La Magdalena, Santuario, Sta. María Amajac, Tulancingo, Zimapán; Jalisco; Estado de México; Puebla; Querétaro; San Luis Potosí; Tlaxcala; Veracruz; Zacatecas.

Hábitat: se desarrollan en una amplia zona en la parte oriental del Cinturón Volcánico Mexicano y la Meseta Central de México, pero con distribución discontinua. Sobre suelos Leptosoles líticos y Leptosoles nudolíticos. Se puede encontrar en diferentes asociaciones vegetales, en el VM se presenta en Bosque de *Quercus*, Bosque de *Juniperus* y diferentes matorrales xerófilos, pero en estos últimos en sitios rosos sombreados o pequeñas cañadas.

Fenología: su floración empieza en junio.

Ejemplares examinados: **Estado de México:** San Miguel Tlaixpan municipio de Texcoco, E. Ventura B. 919 (MEXU). **Guanajuato:** Camino a San Miguel de Allende pasando la frontera Querétaro-Guanajuato (MEXU). **Hidalgo:** Cerro Juárez, LED y GEO 040 (Inv. FES Zaragoza); La Magdalena, LED y GEO 033 (Inv. FES Zaragoza); Santuario, LED y GEO 039 (Inv. FES Zaragoza). **San Luis Potosí:** 1.3 millas al este de Puerto Altamirano Sierra de Álvarez, R. Morán y C. Uhl 13357 (MEXU). **Veracruz:** un Km al

oeste de La Joya, J. L. Luteyn y Maria Lebron Luteyn 11681 (MEXU). **Zacatecas:** Paraje Los Organos municipio de Sombrerete, S. González 2233 (MEXU).



Figura 26. *Sedum moranense* subsp. *moranense*. A, hábito cespitoso. B, individuos expuestos a una mayor insolación. C, D y E, individuos en floración. F, hábitat.

Discusión: Humboldt, Bonpland y Kunth hicieron, en 1823, la descripción de *Sedum moranense*, de ejemplares colectados por Humboldt y Bonpland en Real de Morán,

Hidalgo a una altitud de 1300 m. Posteriormente en 1878, Masters realizó la descripción de *Sedum arboreum* con base en plantas cultivadas en jardines ingleses. En la descripción de Masters se mencionan flores como de una pulgada y media lo que sugiere la posibilidad de que se trate de lo que actualmente se conoce como *Sedum moranense* subsp. *grandiflorum*, pero también es probable que se trate de *S. moranense* subsp. *moranense*. *Sedum submontanum* fue descrito por Rose en 1903, de un espécimen colectado por él en Monte Escobedo, Zacatecas y otro, colectado por Pringle en 1893, en Sierra de Las Cruces, Jalisco. Según Rose (1903), *S. submontanum* se diferencia de *S. moranense* por tener un cáliz más herbáceo y flores blanquecinas y más largas. Después en 1917, Praeger colocó a *Sedum arboreum*, como una variedad de *Sedum moranense* estableciendo la combinación *Sedum moranense* subsp. *arboreum*.

En 1959, Clausen, realizó un análisis de 35 ejemplares de *Sedum moranense* de diferentes localidades. Encontró que las poblaciones de estas plantas son muy similares morfológicamente excepto por una planta del este de San Luis Potosí que presenta pétalos y sépalos más largos y más anchos que las plantas de otros lugares. De acuerdo a los resultados obtenidos por el autor el concluye que existe dos subespecies de *Sedum moranense* subsp. *moranense* y *S. moranense* subsp. *grandiflorum*. La principal diferencia entre estas dos subespecies es el tamaño de los pétalos y sépalos. *Sedum moranense* subsp. *moranense* presenta sépalos de 2.4- 2.6mm x 0.7- 1.2 mm y pétalos de 4.5- 5.8 mm x 1.3- 1.6 mm mientras que *Sedum moranense* subsp. *grandiflorum* tiene sépalos 3.9 mm x 1.6 mm y pétalos de 7.8 mm x 2.6 mm.

Este taxón pertenece a la sección *Sedum* que incluye a plantas perennes, cespitosas, sin rizoma, con tallos rastreros e inflorescencia terminal (Meyrán y López, 2003).

