

UNIVERSIDAD NACIONA AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

Arquitectura y vegetación. Conservación y potencial estético de las Crasuláceas en jardines, cubiertas vegetales y espacios verdes públicos

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN ARQUITECTURA
En el campo de conocimiento de Diseño arquitectónico

PRESENTA:
Lic. Valeria Bastidas Hinojosa

TUTORA PRINCIPAL

Dra. Amaya Larrucea Garritz
Facultad de Arquitectura

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR

María de los Ángeles Vizcarra de los Reyes
Facultad de Arquitectura

Mtro. En C. Jorge Alberto Escutia Sánchez
Facultad de Ciencias

Ciudad Universitaria, Ciudad de México
Abril 2024

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

Arquitectura y vegetación. Conservación y potencial estético de las Crasuláceas en jardines, cubiertas vegetales y espacios verdes públicos

Tesis que para obtener el grado de Maestra en Arquitectura presenta:

Valeria Bastidas Hinojosa

Tutores
Dra. Amaya Larrucea Garritz
Dra. María de los Ángeles Vizcarra de los Reyes
Mtro. Jorge Alberto Escutia Sánchez
Dr. Rafael Arturo Muñoz Márquez Trujillo
Mtra. María del Carmen Meza Aguilar

Índice

Introducción

Cap. 1 Arquitectura y vegetación

1.1 Antecedentes
Relación entre arquitectura y vegetación…….21

1.2 Diseño arquitectónico y vegetación……...23

Cubiertas vegetales……..25

Jardín……30
Xeropaisaje y Xerojardinería

Cap. 2 Jardines, cubiertas vegetales y arte

2.1 Manifestaciones artísticas y arquitectura……35
-Analogía biológica en arquitectura. Formas vegetales en el arte y la arquitectura. Karl Bossfeld……36
-La arquitectura vegetal de Remedios Varo……..39
-Representaciones visuales de arquitectura vegetal. Luc Shuiten……41

2.2 Jardines y cubiertas vegetales como expresión artística……46
-Las cubiertas vegetales de Fredensreich Hundertwasswer
-Jardines verticales de Patrick Blanc……....49
-Los jardines de Piet Oudolf…….51

Cap. 3 Crasuláceas en jardines y cubiertas vegetales

3.1 Historia cultural y natural de las Crasuláceas……55
-Período mesoamericano. Uso medicinal y ornamental……..62
-Período virreinal. La Real Expedición Botánica a Nueva España 1789-1803……...64
-Siglo XX…….69

3.2 Servicios ambientales de las crasuláceas……...…70

3.3 Usos arquitectónicos de las crasuláceas en jardines y cubiertas……71

Cap. 4 Integración de crasuláceas al diseño arquitectónico

4.1 Conservación de especies en jardines, cubiertas vegetales y áreas verdes públicas……76

4.2 Integración de Crasuláceas del diseño arquitectónico. Cualidades estéticas y estructuradoras de las Crasuláceas en el espacio habitable……..88

4.3 Criterios de diseño con Crasuláceas……...93

4.4 Paleta vegetal de crasuláceas para cubiertas vegetales, jardines y áreas verdes públicas ……99

4.5 Ficha botánico-arquitectónica-paisajística……115

Consideraciones finales.....129

Bibliografía.....133

Agradecimientos

Introducción

La incorporación de elementos vegetales en el diseño arquitectónico se ha convertido en una tendencia y necesidad en las ciudades contemporáneas, sin embargo, la existencia de los jardines y cubiertas vegetadas no es reciente, su uso ha estado presente desde los inicios de la construcción de los espacios habitables. El ser humano ha incorporado elementos naturales en sus construcciones desde los albores de la humanidad, muchas comunidades han conservado el legado de sistemas de construcción tradicionales con materiales como la tierra, la piedra y la paja. El uso de cubiertas vegetales se remonta a la arquitectura vernácula, en los antiguos jardines colgantes de Babilonia cerca del 600 a.C., las construcciones vikingas datadas del 800-1000 a.C. Los espacios habitables constituido principalmente con vegetación son una muestra del vínculo que los seres humanos han buscado establecer con su entorno utilizando elementos vivos en las construcciones. “Los jardines representan un vínculo que el hombre crea para conciliarse con el mundo exterior; y esa función es tan espontánea y está tan profundamente enraizada que puede decirse que no existe civilización alguna que no haya expresado, aunque sea en forma rudimentaria, esta elemental aspiración.”[1]

El vínculo entre el ser humano, arquitectura y naturaleza existe desde que se creó el primer refugio, sin embargo, podemos ubicar el despertar de la conciencia ambiental y la necesidad de incorporar vegetación en la arquitectura con el movimiento ecologista que surgió en la década de 1960 en Estados Unidos de América con la publicación del libro de Rachel Carson *Primavera silenciosa* en 1962, que advertía los efectos perjudiciales de los pesticidas en los ecosistemas.

[1] Francesco Fariello, *La arquitectura de los jardines*, Barcelona: Reverté. 2004. p 10.

En la arquitectura se planteó una reforma en la teoría y la práctica del diseño, por ejemplo, Ian McHarg (1967) se hizo conocido por defender que los sistemas ecológicos reflejaban en los paisajes naturales debe ser la base para las decisiones sobre los medios de apropiación humana de la tierra para el desarrollo. Promovió un campo llamado diseño ecológico, para diseñar con la naturaleza. Estos diseños incorporarían elementos destinados a proporcionar espacio para especies nativas y sus hábitats, avanzando así hacia una integración de las necesidades legítimas de los humanos, otras especies, y ecosistemas naturales.[2]

Mientras que Victor Olgyay con su libro *Design with Climate* publicado en 1963 propuso un método basado en el clima para los edificios modernos. Arquitectos como Gernot Minke, autor de manuales de construcción de cubiertas vegetadas, es considerado el padre de la bioconstrucción, y Sim van der Ryn son exponentes y promotores del diseño sustentable.

El Movimiento Moderno en arquitectura fue un punto de partida para el tratamiento de los jardines de azotea y terrazas tal como los identificamos hoy día siendo parte de la estructura arquitectónica, y a partir de los cuales surgieron los modelos para la creación de jardines en muros y azoteas que continúan desarrollándose a la fecha:

> "A principios de la década de 1900, los arquitectos de influencia internacional nacido en Suiza LeCorbusier y el estadounidense Frank Lloyd Wright incluyeron jardines en la azotea y terrazas en algunos de sus proyectos, con especial énfasis en el uso de estos espacios como salas de estar al aire libre. Por ejemplo, el edificio Larking de Wright en Buffalo de 1904 incluía un jardín en la azotea pavimentado,

[2] Fan Shu-Yang, Bill Freedman, & Raymond Cote. Principles and practice of ecological design. Environmental Reviews, 12(2), 97-112. 2004.

y en 1930 LeCorbusier completó el apartamento Beistegui en París, con un jardín en la azotea de inspiración surrealista."[3]

Posteriormente, hacia la década de los años 80s, en una búsqueda de conciliar la naturaleza y la arquitectura en el contexto urbano, e incorporar elementos plásticos, Friedensreich Hundertwasser fue un destacado exponente sobre cómo incorporar la vegetación a la arquitectura ofrece posibilidades estéticas en el diseño además de diversas ventajas como: control térmico, soporte estructural, integración paisajística y con los ecosistemas urbanos, así como la absorción de contaminantes específicos y CO2. Más adelante, el biólogo francés Patric Blanc desarrollaría obra en muros y azoteas verdes al conjugar sus conocimientos sobre botánica con el diseño para intervenir edificios con composiciones vegetales en jardines verticales.

Incorporar vegetación en el diseño arquitectónico es una herramienta de resiliencia ante el calentamiento global en las ciudades por los servicios ambientales que ofrecen las plantas. Durante la segunda mitad del siglo XX la naturación de espacios arquitectónicos como terrazas, azoteas y muros con plantas resistentes a las sequías se convirtieron en una alternativa para la captación de dióxido de carbono (CO2) en las urbes. También se plantearon como solución a la falta de áreas permeables para infiltrar el agua en las metrópolis: "La cantidad de lluvia retenida por los techos verdes es de particular interés para las ciudades con una infraestructura anticuada de aguas pluviales debido a su función de retención y detención de la escorrentía."[4]

La vegetación en los espacios arquitectónicos es una manera de contribuir a la creación de entornos dinámicos donde interactúen los humanos con la flora y la fauna de

[3] Graeme Hopkins and Christine Godwin, *Living Architecture, Green Roofs and Walls*, Oxford, CISRO Publishing. 2011. p. 3

[4] Christine E Thuring y Nigel Dunnett "Vegetation composition of old extensive green roofs (from 1980s Germany) "Ecological Processes, 2014. P. 3

la región. Diseñar espacios con áreas naturales en la ciudad genera beneficios como disminuir la contaminación ambiental, la oxigenación del aire en núcleos urbanos, la reducción de ruido, así como el mantenimiento y estabilización de la humedad y la temperatura.

Incorporar vegetación en las edificaciones desde grandes jardines hasta azoteas y fachadas, muros verdes o jardines verticales, brinda diversas posibilidades en extensión y superficie. Como parte del mejoramiento del paisaje urbano, tiene un efecto positivo en el estado psicosomático de las personas. Además de los beneficios para la calidad de vida de los habitantes citadinos, la vegetación atrae fauna polinizadora, por lo que los espacios arquitectónicos con vegetación se convierten en pequeños refugios para insectos y aves en las ciudades.

El diseño de muros y azoteas verdes en las urbes surgen a partir de la falta de espacio y el encarecimiento del suelo urbano, ante la falta de espacio se ha vuelto una alternativa al utilizar la estructura de los edificios para incorporar espacios verdes, si bien lo idóneo es aumentar áreas permeables en las ciudades, el espacio en las ciudades es cada vez más reducido. La construcción de cubiertas vegetales es una práctica difundida en la actualidad, el reto que presentan es considerar las opciones que contemplen la vegetación nativa, las características del sitio y sus posibilidades estéticas de diseño.

Justificación

Frente a la necesidad de incorporar espacios verdes en las ciudades mediante la arquitectura con vegetación y la importancia de proteger el patrimonio natural vegetal del país, esta investigación busca poner en valor plantas de la familia *Crassulaceae* la cual México ocupa el primer lugar en diversidad de especies de esta familia, que puede ser aprovechada para su uso en espacios arquitectónicos como jardines, muros, azoteas y

espacios verdes públicos. Además de considerar los servicios ambientales para las personas que estos espacios pueden ofrecer, también permitan la conservación de especies vegetales en las ciudades y a su vez, usar su potencial estético ornamental en el diseño. Por ejemplo, el género *Sedum* se ha utilizado de manera exitosa en cubiertas vegetales por su resistencia a las adversidades climáticas: "La especie vegetal utilizada es *Sedum x rubrotinctum*, la cual muestra buena adaptabilidad a las condiciones climáticas extremas y supervivencia en los sistemas de naturación extensiva."[5]

Los alcances que se buscan lograr en este trabajo son analizar las implicaciones ambientales y estéticas del diseño de jardines y cubiertas vegetales como espacios de conservación para especies de la familia *Crassulaceae* particularmente los géneros *Echeveria, Sedum* y *Graptopetalum*, por su accesibilidad en viveros, así como su potencial para la expresión artística en el diseño por su cualidad estética y ornamental. Además de incluir especies de flora de valor natural, ambiental, económico y cultural para México en el diseño de jardines.

Objetivos

El objetivo principal de la investigación es analizar el potencial estético para la construcción de espacios habitables de la familia botánica de las Crasuláceas para su uso en el diseño de jardines y cubiertas vegetales. Poner en valor para la familia botánica de las crasuláceas y su potencial estético para su uso arquitectónico, así como analizar los vínculos entre el uso de vegetación como forma de expresión artística en la arquitectura.
Los objetivos particulares son:

- Identificar el valor ambiental y cultural de la familia botánica de las crasuláceas para su uso arquitectónico

[5] Ilse García-Villalobos y Rocío López de Juambelz Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. "El efecto térmico de la naturación en cubiertas". Diciembre 2016 Vol.2 No.6 42-46

- Proponer ficha botánica-arquitectónica-paisajística de especies de crasuláceas
- Proponer paleta vegetal de especies de Crasuláceas nativas de México para uso en cubiertas vegetales
- Elaborar a partir de la paleta vegetal un catálogo de elementos compositivos de diseño y cualidades estéticas de las crasuláceas (colores, tonos, tamaños, texturas, formas, estacionalidad, floración) para la generación de criterios para su uso arquitectónico y aplicación en el diseño

Problema de investigación

Las Crasuláceas son una familia botánica popularizada por su atractivo visual para uso en muros y azoteas verdes y jardines, sin embargo, es una familia con especies amenazadas y es importante abordar su estudio para incorporarlas de manera sostenible como parte del mejoramiento del hábitat humano al incorporar elementos naturales en los espacios habitables.

Pregunta de investigación

¿Cómo desde la arquitectura se puede tomar una actitud de protección al entorno natural y llevar a cabo un aprovechamiento sustentable de la vegetación autóctona, en particular de una familia botánica que es muy utilizada en sistemas de naturación y jardinería, pero poco estudiada en al ámbito arquitectónico?

Hipótesis

Resaltar el énfasis de incorporación de vegetación nativa de México atendiendo su importancia ambiental, cultural y económica en el contexto urbano, es un medio para

promover la conservación y uso eficiente de especies vegetales nativas en las ciudades, y a su vez, son adecuadas para su aprovechamiento estético en el diseño.

Puntos de partida

A partir de considerar la vegetación como material de composición en los espacios arquitectónicos habitables, como los jardines, las cubiertas naturadas y los espacios verdes públicos, la familia botánica de las Crasuláceas tiene el potencial estético para la formación del hábitat integral y en el ámbito público. Pueden funcionar como espacios promotores de la conservación para la flora nativa y de expresión artística. A la vez que contribuyen al mejoramiento ambiental y estético del hábitat humano.

Este trabajo busca desarrollar a lo largo de cuatro capítulos el diseño del jardín y las cubiertas vegetales como vínculo entre la arquitectura y manifestaciones artísticas. En el primero, se abordará un panorama general de los siglos XX y XXI sobre las cubiertas vegetales en la arquitectura. El capítulo 2 tratará las cubiertas vegetales como manifestaciones artísticas para establecer un vínculo entre la expresión artística en el diseño con vegetación en la arquitectura. Para ello, desde la perspectiva internacional se considera la obra de Friedensreich Hundertwasser (1928-2000), artista plástico austriaco cuya prolífica práctica artística abarcó pintura, escultura y diseño arquitectónico de fachadas y jardines. También la obra de Patrick Blanc, biólogo francés nacido en 1953, dedicado a la experimentación de diseño con plantas en fachadas es un referente sobre la convergencia del arte y la biología como disciplinas de apoyo para el diseño arquitectónico.

La obra del arquitecto paisajista noruego Piet Oudolf también es referente en el diseño de jardines debido a que en su obra converge un tratamiento pictórico en la

composición de sus paisajes, y permite la expresión natural de la vegetación siguiendo el ritmo de las estaciones. Desde la perspectiva latinoamericana, la obra de Roberto Burle Marx es un referente de interés pues incorpora elementos plásticos en su obra y diseño de paisaje.

En México, la obra de Luis Barragán y su jardín moderno, es el referente local por excelencia del tratamiento del jardín con vegetación nativa, en el pedregal de San Ángel, que incluye especies de crasuláceas. Finalmente, las cubiertas vegetales con suculentas, cuyo principal impulsor en el país es el biólogo Jerónimo Reyes, con la primera azotea verde en las oficinas del Jardín Botánico de la UNAM, un proyecto institucional y gubernamental que se llevó a cabo en 1999.[6] El jardín del corporativo BANORTE en Monterrey instalado en 2013 por CICEANA que inició con 40000 ejemplares de suculentas, como agaves y cactus, se ha mantenido con éxito: "En la actualidad se cuidan y conservan alrededor de 68,000 ejemplares de 72 especies que componen el acervo de la azotea verde, además de alrededor de 20,000 ejemplares, ubicados en 500m2 en el patio de maniobras, que sirven para el recambio de planta."[7] Mientras que la azotea verde de las oficinas del INFONAVIT en la Ciudad de México, se considera la más grande de Latinoamérica, las cubiertas del segundo piso de Periférico también son un ejemplo de sistemas artificiales de cubiertas vegetales en el contexto urbano.

El tercer capítulo busca explorar los servicios ambientales de la familia botánica y la versatilidad que favorece su uso en espacios arquitectónicos como jardines, muros y azoteas verdes, así como comprender la importancia de su conservación como patrimonio natural de México. Y a su vez, conocer la historia natural y cultural de la familia

[6] Sandra Vázquez Quiroz, *Un laboratorio al aire libre*, "El faro". p. 6 https://ecopuma.unam.mx/PDF/SECCIONES/PUBLICACIONES/Azotea%20Faro.pdf (Consultada el 4 de marzo de 2022).
[7] CICEANA. Azotea verde BANORTE. https://www.ciceana.org.mx/pro.html (Consultada el 30 de mayo de 2022)

Crasulaceae, desde sus usos prehispánicos como plantas ornamentales y medicinales, la producción de ilustración botánica de la Real Expedición Botánica a Nueva España de 1786, hasta sus usos en las tendencias contemporáneas de diseño.

El cuarto capítulo, tratará los jardines, azoteas y muros verdes como espacios para la conservación de especies en cubiertas vegetales, para lo cual se elaborará una propuesta de ficha botánica-arquitectónica de especies de valor para uso arquitectónico, así como una paleta vegetal.

El interés en la familia botánica de las Crasuláceas radica en que es una familia de gran riqueza para México, la familia *Crassulaceae* posee una gran diversidad de plantas, de la que se han registrado 34 géneros y 1410 especies distribuidas alrededor del mundo, usualmente en hábitats áridos o rocosos, con centros de mayor diversidad en México y Sudáfrica. México ocupa el primer lugar en diversidad de crasuláceas "Las crasuláceas a menudo se consideran un elemento templado del norte pero la diversidad de especies se concentra en México (cerca de 325 especies) y Sudáfrica (cerca de 250 especies)."[8] Nuestro país posee un género de suma importancia, *Echeveria* "Los estados de Puebla, Hidalgo y Oaxaca son extremadamente ricos en especies, conteniendo cerca de 60 especies tan solo de *Echeveria* (Walther 1972)."[9] México posee poco más de 80 por ciento de las 140 especies pertenecientes a este género, algunas de ellas son conocidas como siemprevivas, conchitas u orejas de burro.

Las crasuláceas pertenecen al grupo de plantas suculentas, cuya característica principal es almacenar gran cantidad de agua en sus hojas carnosas pues generalmente habitan en climas áridos y secos. La familia *Crassulaceae*, cuyo nombre proviene del latín *crassus* que significa: espeso, graso, denso "comprende hojas suculentas, herbáceas

[8] Thiede, J., and U. Eggli. "Crassulaceae." The Families and Genera of Vascular Plants, 2007, p. 94.
[9] Sara Olfield, comp., *Cactus and Succulent Plants. Status Survey and Conservation Action Plan*, p. 21.

y a veces arbustivas con flores generalmente hermafroditas con igual número -comúnmente cinco- de sépalos, pétalos y carpelos."[10]

En años recientes se han popularizado y se ha convertido en tendencia su uso en cubiertas vegetales, sin embargo, este grupo de plantas debe un gran parte su popularidad a la extracción de su hábitat y comercio ilegal. Las plantas suculentas son de gran importancia ecológica y económica en zonas semi áridas del mundo. De las 10000 especies reconocidas como suculentas, cerca de 2000 especies se encuentran amenazadas de extinción global en estado salvaje. Debido a su importancia hortícola y belleza son la base de una industria internacional multimillonaria, Sara Olfield, investigadora para la conservación de la biodiversidad internacional señala que las plantas suculentas están amenazadas debido a la destrucción de su hábitat y comercio ilegal: "Son vendidas tanto como plantas domésticas como especímenes botánicos para coleccionistas especialistas. La colecta de plantas de su hábitat para el comercio internacional ha sido una de las mayores amenazas para algunas especies, y a pesar del desarrollo de técnicas sofisticadas de propagación, esta amenaza es un problema latente."[11]

Si bien parece un pasatiempo inofensivo la tendencia internacional contemporánea de la colección de este tipo de plantas, el valor de las colecciones de suculentas radica en poseer especies raras que generalmente, se traduce en especies endémicas, especies en riego, amenazadas o en peligro de extinción. Muchas de las especies más bellas y extraordinarias llegan a manos de los coleccionistas a través del saqueo y colecta ilegal de semillas y plantas que muchas veces no han completado su ciclo de desarrollo.