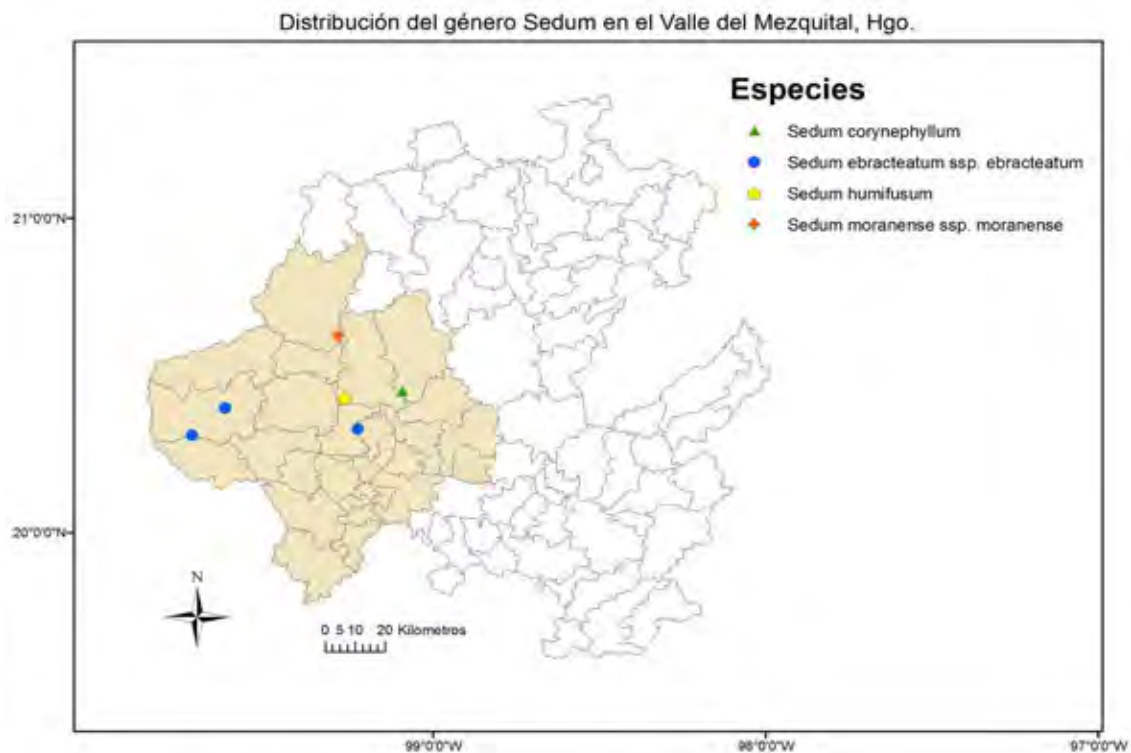


Figura 27. Mapa de distribución del género *Sedum* en el Valle del Mezquital, Hgo.

Villadia Rose, Bull. New York Bot. Gard. 3(9): 3, 1903. **Tipo:** *Cotyledon parviflora* Hemsley Rose (1903). **Etimología:** Dedicado al Dr. Manuel M. Villada. **Distribución:** USA: Texas, México: Chihuahua a Chiapas, Guatemala, Perú.

Plantas herbáceas o pequeños arbustos, perennes, generalmente glabras. **Raíces** fibrosas, fibroso-tuberosas o tuberosas. **Tallo** erecto-caulescente, poco o muy ramificado desde la base, generalmente semileñosos, de hasta 90 cm de longitud incluyendo la inflorescencia, que muere hasta la roseta inicial después de la floración. **Hojas** alternas a veces dispuestas en espiral, generalmente ascendentes, lineares a linear-lanceoladas, de corte transversal usualmente triangular, ápice agudo a acuminado, verdes, azulosas o grisáceas. **Inflorescencia** terminal, en tirso, racimo, pero generalmente en espiga, erecta, de hasta 45 cm de longitud, que muere después de la floración, con numerosas flores pentámeras; **brácteas** alternas, numerosas; **pedicelos** muy cortos o ausentes, a menudo con 2 bracteolas. **Sépalos** casi libres, apresadores a ligeramente extendidos, triangular-lanceolados, ovado-lanceolados, obtusos o agudos, de similar color a las hojas. **Corola** variable en forma, de hasta 8 mm de diámetro, más o menos pentagonal; **pétalos** ovados a elíptico-oblongos, aquillados, de hasta 9 mm de longitud y 3 mm de ancho, blancos, rosados, rojo intenso a púrpura, con el extremo erecto, extendido o reflejado; **estambres**

10, erectos, de hasta 5 mm de longitud, basalmente unidos a la corola; **carpelos** erectos, después divergentes, basalmente unidos, verdes o blancos; **nectarios** de 0.5-2 mm de longitud y hasta 1 mm de ancho, pero a menudo más pequeños, amarillo pálido a naranja; **semillas** de color marrón.

Clave de las especies del género *Villadia*

1a.- Corola de color púrpura.....*Villadia cucullata* subsp. *apiculata*

1b.- Corola de color blanquecino.....*Villadia misera*

Villadia cucullata* subsp. *apiculata Moran & Uhl, Cactus & Succulent Journal of America 70(4): 201-202, 1998. **Tipo:** México, San Luis Potosí (Moran 6343 [SD, CU]).

Planta herbácea, perenne. **Raíces** tuberosas. **Tallo** erecto-caulescente de 6-12 cm de longitud y 3-4 mm de diámetro. **Hojas** ± 49, dispuestas en espiral formando una roseta laxa, de hasta 1.5 cm de longitud, 2-3 mm de ancho y 3-4 mm de grosor, lineares, ligeramente cóncavas en la cara superior, aquilladas a convexas en la cara inferior, color verde claro; ápice agudo a acuminado. **Inflorescencia** terminal, espiga de hasta 38 cm de longitud y 2-3 mm de diámetro en su base, color rojiza, flores ± 153, sésiles; **brácteas** de disposición alterna, numerosas, más o menos 450, de 3-4 mm de longitud, 1.5-2 mm de ancho y 1.5-2 mm de grueso, linear-lanceoladas, ápice agudo, color verde claro. **Sépalos** apresadores, de 1-2 mm de longitud, 0.5-1 mm de ancho y 0.4-0.6 mm de grosor, triangular-lanceolados, color verde claro. **Corola** pentagonal de 2.5-3 mm de longitud y 1.5-2 mm de ancho en la base, color púrpura; **estambres** de 1.5-2 mm de longitud; **carpelos** de 2-2.5 mm de longitud; **nectarios** de 0.5-1 mm de longitud y 0.8-1 mm de ancho, ovoides.

Distribución: **Hidalgo:** Cardonal, Ixmiquilpan (ejido Julián Villagrán), Sur de Actopan (Fig. 28); Nuevo León; San Luis Potosí; Tamaulipas.

Hábitat: se desarrolla en matorrales subinermes de *Flourensia resinosa* y exclusivamente en locaciones con suelos derivados de rocas calizas, sobre Litosoles líticos; es frecuente en la base de arbustos y entre rocas, prefiere laderas orientadas al norte, aunque es posible

encontrarla en terrenos ligeramente ondulados o planos en diferentes exposiciones (Fig. 30).

Fenología: su floración empieza en mayo.

Ejemplares examinados: Hidalgo: Cardonal, LED y GEO 034 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Ixmiquilpan, ejido Julián Villagrán, Cerro del Señor, LED y GEO 038 (Inv. FES Zaragoza); Mpio. Ixmiquilpan, ejido Julián Villagrán, Cañón del Diablo 037 (Inv. FES Zaragoza); Sur de Actopan, LED y GEO 053 (Inv. FES Zaragoza). **San Luis Potosí:** cerros a 6 Km. al noreste de Guadalcazar municipio de Guadalcazar, R. Torres C. 14595 (MEXU).



Figura 28. *Villadia cucullata* subsp. *apiculata*. A, raíz fibrosa-tuberosa. B, roseta. C, D y E, inflorescencia. F, hábitat.

Discusión: Este taxón originalmente se ubicó en la sección *Villadia* del género *Villadia*. La sección *Villadia* se diferencio de *Altamiranoa* por presentar raíces tuberosas, hojas cilíndricas o casi e inflorescencia en espiga, racimo, panícula compacta o estrecho tirso. Posteriormente Moran (1996), transfirió *Altamiranoa* a *Sedum*.

Villadia cucullata es una especie excepcional del género. Se diferencia de las demás especies del género por sus flores de color rojo brillante a amarillo-anaranjado, mientras que en las otras especies tienen mayormente corola blanca o blanquecina. Además presenta corolas cerradas obtusas a truncas en la punta, denticuladas y a menudo pétalos cuculados.

Villadia cucullata subsp. *apiculata* fácilmente se confunde con *V. cucullata* subsp. *cucullata*. Ambos taxones comparten el hábito de crecimiento, forma y dimensiones de las hojas, tipo de inflorescencia y el tipo casi cerrado de la corola. Además ambas tienen el mismo número cromosómico. Es importante mencionar que en este género este número difiere comúnmente de una especie a otra. Sin embargo se diferencian principalmente en la forma y color de la corola. *V. cucullata* subsp. *apiculata* presenta pétalos ligeramente estrechos en la punta y aguzados, notablemente aquillados y tienen un espolón subdorsal. La corola nunca abre y permanece encapuchada por encima de los pistilos y estambres, es de esta característica de donde proviene el nombre. *V. cucullata* subsp. *apiculata* tiene corola de color púrpura mientras que *V. cucullata* subsp. *cucullata* la tiene color roja a anaranjada.