[10] Ibid, p. 20.
[11] Ibidem, p. 31

Por otra parte, la reducción de su hábitat natural por actividades humanas como la agricultura y la ganadería es otro factor de riesgo que diezma las poblaciones de crasuláceas. Otros factores de riego son la construcción de infraestructura como carreteras y el crecimiento urbano y explosión demográfica:

> "Mientras el mayor impacto proviene del uso comercial, hay un impacto substancial en la tierra donde cabras, ovejas y en un menor grado, ganado de las poblaciones rurales. Las plantas son destruidas en la preparación de la tierra y por el pastoreo de animales, así como los cambios químicos en el suelo. La erosión resultante causa daño adicional. La destrucción del hábitat también es provocada por la construcción de carreteras, minería, la construcción de presas, expansión de áreas urbanas, desarrollo industrial, los cuales conducen a la pérdida de poblaciones de plantas suculentas." [12]

En el aspecto ecológico, se puede mencionar el papel que juegan como plantas pioneras, regeneradoras del suelo y como alimento para polinizadores como insectos y aves. Cuando son especies endémicas de la región en la que habitan.

Aunque aún quedan muchos estudios por realizarse sobre estas plantas, es posible decir que como plantas pioneras son de vital importancia en los ecosistemas a los que pertenecen. Este tipo de plantas primero coloniza un lugar determinado, o bien que el ser humano ha introducido en un lugar físico, siendo una de las primeras pobladoras de una comunidad vegetal. Al ser pionera, resulta más resistente a cambios ambientales y del entorno. Normalmente, es una especie que da inicio a un ciclo de sucesión ecológica vegetal.

Países como Alemania, Estados Unidos de América, Inglaterra, Australia, Japón y Corea del Sur las demandan como plantas de ornato. Por lo que, la creación de viveros

[12] Idem, p. 91

para introducir estas plantas en el mercado legal representa un impacto social en las comunidades que se ven beneficiadas económicamente, a la vez que contribuye a la recuperación de las plantas en su hábitat natural.

Son escasos los viveros que cultivan y producen ejemplares del género *Echeveria* para su venta y que además cuentan con registro de UMA (Unidad de 89 *Echeveria* Manual del perfil diagnóstico del género *Echeveria* en México Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre). Debido al estado amenazado de estas plantas, se pretende que la arquitectura brinde espacio para la conservación *ex situ* de crasuláceas. Así como difundir los espacios de comercio legal y las instituciones que se dedican al estudio y conservación de estas plantas, no solo desde los tradicionales jardines botánicos, sino incorporar el valor que el jardín tiene para la conservación del patrimonio vegetal del país en espacios de uso público principalmente.

Marco teórico

En la segunda mitad del siglo XX durante los años 80s, Alemania experimentó el auge del desarrollo e implementación tecnológica para cubiertas vegetales, años después, en un estudio realizado por Nigel Dunnett se mostró que las crasuláceas resultaron ser el grupo de plantas en azoteas verdes con mayor resistencia a largo plazo: "Si bien no podemos saber cómo ha cambiado la cubierta vegetal tiempo, las suculentas sin duda tenían la cobertura más consistente de todas las formas de vida encuestadas aquí, ya sea como especies dominantes o como una cubierta vegetal constante debajo de hierbas y pastos más altos."[13] De esta manera se mostró la eficiencia del sistema a nivel tecnológico y ambiental.

[13] Christine E Thuring y Nigel Dunnett "Vegetation composition of old extensive green roofs (from 1980s Germany)" p. 3

A su vez, el arquitecto y escritor alemán Gernot Minke en su obra *Muros y fachadas verdes, jardines verticales* y manuales de construcción ecológica, además de abordar los sistemas constructivos de los sistemas de cubiertas vegetadas, referencia la importancia del valor estético y de mejoramiento del paisaje urbano mediante la naturación, de manera que se puede observar la relación directa del enverdecimiento de la arquitectura con vegetación a partir de la expresión artística y estética de los elementos naturales y el impacto en el estado anímico de las personas que contemplan o habitan espacios con esas características.

¿Por qué es importante la conservación de especies de flora del país y cuál es el papel de la arquitectura para este fin? la *Estrategia Mexicana Para la Conservación Vegetal 2012-2030*, en el Objetivo estratégico 6: Educación y cultura ambiental hacia una conciencia social responsable "responde a la necesidad de promover la divulgación de y concientización sobre el conocimiento, la conservación y el uso sustentable de la diversidad vegetal mediante la educación formal, no formal e informal, con la finalidad de inducir actitudes, hábitos y prácticas para la conservación de la diversidad vegetal, en personas, grupos y comunidades."[14] Para este fin, la participación de la arquitectura en estrategias de conservación del patrimonio natural del país y del paisaje mediante el diseño de espacios verdes habitables: jardines y cubiertas vegetales es una alternativa.

Por lo anterior, la etnobotánica que estudia el valor natural y cultural de las plantas es una disciplina de apoyo para recuperar información de la familia botánica de las crasuláceas, ya que busca recuperar el saber popular y uso cotidiano, además de los datos científicos que permiten identificar su valor dentro de los ecosistemas, y su valor ambiental en el entorno urbano y para su uso arquitectónico.

[14] Hesiquio Benítez Díaz, Coord. *Estrategia mexicana para la conservación vegetal 2012-2030*. CONABIO: México. 2012. p. 63

La etnobotánica en el México contemporáneo busca: "estimular equipos de trabajo multidisciplinario, cuyo gran objetivo sea el estudiar la naturaleza y la sociedad mexicana para descubrir su variedad, su potencial y buscar nuevas formas de manejo o conservación de nuestros recursos culturales y naturales."[15] Migue Ángel Martínez Alfaro indica que entre sus objetivos se encuentran: Conocer el papel que tiene el conocimiento tradicional sobre plantas por una sociedad humana independientemente de su desarrollo cultural, económico y del contexto histórico; la aplicación de los estudios etnobotánicos para la conservación de los recursos vegetales vía un desarrollo sustentable. Apoyo a la conservación de la biodiversidad; la asistencia al trabajo de los científicos sociales en el papel y desarrollo de la diversidad cultural para los diversos pueblos del mundo, reconociendo las ciencias o sabidurías indígenas como una forma de reforzar la identidad cultural y desarrollar en lo educativo o en la investigación a la etnobotánica o de la etnobiología en un sentido más amplio es lo novedoso de su enfoque, para el caso mexicano es mostrar al estudiante el papel del enfoque multidisciplinario para un país rico en diversidad cultural y biológica.

De esta manera se puede vincular la arquitectura con la etnobotánica a través de un enfoque multidisciplinario.

Por su parte, la psicología ambiental es un campo de estudio desde el cual puede abordar la relación entre arquitectura y conservación de la naturaleza. Roly Rusell desarrolla los efectos positivos del contacto con la naturaleza para el bienestar del ser humano que señala en 10 dimensiones:

1. Salud física

[15] Miguel Ángel Martínez Alfaro, "Etnobotánica: Metodología, desarrollo y orientaciones en México" Etnobiología 10, Suplemento, 2012, p. 98

2. Salud mental

3. Espiritualidad

4. Certeza, sensación de control y de seguridad

5. Aprendizaje y capacidades

6. Inspiración, imaginación

7. Sentido de lugar

8. Identidad y autonomía

9. Conexión y pertenencia

10. Sensación de bienestar en general

"Russell y colaboradores concluyen que conocer y experimentar la naturaleza está relacionado con más felicidad y salud. Los autores comentan que este hallazgo ha sido reportado por numerosos estudios de diversas disciplinas, aunque algunos de los efectos se presentan de forma diferente de acuerdo con las distintas culturas."[16]

La psicología ambiental permite observar el impacto en el impacto anímico de los jardines y la vegetación en el entorno construido, por ejemplo, Nigel Dunnett brinda un acercamiento al valor de los jardines urbanos para el bienestar de las personas al ser espacios que contribuyen al desarrollo de la creatividad, la realización de actividades deportivas o restaurativas con beneficios para la salud al contemplar y estar en contacto con la naturaleza, y el carácter productivo que brinda el valor social al crear un sentido de pertenencia con la comunidad.[17]

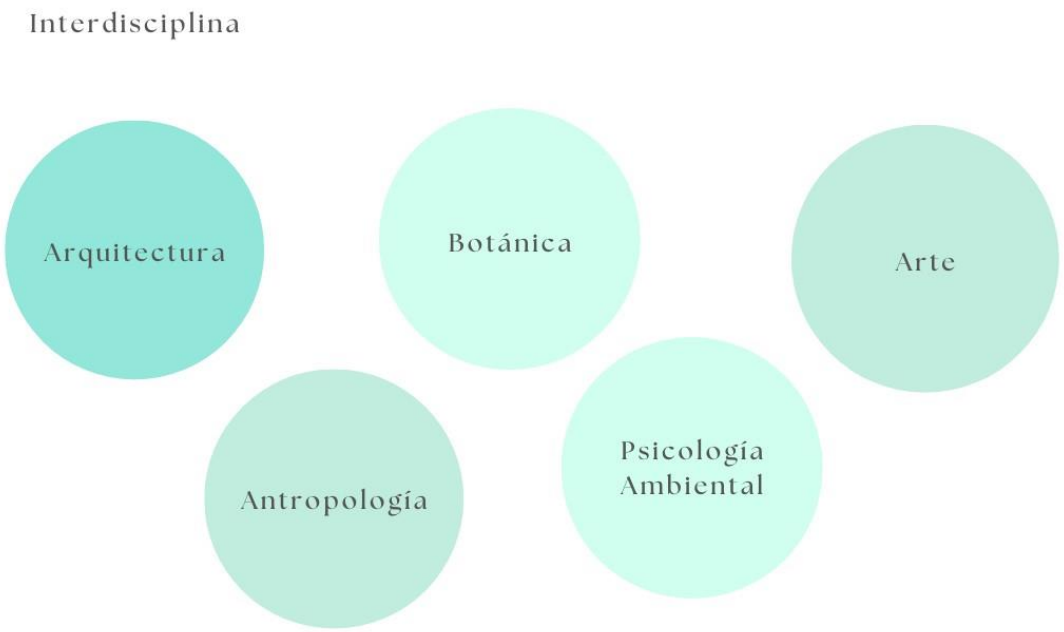
Por otra parte, desde la perspectiva biológica, la obra de Edward Wilson y su hipótesis de la biofilia "es considerada como el marco unificador de una serie de estudios que muestran que estar en contacto con la naturaleza genera bienestar físico, psicológico

[16] Amaya Larrucea Garritz, Éric Orlando Jiménez Rosas. Coords. *Espacios verdes públicos. Estudios culturales, sociales y ambientales*. México, UNAM, 2020. p. 105

[17] Nigel Dunnett and Muhammad Qasim, "Perceived Benefits to Human Well-being of Urban Gardens" International Human Issues in Horticulture, 2000, p. 45

e impulsa conductas protectoras hacia el ambiente.” [18] Por lo anterior, se considera que incorporar elementos naturales en la arquitectura en jardines, azoteas y muros verdes, puede tener influencia en los habitantes para que promuevan la protección de la naturaleza, y en particular, del patrimonio vegetal de México.

La investigación sobre crasuláceas que se tratará en el capítulo tres para abordar su historia natural y cultural, además de los servicios ambientales será de los biólogos del Instituto de Biología de la UNAM Jerónimo Reyes Santiago, como principal especialista y promotor de cubiertas vegetales, Margarita Collazo Ortega, con sus investigaciones sobre los servicios ambientales de las crasuláceas, Francisco Roberto Vergara Silva, y Sara Olfield, con sus aportaciones sobre la conservación de especies de suculentas amenazadas o en peligro de extinción.



[18] Amaya Larrucea Garritz. *Espacios verdes públicos. Estudios culturales, sociales y ambientales*. p. 126

Metodología

La metodología cualitativa es una herramienta para realizar investigación a partir de datos y de la formulación de preguntas y es de carácter flexible.[19] Por ello, resulta adecuada para la investigación, que abordará información histórica, y a partir de la literatura revisada, mediante el método inductivo se realizará un análisis narrativo. Esta metodología considera el análisis para la observación, por lo que será de utilidad para la observación directa de especies vivas de familia botánica *Crasulaceae* en el Laboratorio Nacional de Biodiversidad y el análisis de fotografías a partir de la Colección Nacional de Crasuláceas del Jardín Botánico, UNAM.

Con énfasis en el "análisis a través de Palabras o Material Visual. Dado que normalmente se evita el énfasis en medidas numéricas descriptivas y estadísticas inferenciales, el modo principal de análisis es a través de palabras, ya sea representadas en pantallas visuales o mediante recursos narrativos."[20] La observación de plantas vivas permitirá un análisis visual de sus características de color, tamaño, forma y texturas de manera más detallada y cercana a cómo luciría en un jardín o cubierta vegetal.

La metodología cualitativa para la investigación en arquitectura "se enfoca en múltiples métodos, lo que implica un enfoque interpretativo y naturalista de su tema. Esto significa que los investigadores cualitativos estudian las cosas en su entorno natural, intentando dar sentido o interpretar los fenómenos en términos de los significados que las personas les dan."[21] Se propone el uso de esta metodología por su carácter holístico y análisis de la información a partir de la observación, pues la revisión de jardines y cubiertas vegetales permite analizar la relación entre arquitectura y vegetación.

[19] Jurgenson. L. Álvarez-Gayou, *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. México: Paidós. 2003. P. 21
[20] Linda N. Groat y David Wang. *Architectural Research Methods*. P. 233
[21] Ibidem, p. 218

También es útil debido a la diversidad del material consultado, pues es necesario apoyarse en disciplinas como la psicología ambiental y la etnobotánica además de la arquitectura. La revisión teórica de textos de psicología ambiental es necesaria para abordar el beneficio en la calidad de vida de los habitantes a nivel psicosocial, emocional, y espiritual. La metodología cualitativa aborda estudios etnológicos, por lo que es útil para la consideración de elementos de etnobotánica sobre las crasuláceas que se mencionarán en el capítulo 3.

Para esta investigación se realizó una visita guiada a la Colección Nacional de Crasuláceas en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM con el propósito de reconocer especies, formas de propagación y tomar fotografías. La primera visita se llevó a cabo el 25 de octubre de 2022. La segunda visita fue el 4 de febrero de 2023 en el Vivero Crasuláceas de México en San Miguel Totolcingo en Acolman, Estado de México con el objetivo de recabar información de las especies que pueden ser propagadas y cultivadas en un vivero registrado para su venta al público; y para la elaboración de la ficha botánico-paisajística y paleta vegetal.

Metodología cualitativa

Potencial estético de familia botánica para el diseño de jardines y cubiertas vegetales



Elaboración propia

Capítulo 1

Arquitectura y vegetación

Cap. 1 Arquitectura y vegetación

1.1 Antecedentes. La arquitectura como naturaleza

Las explicaciones teóricas del origen de la arquitectura surgieron a partir de los tratados del renacimiento, y durante el siglo XVIII eran de carácter religioso, con Adán como primer constructor de una cabaña para Eva en el Jardín del Edén, o antropológico como el *Ensayo sobre la arquitectura* de 1775 de Marc-Antoine Laugier, en su obra plantea el modelo de la cabaña primitiva (fig. 1) como el primer refugio creado por el ser humano, a partir de la estructura natural de los árboles: "El hombre quiere construirse un alojamiento que lo proteja sin enterrarlo. Unas ramas caídas en el bosque son los materiales apropiados para su propósito […] Así evoluciona la naturaleza, siendo la imitación de su proceder lo que da origen al arte."[22]



(fig. 1) Grabado alegórico de la cabaña primitiva Charles Eisen (1720–1778) en *Essai sur l'architecture* 2da ed. 1755 por Marc-Antoine Laugier.

La cabaña rústica dió la explicación teórica con carácter antropológico que respondía a la necesidad de refugio del ser humano y las primeras construcciones; y, por otra parte, explicaba la fundamentación de la arquitectura en la naturaleza.

Desde la perspectiva antropológica, Tim Ingold contrasta el sistema de cacería y recolección, en el cual, las actividades humanas se consideraban dentro de un solo mundo:

[22] Marc-Antoine Laugier. *Ensayo sobre la arquitectura*,Akal, 1999. p. 44-45

naturaleza y sociedad; a diferencia de la perspectiva antropológica occidental tradicional, que relega los componentes no humanos (organismos de la naturaleza dentro del territorio como las plantas y los animales) del ser humano, la sociedad y su cultura. Por ello, propone que a partir de la sensibilidad ecológica, es decir, habitar en el mundo en vez de ocuparlo, es posible considerar a la humanidad y el ambiente o entorno natural como unidad. Intervenir en el mundo implica que los seres humanos pueden lanzar sus intervenciones desde una plataforma por encima del mundo, como si pudieran vivir sobre o fuera del medio ambiente, pero no estuvieran destinados a vivir dentro de él.[23] Esto es lo que considera como "perspectiva de la construcción", mientras que en la "perspectiva del habitar" la naturaleza y nuestra relación con ella, es el elemento significativo que nos permite habitar en el mundo. Por lo que, considera que un enfoque genuinamente ecológico, centraría la intención y acción humana dentro de un contexto mutuamente constructivo en que las personas asuman la responsabilidad de cuidar y proteger la biodiversidad de sus entornos.

Así mismo, Tim Ingold se refiere al diseño arquitectónico, como la actividad que desarrollan los seres humanos, autores de sus propios diseños, que construyen a través de un proceso de decisión consciente de sí mismo: una selección intencional de ideas. Por lo que implica un proceso dirigido e intencionado:

> "El ser humano, por el contrario, construye casas de muy diversa índole, y aunque determinadas formas de vivienda han persistido durante largos períodos, hay pruebas inequívocas de que estas formas también han sufrido un cambio histórico significativo. La diferencia entre el albergue y la casa radica, argumento, no en la

[23] Tim Ingold, (2000). *The Perception of the Enviroment: Essays on livelihood, dwelling and skill*. Routledge.p. 173

construcción de la cosa en sí, sino en el origen del diseño que rige el proceso de construcción." [24]

De esta manera, reconocer la indivisible relación del habitar del ser humano en y con la naturaleza, y considerar este vínculo desde la visualización, diseño y planeación del entorno construido, brinda la apertura a plantear nuevas formas de habitar en armonía con el entorno. La vegetación es un elemento fundamental que se debe reconocer como parte del entorno construido y transformado por el ser humano su estudio puede llevarnos a comprender.