En el análisis de agrupamiento se analizó un solo ejemplar de esta especie, el cual se agrupa con los ejemplares correspondientes a *Villadia misera*, la similitud es de alrededor de 0.7 de acuerdo al coeficiente de Pearson, lo que indica que se trata de especies diferentes, este grupo a su vez, se encuentra relacionado con *Sedum*, lo cual concuerda con el criterio de Walther (1930) de transferir a *Villadia* a Sedoideae antes en Echeverioideae Berger (en Engler y Prantl, 1930).

Villadia misera (Lindl.) Clausen, *Sedum of Trans - Mexican Volcanic Belt*: 38, 1959. **Tipo:** México (Dickson s.n. [CGE]). **Bas.** *Sedum miserum*. Lindl. (1838) (Basionimo), *Cotyledon parviflora*. Hemsl. (1878), *Villadia parviflora*. Rose (1903), *Altaminaroa parviflora*. Jacobsen (1955).

Planta herbácea, perenne. **Raíces** tuberosas. **Tallo** erecto-caulescente de 5-7 cm de longitud y 3-5 mm de diámetro. **Roseta** laxa de hasta 3 cm de diámetro. **Hojas** ± 60 en espiral, lineares de 13-22 mm de longitud, 2-4 mm de ancho y 0.5-3 mm de grosor, de sección transversal triangular, ápice agudo, color verde azulado. **Inflorescencia** terminal, en espiga de hasta 23 cm de largo y 3-4 mm de diámetro en su base, color del tallo floral verde, más o menos 80 flores, sésiles; **brácteas** de disposición alterna, lanceoladas,

espolonadas, numerosas aprox. 180, de 8-9 mm de longitud, 2.5-3 mm de ancho y 1.5-2 mm de grueso, ápice agudo, color verde azulado; **pedicelos** de menos de 1 mm de longitud. **Sépalos** apresadores, de 4-5 mm de longitud, 1.5-2 mm de ancho y 0.8-1 mm de grueso, ovado-lanceolados, color verde. **Corola** pentagonal de 4.5-5 mm de largo, 2.5-3 mm de ancho en su base, color blanquecino; **estambres** de 2-2.3 mm de longitud; **carpelos** de 2.8-3 mm de longitud; **nectarios** de 0.5-0.8 mm de largo, 0.5-0.8 mm de ancho, elípticos, color amarillo.

Distribución: Aguascalientes; Coahuila; Estado de México; Guanajuato; **Hidalgo:** Chilcuahutla, Huichapan, 2 Km al sur de San José Tepenene (Fig. 30); Nuevo León; Puebla; Querétaro; San Luis Potosí; Tlaxcala; Valle de México.

Hábitat: *Villadia misera* habita exclusivamente en zonas cuyo suelo es derivado de roca ígnea, sobre Regosal eutrico, Leptosol renzico y Leptosol lítico. Se presenta en diferentes asociaciones vegetales, entre estas se encuentran: matorral crasicauale de *Opuntia sp.* (Nopalera), donde se desarrolla en lugares rocosos; matorral espinoso de *Prosopis laevigata*, *Acacia* y *Mimosa*, las cuales utiliza como plantas nodriza protegiéndola de la fuerte insolación; también se le encuentra formando parte de la vegetación a lo largo del río Tula sobre roca basáltica.

Fenología: Florece en agosto.

Ejemplares examinados: **Guanajuato:** Mesa de los Hernández Cardosantos camino al Corral municipio de Guanajuato, J. Martínez C. 707 (MEXU). **Hidalgo:** una milla al sur del Tepenene, C. H. Uhl U1878 (MEXU); Chilcuahutla, LED y GEO 035 (Inv. FES Zaragoza); a lo largo de la carretera Huichapan-Ixmiquilpan, LED y GEO 037 y 038 (Inv. FES Zaragoza); 2 Km de San José Tepenene, LED y GEO 056 (Inv. FES Zaragoza). **Puebla:** Alchichica, M. Kimnach, Chazaro y Negrete 3401 (MEXU). **Querétaro:** Barranca de Amealco, E. Arguelles 1187 (MEXU). **San Luis Potosí:** sureste al banco de Barajas al sur de Cascarón al sureste de San Rafael, R. T. Clausen 76-21(2) (MEXU).



Figura 29. *Villadia misera*. A, B y C, individuos en diferentes localidades. D y E, inflorescencia. F, hábitat.

Discusión: Esta especie ha tenido diferentes problemas nomenclaturales. Lindley (1838), incluye a esta especie en el género *Sedum* de plantas cultivadas en Inglaterra provenientes de semillas colectadas en México. Hemsley (1878) nombra a esta especie *Cotyledon parviflora*, puesto que en esa época casi todas las especies americanas se relacionaban con ese género conocido predominantemente de África y que presenta flores diplostemonas con flores pentámeras, característica que presentan también las especies distribuidas en

América (con algunas excepciones). Rose (1903) establece a los géneros *Villadia* y *Altamiranoa*, el primero con inflorescencia en racimo o espiga y el segundo con inflorescencia en cima o cincino. Por sus características, Rose (1903) transfiere a *Sedum miserum* (primer nombre aplicado a esta especie), al recién establecido género *Villadia* bajo el nombre de *Villadia parviflora*, y lo propone como el tipo del género. Jacobsen (1955) propone la transferencia de esta especie del género *Villadia* al género *Altamiranoa*, sin embargo, según los criterios de Rose (1903) la especie corresponde a *Villadia*. Finalmente Clausen (1959) propone el nombre de *Villadia misera*, argumentando que el nombre de la primera publicación debía sostenerse (*Sedum miserum*), al ser *Villadia* un género femenino el epíteto específico se cambió a femenino.

Puesto que muchos especialistas consideraban que *Villadia* y *Altamiranoa* compartían muchas características y que las diferencias eran menores Walther y Jacobsen (1954) unen los dos géneros escogiendo a *Altamiranoa* sin embargo, Clausen (1940) y Jacobsen (1959) posteriormente se inclinan por *Villadia* (Meyrán, 1991).

En el fenograma resultante del análisis de agrupamiento, los ejemplares examinados de este taxón se agrupan con una similitud de cerca de 0.97 de acuerdo al coeficiente de correlación de Pearson, indicando una estabilidad morfológica aún en diferentes poblaciones y se relaciona con *Villadia cucullata* subsp. *apiculata*.



Figura 30. Mapa de distribución del género *Villadia* en el Valle del Mezquital, Hgo

Conclusiones

De los análisis multivariados y las observaciones en campo y en laboratorio, se concluye que la familia Crassulaceae está representada por 21 taxones en el Valle del Mezquital, de los cuales 10 pertenecen al género *Echeveria*, seis a *Sedum*, dos a *Pachyphytum*, dos a *Villadia* y uno a *Graptopetalum*. *Echeveria coccinea*, *Echeveria bifida*, *Sedum ebracteatum* subsp. *ebracteatum*, *Sedum moranense* subsp. *moranense*, *Villadia misera* y *Villadia cucullata* subsp. *apiculata*, presentan una distribución amplia en el Valle.

La descripción de variedades utilizando los criterios utilizados por Walther (1972) y Kimmach & Trager (1992) para *Echeveria agavoides* no están justificados, es una especie variable y esta variabilidad está relacionada con factores ambientales.

Echeveria bifurcata es sinónimo de *Echeveria bifida*. Su distribución ecológica es muy amplia, tolera suelos derivados de roca ígnea, así como, suelos calizos, se presenta en diferentes asociaciones vegetales y microhábitats diversos, por ende, su distribución geográfica y su variabilidad son amplias.

Echeveria coccinea presenta una distribución muy amplia, sin embargo, varía muy poco de una localidad a otra.

Echeveria halbingeri subsp. *halbingeri* es un taxón con límites no muy bien establecidos.

Echeveria minima tiene dos subespecies, *Echeveria minima* subsp. *minima* Espino y de la Cruz *comb. nov.* y *Echeveria minima* subsp. *intermedia* Espino y de la Cruz subsp. *nov.* Los hábitats de los dos taxones son muy similares, como unidad paisajística son idénticas, están asociadas a las mismas especies, no se descarta hallarlos a lo largo del cañón del Río Tula.

Echeveria mucronata es una especie que varía mucho de una localidad a otra, consideramos que estaría mejor delimitada si se considera la corola amarilla sin traza de rojo, de lo contrario se confunde con *Echeveria platyphylla*.

Echeveria paniculata subsp. *maculata* se distingue de las demás por su inflorescencia en panícula en la parte inferior y en espiga en la parte superior. Es abundante en los bancos de ríos estacionales en terrenos planos en suelos aluviales, principalmente al poniente del Valle del Mezquital.

Echeveria secunda es una especie problemática por su gran variabilidad morfológica, consideramos necesario el estudio de esta especie como un complejo taxonómico, que requerirá de un trabajo de campo riguroso y extenso, además de las técnicas multivariadas como herramienta para establecer relaciones fenéticas. En este trabajo se considera como una sola especie.

Graptopetalum pachyphyllum presenta caracteres vegetativos que se aproximan más a *Sedum* o a *Pachyphytum*, es una especie atípica en el género, sin embargo, sus caracteres reproductivos confirman su ubicación en el género *Graptopetalum*.

Pachyphytum glutinicaule es una de las especies más distinguibles del género, por lo tanto no presenta sinónimos. Es muy abundante en formaciones rocosas y acantilados con orientación norte que ha formado el río Tula. Se reporta al Cerro El Alberto como una localidad nueva para la especie. No se descarta ubicarlo a lo largo del Cañón del río Tula.