1.2 Diseño arquitectónico y vegetación. Jardines y cubiertas vegetales

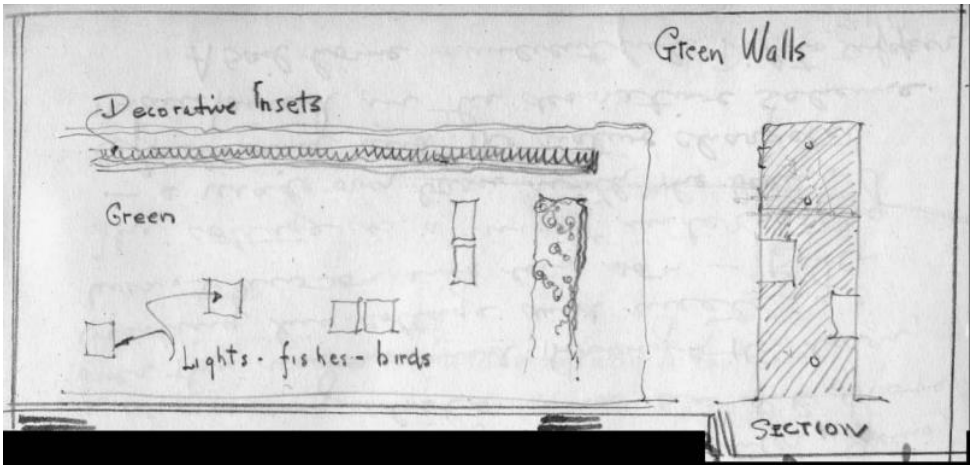
El embellecimiento de la arquitectura a través de jardines y cubiertas vegetales ha formado parte del entorno construido desde la antigüedad en diferentes cultura y climas alrededor del mundo. Nigel Dunnet indica que: los antiguos griegos usaban jardines colgantes o en los techos como santuarios personales para honrar al dios Adonis, mientras que los aztecas los usaban para la agricultura urbana de plantas medicinales y el esparcimiento, y en regiones como Escandinavia, África subsahariana, Medio oeste de Estados Unidos han sido usados como aislamiento térmico en climas extremos. Y a menudo están colonizados por vegetación espontánea que representa fielmente la flora de la región.[25]

En la época moderna, el concepto de cubierta vegetal o techo verde se retomó de la arquitectura vernácula de diferentes regiones del planeta y diversidad de climas, en ambientes fríos, calientes y templados. Fue a finales del siglo XIX que, A mediados de la década de 1880, la nueva tecnología trajo la idea de un techo vivo en la parte superior del

[24] Ibidem, p. 175
[25] Christine E Thuring y Nigel Dunnett "Vegetation composition of old extensive green roofs (from 1980s Germany). P. 1

techo de hormigón, el primer modelo de este techo apareció en el mundo en la Expo en París en 1867. El modelo ha ilustrado un techo verde con sistema de impermeabilización y drenaje, que se considera el primer diseño de un techo verde extensivo.[26]

Uno de los primeros registros de techos verdes en el siglo XX es el modelo propuesto por Stanley Hart White, profesor de Arquitectura del Paisaje en la Universidad de Illinois Urbana-Champaign de 1922 a 1959, recibió la patente de EE. UU. 2,113,523 el 5 de abril de 1938 para la Estructura y Sistema Arquitectónico Portador de Vegetación en la que "describe el método para crear una "estructura arquitectónica de cualquier tamaño, forma o altura edificables, cuyas superficies vistas o expuestas puedan presentar un cubierta de vegetación en permanente crecimiento'. En seis páginas ilustradas, El profesor White revela el nuevo arte de cultivar plantas dentro/en una vertical, marco arquitectónico que sostiene el sustrato, y en el proceso describe una nueva vertical tipo de jardín no se realizó completamente hasta después de su muerte en 1979."[27]

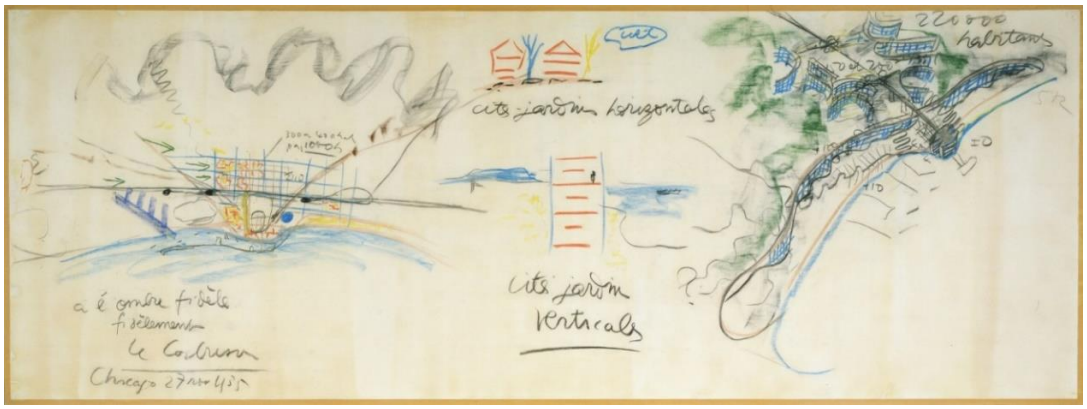


(fig.2) Primer boceto de un "Muro verde" por Stanley Hart White (1932). Grabado en su *Commonplace Books Index* como idea para el *Century Progress Exhibition* en 1933. Stanley White Papers, Record Series 12/4/23, Box 1, *Commonplace Book Eleven*, Extraído el 10 de Junio de 1943, University of Illinois Archives.

[26] F Abass et al. *A Review of Green Roof: Definition, History, Evolution and Functions*.2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 713 012048. doi:10.1088/1757-899X/713/1/012048

[27] Richard L. Hindle (2012): A vertical garden: origins of the Vegetation-Bearing Architectonic Structure and System (1938), Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes: An International Quarterly, 32:2, 99-110. http://dx.doi.org/10.1080/14601176.2011.653535 (Consultada el 6 de junio de 2022).

En el Movimiento moderno Le Corbusier reinterpretó los históricos techos verdes y cubiertas vegetales en la cubierta jardín de sus cinco puntos hacia una nueva arquitectura "*pilotis*, cubierta jardín, planta libre, ventana corrida y fachada libre" Propuso la cubierta vegetal como espacio habitable que además de albergar un jardín, permitiría diversas actividades recreativas. "Los jardines de las cubiertas presentan una vegetación exuberante. Pueden plantarse arbustos e incluso árboles pequeños, de hasta tres o cuatro metros de altura. Así, la cubierta jardín, se convierte en el punto preferido de la casa"[28]



(fig.3) Planos para Argel y Barcelona y "cité-jardin verticale" (ciudad jardín vertical) dibujo realizado durante una conferencia en Chicago el 27 de noviembre de 1935.[29]

Cubiertas vegetales

A principios de los años 80s en Alemania, se crearon las primeras políticas y normas para la instalación de techos verdes "Las primeras directrices para la planificación, construcción y mantenimiento de sistemas de techos verdes se publicaron en 1982 por la Sociedad Alemana de Investigación para el Desarrollo del Paisaje y el Paisajismo, o la

[28] Darío Álvarez. *El Jardín en la arquitectura del Siglo XX*. P. 258

[29] Le Corbusier, Planos para Argel y Barcelona y "cité-jardin verticale" (ciudad jardín vertical) Dibujo realizado durante una conferencia en Chicago el 27 de noviembre de 1935. MoMA. https://www.moma.org/collection/works/961 (Consultada el 7 de junio de 2022).

FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, 2008).”[30] Esto permitió la evolución de técnicas para satisfacer las demandas del mercado.

A partir de este período, las cubiertas naturadas se pueden dividir en tres grupos intensivas y extensivas, semi intensivas. Las cubiertas intensivas o jardines de azotea incorporan vegetación con los elementos construidos que permitan que se realicen actividades recreativas o contemplativas en el espacio, haciéndolo habitable. Las cubiertas semi-intensivas requieren mayor mantenimiento y son de accesibilidad reducida Carácter público y privado. Mientras que las cubiertas extensivas, a pesar de requerir menor mantenimiento, no tienen cualidad habitable.[31]

Los jardines de azotea y verticales poseen las siguientes características:

- Carácter público y privado
- Recreativo y de contemplación
- Terapéutico
- Productivo (de alimentos o especies ornamentales)
- Estético

Las azoteas y muros verdes también pueden ser elementos importantes de nuevos corredores urbanos para la vida silvestre. Las paredes verdes se refieren a todos los sistemas que permiten enverdecer una superficie vertical con plantas. Los techos verdes constan de varias capas, que incluyen impermeabilización, drenaje, aislamiento con sustrato de suelo y crecimiento activo plantas. Dependiendo de la profundidad del

[30]Christine E Thuring y Nigel Dunnett “Vegetation composition of old extensive green roofs (from 1980s Germany)” p. 2
[31] Rocío López de Juambelz, Ed. Naturación de azoteas UNAM, México, 2010. p. 20

sustrato, inversiones en cuidado de plantas y riego, las azoteas verdes generalmente se clasifican como "intensivos" o "extensivos".[32]

Las azoteas verdes extensivas son cubiertas vegetales cuyo propósito es incorporar vegetación de manera más eficaz al reducir su inversión y mantenimiento, así como menor sustrato. Para ello, las plantas suculentas, en particular las crasuláceas son una opción viable para su uso en azoteas debido a su bajo requerimiento de sustrato y nutrientes, son una alternativa para incorporar en las azoteas por su bajo mantenimiento, además de los servicios ambientales que ofrecen como la absorción de metales pesados.[33]

Gernot Minke, además de promover la construcción de cubiertas vegetales en sus manuales, enfatiza la necesidad de incorporar elementos vegetales en el entorno construido por la necesidad innata de estar en contacto con la naturaleza y por los beneficios a la salud física y mental que tiene para las personas "La vista hacia la vegetación verde previene los estados depresivos, aumenta el rendimiento, actúa tranquilizando a las personas estresadas y estimula a las cansadas."[34]

Avocarse al ámbito público o institucional es una forma de extender su alcance a un mayor número de personas, como en jardines urbanos o plazas públicas., ya que en la vivienda se dificulta su aplicación por el alto consto de instalación y mantenimiento.

Podemos identificar el uso de Crasuláceas en cubiertas vegetales y jardines porque se han usado en su mayoría para estos espacios, por su versatilidad y resiliencia en muros y azoteas verdes, y aunque su uso está muy difundido en edificios comerciales y corporativos, aún se cometen errores en la plantación y se incorporan especies sin

[32] Flavie Mayrand and Philippe Clergeau. Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity? * Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation, Sorbonne Université Paris. 27 March 2018. https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-01830073/document (Consultada el 7 de junio de 2022).

[33] Azoteas verdes, para refrescar las grandes ciudades. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2019_726.html (Consultada el 8 de junio de 2022).

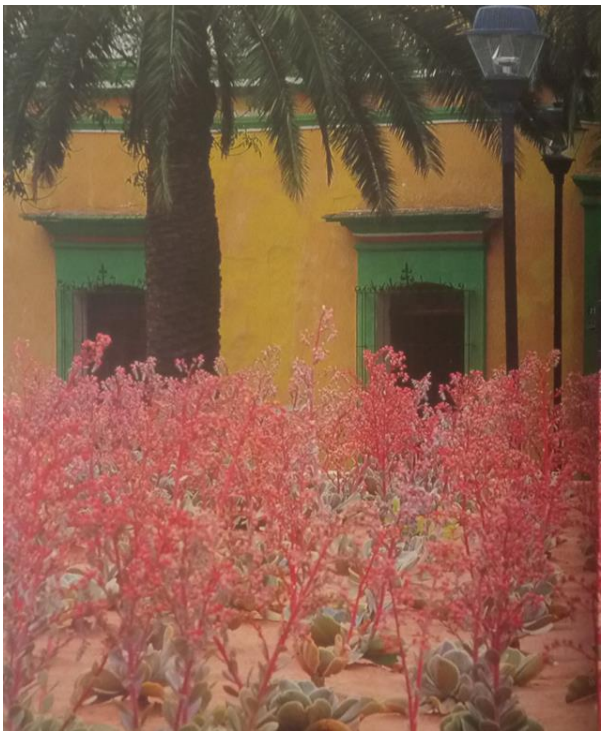
[34] Gernot Minke, *Muros y fachadas verdes, jardines verticales. Sistemas y plantas, Funciones y aplicaciones*. Merlín, Cali, 2012. P. 28

considerar su hábito de crecimiento, que resulta en el fracaso de los sistemas de naturación.

Por otra parte, se comentan los jardines porque las crasuláceas pueden funcionar como vegetación estructural de acuerdo con su tamaño, forma y colores, a partir de los cuales se pueden generar delimitaciones en las colindancias como cercas o vallados, división en las secciones del jardín, casa o espacio arquitectónico. Su escala, pequeña en relación con arbustos o árboles podría resultar en que su uso se reduzca a la función de cubrir o tapizar una superficie plana.

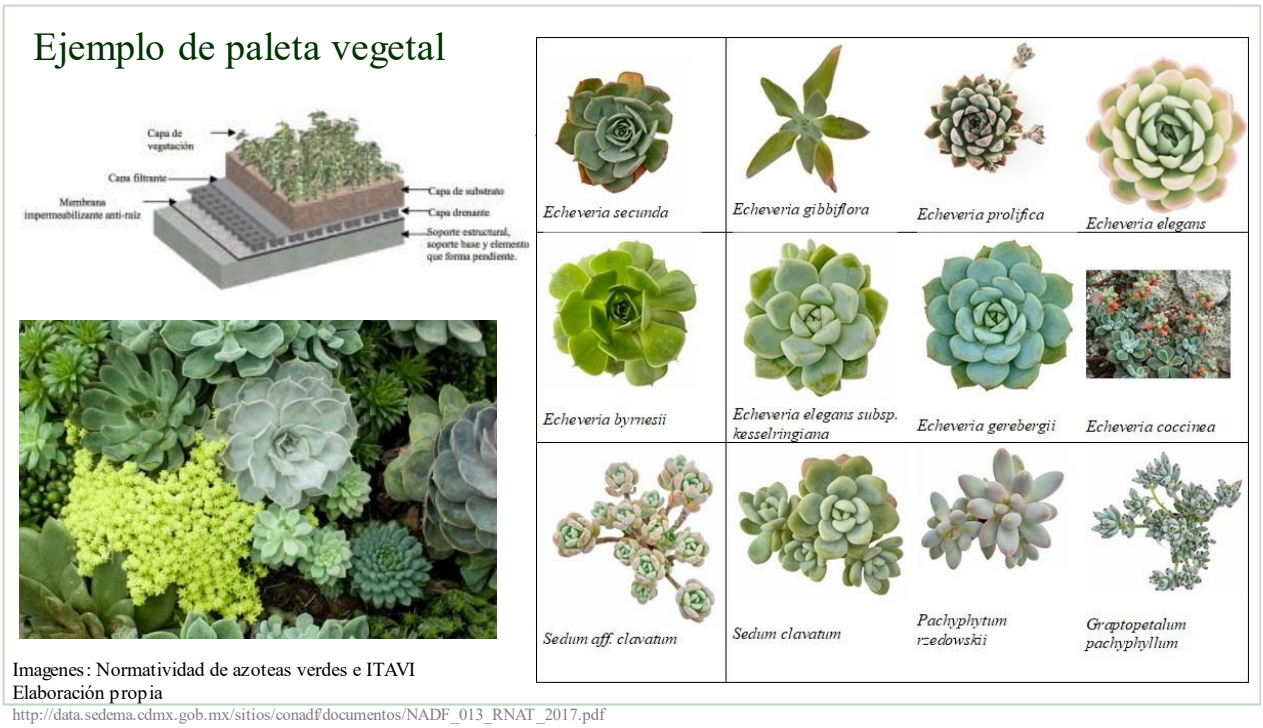
Un ejemplo de ello es el plantado de oreja de burro (*Echeveria gigantea*) en el Atrio del Convento Santo Domingo de Guzmán, Oaxaca (fig. 2) es un ejemplo en el contexto mexicano contemporáneo de la incorporación de crasuláceas en el diseño de jardines con carácter estético y regional, pues sus colores se integran sobre las tierras grises y rosas de la región y la arquitectura tradicional del centro de Oaxaca. El pintor oaxaqueño Francisco Toledo propuso la idea del jardín del atrio, de esta manera la vegetación se vuelve parte de la expresión sensible de las formas y colores en un espacio habitable. Al fondo se aprecian palmas datileras de las canarias (*Phoenix canarensis*)[35]

[35] Marie-Pierre Colle Corcuera, *Paraíso mexicano. Jardines, paisajes y embrujo de México*. Planeta, México, 2002.



(fig. 4) Plantado de oreja de burro (*Echeveria gigantea*) en el Atrio del Convento Santo Domingo de Guzmán, Oaxaca

Ejemplo de paleta vegetal con crasuláceas para cubiertas naturadas



Imagenes: Normatividad de azoteas verdes e ITAVI
Elaboración propia
http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/NADF_013_RNAT_2017.pdf

Xeropaisaje y Xerojardinería

La xerojardinería o xeropaisaje es un término que surgió en Estados Unidos de Norteamérica en la década de 1980 para referirse a la jardinería y diseño de paisaje con poco requerimiento de agua como resultado de la sequía que padeció el sudoeste del país en los años 70s. El gobierno, las plantas suministradoras de agua y los pobladores se vieron obligados a buscar alternativas en el estilo de vida para ahorrar agua y sobrevivir en las temporadas secas.

El sistema de Agua de Denver acuñó la palabra en 1981 para ayudar a que el paisajismo fuera eficiente en el uso del agua un concepto fácilmente reconocible. Xeriscape es una combinación de la palabra "paisaje" y la palabra griega "xeros", que significa seco. Si se diseña adecuadamente, Xeroscape puede ser exuberante, colorido y fácil de cuidar.[36] El concepto Xeriscape se basa en siete principios:

• Planificación y diseño

• Enmienda del suelo

• Riego eficiente

• Mantillo

• Zonas de plantas

• Céspedes alternativos

• Mantenimiento

Estos principios se han practicado en la jardinería tradicional de la región mediterránea basándose en el balance entre los recursos disponibles de suelo, clima y vegetación; y el resultado estético que se persigue: "la Xerojardinería no es solo el uso de la planta autóctona y el redescubrimiento del jardín tradicional, sino también la

[36] Denver Water. Water Wise Landscape Handbook. https://www.denverwater.org/sites/default/files/2017-05/Water_Wise_Landscape_Handbook.pdf (Consultada el 12 de septiembre de 2022)

introducción de nuevas tecnologías que permiten organizar el manejo del jardín, su conservación y, en definitiva, contribuyen al ahorro de recursos, como el agua. […] La Xerojardinería es y debe ser un conjunto de criterios agronómicos, siendo la elección de la estética del jardín previa a la implementación de la Xerojardinería."[37] En ese sentido, esta práctica demuestra que la eficiencia y sustentabilidad de un jardín o paisaje con poca agua no se opone a la expresión artística que también es cualidad del jardín, por ello la selección de especies vegetales es fundamental al igual que las consideraciones del clima.

La xerojardinería ha contribuido a una transición entre la percepción de belleza del césped, jardines y paisajes verdes en regiones con alta precipitación durante todo el año, a valorar paisajes que evocan climas semiáridos.

La obra de Clement Gillies tiene una propuesta teórica propia sobre cómo hacer paisaje y jardines, sin embargo, se pueden encontrar puntos de convergencia con los principios del xeropaisajismo, ya que busca crear espacios que requieran una mínima intervención humana y bajo mantenimiento, a lo que las plantas de clima semi árido se adaptan muy bien. Clement Gilles es un polifacético arquitecto paisajista francés, es también entomólogo, botánico e ingeniero hortícola. Se considera principalmente jardinero. Tiene una prolífica carrera como escritor de arquitectura de paisaje, biología y ha escrito una novela ciencia ficción. Nació en Argenton-sur-Creuse, a 300 kilómetros de París, en 1943. Clément tiene un estudio en una antigua carpintería del barrio parisiense de Saint-Antoine. Es profesor en la Escuela Nacional Superior de Paisajismo de Versalles.

Desde su juventud mostró interés en el paisaje y en sus ciclos naturales, en la expresión de la naturaleza y estacionalidades, y en la sociedad. Sus principales preocupaciones en su carrera como paisajista y horticultor, así como su producción de obra escrita sobre jardines se puede apreciar en su *Jardín en movimiento*, concepto que

[37] Silvia Burés, Coord. *Avances en Xerojardinería*. Barcelona: Ediciones de Horticultura. 2000. P14

desarrolla en su libro del mismo nombre y en su *Manifiesto del tercer paisaje*, reflexiones teóricas que ha logrado llevar a la práctica en obras más notables como el Parque André Citroën, los Jardines de Valloires, el Señorío de Rayol, Domaine du Rayol,y su jardín del tercer paisaje en el Valle de Loira.

Clément Gilles desarrolla en su libro *El jardín en movimiento* diez puntos para generar jardines cuya característica principal es que exponen las ventajas ecológicas y compositivas de dejar crecer un jardín salvaje a partir de espacios residuales. En Domaine du Rayol Gilles aplica los principios de su propuesta teórica del jardín en movimiento y a su vez, se pueden encontrar valores de la xerojardinería y xeropaisaje ya que los jardines evocan el clima mediterráneo y la expresión vegetal de diferentes regiones del mundo con clima semi árido.

A principios del siglo XX, Domaine du Rayol fue residencia de vacaciones de familias acaudaladas. En los años 60 su mantenimiento se volvió insostenible y fue abandonada. Domaine du Rayol se sitúa en la cornisa del Macizo de los Maures (*Massif des Maures*). Provenza-Alpes-Costa Azul.

Hoy día, Domaine du Rayol es un espacio natural protegido, tiene una extensión de 20 hectáreas, de las que 7 están abiertas al público, la propiedad fue adquirida en 1985 por el Conservatoire du litoral, organización pública francesa creada en 1975 para garantizar la protección de áreas naturales sobresalientes en la costa, orillas de lagos y lagos.

En este proyecto Clément Gilles propuso evocar la flora y los paisajes asociados con las diferentes regiones del mundo con clima mediterráneo: un índice planetario abierto a regiones biológicamente similares del mundo. Y cuenta con diferentes jardines temáticos, el Jardín Canario, Jardín de California, Jardín de Sudáfrica, Jardín de Australia, Jardín de Asia subtropical, Jardín de Nueva Zelanda, Jardín de la América Alta, Jardín

Subtropical Americano, Jardín de Chile y Jardín Mediterráneo.[38] Los jardines en Rayol son un ejemplo de una propuesta contemporánea que considera el clima y la región para rehabilitar y crear un espacio.