Pachyphytum brachetii es la especie más reciente en descubrirse del género, concordamos con los autores en ubicarlo en la sección *Pachyphytum*.

Sedum corynephyllum es una especie difícil de ubicar taxonómicamente, razón por la que Rose crea un nuevo género en su honor, sus caracteres vegetativos se aproximan a *Pachyphytum*, la inflorescencia no es central ni terminal como la mayoría de *Sedum*, las flores presentan una combinación de características entre *Pachyphytum*, *Villadia* y *Sedum*, en el fenograma resultante se agrupa a *Pachyphytum*, por la falta de datos reproductivos. En este trabajo se ubica en *Sedum*.

Sedum dendroideum subsp. *parvifolium* es un taxón de difícil ubicación. En este trabajo se empleó el criterio de Clausen (1959).

Sedum ebracteatum subsp. *ebracteatum* presenta una distribución muy amplia, se localiza en diferentes asociaciones vegetales, pero exclusivamente en rocas y suelos ígneos. Es característico por ser el único *Sedum* del Valle del Mezquital con hojas arregladas en roseta.

Sedum humifusum es una especie, que sólo se reportaba en Tecozautla para Hidalgo. Se reportan en este trabajo dos localidades nuevas, Puente de Tasquilo y Cerro El Alberto incluidas en el VM. Es la única especie para el Valle que presenta flores solitarias.

Sedum jurgensenii subsp. *jurgensenii* se presenta en asociaciones vegetales asentadas en suelos de origen ígneo y en suelos calizos, sin embargo, es más abundante en los primeros.

Sedum moranense subsp. *moranense* presenta amplia distribución, se puede encontrar en asociaciones vegetales asentadas en suelos derivados de roca ígnea, así como en calizas.

Villadia cucullata subsp. *apiculata* difiere de la subespecie *cucullata* principalmente en aspectos referentes a la corola, concordamos con el criterio de Moran y Uhl. Habita en matorrales asentados en roca caliza exclusivamente.

Villadia misera se distribuye principalmente en suelos y rocas de origen ígneo, sobre todo, al poniente del Valle, difiere de *Villadia cucullata* subsp. *apiculata* por su corola blanquecina.

En general, las crasuláceas están pobremente representadas en los herbarios, esto debido a la naturaleza suculenta de las mismas, pues al herborizar, se vuelve difícil observar y cuantificar los caracteres en estas condiciones.

Las técnicas empleadas en la taxonomía numérica o fenética, como son el análisis de agrupamiento y de ordenación, permiten establecer clasificaciones y relaciones fenéticas estables. Son más sensibles para detectar variaciones morfológicas, por lo tanto, son una excelente herramienta para tratar grupos sistemáticamente difíciles como es el caso de la familia Crassulaceae.

Literatura citada

- Andrade, J. L., De la Barrera E., Reyes-García C., Ricalde M. F., Vargas-Soto G. y Cervera J. C. 2007. El Metabolismo Ácido de las Crasuláceas: Diversidad, Fisiología Ambiental y Productividad. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 81: 37-50.
- Baker, J.G. 1869. *Cotyledon agavoides*. in Saunders Refug. Bot., 25: 67.
- Berger, A. 1930. *Crassulaceae*. In: Engler, A. y Prantl, K. (eds.): Die Natürlichen Pflanzenfamilien, ed. 2. 18a: 352-485. Leipzig.
- Borland, A. M. y Taybi T. 2004. Synchronization of Metabolic Processes in Plants With Crassulacean Acid Metabolism. Journal of Experimental Botany. 55: 1255-1265.
- Britton, N. L. y Rose J. N. 1903. New or Noteworthy North American Crassulaceae. Bulletin of the New York Botanical Garden. 3: 1-45.
- Britton, N. L. y Rose J. N. 1905. Crassulaceae. North American Flora. 22: 7-548.
- Calderón R, G. 1974. Las Crasuláceas del Valle de México. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. 19: 51-63.
- Clausen, R. T. 1940. Studies in the *Crassulaceae*: *Villadia*, *Altamiranoa* and *Thompsonella*. Bulletin Torrey Botanical Club. 67:195-198.
- Clausen, R. T. 1959. Sedum of the trans-Mexican volcanic belt. Cornell University Press, Ithaca.
- Cordero, C. 1993. The Courtship Behavior of *Callophrys xami* (Lycaenidae). Journal of Research on the Lepidoptera. 32: 99-106.

Crisci, J. V. y López-Armengol F. 1983. Introducción a la teoría y práctica de la Taxonomía Numérica. O.E.A. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.

Cronquist, A. 1971. Introducción a la Botánica. 2da. ed. CECSA. México, D.F.

Cronquist, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Colombia University Press. New York.

Cruz, R. 1978. Algunos Aspectos Autoecológicos de Plantas de Zonas Áridas y Semiáridas. Cactáceas y Suculentas Mexicanas. 23: 57-64.

De Candolle, A. P. 1828. Enumeratio Contracta Ordinum, Generum, Specierumque Plantarum. Prodrumus. 3: 1-491.

Duarte, J. M., Bosco J. y Cunha L. 1999. Comparison of Similarity Coefficients Based on RAPD Markers in the Common Bean. Genetics and Molecular Biology. 22: 427-432.

Eggl, U. 2003. Crassulaceae. Illustrated Handbook of Succulent Plants. Springer- Verlag. Berlín.

Engler, A. y Prantl K. 1930. Die natürlichen Pflanzenfamilien, Zweite Auflage. Duncker & Humblot. Berlin.

Fernández, F. J. 2001. El uso del análisis multivariado en Antropología: Un caso de estudio, análisis comparativo de componentes principales en cráneos no deformados de dos poblaciones. Boletín Antropológico. 20. 1 (51).

Fröderström, H. 1936. The genus Sedum L. A systematic essay. Part 4. Acta Horti Gothob. 10 (suppl.): 126.

Gallegos V, C., Valdés C, R. D., Barrón M. M., Barrientos P. A. F., Andrés A. J. y Nieto A. R. 2006. Caracterización Morfológica de 40 Cultivares de Nopal de Uso Como Hortaliza del Banco de Germoplasma del CRUCEN-UACH. Revista Chapingo. Serie Horticultura. 12: 41 - 49.

Geydan, T. D. y Melgarejo L. M. 2005. Metabolismo Ácido de las Crasuláceas. Acta Biológica Colombiana. 10: 3 - 15.

González-Quintero, L. 1968. Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F.

Gower, J. C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. Biometrics. 27: 857 - 871.

Gutiérrez-Salazar, J. y García-Mendoza A. 2000. Propuesta de una técnica para herborizar plantas de la familia Crassulaceae. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 65: 107-110.

Humboldt, A. V., Bonpland A. y Kunth C. S. 1823. Nova Genera et Species Plantarum. Lutetiae Parisiorum :sumtibus Librariae Graeco-Latino Germanico. París.

Hemsley, W. B. 1878. Diagnoses plantarum novarum vel minus cognitarum Mexicanarum et Centrali-Americanarum. 1: 9-10.

Hemsley, W. B. 1880. Crassulaceae. Biologia Centrali Americana. 1: 387 - 399.

Hiriart-Valencia, P. y González-Medrano F. 1983. Vegetación y fitogeografía de la Barranca de Tolantongo, Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. (No. único): 29 - 96.

Jackson, L. M. 1970. Análisis químico de suelos. Omega. Barcelona

Judd, W., Campbell C., Elizabeth K. y Stevens P. 1999. Plant Systematic a Phylogenetic Approach. Sinauer Associated, Inc. Massachusetts.

- Keeley, J. E. & Rundel P. W. 2003. Evolution of CAM and C₄ Carbon-Concentrating Mechanisms. *International Journal of Plant Science*. 164: 555 - 577.
- Kimnach, M. 1997. New Taxa and Combinations in *Echeveria* (Crassulaceae). *Haseltonia* 5: 51-52.
- Kimnach, M. 1998. Some Changes of Status in *Echeveria*. *Cactus & Succulent Journal of America*. 70: 300.
- Kohlmann, B. 1994. Some Aspects of Numerical Taxonomy and its Use in Mexico. In: *La Taxonomía en México*, J. Llorente. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Lemaire, C. 1851. Nouveau genre de la famille des Crassulacées. *Courantia. Jardin Floriste*. 1: 92.
- Lemaire, C. 1863. *Echeveria agavoides*. *Illustrations Horticoles*. 10: Miscellanées. 1:78.
- Lindley, J. 1838. *Sedum miserum*. *Bot. Reg., miscellaneous notices* 122, p. 65.
- Link, Klotzsch y Otto. 1841. *Pachyphytum*. *Allgemeine Gartenzeitung*. 9: 9-10.
- Lüttge, U. 2004. Ecophysiology of Crassulacean Acid Metabolism (CAM). *Annals of Botany*. 93: 629 - 652.
- McGarigal, K., Cushman S. y Stafford S. 2000. *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. Springer-Verlag. New York.
- Meyrán, J. 1988. La Clasificación Genérica de las Crasuláceas Mexicanas. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 33: 79 - 88.
- Meyrán, J. 1968. *Echeveria minima*. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*. 13: 47-50.
- Meyrán, J. 1991. The Generic Classification of the Mexican Crassulaceae. *Cactus and Succulent Journal of America* 63: 115-121.