(fig. 5) Jardín mediterráneo en Domaine du Rayol, Francia

Este capítulo presenta los antecedentes generales de sistemas artificiales como muros y azoteas verdes y propuestas sobre la expresión libre de la vegetación, así como la presencia de las Crasuláceas en estos sistemas, con la finalidad de mostrar las ideas contrastantes del siglo XX para incorporar plantas en los espacios arquitectónicos. Que, por una parte, respondieron a la necesidad de aplicar nuevas tecnologías en la construcción, y por otra, surgió la preocupación por conciliar la relación del ser humano con la naturaleza en el entorno urbano. Ambas perspectivas continúan siendo parte de la discusión sobre vegetación y elementos naturales en el hábitat humano construido.

[38] Los jardines mediterráneos de Gilles Clément en Domaine du Rayol. https://www.elblogdelatabla.com/jardines-mediterraneos-gilles-clement-domaine-rayol/ (Consultada el 28 de septiembre de 2022)

Capítulo 2

Jardines, cubiertas vegetales y arte

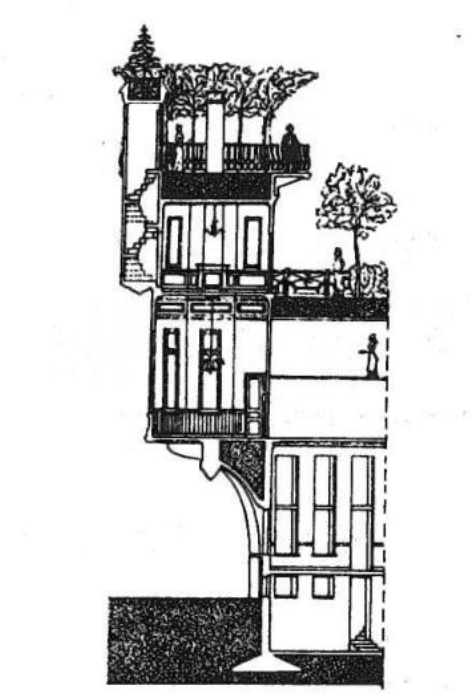
Capítulo 2

Jardines, cubiertas vegetales y arte

2.1 Manifestaciones artísticas y arquitectura

La relación entre manifestaciones artísticas y arquitectura se encuentra plasmada en propuestas teóricas e imágenes en productos visuales como la ilustración, la fotografía y la pintura que han expresado posibilidades en las que elementos de la naturaleza como las plantas se convierten en parte de la arquitectura, desde formas donde la vegetación se vuelve referente para crear formas en las estructuras como formas vegetales en columnas, hasta cubiertas vegetales en edificios hasta árboles vivos como material de construcción.

La obra del arquitecto belga Luc Shuiten, el fotógrafo alemán Karl Bossfeld o la pintura surrealista de Remedios Varo son ejemplo del interés de la expresión en obra gráfica como la fotografía y la pintura que exploran la relación entre vegetación, arte y arquitectura. Estos imaginarios sobre cómo podrían ser las ciudades y las construcciones dan un indicio de la inquietud de arquitectos y artistas entre la relación arquitectura, naturaleza y ser humano; por lo que, la importancia de revisar obra artística es encontrar diferentes maneras de expresión de cubiertas vegetales y cómo estas referencias han influido para imaginar posibilidades en el diseño.



Dibujo de Hennebique, 1887. Las cubiertas horizontales se emplean como espacio de recreo.

(fig. 6) Dibujo de edificio con cubierta vegetal. François Hennebique, 1887

Desde finales del siglo XIX surgieron ideas sobre utilizar las terrazas como espacio arquitectónico con plantas, al igual que las fachadas, con el propósito de recuperar áreas verdes que desde entonces se perdían por el acelerado crecimiento de las ciudades. François Hennebique, arquitecto, ingeniero y constructor francés conocido por crear el sistema de construcción de hormigón armado, fue pionero en la conceptualización, a través de un croquis, sobre cómo convertir espacios de la casa en puntos de recreación y descanso a partir de incluir vegetación.

Karl Bossfeldt. Analogía biológica en arquitectura. Formas vegetales en el arte y la arquitectura

Karl Blossfeldt fue un artista alemán nacido en la ciudad de Schielo, vivió entre 1865 y 1932. Es conocido por sus extraordinarias fotografías de plantas por su minucioso detalle que recuerda a imágenes botánicas y el trabajo de taxónomos. Por una parte, es testigo de la modernización y uso de nueva tecnología para registro de especies con carácter científico, y por otra, evoca las formas clásicas en el arte, de un gran valor estético.

Comienza su carrera a los 16 años en una fundidora de objetos ornamentales, más tarde,a los 19 años iniciaría sus estudios en la Escuela de Artes Aplicadas de Berlín (Unterrichtsanstalt des Kunstgewerbemuseums Berlin), hoy Universidad de Arte de Berlín (Universität der Künste Berlin). Sus primeros trabajos artísticos fueron como

escultor. De 1890 a 1896 trabajó con el diseñador Moritz Meurer con quién viajó por el Mediterráneo haciendo registros de formas naturales para el diseño de objetos industriales y ornamentación. Cabe realtar que aunque Blossfeldt no tenía entrenamiento fotográfico capturó imágenes de un detalle impresionante.

En 1898 comenzó su carrera como profesor en la Escuela de Artes Aplicadas. Publicó obras como *Las formas originales del Arte* en 1928 y *El jardín maravilloso de la naturaleza* en 1932. Durante tres décadas como profesor, sumó fotografías a su archivo que usó también para la enseñanza.

Resulta interesante observar que durante las primeras décadas del siglo XX movimientos estéticos como el Arts and Crafts, el Art Nouveau en el modernismo, compartieron la inquietud por mirar hacia la naturaleza y aplicar sus principios de estructura y forma en el arte, objetos industriales y la arquitectura.

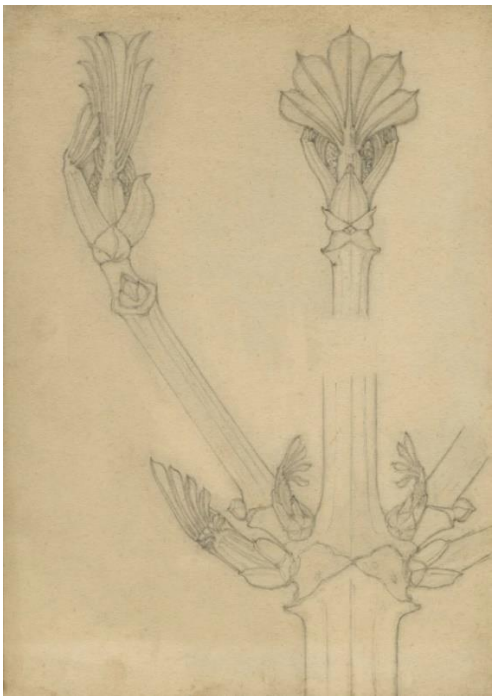
En Alemania, Bossfeldt y otros artistas también se interesaron por observar y representar a la sociedad, postura que se vió reflejada en la atención al detalle de su obra. "Blossfeldt se asoció con el movimiento *Neue Sachlichkeit*, o Nueva Objetividad. Estos artistas, incluidos George Grosz, Otto Dix y Max Beckmann, buscaron representar la sociedad con precisión, como si se viera a través de una lente transparente, al igual que las propias fotografías de Blossfeldt."[39] Este tipo de imágenes con un rigor casi científico fueron el preludio para abstracción que más tarde sería la forma plástica de expresión de las vanguardias.

En 1929 su trabajo se presentó en dos exposiciones *Fotografie der Gegenwart* y *Film und Foto*, colocando sus plantas junto a fotografías de Alexander Rodchenko, Edward Weston y Florence Henri. Walter Benjamin reconoció y elogió su trabajo.Ese

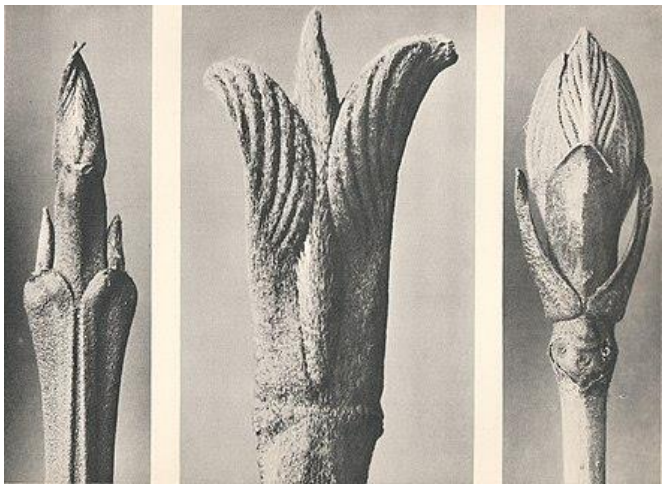
[39] Museum of Fine Arts. Houston. 10 amazing Karl Bossfeldt photographs. Google arts and Culture. https://artsandculture.google.com/story/XQVxmBKfQP3nzQ?hl=es (Consultada el 6 de junio de 2022)

mismo año, llamó la atención de los artistas surrealistas, a través de su inclusión en la revista *Documents* por el editor George Batailles.[40]

En la obra de Bossfeldt se puede observar una síntesis y traducción de formas vegetales en elementos arquitectónicos, en una analogía entre el tallo de las plantas y su inflorescencia con la forma de una columna. (fig. 7 y 8).



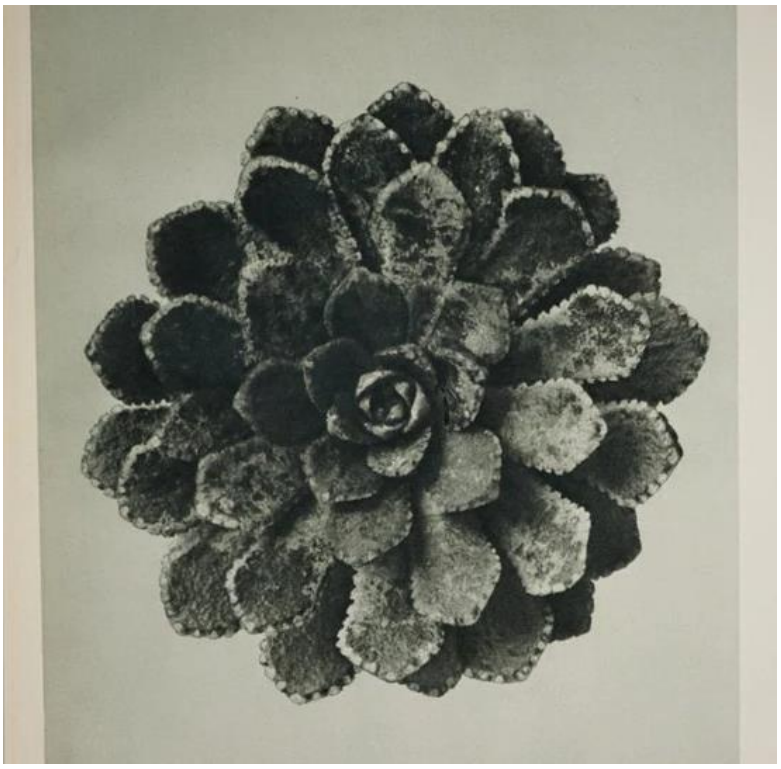
(fig, 7)



[40] Museum of Fine Arts. Houston. 10 amazing Karl Bossfeldt photographs. Google arts and Culture. https://artsandculture.google.com/story/XQVxmBKfQP3nzQ?hl=es (Consultada el 6 de junio de 2022).

(fig. 8)

Por otra parte, se ha considerado su obra porque en su libro de 1928 *Las formas originales del Arte*, podría encontrarse uno de los primeros registros fotográficos de una crasulácea en la lámina de la página 30.



(fig. 9)

La arquitectura vegetal de Remedios Varo

Remedios Varo nació en Gerona, España en 1908 y falleció en México en 1963. Fue una prolífica pintora asociada con el movimiento surrealista. Realizó su formación en la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando de Madrid, fue una de las primeras mujeres en asistir. En 1937 viajó a París con su pareja, el poeta surrealista francés Benjamin Péret pero debido a la ocupación alemana de París en junio de 1940, huyó al sur de Francia con su llegada a Marsella, donde se reunieron con otros artistas e intelectuales. Después

abordaron un transatlántico portugués con destino a México, donde fueron aceptados como refugiados políticos.[41]

A su llegada a México, se relacionó con intelectuales como Octavio Paz, Eva Sulzer, César Moro y, con la pintora inglesa Leonora Carrington que se convertiría en su amiga. Su obra ya era conocida en nuestro país gracias a la Exposición Internacional del Surrealismo organizada por Inés Amor en la Galería de Arte Mexicano, donde se expuso su cuadro "Recuerdos de la Valkiria (Hiedra Aprisionada) (Hiedra Salvaje)" de 1938."[42]

La pintora española vertió en su obra su interés en el naturalismo, lo místico, lo esotérico y la magia. La arquitectura en su obra tiene un carácter onírico y escenográfico, de acuerdo con Kaplan, representa "El encierro de los personajes de los cuadros en unas capas que parecen crisálidas, se ve subrayado por el hecho de que generalmente los confina en espacios muy profundos. Y utiliza la arquitectura de la misma manera en que utiliza los trajes, es decir, como para encajonar sus personajes."[43]

En *Arquitectura vegetal* de 1962 (fig. 10) y *Catedral vegetal* a través de su lenguaje simbólico, entreteje la naturaleza con la arquitectura. Hay múltiples pasillos y escaleras, a muy diferentes niveles tallados en los altos de un bosque, por el que caminan diversos personajes, con una intrincada disposición de calzadas abovedadas y puentes que atraviesan espacios entre los troncos de los árboles.

[41]Julia Bozzone, 'Entre lo místico y lo científico': el auge de las obras de Remedios Varo. Octubre 2021. https://www.nytimes.com/es/2021/10/01/espanol/remedios-varo-vida-obra.html (Consultada el 3 de octubre de 2022).
[42] Samuel Rodríguez, La arquitectura surrealista de Remedios Varo. AD. Octubre 2020. https://www.admagazine.com/cultura/remedios-varo-arquitectura-surrealista-20201008-7546-articulos (Consultada el 3 de octubre de 2022).
[43] Janet Kaplan, [Trad. Amalia Martín-Gamero]*Viajes inesperados: el arte y la vida de Remedios Varo*. Madrid: Ediciones Era. 1988. P. 185



(fig. 10) *Arquitectura vegetal*, Remedios Varo, 1962.

Las representaciones visuales de arquitectura vegetal de Luc Shuiten

Luc Shuiten es un arquitecto belga nacido en Bruselas en 1944 conocido por su propuesta urbanística y arquitectónica de las Ciudad Vegetal y por ser miembro fundador de la asociación de Biomímesis en Europa. Realizó sus estudios de arquitectura en la Real Academia de Bellas Artes de Bruselas graduándose en 1967. Es reconocido por sus Jardines verticales en Bruselas 1982.[44] Tuvo una breva carrera como ilustrador de historietas junto a su hermano François Schuiten en la creación de la serie *Las ciudades oscuras*.

Su Ciudad vegetal se puede considerar una ciudad biofílica: "es un lugar que aprende de la naturaleza y emula los sistemas naturales incorporando formas naturales e

[44] Luc Schuiten, Vegetal City Les Jardins Verticaux À Bruxelles,1982. http://www.vegetalcity.net/en/jardins-verticaux-1995/ (Consultada el 17 de octubre de 2022).

imágenes en sus edificios y los paisajes de la ciudad, y diseños y planos con naturaleza."[45] En este concepto de ciudad el acceso a la naturaleza es necesario para un estilo de vida significativo y feliz, va más allá de replicar formas naturales en los edificios y el diseño, se trata de una actitud ética hacia las formas de vida con las que compartimos nuestro entorno, que en este caso sería la biodiversidad de flora, fauna, minerales y el suelo con los que cohabitamos en la ciudad.

Luc Shuiten generó un imaginario futurista sobre la "ciudad vegetal" que plasmó principalmente a través de la ilustración, en su obra se puede observar la relación bilateral entre arte y arquitectura al igual que su sensibilidad ambiental e interés en la sustentabilidad de las ciudades.

En *El jardín de los delirios: Las ilusiones del naturalismo* Ramón del Castillo reclama la exigencia actual de un compromiso ecológico, exigencia que considera forzada de integrar naturaleza en las construcciones. Rechaza las obras arquitectónicas con vegetación que responden a una estética de lo espectacular y que, por la complejidad de los sistemas para integrar plantas, resulta irónico que, bajo la premisa de evocar a la naturaleza, esos sistemas perpetran la artificialidad y en realidad no resultan sustentables.

Enfatiza que "Apelar a valores como sostenibilidad no tranquiliza. Tanto la arquitectura verde como la biomórfica nos inquietan." [46] De esta manera el autor hace una severa crítica a una arquitectura verde que representa valores ecológicos que en realidad son una ilusión verde y llama "engañoso" el proyecto de las Ciudades vegetales de Luc Shuiten.

---

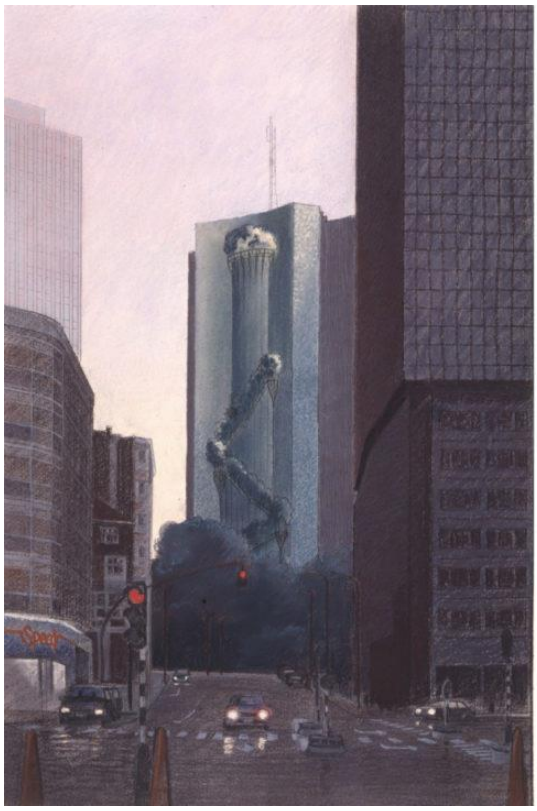
[45] Timothy Beatley, *Biophilic Cities: Integrating Nature Into Urban Design and Planning*. Washington: Island Press. 2011. P. 46

[46] Ramón Del Castillo, *El jardín de los delirios. Las ilusiones del naturalismo*. Madrid: Turner. 2019. P. 381

Preguntarse si crear ambientes que luzcan naturales que en realidad son poco sostenibles y ecológicos es necesario para buscar alternativas con un menor impacto social, natural y económico, sin embargo, cabe resaltar que las propuestas de Luc Shuiten no han llegado a ser en su mayoría proyectos realizados, el planteamiento teórico y la producción gráfica del arquitecto belga es una referencia para reflexionar en torno al modo de habitar las ciudades no como una respuesta o solución, sino como la posibilidad de imaginar y crear espacios habitables con elementos naturales que no dañen más el ambiente y que tengan un impacto positivo.



(fig. 11) Luc Shuiten. Jardines verticales en Bruselas, 1982

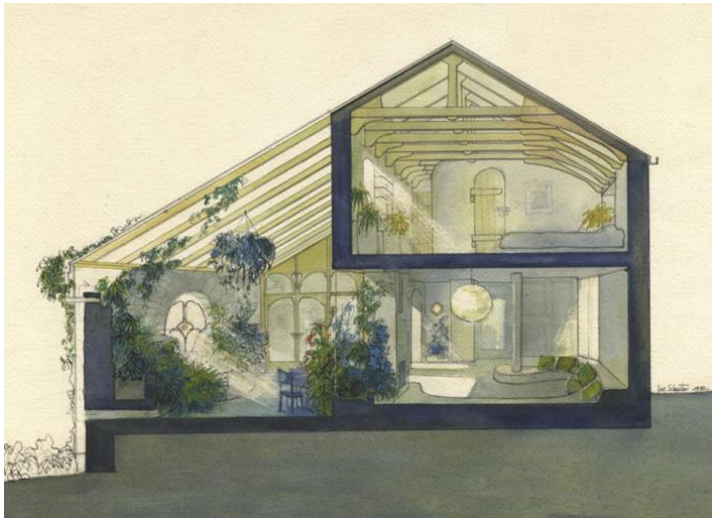




(figs. 12 y 13) Luc Shuiten. Jardines verticales en Bruselas, 1982



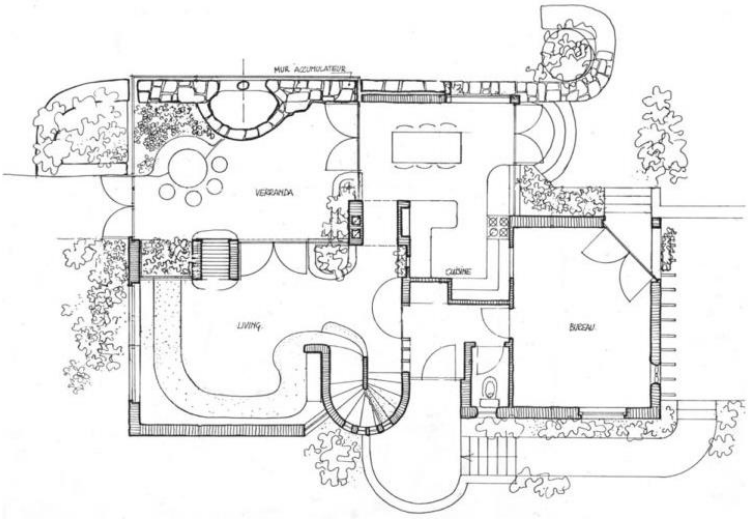
(fig.14) Luc Shuiten. Jardines verticales en Bruselas, 1982



(fig. 15) Luc Shuiten. Ilustración, Casa Bioclimátic en Rosières, 1980

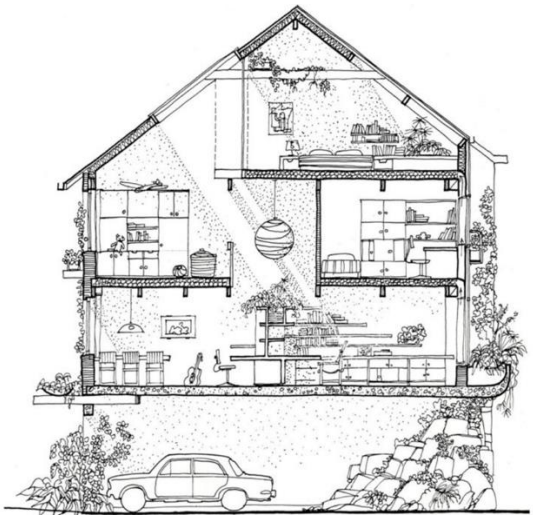


(fig. 16) Luc Shuiten. Interior, Casa Bioclimátic en Rosières, 1980



(fig. 17) Luc Shuiten. Plano, Casa Bioclimátic en Rosières, 1980





(figs. 18 y 19) Luc Shuiten. Ilustraciones, Casa Ciudad Biosolar 1979

2.2 Jardines y cubiertas vegetales como expresión artística

Las cubiertas vegetales de Fredensreich Huntertwasser

Friedensreich Hundertwasser (1928-200), cambió su nombre de nacimiento, Frederick Stowasser, en 1949 para insertarse en la escena del arte. Fue un artista, arquitecto, diseñador y ecologista austriaco de origen judío. Fue principalmente escultor, pero dentro de su multifacética obra realizó pintura y arquitectura, con enfoque en el diseño de cubiertas vegetales y formas orgánicas.

Pierre Restany en su obra biográfica sobre el artista *The Power of Art Hundertwasser.The Painter-King with the Five Skins* desarrolla el pensamiento del autor y su filosofía de vida que plasmó en su Manifiesto de las “cinco pieles” Primera piel:

Epidermis; Segunda piel: la ropa; Tercera piel: la casa; Cuarta piel: El entorno social e identidad; la Quinta piel: El ambiente global, ecología y humanidad. [47]

La Primera piel: Epidermis, es la interpretación de Hundertwasser sobre el cuerpo humano en el que describe que la epidermis, como capa exterior de la piel es uno de nuestros recursos para percibir el entorno y la arquitectura a través del sentido del tacto, representa el vínculo entre el ser humano con los ecosistemas del planeta. También fue una forma de expresar su oposición al racionalismo en arquitectura, al defender la expresión creativa e individual.

La Segunda piel: Ropa, es un llamado a oponerse a la sociedad de consumo donde denuncia la hegemonía de la industria de la moda y que propuso romper a partir de la expresión individual, por lo que diseñó ropa para sí mismo.

La Tercera piel: la casa es el elemento que vincula al ser humano con su entorno, para Hundertwasser la casa o construcciones humanas deben estar en armonía con la naturaleza y procurar bienestar al habitante que es un resultado directo de la interacción con los elementos naturales del paisaje, el suelo, el agua los árboles, las plantas y los animales: "nuestras ciudades son la realización de los caprichos dementes de arquitectos criminales que nunca hicieron el juramento hipocrático de la arquitectura: me niego a construir casas que puedan dañar a la naturaleza y a las personas. Un buen edificio debe lograr unir dos cosas: La armonía con la naturaleza y la armonía con la creación humana individual[48]

La Cuarta piel: ambiente social e identidad, se refiere a la relación entre una sociedad con su medio natural adquiere matices particulares de acuerdo a la cultura a la

---

[47] Pierre Restany, *The Power of Art Hundertwasser: The Painter-King with the Five Skins*. Colonia: Taschen. 2001.

[48] Harry Rand, *Hundertwasser*. Köln: Taschen. 2007. P. 146

que pertenezca, Hunderwasser procuró en su obra, activismo y escritos reconocer los signos de individualidad y creatividad, donde cada individuo debe ser cuidadoso e independiente en las decisiones sobre su estilo de vida que afecten al planeta, en un ejercicio de conciencia y expresión de la creatividad individual y trasladarlo al ámbito social, pues es en comunidad donde los cambios pueden impactar a escala global.

La Quinta piel: El ambiente global, ecología y humanidad es un tratado de paz, propone restaurar los territorios dañados por los humanos, y en el entorno urbano, propone permitir que la vegetación espontánea recupere los edificios[49] en la arquitectura la aplicación responsable de los avances tecnológicos en conjunto con la expresión creativa es una forma de conciliar el hábitat humano con el planeta.

En su crítica al Movimiento Moderno, propone devolver libertad a los edificios con formas orgánicas, la aplicación de color y de cubiertas vegetales que integren la casa con el paisaje. El Hotel Rogner Bad Blumau y el Waldspirale edificio residencial en Darmstadt, Alemania construido en la década de 1990 son ejemplos de la aplicación de estos principios (fig. 20 y 21).



(fig. 20) Hotel Rogner Bad Blumau, Viena

[49] Ove Jakobsen, "Friedensreich Huntertwasser. The Five Skins of the Ecological Man" en *Art, Spirituality and Economics*. Oxford: Springer. 2018. P. 48



(fig. 21) Waldspirale, 1990s. Alemania

Jardines verticales de Patrick Blanc

Patrick Blanc es un pionero en el diseño de jardines verticales. En 1978 se licenció en Biología y se especializó en Botánica y, desde 1982, es investigador del CNRS (Centro Nacional para la Investigación Científica) y responsable del Laboratorio de Biología Vegetal Tropical de la Universidad de París VI Pierre et Marie Curie. En 1986 diseñó el jardín vertical de la Ciudad de las Ciencias y la Industria de París y, en 1988, registró la patente número 8810705 para su invención de los jardines verticales. [50]

Sus jardines tienen un sentido experimental, ya que se encarga de probar distintas especies, principalmente de climas tropicales, para adaptarlas al sistema y condiciones ambientales en las distintas ciudades europeas donde se encuentra su obra y tienen sentido artístico sobre la fundamentación ecológica o la elección de plantas nativas.

[50] Patrick Blanc, la vida en un jardín vertical. Julio 2022 https://www.france.fr/es/actualidad/articulo/patrick-blanc-la-vida-en-un-jardin-vertical (Consultada el 29 de octubre de 2022).

¿Qué es lo que hay en un muro vegetal? Muchas especies. Un dibujo. Yo dibujo olas que evocan acantilados. Cuando la gente se enfrenta a uno de mis muros, está delante de un fragmento de naturaleza que llega a la ciudad. Creo que evocan imágenes, hayan sido vistas durante un viaje o en un documental. Y, contrariamente a un jardín, que se puede cambiar o retocar cualquier día, en un muro vegetal no se puede intervenir cualquier mes. Un muro es autónomo. La planta se coloca para que crezca a largo plazo. Es un fragmento de la naturaleza invitado en la ciudad.[51]



(fig. 22) Jardín vertical del Museo Quai Branly en París



(fig. 23) Puente Max Juvenal Aix en Provenza

[51] The private jungles of Partick Blanc. GREEN TOSHARE Entrevista. 2003. https://www.youtube.com/watch?v=31AgLaIMvis (Consultada el 29 de octubre de 2022).

Los jardines de Piet Oudolf

El paisajista holandés Piet Oudolf ha dedicado su práctica a la creación de jardines desde la experimentación con plantas nativas para crear jardines que transformen sus tonalidades con los cambios estacionales. Su obra se caracteriza por la atención a la plantación y el color, para Piet: "La estructura es el componente más importante en una plantación exitosa, el color también es importante, pero no deja de ser una consideración secundaria."[52] Como diseñador, basa la selección de plantas por la estructura que aportarán al jardín, y son sus cambios estacionales, con colores y texturas que se transforman con el paso del tiempo, que hacen dinámicas sus composiciones.

Una de las aportaciones principales de Peit Udolf al diseño de jardines es el enfoque en la plantación, en su búsqueda de crear orden mediante los elementos visuales y la vegetación. El tiempo también es un elemento principal, ya que la constante transformación a lo largo del tiempo da cuenta de los ciclos naturales e imprime de autenticidad sus jardines. Sus escritos *Designing wiht Plants*, *Dream Plants for the natural Garden* y *Gardening with Glases*, ha tenido una notable influencia en el paisajismo en Europa. En el documental "Five Seasons: The Gardens of Piet Oudolf", el paisajista muestra cómo crea los planos de sus jardines, para los que desde el inicio del proyecto visualiza la interacción de las plantas entre sí y a lo largo de las estaciones.



[52] Andrew Wilson, [Trad. Manuel Piojan Rotgé] *Paisajistas que han creado escuela*. Barcelona: Blume. 2006. p. 49

(fig. 24,) Diagrama, Jardín de Durslade, en Reino Unido.En “Five Seasons: The Gardens of Piet Oudolf”



(fig. 25) Diagrama, Jardín de Durslade, en Reino Unido.En “Five Seasons: The Gardens of Piet Oudolf”



(fig. 26) Diagrama, Jardín de Durslade, en Reino Unido.En “Five Seasons: The Gardens of Piet Oudolf”

En este segundo capítulo se expuso la obra de artistas, diseñadores y biólogos que exploraron el potencial de diversas plantas, incluidas las suculentas, en la arquitectura. Desde crear imaginarios en pinturas, ilustraciones y modelos, hasta la edificación con elementos vegetales de muros, azoteas, terrazas; y la creación de jardines. La vegetación como material de construcción y carácter artístico es constante y los autores la expresan en sus obras al crear atmósferas, evocar imágenes o usar el color para componer jardines. A través de esta visión interdisciplinaria para generar propuestas con valor ambiental y estético, han enriquecido la arquitectura y la arquitectura de paisaje.

Capítulo 3

Crasuláceas en jardines y cubiertas vegetales

Capítulo 3

Crasuláceas en jardines y cubiertas vegetales

3.1 Historia cultural y natural de las Crasuláceas

Las plantas crasas, es decir, carnosas o suculentas, tienen tejidos gruesos que están adaptados para almacenar agua en los tejidos de sus hojas, ya que su hábitat principalmente es en regiones semiáridas, en este grupo se pueden identificar los agaves, las cactáceas y las crasuláceas. La mayoría de las especies de Crasuláceas tienen porte pequeño a mediano de 5cm hasta 1.5 m. Crecen con poca disponibilidad de agua y sustrato. De acuerdo con Urs Eggli, investigador de la Universidad de Zúrich, la familia botánica *Crasulaceae* se integra de aproximadamente 1400 especies en 33 géneros aceptados "es una familia de interés para la horticultura, principalmente como plantas perennes resistentes para jardines de rocas, y más recientemente, por establecer techos verdes o `vivientes´".[53] Su uso se ha difundido en diferentes regiones del mundo por su resistencia ante las adversidades ambientales, contaminación y adaptación a diferentes climas.

Biología

Una de sus principales características es el Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM, por sus siglas en inglés). Se trata de una adaptación en la que sus estomas se mantienen cerrados durante el día para conservar agua en sus tejidos, y los abren durante la noche para liberar oxígeno: "es un ejemplo de adaptación al estrés ambiental y se presenta en

[53] Urs Eggli, (Ed.), *Illustrated Handbook of Succulent Plants: Crassulaceae*, Springer: Berlin, 2003. P. 5

plantas de sitios con periodos de escasa disponibilidad de agua o de CO2."[54] Esto las convierte en plantas purificadoras del aire y en interiores, favorece a oxigenar habitaciones cerradas. El CAM "favorece el uso en interiores, pues contribuye a modificar el ambiente en lugares cerrados como dormitorios u oficinas. Otra adaptación de las plantas es la presencia de vellosidades o polvo llamado pruina, que ayuda a capturar partículas suspendidas en el aire."[55] Las vellosidades o pubescencia en especies como *Echeveria setosa* y la pruina presente es especies de tonalidades pálidas como la *Echeveria lauii*, por mencionar un ejemplo, son cualidades biológicas muy apreciadas como plantas ornamentales que dan textura y colores codiciados en el mercado.

Por otra parte, El caleidoscopio de colores de las crasuláceas se debe al proceso químico de la pigmentación. El cambio de coloración de los pigmentos se genera durante la fotosíntesis, proceso en el que las plantas absorben agua y dióxido de carbono para transformarlos en glucosa y oxígeno. En la fotosíntesis los pigmentos que trabajan son la clorofila (verde), carotenoide (amarillo o naranja) y antocianina (rojo, morado y azul)[56].

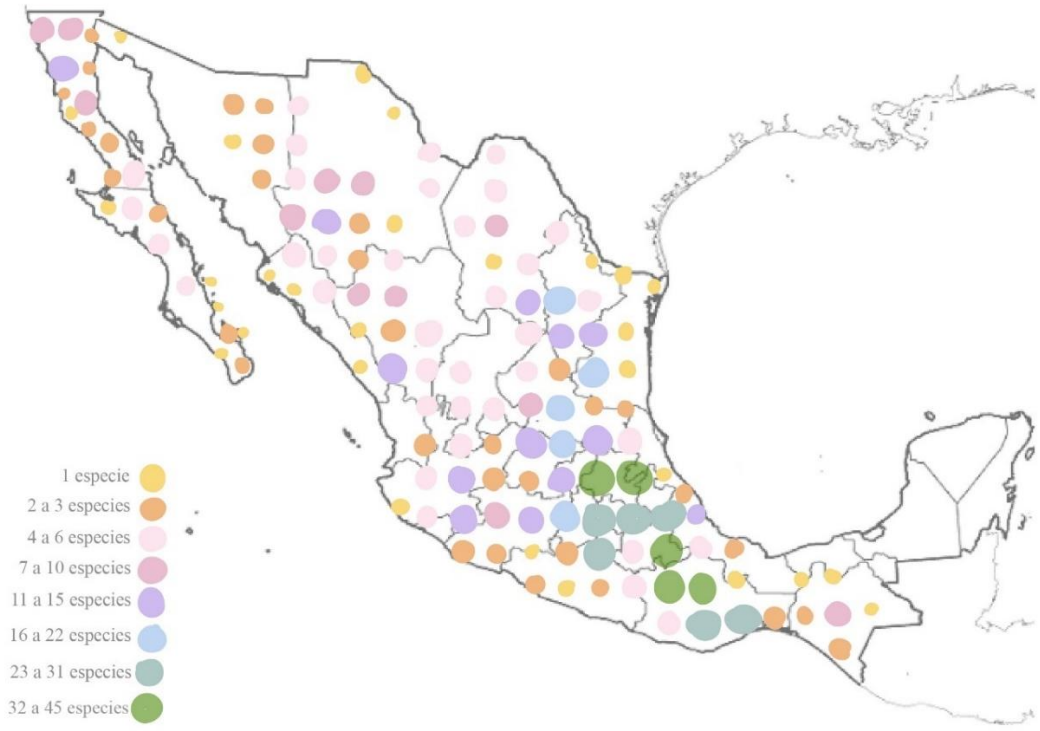
Si las suculentas se encuentran en un espacio con sombra o luz reducida, habrá una tendencia hacia el color verde, ya que la clorofila se encuentra más presente ya que la planta buscará capturar lo que encuentre de luz solar para realizar la fotosíntesis. Por otro lado, si las suculentas se exponen a la luz directa, es más probable que adquieran tonos rojos, morados, rosas o azules, por la concentración de las antocianinas en las plantas. Por ello es posible encontrar especies con tonalidades azules, violetas y rosas pálido en las zonas secas del norte del país, mientras que en el centro son más comunes

[54] Environmental Physiology and Productivity". *Botanical Sciences*, no. 81 (December), p. 37. https://doi.org/10.17129/botsci.1764 (Consultada el 9 de febrero de 2023).
[55] Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI). Museo Itinerante para Divulgación y Protección de las Especies Vegetales en la CDMX. 12 Septiembre 2021 https://sectei.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/museo-itinerante-para-divulgacion-y-proteccion-de-las-especies-vegetales-en-la-cdmx (Consultada el 11 de febrero de 2023).
[56] Carolina Bermudez, "Cómo cambiar el color de las suculentas sin dañarlas*"*, AD Magazine. 2021. https://www.admagazine.com/estilo-de-vida/como-cambiar-de-color-las-suculentas-20210310-8237-articulos (Consultada el 22 de febrero de 2023).

las especies con coloración verde. En los *sedums* y las *echeverias* es notorio el cambio de pigmentación, normalmente se presenta con cambios drásticos de temperatura o de exposición a la luz solar.

Hábitat

Las especies de Crasuláceas se distribuyen a lo largo del territorio nacional, se pueden encontrar de manera silvestre en climas áridos y semi áridos al norte del país con especies del género *Dudleya*, *Echeveria*, *Sedum, Tacitus* y *Lenophyllum* mientras que hacia el centro y sur sobresalen los géneros *Echeveria*, *Sedum*, *Phachyphytum*, *Thompsonella* y *Villadia*, donde habitan bosques de Pinus-Quercus y de Quercus, matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio y vegetación subalpina, de acuerdo con la clasificación de Rzedowsky.



(fig. 27) Distribución de especies de Crasuláceas en México basado en Joachim Thiede, 1995.

La Ciudad de México cuenta precisamente con los ecosistemas Pinus-Quercus y de Quercus, matorral xerófilo, por lo tanto, cuenta con el clima propicio para la adaptación de diversas especies.

Recientemente se reconocen más de 300 especies de Crasuláceas en México, y hay géneros como *Echeveria* que tiene un alto endemismo: "el género *Echeveria*, exclusivo del continente americano con unas 170 especies, de las cuales, más de 140 crecen en México, cifra que corresponde al 85 por ciento del total de la diversidad mundial, lo que convierte a nuestro país en el centro de mayor riqueza de especies de este género." [57] El género *Echeveria* cuenta con una gran cantidad de especies, en el centro del país se distribuyen principalmente en la Ciudad de México, Estado de México, Hidalgo, Puebla, y Querétaro, son los estados en los que se concentra la mayor diversidad, aunque aún son necesarias exploraciones para generar más registros de las especies. Mientras que, en el norte del país, principalmente especies el género *Dudleya* se encuentran amenazadas.

Propiedades medicinales

En tiempos prehispánicos eran usadas por sus propiedades curativas. Por ejemplo, se sabe por los registros que sobrevivieron en los códices que el líquido que contienen era utilizado para tratar infecciones: "Los magueyitos de las piedras (*echeverias*), son anchos, de hojas gruesas; se necesita asarlos, se muelen, se exprimen y se beben. La pulpa que queda se pone encima de la cabeza; se exprimen algunas gotas en el rostro; sacan el calor del cuerpo."[58] Actualmente, aún se aprovechan sus cualidades medicinales.