- Meyrán, J. y López L. 2003. Las Crasuláceas de México. Sociedad Mexicana de Cactología A. C. México D.F.
- Moran, R. 1968. A natural hybrid of *Pachyphytum compactum* and *P. viride*. *Cactus & Succulent Journal of America*. 40: 193 - 195.
- Moran, R. 1996. *Altamiranoa* into *Sedum* (*Crassulaceae*). *Halsetonia* 4: 46.
- Moran, R. 1997. *Sedum jurgensenii* (Hemsley) Moran. *Halsetonia* 5:72-76.
- Moran, R. y Uhl C. H. 1998. *Villadia cucullata* Rose and the new subsp. *apiculata* (*Crassulaceae*). *Cactus & Succulent Journal of America*. 70: 201 – 202.
- Morren, E. 1874. Esquisse du Genre *Echeveria* DC. *Belgique Hort.* 23: 153 – 170.
- Mort, M. E., Soltis D. E., Soltis. P. S., Francisco-Ortega J. y Santos-Guerra A. 2001. Phylogenetic Relationships and Evolution of *Crassulaceae* Inferred From *MATK* Sequence Data. *American Journal of Botany*. 88: 76 – 91.
- Praeger, R.L. 1921. An account of the genus *Sedum* as found in cultivation. *Journal of the Royal Horticultural Society*. 46:1-314.
- Roeland, C. H. J., Van Ham. y 't Hart H. 1998. Phylogenetic Relationships in the *Crassulaceae* Inferred From Chloroplast DNA Restriction-Site Variation. *American Journal of Botany* 85: 123 - 134.
- Rohlf, F. J. 1998. NTSYS-PC. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System. Versión 2.0. User Guide. Exeter Software. Applied Biostatistics Inc. New York.
- Rose, J. N. 1903. *Altamiranoa*, gen. nov. *Bulletin of the New York Botanical Garden* 3: 31.
- Rose, J. N. 1903. *Oliverella*, New Genus. *Bulletin of the New York Botanical Garden*. 3: 2.

- Rose, J. N. 1903. *Urbinia*, New Genus. Bulletin of the New York Botanical Garden. 3: 11.
- Rose, J. N. 1903. *Villadia*, gen. nov. Bulletin of the New York Botanical Garden. 3: 31.
- Rose, J. N. 1903. Studies of Mexican and Central American plants- No. 3. Contributions to the U.S. National Herbarium. 8: 1 – 55.
- Rose, J. N. 1905. Five new species of Mexican plants. Proc. U.S. Natl. Mus. 29: 437 – 439.
- Rose, J. N. 1905. *Oliveranthus*, New Genus. North American Flora. 22: 27.
- Rose, J. N. 1909. Five new species of Crassulaceae from Mexico. Contributions to the National Herbarium. 12: 439 – 440.
- Rose, J. N. 1911. *Graptopetalum*, A New Genus. Contributions to the U.S. National Herbarium. 13: 296.
- Rose, J. N. 1911. *Sedum humifusum*, sp. nov. Contributions to the U.S. National Herbarium. 13: 298.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Acta Botánica Mexicana. 14: 3 - 21.
- Sneath, P. H. A. y Sokal R. 1973. Numerical Taxonomy. W. H. Freeman and Company. San Francisco.
- Thorne, R. F. 1983. Proposed new realignments in the angiosperms. Nordic Journal of Botany. 3: 85 – 117.
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 09 Feb 2009 <<http://www.tropicos.org>>.
- Uhl, C. H. 1994. Intergeneric hybrids in the Mexican Crassulaceae. IV. *Villadia*. Cactus & Succulent Journal of America. 66: 214 - 217.

Uhl, C. H. 1994. Chromosomes and hybrids of *Echeveria* (Crassulaceae) I. Series *Induplicatae* and *Paniculatae*. *Haseltonia*. 2: 79 – 88.

Uhl, C. H. 1995. Chromosomes and hybrids of *Echeveria* III. Series *Secundae* (Baker) Berger (*Crassulaceae*). *Halsetonia* 3: 34 - 48.

Velasco, S. C. y Ojeda F. 1989. Clasificación y caracterización fisonómica de la vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, UNAM. México D.F.

Von Poellnitz, K. 1936. Zur Kenntnis der Gattung *Echeveria*. *Fedde's Repertorium Specierum Novarum Regni Vegetabilis* 39: 193 - 270.

Watson, S. 1886. *Sedum filiferum*. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*. 21:428.

Walther, E. 1935. Collecting succulents in Mexico. *Cactus & Succulent Journal of America* 6:137 - 140.

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

White, R. E. 1997. *Principles and Practice of Soil Science. The soil as a Natural Resource*. John & Wiley. New York.