---

[57] Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI). Museo Itinerante Para Divulgación y Protección De Las Especies Vegetales En La CDMX. 12 Septiembre 2021 https://sectei.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/museo-itinerante-para-divulgacion-y-proteccion-de-las-especies-vegetales-en-la-cdmx (Consultada el 3 de marzo de 2023).

[58] Jerónimo Reyes, Ma. Á. Islas L., O. González Z., P. Carrillo R., F. R. Vergara S., E. Pérez C., y C. P. Brachet I.. *Echeveria. Manual del perfil diagnóstico del género Echeveria en México*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 2011. P. 26

En la región sociocultural de la Mixteca, además del conocimiento tradicional de las propiedades medicinales de las Crasuláceas, también se ha identificado su uso comestible, ornamental, y cosmético de especies *Echeveria gigantea*, *Echeveria sedoides* y *Sedum hensleyanum*[59] en la comunidad de Santo Domingo Tonalá, Oaxaca.

Potencial comercial de procedencia legal

La procedencia legal es importante porque es una forma de garantizar que las plantas no fueron extraídas de su hábitat, por ello es importante acudir a viveros con permisos legales de propagación y cultivo: "para reconocer una planta cultivada, en este caso las crasuláceas, las raíces tienen que ser homogéneas, del mismo tamaño, con un tallo recto que indica que no buscó las oquedades en su crecimiento, a diferencia de la planta extraída o saqueada, cuyas raíces están troceadas e irregulares."[60] Viveros como "Crasuláceas de México" en Acolman, Estado de México, son lugares de procedencia segura.

Conservación ex situ

Cuando se habla de especies amenazadas y en peligro de extinción, probablemente las primeras imágenes que se nos vienen a la mente son las de animales, causado por la destrucción de su hábitat, y por el tráfico de especies. Tal vez nos resulta más fácil empatizar y reconocer la gravedad de la crisis climática al ver osos polares famélicos en glaciares derritiéndose, orangutanes ardiendo en los incendios provocados por las compañías como estrategia para usar ese territorio para la producción de aceite de palma

[59] Magali M., Gladys Isabel M., & Hermes L. "Las Plantas Suculentas útiles de Santo Domingo Tonalá, Huajuapan, Oaxaca, México ." *Polibotánica* , no. 43 (2017):323-350. Redalyc, https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62150424014 (Consultada el 16 de marzo de 2023)
[60] Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI). Museo Itinerante Para Divulgación y Protección De Las Especies Vegetales En La CDMX. 12 Septiembre 2021 https://sectei.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/museo-itinerante-para-divulgacion-y-proteccion-de-las-especies-vegetales-en-la-cdmx (Consultada el 2 de marzo de 2023).

en las selvas Sureste de Asia. O aves exóticas sofocadas en aviones o barcos, las vaquitas marinas atoradas en las redes que los traficantes usan para conseguir el pepino de mar. Son solo un esbozo de las alarmantes imágenes que han dado la vuelta al mundo gracias a internet, pero es menos común asociar destrucción de su hábitat y comercio ilegal con las comunidades vegetales, las cuales, conforman la base de los ecosistemas. Las Crasuláceas se consideran plantas fundadoras, necesarias para preparar el suelo donde la flora pueda crecer, pues es la base para que prosperen otras formas de vida como la fauna.

Un ejemplo reciente es el género *Dudleya*, particularmente *Dudleya pachyphitum* o Siempre viva de la Isla de los Cedros, de acuerdo con un reporte de PROFEPA: "Esta especie, a pesar de no ser una planta de reciente descubrimiento, su demanda ha ido en aumento en el mercado asiático, principalmente en Corea del Sur, por su atractivo como planta ornamental y por las supuestas propiedades medicinales y afrodisiacas que tiene esta planta endémica."[61] La extracción ilegal acarrea el desbalance de los pequeños ecosistemas en los que habitan, además son plantas con potencial biológico de estudio que está en riesgo de perderse por estas prácticas destructivas.

La PROFEPA, en conjunto con el Comité de Vigilancia Ambiental Participativa (CVAP) registró en mayo de 2017 la detención de una camioneta y un camión que transportaban 64 cajas con 4,756 plantas. Y hacia finales del 2019 entregaron 1,356 piezas de Siempre vivas que se resguardaron en las instalaciones del sector naval de la Secretaría de Marina Armada de México Isla de Cedros y puestas a disposición para su custodia de

[61] Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Gobierno de México. Siempreviva de la Isla de Cedros: Acciones contra su tráfico ilegal. 08 de junio de 2020. https://www.gob.mx/profepa/articulos/siempreviva-de-la-isla-de-cedros-acciones-contra-su-trafico-ilegal?idiom=es (Consultada el 4 de marzo de 2023).

la Dirección del ANP Reserva de la Biosfera Islas del Pacifico de Baja California perteneciente a la Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas."[62]





(fig. 28) *Dudleya pachyphitum* en su hábitat natural, Naturalista (fig. 21) cateo de PROFEPA

Al acudir a viveros registrados, se procura la procedencia legal de las especies. Tal es el caso del vivero Crasuláceas de México en San Miguel Totolcingo, Acolman en el Estado de México, que cuenta con permisos de propagación. Se realizó una visita a este vivero el 4 de febrero de 2023, de esta visita se enriqueció el material fotográfico para la elaboración de la ficha botánico-paisajística y paleta vegetal. Desde el ámbito comercial es la forma de contribuir al comercio legal de especies. Poder y responsabilidad de los consumidores. La especie *Dudleya britonii* se propaga en el vivero de Acolman y es una alternativa como planta ornamental y uso arquitectónico por su porte medio.

[62] Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Gobierno de México. Siempreviva de la Isla de Cedros: Acciones contra su tráfico ilegal. 08 de junio de 2020.https://www.gob.mx/profepa/articulos/siempreviva-de-la-isla-de-cedros-acciones-contra-su-trafico-ilegal?idiom=es (Consultada el 4 de marzo de 2023).



(fig. 29) *Dudleya britonii*

Desde la esfera académica, la divulgación institucional es fundamental. El Jardín Botánico de la UNAM alberga el Laboratorio Nacional de Biodiversidad y la Colección Nacional de Crasuláceas tienen como misión la investigación y difusión del conocimiento.

En la arquitectura es una forma de incorporar en la vida cotidiana el valor biológico, natural. Comprender que habitar sí impacta en nuestro entorno y atender la vegetación en los espacios habitables como parte del beneficia no solo al ser humano, sino al entorno natural que habita.

Período mesoamericano. Uso medicinal y ornamental

En las culturas de México antiguo, las plantas eran parte de la vida cotidiana como alimento, en ceremonias rituales, como remedios curativos y como elementos constructivos. Como parte del conocimiento y uso tradicional, se sabe que de manera empírica se descubrieron sus propiedades y beneficios:

> "A pesar de que la medicina tradicional no comparte los principios de la medicina institucional moderna, su sustrato empírico-científico es racional. Utilizando el

punto de vista nahua sobre la enfermedad, se realizó una evaluación empírica de 118 plantas medicinales aztecas identificadas en documentos coloniales tempranos, lo cual reveló que casi 85% de los remedios vegetales contienen sustancias bioquímicas que producirían el efecto curativo deseado."[63]

La recuperación de saberes tradicionales en conjunto con la investigación científica sobre estas plantas es una forma de preservarlas y adquirir conocimiento, son elementos que más allá de ser ornamentales, pueden ser motivo de jardines temáticos medicinales.

De las Crasuláceas se tiene registro en el Códice Cruz Badiano de 1552 y en el Códice Florentino de 1577:

"Se dice que eran para curar el dolor de cabeza, bajar la temperatura y refrescar el cuerpo, como antiséptico en heridas y llagas, para aliviar quemaduras, lavar y desinfectar la boca, quitar la irritación de ojos e incluso para deshacer carnosidades. En la actualidad, en zonas indígenas como la Mixteca oaxaqueña, el uso de las Echeverias se limita a la limpieza dental, utilizando las hojas frescas para tallar los dientes."[64]

Este conocimiento tradicional se ha mantenido en las comunidades donde habitan las Crasuláceas, y, además, estas propiedades medicinales son motivo de estudio científico que aún no ha sido completamente explorado. Hasta el día de hoy se descubren especies nuevas, por lo que esta familia botánica es campo fértil para la investigación.

[63] Robert Bye y Edelmira Linares, "Plantas medicinales del México prehispánico", Arqueología Mexicana núm. 39. https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/plantas-medicinales-del-mexico-prehispanico (Consultada el 13 de marzo de 2023).

[64] Reyes S., P. J., Ma. Á. Islas L., O. González Z., P. Carrillo R., F. R. Vergara S., E. Pérez C., y C. P. Brachet I.. *Echeveria. Manual del perfil diagnóstico del género Echeveria en México*. Universidad Autónoma Chapingo. México. 2011. P. 12



(fig. 30) Códice Cruz-Badiano 1552. Capítulo sexto Pág. 23



(fig. 31) Códice Florentino. Historia general de las cosas de Nueva España, Libro XI, f. 141v. (Sahagún, 1577)

Período virreinal. La real expedición Botánica a Nueva España 1789-1803

El siglo XVIII vio florecer una época de crecimiento económico, político y territorial en el Viejo Mundo. Con la instauración de la dinastía de los Borbones en España, posterior a la Guerra de Sucesión, las expediciones científicas aumentaron. Las Reformas Borbónicas permeadas con las ideas de la ilustración tenían como propósito registrar y

dar a conocer al imperio español su territorio de ultramar y su riqueza natural para explotarla: "Una profunda vocación ambientalista, higienista y económica se hallaba ligada al estudio de la naturaleza; los tres reinos – el animal, el vegetal, y el mineral- estaban fuertemente vinculados a la medicina y los procesos productivos."[65] Dentro de sus principales objetivos se encontraban: la expansión comercial marítima, el descubrimiento de materias primas y la creación de nuevos mercados. Así, se llevaron a cabo expediciones marítimas e hidrográficas, cartográficas y naturalistas.

Las expediciones científicas que patrocinó el imperio español de Carlos III a sus territorios de ultramar tenían como propósito conocer, reformar y conservar las posesiones y territorios americanos del imperio. Por ello, las expediciones se conformaron por especialistas en diversas áreas que asegurarían el registro de su riqueza natural:

> "Los componentes de las expediciones se escogieron entre marinos, médicos, boticarios, naturalistas e ingenieros militares españoles, además de algún representante ilustrado de la élite criolla. Como personal de apoyo fueron dibujantes y pintores, formados tanto en academias ubicadas en la metrópoli como en las colonias, quienes se encargaron de representar los ejemplares exóticos y trazar los mapas de los territorios explorados"[66]

Durante el reinado de Carlos III se realizaron tres expediciones científicas. La primera expedición tuvo iniciativa e interés mediático de Francia por el primer ministro de Luis XVI, Turgot, en el virreinato de Perú. La segunda expedición encomendada por Carlos III al médico José Celestino Mutis en virreinato de Nueva Granada donde se

[65] José Mariano Mociño, *La Real Expedición Botánica a Nueva España / José Mariano Mociño y Martín de Sessé 1757-1803,* Ciudad de México: Siglo XXI; Universidad Nacional Autónoma de México. 2010.p. 83
[66] Ibidem, p. 51

enviaron por barco ejemplares de animales, minerales y plantas a Lineo. Para la ciencia, fue un aporte invaluable porque contribuyó a la clasificación científica del mundo natural.

La tercera expedición fue en la Nueva España, dirigida por Martín de Sessé y Lacasta, y José Mariano Mociño. Martín de Sessé y Lacasta fue un explorador y científico español, debido a su formación en Medicina, brindó sus servicios en el ejército y dirigió el Hospital Real del Pilar en Cuba, más tarde se trasladó a Nueva España donde surgió su interés en la creación de un jardín botánico con fines medicinales y una cátedra de botánica. Por su parte, José Mariano Mociño fue un filósofo ilustrado, buscaba renovar la filosofía escolástica.

El objetivo principal de esta expedición era realizar un inventario de la flora novohispana, construir un jardín botánico e instaurar una cátedra de botánica en Nueva España, siguiendo la tradición española: "Sessé solicitó al Rea Jardín Botánico de Madrid le enviaran un jardinero mayor y un ayudante jardinero para que se encargara del arreglo y cultivo de las plantas. El 20 de agosto de 1790 se nombró a Jacinto Lópe del Real Jardín Botánico de Madrid, como jardinero mayor de México y dejar formados a otros en el reino"[67] Las excursiones se llevaron a cabo en el territorio mexicano, California, la Costa Este, Puerto Rico, Nicaragua y el territorio de Nutka, o Isla de Mazarredo, actual Isla de Vancouver, Canadá. De este territorio más septentrional los registros fueron de carácter antropológico al describir los modos y costumbres de los habitantes nativos Macuina, que incluían sus casas, utensilios, muebles, casamientos y costumbres.

En cada territorio explorado se ilustraron especies de flora, fauna y minerales que serían enviados como resultados de la expedición al rey:

> "Carlos II por real orden, establecía los objetivos de la expedición: examinar, dibujar y describir metódicamente las producciones naturales y, particularmente,

[67] Ídem, p. 90

desterrar las dudas y adulteraciones que hay en la medicina y aumentar el comercio; además, suplir, ilustrar y perfeccionar de acuerdo con el estado actual de las ciencias naturales, los escritos que dejó Francisco Hernández, protomédico de Felipe II."[68]

Estas ilustraciones son memoria de la odisea que representaron las expediciones para el registro de la historia natural de América. Gracias a las láminas de dibujos y acuarelas de los artistas Vicente de la Cerda y Atanasio Echeverría y Godoy, de quien en su honor lleva el género *Echeveria*, dan cuenta también de la importancia para el registro de la riqueza natural, y el legado de jardines botánicos e históricos.

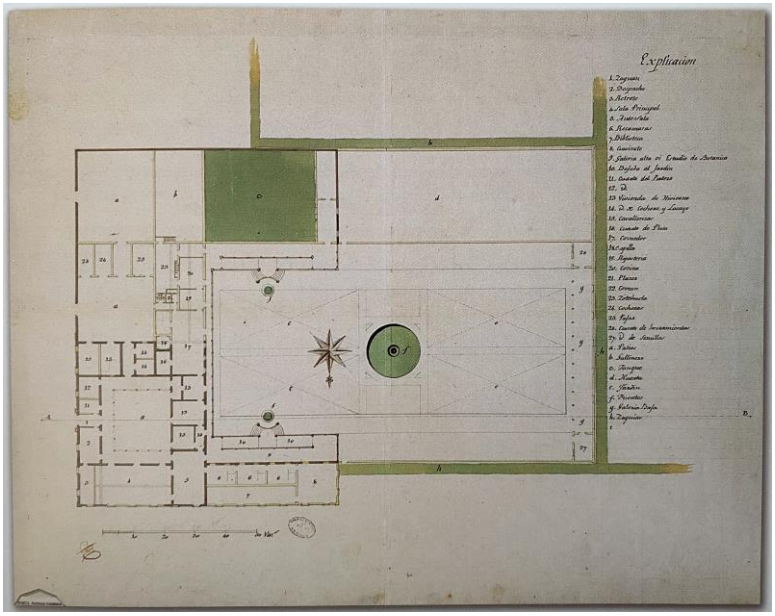




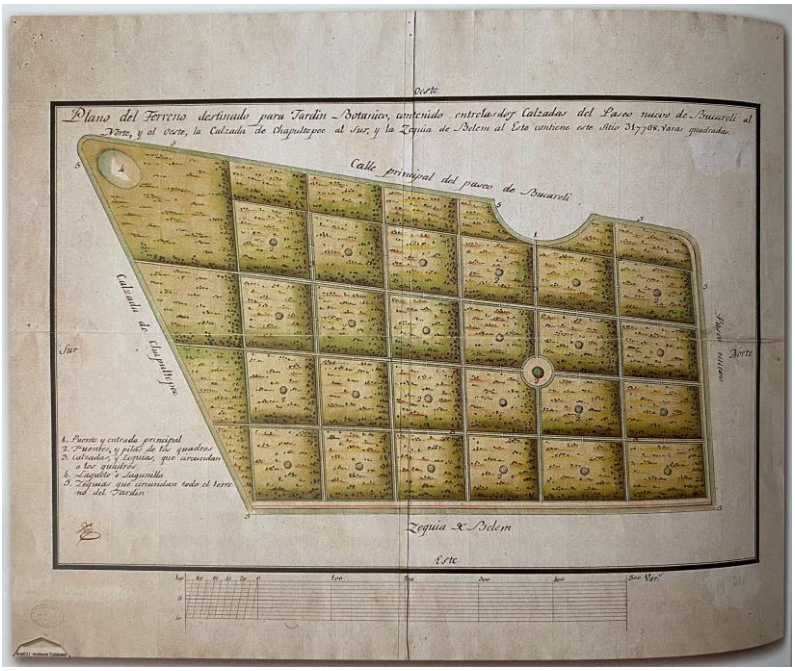
(fig. 32) *Echeveria gibbiflora*, Real Expedición Botánica a la Nueva España, Atanasio Echeverría y Godoy

(fig. 33) *Sedum*, Real Expedición Botánica a la Nueva España, Atanasio Echeverría y Godoy

[68] Ídem, p. 83



(fig. 34) Plano del edificio y terreno del Jardín Botánico que se proyectaba hacer en México, 27 de agosto de 1789. Archivo General de Indias, MP, México. P. 111



(fig. 35) Plano del terreno destinado para Jardín Botánico, contenido entre las dos calzadas del Paseo Nuevo de Bucareli al norte y al oeste, la calzada de Chapultepec al sur, y la acequia de Belén, al este; contiene este sitio 317 768 varas cuadradas. Archivo General de Indias,MP / México 416. P. 90

Siglo XX

Entre los trabajos más sobresalientes donde se encuentra información sobre las Crasuláceas a inicios del siglo XX se encuentra el *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas* (1923). Esta obra del botánico Maximino Martínez (1868-1964) fundador de la Sociedad de Botánica de México, investigador del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México y fundador del herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Politécnico Nacional en 1943 incluye nombres comunes de las plantas en español y náhuatl. Con el tiempo tuvo ediciones aumentadas: *Las plantas más útiles que existen en la República Mexicana* (1928) y *Las plantas medicinales de México* (1934), su obra se considera de gran valor por la extensa información que contiene sobre la herbolaria mexicana:

> "Su Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas, 81 editado todavía en 1994, ha sido fuente de consulta para numerosos trabajos. Contiene un registro de 25 460 nombres de vegetales, seguidos por la descripción, su nombre científico y, en ocasiones, indígena, la familia a la que corresponden, los estados de la República en donde se han observado y los usos que se les dan." [69]

Se menciona en el *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas* el nombre común de crasuláceas, particularmente de las familias *Sedum* y *Echeveria*.[70]

[69] María del Consuelo C., & Carmen L. "Cambios de gobierno en la vida de un botánico mexicano: Maximino Martínez (1888-1964)." Historia Mexicana LVIII, no. 3 (2009):973-1004. Redalyc, https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60012798001. P. 999. (Consultada el 23 de marzo de 2023).

[70] Maximino Martínez, *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1979. p. 144

Maximino Martínez registró los nombres Oreja de burro *Echeveria coccinea*[71] y Siemprevivas del género Sedum: *Sedum dendroideo*, *Sedum 70uítense*, *Sedum roseum*.[72]

3.2 Servicios ambientales de las crasuláceas

El Metabolismo Ácido de las Crasuláceas es una característica biológica en la cual, a diferencia de la mayoría de las plantas, durante el día mantiene sus estomas cerrados, lo que favorece la retención de contaminantes, y libera oxígeno en la noche. De acuerdo con un estudio por Eréndira Arellano-Leyva y Margarita Collazo Ortega, investigadoras de la UNAM en el que estudiaron la capacidad de retención y filtración de contaminantes en azoteas verdes, las Crasuláceas son capaces de retener metales pesados como plomo y azufre, así como hidrocarburos aromáticos policíclicos: "Los (HAPs) son un grupo de más de 100 sustancias químicas diferentes que se forman durante la combustión incompleta del carbón, petróleo y gasolina, basuras y otras sustancias orgánicas como tabaco y carne preparada en la parrilla"[73] y metales pesados provenientes de las zonas industriales.

Las Crasuláceas en la azotea verde extensiva del Jardín Botánico de la UNAM donde se tomaron las muestras incluían los géneros *Sedum* y *Echeveria*: "Las especies plantadas fueron *Sedum dendroideum*, *S. moranense*, *S. acre*, *S. reflexum*, *Echeveria sp*,

---

[71] Maximino Martínez, *Catálogo alfabético de nombres vulgares y científicos de plantas que existen en México*, https://www.biodiversitylibrary.org/item/211824#page/110/mode/1up. p. 445. (Consultada el 31 de marzo de 2023).

[72] Ídem, p. 56

[73] Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades. Resúmenes de Salud Pública - Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) [Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PHA)] https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs69.html (Consultada el 2 de marzo de 2023).

Agave celsii, Mammillaria sp, Opuntia robusta, and O. tomentosa." [74] A partir de este estudio se muestra la capacidad de esta vegetación como infraestructura verde, considerando los servicios ambientales que proporcionan.

3.3 Usos arquitectónicos de las crasuláceas en jardines y cubiertas

Se han mencionado los muros y azoteas verdes como ejemplos de espacios donde las Crasuláceas pueden crecer, sin embargo, no son la única solución técnica y arquitectónica para incorporar vegetación. Es necesaria la creación de áreas verdes para incrementar la permeabilidad del suelo en las ciudades. Por ello, se han incluido diferentes formas de hacer jardín como parte del estudio de la familia botánica por su versatilidad, capacidad de adaptación a diferentes ejes: horizontal, diagonal y vertical; y a sistemas artificiales o más naturales.

La adaptación de las crasuláceas a los muros y techos corresponde con la característica de crecimiento de algunas plantas, que se conoce como epífita. "El término epífito deriva del griego *epi*, arriba, y *phy-ton*, planta, lo que literalmente nos indica que son plantas que crecen encima de otras, nombradas forófito."[75] Epífita se refiere a la planta que crece sobre otro vegetal u objeto como soporte, sin ser parasitaria. Sus raíces crecen en recovecos de los árboles, piedras, o en este caso, fachadas y techos. En las crasuláceas es una estrategia ante el estrés hídrico en ambientes secos para reducir la pérdida de agua.

---

[74] Eréndira Arellano-Leyva & Roberto Huerta-Guzmán, & Margarita Collazo-Ortega, & Manuel Hernández- Quiróz, (2016). *Extensive Green Roofs as a Means to Capture Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Polycyclic Aromatic Compounds*. 37. 1-12. 10.1080/10406638.2015.1105827.

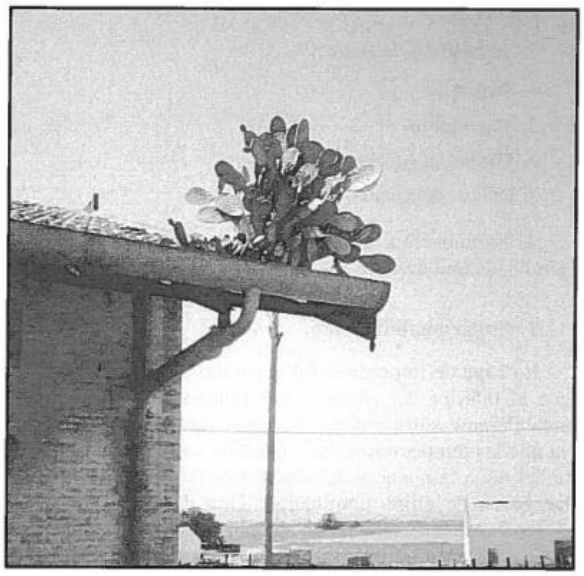
[75] Jacqueline Ceja, Adolfo Espejo, et. Al. "Las plantas epífitas, su diversidad e importancia" *Ciencias*. 2008. p. 36 https://www.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/91/03/Las%20plantas%20epifitas,%20su%20diversidad%20e%20importancia.pdf (Consultado el 8 de junio de 2023)

Por ello, no es poco usual encontrarlas creciendo en cubiertas inclinadas, donde se adaptan sin necesidad de un sistema artificial. Elsa González Zorn ha registrado suculentas creciendo de manera silvestre en techos, muros e incluso en canalones pluviales en algunas ciudades de España.[76] El mediterráneo también es una región con diversidad de especies de Crasuláceas, donde es usual encontrar especies colgantes como plantas decorativas en los balcones.

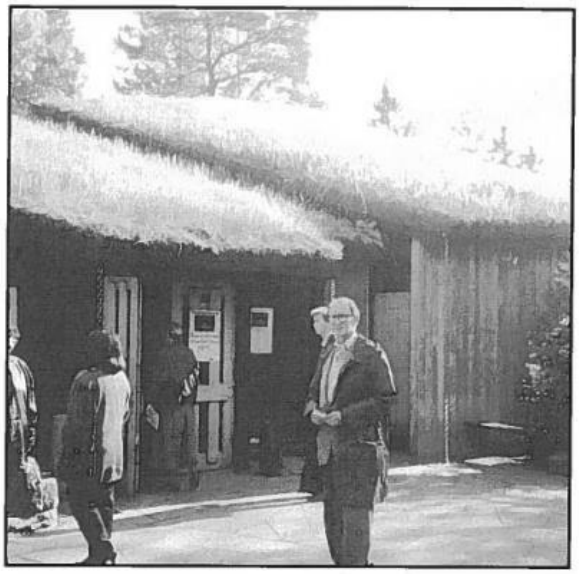


Cubierta inclinada con Sedum en La Quinta de los Molinos, Madrid. Una malla de alambre retiene la tierra y las plantas (foto de la autora).

[76] Silvia Burés, Coord. *Avances en Xerojardinería*. Litoclub: Barcelona, 2000. p. 119-120.



Una Opuntia espontánea aprovecha el canalón en la estación de tren de Balsicas, Murcia (foto de la autora).



Cubierta inclinada con pradera, imitando una técnica de construcción medieval propia de países escandinavos (foto de la autora).

(Fig. 36, 37 y 38) Cubiertas con suculentas. Fotografías por Elsa González Zorn

Este muro en Coajomulco, Morelos, México donde ha prosperado una pequeña colonia de *Echeveria gibbiflora* sin el requerimiento de un sistema artificial, se han logrado enraizar al muro con el mínimo de tierra que han encontrado en las oquedades y porosidad de la roca.[77] Este curioso muro se encuentra en concordancia con la propuesta de Clement Gilles de su *tercer paisaje* sobre la recuperación de espacios residuales y expresión natural de la vegetación.

[77] *Echeveria gibbiflora*, Naturalista https://www.naturalista.mx/observations/29189262 (Consultada el 2 de abril de 2023).




(fig. 39 y 40) Fotografías por Flores-Palacios en Naturalista.com

En este capítulo se demostró el valor de las Crasuláceas como patrimonio natural de México: su rica historia natural, su importancia etnobiológica por su aprovechamiento ornamental, medicinal, comestible y cosmético en comunidades del país, así como sus servicios ambientales como la purificación del aire. Conocer estas cualidades de la familia botánica es fundamental para enriquecer su aplicación en el diseño arquitectónico.

Capítulo 4

Integración de crasuláceas al diseño arquitectónico

Cap. 4 Integración de crasuláceas al diseño arquitectónico

4.1 Conservación de especies en cubiertas, jardines y áreas verdes públicas

La Conservación es la protección y preservación de la naturaleza, sus ecosistemas y las comunidades ecológicas que los habitan. Mediante acciones humanas, busca aprovechar los recursos naturales de manera sostenible y reducir el deterioro y pérdida de biodiversidad.[78] La conservación de flora o de fauna se realiza en dos maneras: dentro de su hábitat natural o conservación *in situ*; y fuera de su hábitat o conservación *ex situ*.

La conservación *ex situ* consiste en mantener elementos vivos de plantas fuera de sus hábitats naturales mediante diversas estrategias, de acuerdo con la CONABIO: "La conservación ex situ, en cautiverio o en colecciones, es la aplicación de una amplia variedad de recursos, técnicas e infraestructuras especializadas que contribuyen a la recuperación y sobrevivencia de individuos o poblaciones fuera de su hábitat. Un objetivo central de la conservación *ex situ* es reducir el riesgo de extinción de especies o poblaciones, en algunos casos con el propósito de restablecer poblaciones nuevas en el hábitat natural."[79]

La conservación *ex situ* es un recurso de apoyo a la conservación *in situ* de la biodiversidad, pues el principal objetivo es el manejo sostenible, protección y restauración de los ecosistemas para evitar la pérdida de especies. Sin embargo, cuando las especies se encuentran amenazadas en su hábitat natural o el propio hábitat está en riesgo, y sus posibilidades que sobrevivir a futuro se reducen, los programas de conservación *ex situ* son importantes para contribuir a la permanencia las especies.

[78] Arturo Gómez-Pompa 1998. La conservación de la biodiversidad en México: mitos y realidades. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 63: 34

[79] José Sarukhán Coord. *Capital Natural de México. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México, 2006.p. 519

Para considerar especies dentro de programas de conservación *ex situ* se determina a partir de estudios ecológicos como dinámica de poblaciones, hábitat disponible, área de distribución y pérdidas. Esta serie de procedimientos y protocolos basados en la investigación científica que indican el estado de conservación de las especies, y proponen medidas para su protección y recuperación, son la guía para crear marcos legales para el manejo de especies como la Autorización, permiso o certificado de importación, exportación o reexportación de ejemplares, partes y derivados de la vida silvestre, y la Norma Oficial 59 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales para determinar las especies de flora y fauna terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras o sujetas a protección especial.

Las instituciones como organizaciones gubernamentales y universidades cuentan con los recursos humanos e infraestructura para realizarlos, Los jardines botánicos son los principales centros de resguardo, investigación y divulgación de la riqueza de flora. Fuera de estos espacios académicos, existen dos métodos parala conservación *ex situ* que pueden realizarse con la participación de la comunidad no especializada. De acuerdo con la CONABIO en *Capital Natural de México*, basado en los métodos de conservación *ex situ* propuestos por Mike Maunder, son los siguientes:

- Cultivo en exhibiciones mixtas o colecciones de referencia: Se refiera a las plantas cultivadas dentro de una colección de referencia en la que se procuran las condiciones ambientales de su hábitat. La mayoría de los ejemplares se encuentran en jardines botánicos y arboretos, generalmente dentro de colecciones m ás grandes, que se enfocan en su representación taxonómica o exhibición hortícola.
- Viveros: centros de reproducción de especies vegetales con el objetivo de incrementar su número para el comercio o reintroducción al medio silvestre.

- Jardín comunal: cultivos de un grupo comunitario (pueblo o familia) como parte de su agricultura tradicional para producir vegetales útiles, por ejemplo, plantas medicinales.

A partir de lo anterior ¿cuál es la relación con la arquitectura? Acudir a viveros registrados, y procurar la procedencia legal de las especies es uno de los puntos fundamentales en el planteamiento y desarrollo de proyectos que incluyan vegetación nativa y, si son especies amenazadas ¿no debería prohibirse su uso para la construcción de jardines, cubiertas y espacios públicos con flora autóctona? Precisamente la propagación de flora bajo el marco legal con fundamento en estudios ecológicos en instituciones y centros especializados son el puente para dar a conocer a la población la importancia de la riqueza vegetal del país. Tal es el caso del Jardín Botánico de la UNAM, que alberga el Laboratorio Nacional de Biodiversidad y la Colección Nacional de Crasuláceas. Tiene como misión la investigación y difusión del conocimiento de la diversidad vegetal del país para su conservación. El programa "Adopta una planta en peligro de extinción" de la Tienda Tigridia, promueve el comercio responsable de crasuláceas y cactáceas.

Mientras que, en el vivero "Crasuláceas de México" en San Miguel Totolcingo, en Acolman en el Estado de México cuenta con permisos de propagación. El Jardín Botánico y el vivero Crasuláceas de México pertenecen a los dos primeros métodos de conservación *ex situ* porque son la base para estudiar, resguardar y propagar especies de Crasuláceas en riesgo. El tercer momento: la creación de jardines comunitarios es donde la arquitectura tiene un papel fundamental, ya que es una forma de incorporar en la vida cotidiana plantas nativas con valor biológico, natural y cultural. Todo este proceso permite reconocer cómo nuestro habitar sí impacta en nuestro entorno, a partir de esa

comprensión, las decisiones que se tomen al diseñar con vegetación deben considerar nuevas alternativas para incorporar este grupo de plantas, tanto en el ámbito público como en el privado.

Crasuláceas en espacios verdes públicos

Los espacios verdes públicos son espacios cubiertos con vegetación donde se realizan actividades sociales, recreativas, deportivas o de convivencia, como jardines, jardines históricos, parques, calles y vías públicas. Se ubican dentro del marco de administración y delimitación del gobierno u organizaciones sociales.[80] La importancia de conocer las especies de flora adecuadas para el uso de áreas verdes en el espacio público es fundamental para generar infraestructura verde en las ciudades.

De acuerdo con la Comisión Europea para la Energía, el Cambio climático y el Ambiente, la infraestructura verde se define como: "Una red estratégicamente planificada de áreas naturales y seminaturales con otras características ambientales, diseñada y gestionada para brindar una amplia gama de servicios ecosistémicos y al mismo tiempo mejorar la biodiversidad."[81] Se ha consolidado como estrategia de adaptación al cambio climático y para mejorar la calidad de vida en las ciudades para combatir los efectos de las islas de calor.

En el contexto mexicano, de acuerdo con Diego Magaña y Elena Tudela, la infraestructura verde se define como una serie de infraestructuras que "integra, la creación y la transformación de los asentamientos humanos, los ciclos y los procesos naturales

[80] Amaya Larrucea Garritz, Éric Orlando Jiménez Rosas. Coords. *Espacios verdes públicos*. *Estudios culturales, sociales y ambientales*. México, UNAM, 2020. p. 16

[81] European Commission. Energy, Climate Chabge, *Enviroment. Green infrastructure. Promoting the use of green infrastructure in all EU policies, to help restore nature and boost biodiversity*.https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/green-infrastructure_en (Consultada el 5 de abril de 2023).

para evitar la fragmentación de los ecosistemas que los sostienen y logra un desarrollo socioecosistémico integrado."[82] La infraestructura verde se integra por redes de proyectos basados en la naturaleza para contribuir al manejo y aprovechamiento hídrico, mejoramiento ambiental, protección de la biodiversidad urbana y propiciar el encuentro de la comunidad con la naturaleza. Los beneficios que aporta son: ambientales, sociales, económicos, culturales y para la salud. Los proyectos se orientan principalmente en los ejes temáticos: agua, biodiversidad, movilidad y espacio público.

Como se ha revisado a lo largo de este trabajo, y a partir de especificaciones mencionadas, las Crasuláceas cumplen los requerimientos para satisfacer las diferentes esferas de beneficios de infraestructura verde en el contexto urbano, a la vez que pueden pueden ser incluidas en proyectos de los diferentes ejes temáticos.

Beneficios de las Crasuláceas como Infraestructura verde	
Ambientales	Retención de metales pesados como plomo y azufre procedentes de zonas industriales. Así como la purificación del aire. Adecuadas para interiores y exteriores.
Sociales	Los espacios verdes detonan actividades recreativas, culturales y contemplativas o de reposo
Económicos	El cultivo y propagación de crasuláceas en viveros se convierte en una fuente de empleo para los trabajadores hortícolas
Culturales	Recuperación de valor histórico y cultural de la diversidad vegetal de México
Salud	Efecto positivo de la vegetación en el estado psicosomático de las personas.

[82] Magaña, Diego, Elena Tudela Rivadeneyra, *Infraestructura verde en ciudades mexicanas*, Ciudad de México: UNAM. 2021. P. 19

Tabla 1. Elaboración propia basado en: *Infraestructura verde en ciudades mexicanas* de Diego Magaña, Elena Tudela Rivadeneyra, et. Al.

Ejes temáticos	
Agua	Plantas adecuadas para la xerojardinería, ya que se adaptan a condiciones con poca agua. También pueden adaptarse fácilmente a ambientes con mayor humedad y convivir con otras especies de flora. Brindan estructura a los suelos donde se asientan
Biodiversidad	Las Crasuláceas son plantas atrayentes de polinizadores como abejas, mariposas, escarabajos, colibríes y murciélagos
Movilidad	Por su diversidad de tamaño pueden ser colocadas en vías públicas como calles, camellones, nodos, aceras, cruces peatonales
Espacio público	Por sus colores, formas y texturas, son ideales para embellecer jardines y parques

Tabla 2. Elaboración propia basado en: *Infraestructura verde en ciudades mexicanas* de Diego Magaña, Elena Tudela Rivadeneyra, et. Al.

Es tarea de los gobiernos e instituciones planear, gestionar e implementar políticas que permitan la adecuada implementación de infraestructura verde en las urbes y para ello, resulta de utilidad generar documentos que brinden información sobre las alternativas más adecuadas para seleccionar e incorporar vegetación. El documento *Selección de la Paleta Vegetal en Proyectos de Espacio Público* que se realizó en el marco de cooperación técnica entre el Gobierno de México, por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y el Gobierno de Alemania, es un ejemplo de la preocupación y cooperación internacional por generar estrategias que en las ciudades mediante la selección adecuada de vegetación para infraestructura verde. La paleta vegetal que se genera a partir de la investigación de las especies de plantas, es una herramienta fundamental que debe considerarse en el proceso de diseño de áreas verdes.

La sostenibilidad y mejoramiento ambiental en las ciudades no es un tema superado, y hoy día, continúan los esfuerzos por presentar soluciones que respondan a las problemáticas ambientales en las ciudades. Dirigir la atención a la creación de paletas vegetales en el espacio público revela la necesidad de adecuarlas a las necesidades ambientales actuales.

Considerar la vegetación como material vivo, también es comprender que cambia a través del tiempo, y, por lo tanto, sus características biológicas son factores que deben tomarse en cuenta en el proceso de diseño: "No es un paisaje atemporal, por el contrario, brindan cambios, por lo que debe entenderse como un sistema vivo que tiene: procesos, relación entre las especies, estacionalidad, ciclos y etapas. Si este concepto se encuentra presente en todas las etapas del proyecto -la planificación, el diseño, la ejecución y seguimiento- es mayor la probabilidad que la inversión brinde un impacto positivo, perdurable y escalable en las ciudades."[83] En el éxito o fracaso de proyectos con espacios verdes públicos, es determinante la elección de especies vegetales.

En jardines y espacios verdes públicos las plantas son parte del material de construcción que conformará los espacios habitables, y, por tanto, forma parte de la planeación y desarrollo desde la concepción de los proyectos hasta su culminación. La adecuada preparación de la paleta vegetal se refleja en las aportaciones positivas a largo plazo, que incluyen: proveer de áreas verdes con beneficios ambientales, dar identidad al lugar, regenerar y conservar los ecosistemas urbanos y promover la interacción de especies de flora y fauna en las ciudades, así como detonar interacciones sociales y con los elementos naturales de los habitantes en los espacios.

[83] González, Gerardo Coord. *Hoja de ruta: Selección de la Paleta Vegetal en Proyectos del Espacio Público*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ)-. México, 2022. P. 5

La importancia de la Paleta vegetal en proyectos de espacio público implica un proceso de investigación y selección: “Las fuentes pueden ser publicaciones científicas, municipales, catálogos de viveros locales u otras. Se recomienda consultar varias fuentes para ampliar la información.”[84] Tener conocimiento de flora que pueda integrarse en el entorno construido a partir de un marco legal, ambiental, cultural y de manejo ético, es necesario para enriquecer las posibilidades del tratamiento de la vegetación para infraestructura verde.

Las Paletas vegetales son documentos con gran potencial a desarrollar, observamos que de las propias plantas se despliega una serie de conocimientos biológicos y culturales, además de las especificaciones técnicas que se requieren conocer para la incorporación de vegetación en el diseño del entorno construido. Tener conocimiento de ellas conlleva una mejora en la selección y planeación de especies. En el Programa Especial de Infraestructura Verde de la Ciudad de México (PEIV-Ciudad de México) se han realizado con éxito plantaciones de *Echeverias* para jardines polinizadores en camellones y vía pública.[85]

[84] González, Gerardo Coord. *Hoja de ruta: Selección de la Paleta Vegetal en Proyectos del Espacio Público*, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ)-. México, 2022. P. 17

[85] Programa Especial de Infraestructura Verde de la Ciudad de México (PEIV-Ciudad de México) SEDEMA. 2022. https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/infraestructura-verde (Consultada el 16 de abril de 2023).



(Fig. 41) Plantación de Agapanthus y Echeveria en la Calzada de Tlalpan.



(Fig. 42) Colocación de vegetación en talud, Canal Nacional.

Polinizadores

La polinización es la transferencia de granos de polen de la parte masculina de una flor (antera) a la parte femenina (estigma) de otra o de la misma flor. Los polinizadores son animales que se alimentan del néctar o polen de las flores y durante sus visitas transportan

accidentalmente polen de una flor a otra, permitiendo la reproducción de las plantas y la producción de frutos.[86]

Los polinizadores comunes de la Ciudad de México son abejas, mariposas, colibríes y murciélagos que contribuyen a la transferencia de polen en diversas especies de flores, arbustos y árboles. En la *Guía para la creación de jardines polinizadores* del Gobierno de la Ciudad de México se clasifican las características de las flores atrayentes de polinizadores acorde a su tamaño, forma y color.[87] En este documento se aprecia que, a mayor diversidad de flores, hay mayor interacción con especies de insectos, aves y murciélagos. Y, además, las cualidades de las flores como su aroma, forma, color y textura atraen a grupos de polinizadores específicos, como se muestran en la siguiente tabla:

Características de las flores que atraen a distintos polinizadores			
Polinizadores	Color	Aroma	Forma
Abejas	Amarillo, azul, morado, radiación ultravioleta	Olores frescos	Poco profundas, con plataforma de aterrizaje, tubulares, con guías de néctar
Murciélagos	Blanco, grisáceo, verde, morado	Almizclados	Copa o trompeta
Colibríes y otras aves	Rojo, naranja, y tonalidades entre rojo y morado	No eligen flores por el olor	Tubulares, embudos y copa. Con lugares resistentes para

[86] Polinización, CONABIO, 2022. https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose/polinizacion (Consultada el 17 de abril de 2023).

[87] *Guía para la creación de jardines polinizadores*, Gobierno de la Ciudad de México. SEDEMA, 2020. P. 26

			perchar (aves diferentes a colibríes)
Mariposas	Rojo, naranja, azul, amarillo, morado y rosa	Ligeros, suaves, frescos y dulces	Tubulares estrechas, con espacio grande para aterrizar.
Escarabajos	Blanco, rosa y tonalidades de verde pálido	Dulces y fuertes	Tubulares, sin lugar de aterrizaje, horizontales.
Moscas	Verde, blanco, crema	Pútridos (material orgánico en descomposición)	Poco profunda en forma de embudo.

Tabla 2. Guía para la creación de jardines polinizadores, Gobierno de la Ciudad de México. 2020.

Ahora bien, las características descritas: forma, color y aroma no se refieren a especies específicas, es un criterio general aplicado que incentiva la relación: a mayor diversidad de plantas, mayor será la diversidad de polinizadores, ya que, diversas especies de plantas con flor pueden ser polinizadas por diversos animales.

La fauna polinizadora de Crasuláceas consta de los grupos mencionados en la tabla anterior y varían de acuerdo con la especie. Por ejemplo, en la Reserva del Pedregal de San Ángel (REPSA) los colibríes son los principales polinizadores de la *Echeveria gibbiflora*, en particular *Cynanthus latirostris* y *Hylocharis leucotis* en raras ocasiones.[88] Sin embargo, se han observado visitas de abejas que aún no están reportadas en publicaciones especializadas.

[88] Víctor Parra, Fabián Vargas y Luis E. Eguiarte, "Reproductive biology, pollen and seed dispersal, and neighborhood size in the hummingbird-pollinated Echeveria gibbiflora (Crassulaceae)". En: *American Journal of Botany*. 1993; Vol. 80, N.º 2. pp. 156 y 157. https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.1537-2197.1993.tb13783.x (Consultado el 9 de junio de 2023)

En Veracruz, por ejemplo, Héctor Jimeno reporta que los principales visitantes florales de *Echeveria Rosea* son colibrís "Se registraron 135 eventos de forrajeo durante 33 horas de observación. Dos especies de colibríes fueron los únicos visitantes en las flores de E. rosea, el colibrí alicastaño (*Lamprolaima rhami*) y el colibrí orejiblanco (*Basilinna leucotis*)." [89] Mientras que de *Echeveria Nebularum* se reportaron dos especies, de las cuales solo se consideró una para el análisis: "Las flores de E. nebularum fueron visitadas exclusivamente por dos especies de colibríes; la especie más frecuente fue el colibrí orejiblanco (*Basilinna leucotis*) y tan sólo tres visitas del colibrí gorjiazul (*Lampornis clemenciae*) por lo que se excluyó de los análisis."[90]

Es importante señalar que los estudios en ecología de la polinización no son muy extensos, no existe un documento o listado de los polinizadores que interactúan con las especies de cada género de la familia *Crassulaceae*. Sin embargo, a partir de avistamientos en el campo, se han observado visitantes florales como las abejas y mariposas que no se mencionan en los artículos citados, pero que también contribuyen a la polinización; además tomando en cuenta el criterio de la Tabla 2, las características de las flores que atraen a distintos polinizadores como tamaño, forma, aroma varían dependiendo de la especie al igual que la producción de néctar, por lo que, es probable que especies aún no reportadas de aves, insectos e incluso mamíferos como los murciélagos polinicen especies de Crasuláceas.

[89] Héctor David Jimeno Sevilla, "Visitantes florales y morfología floral de dos especies de Echeveria DC (Crassulaceae) epífitas del centro de Veracruz". Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. 2018. https://www.uv.mx/citro/files/2018/03/Tesis-David-Jimeno.pdf. p. 16 (Consultado el 12 de junio de 2023)

[90] Idem, p. 33

4.2 Integración de Crasuláceas del diseño arquitectónico. Cualidades estéticas y estructuradoras de las Crasuláceas en el espacio habitable

Entendiendo lo estético como los componentes en el paisaje a los que se les da una valoración de belleza y orden: "La estética es la percepción de la belleza, del orden, de los componentes y de los espacios como están dispuestos en un paisaje. Radica en la educación visual del observador. Esta educación se aprende en el seno de la familia y de la sociedad, se vive a través de los sentidos. Un aspecto de la estética es la valoración del orden y de lo bello en cuanto experiencia sensorial."[91] En el caso de las plantas, los elementos como su color, forma, textura y los cambios que provocan en la sensación térmica, son factores que infieren en la percepción de un jardín o construcción con elementos vivos.

La aplicación de las crasuláceas al diseño se puede considerar en elementos compositivos de diseño como el color, la forma, y la textura. Son cualidades propias de las crasuláceas que pueden aprovecharse de acuerdo con la sensibilidad del diseñador de jardines y con el propósito del proyecto que se desarrolle. La belleza del jardín está asociada al tiempo y se compone de los elementos naturales en él como las plantas, el agua, la luz, y materiales como la piedra. La vegetación testifica los cambios y transformaciones a lo largo del tiempo y las estaciones. En ese sentido, la naturaleza cambiante de las platas vivas cambia en los colores por estaciones y temporadas.

En *La arquitectura en el jardin* Juan José Tuset aborda el color y el tiempo como temas centrales para el diseño de jardines: "El estudio del color y la forma de las plantas y sus flores es indispensable para la creación de un conjunto en armonía. Con el estudio del color de la naturaleza, las acciones del hombre se adaptan a ella y no la fuerzan en un

[91] Gabriela Weiner Castillo Coord. *Glosario de arquitectura de paisaje*. México: UNAM, 2023. P. 103

sentido inverso."[92] Estos elementos en combinación armoniosa, tienen efecto en la percepción de nuestro entorno y carácter simbólico.

El tratamiento del color de la naturaleza se asemeja con el color de la paleta pictórica, y el tiempo expresa su carácter cambiante y transformación continua. Ahora bien, como elemento compositivo el color de las crasuláceas varía en cada especie, y generalmente las rosetas, la inflorescencia y las flores son distintos. Tomando en cuenta lo anterior, las cualidades para considerar en el diseño respecto al color están relacionadas con las estaciones del año. Es temporal, debido a las variaciones tonales de las rosetas e inflorescencias en los períodos estacionales húmedos y secos.

La diversidad tonal de la familia de las crasuláceas tiene la capacidad para generar acentos de color cálidos y fríos que pueden aplicarse para guiar la vista del espectador, así como indicar la circulación en un sendero, delimitar espacios, hacer un remate visual. En las fichas que se presentan a continuación, se realizó el análisis de color de algunas especies en las que, debdo a la diversidad de colores, fue necesario tanto de la roseta como de la inflorescencia.

Ahora bien ¿qué relación tiene lo anterior con los cambios estacionales a lo largo del tiempo? Las crasuláceas generalmente no presentan cambios abruptos en su coloración, sin embargo, en las temporadas secas y frías adquieren un color pálido, y en la temporada cálida y húmeda sus colores se tornan más intensos, y las inflorescencias en su mayoría generan contraste con el color de la roseta que, además, cambia con la maduración de las flores. Esta observación sobre el color, que más adelante se muestra con detalle en la paleta vegetal, es una cualidad que muestra la diversidad de esta familia botánica para su integración en el diseño.

[92] Juan José Tuset Davo, *La arquitectura en el jardín.* Valencia, Editorial Universitat Politècnica de València. 2011 P. 117

Elementos compositivos de diseño

Color

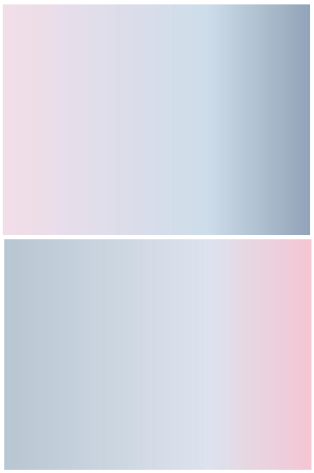


Echeveria lauii

Fotografía: Valeria Bastidas Hinojosa



Paleta de colores



Gradiente



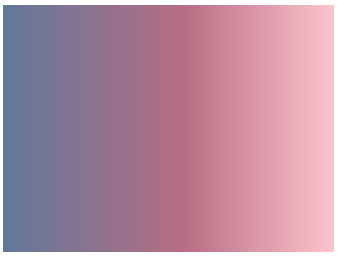
Echeveria lauii
Flores



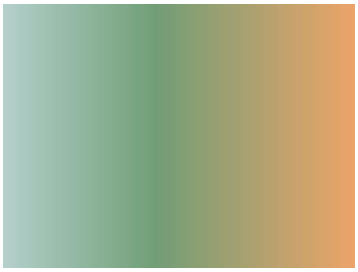
Paleta de colores

Gradiente



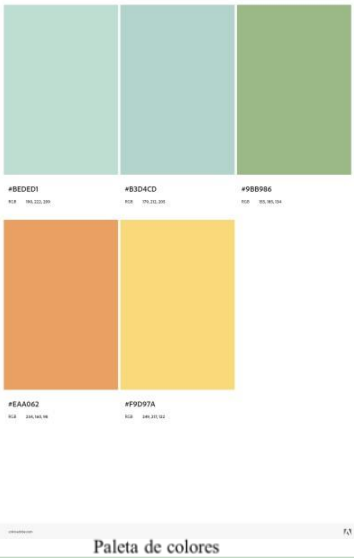






Echeveria uhlii

Fotografía facilitada por Biól. Jerónimo Reyes Santiago

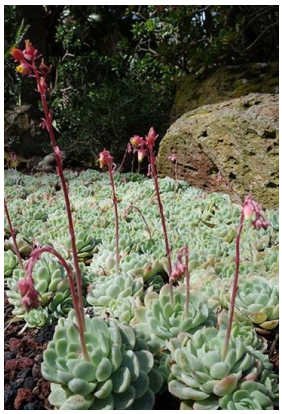


Paleta de colores





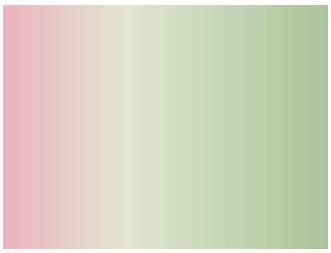
Gradiente

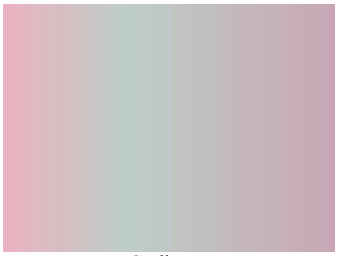


Echeveria elegans



Paleta de colores





Gradiente

https://www.lotusland.org/gardens/the-gardens/succulent -garden/echeveria -elegans -hens-and-chicks1670web7



Sedum clavatum



Paleta de colores

Gradiente





https://clubsuculentas.com/crassulaceae/sedum/sedum -clavatum/



Sedum clavatum

Flores



Paleta de colores



Gradiente

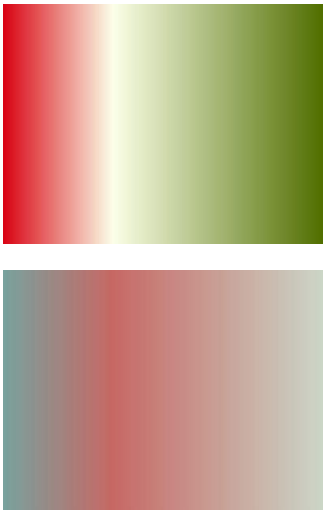
https://clubsuculentas.com/crassulaceae/sedum/sedum -clavatum/



Echeveria longissima longissima
Fotografía: Valeria Bastidas Hinojosa



Paleta de colores



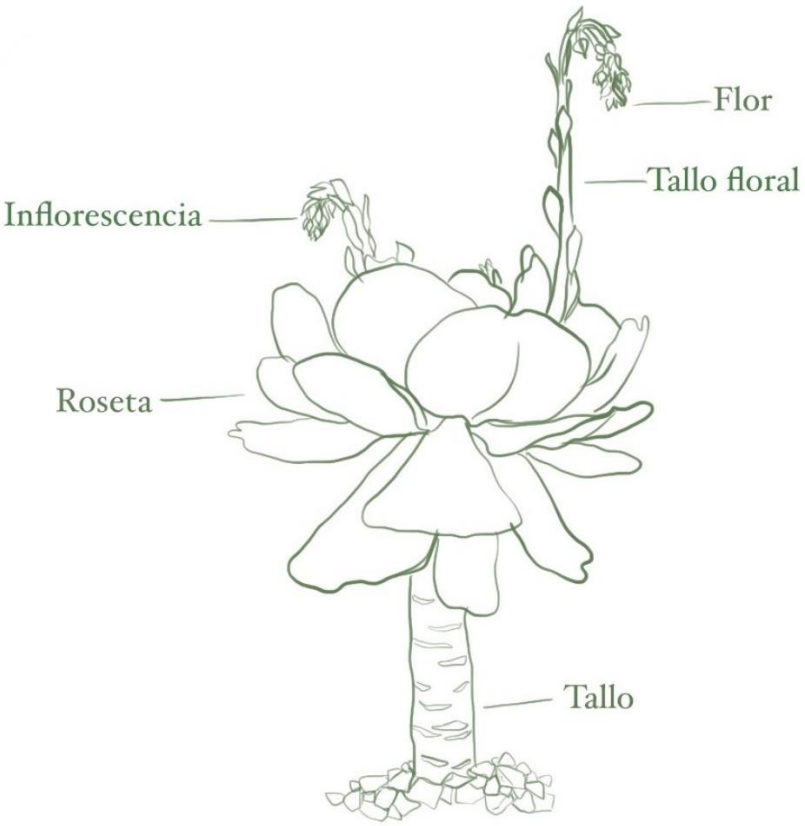
Gradiente

4.3 Criterios de diseño con Crasuláceas

Los Criterios de diseño tienen por objeto emitir recomendaciones sobre el uso de elementos en los espacios. En este caso, los criterios que se considerarán para incorporar Crasuláceas en el diseño del entorno construido son: procedencia legal; las características morfológicas de las plantas, con el propósito de seleccionar las más adecuadas para el espacio arquitectónico del que formarán parte (cubiertas, jardines o espacio público); la paleta de colores de las plantas que resulte más idónea y armónica para el diseño y el contexto del sitio; y finalmente, la normativa para incluir vegetación en cubiertas y espacio público, con énfasis en la Ciudad de México. Con ello se pretenden integrar las características de crecimiento de las plantas, el espacio arquitectónico al que se integran y sus beneficios ambientales y estéticos.

Para ello, es necesario identificar las características morfológicas de las Crasuláceas como el hábito de crecimiento, roseta, tallo floral, inflorescencia y flores (fig. 43). Reconocer cómo varían estas características generales en las diferentes especies es una herramienta para seleccionar las que mejor se adapten al espacio que formarán parte.

A su vez, los datos taxonómicos y técnicos son un apoyo para la elección de las plantas.[93] Por lo que, el hábito de crecimiento es el criterio principal que propongo para elegir las especies que mejor se adapten al plano arquitectónico para su aplicación en el diseño. Las Crasuláceas presentan tres hábitos de crecimiento: erguido, extendido y colgante. [94] Si el plano es vertical, se recomiendan Crasuláceas colgantes en los muros. En un plano horizontal, el crecimiento erguido es apto para jardines, azoteas verdes, y áreas verdes públicas, mientras que en un plano inclinado pueden prosperar las Crasuláceas con hábito de crecimiento de los tres tipos: erguido, extendido y colgante, que puede aplicarse en taludes, jardineras, jardines y parques. (fig. 44).



(fig.43) Características morfológicas generales de las Crasuláceas. Elaboración propia.

[93] Rocío López de Juambelz, Alejandro Cabeza Pérez. *La vegetación en el diseño de espacios exteriores*. 2da Ed. México, UNAM, 1998. p.77
[94] SAGARPA, *Guía de apoyo técnico para la descripción morfológica de plantas de género Echeveria*. 2018. p.50

Tipo de crecimiento

- Colgantes: El tallo tiende a crecer hacia abajo.
- Erguidas: Crecen de manera vertical. El tallo puede ser evidente si se observa sobre el nivel del suelo, o no evidente si no sobresale en la base de la roseta.
- Extendido: Presenta agrupaciones de más de una roseta.



Erguido Extendido Colgante

(fig. 44) Hábito de crecimiento de las Crasuláceas. Elaboración Propia.
Basado en *Guía de apoyo técnico para la descripción morfológica de plantas de género Echeveria* p.50

A partir de identificar la forma y crecimiento de las Crasuláceas se sugieren para las siguientes aplicaciones generales al diseño:

Cubrir suelos

Barreras visuales y físicas

Agrupamientos

Taludes

A sí mismo, el análisis de la forma natural del crecimiento de las Crasuláceas nos da una idea clara de cómo aprovecharlas para integrarlas de manera orgánica, ya que, resulta contraproducente forzarlas a una estructura que no es compatible con su crecimiento, por ejemplo, es usual encontrar plantas cuyo porte es erguido y extendido que no logran adaptarse a la verticalidad del muro y mueren. Las Crasuláceas de crecimiento colgante tienen más adaptabilidad a esta condición en los muros, incluso sin necesidad de sistemas artificiales.

Por ello, las recomendaciones para integrar Crasuláceas en el entorno construido presentan a partir del análisis de la forma natural de su desarrollo, respetar su crecimiento natural, y a partir de ello generar propuestas de diseño, brinda mayor posibilidad de adaptación y permanencia en el espacio arquitectónico.

Cubiertas naturadas

Protección de fachada

Muros

Jardines

Delimitación de espacios

Remate visual

Áreas verdes públicas

Banqueta

Camellón

Jardineras

Glorietas

Jardines

Parques

Norma ambiental

De acuerdo con la Norma ambiental de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SDEDATU) **NOM-001-SEDATU-2021**, el espacio público se ordena en tres rubros, por su función, su administración y escala. Por su función, existen dos tipos de espacio público al que pueden integrarse las Crasuláceas, ya que, en el apartado **8. Elementos mínimos de diseño** se indica que la selección de vegetación debe ser nativa: "8.2.4 Las áreas ajardinadas y el arbolado deben utilizar especies nativas y/o endémicas aprobadas por el marco legal ambiental vigente, que minimicen el mantenimiento y el uso de agua. Se recomienda el diseño de jardines xerófilos acordes tanto con el bioma como con las actividades correspondientes para no aportar al estrés hídrico."[95]

Tanto en los espacios públicos con función de equipamiento público, y los espacios públicos con función de infraestructura, se llevan a cabo actividades complementarias a la habitación y el trabajo. El primer grupo se divide en:

-Áreas verdes públicas (parques jardines y huertos)

-Plazas y explanadas

-Espacios deportivos

-Miradores

Mientras que los espacios abiertos en el equipamiento público que ofrecen conexión y traslado son:

-Vías peatonales

-Vías Primarias

-Vías secundarias

-Vías terciarias

[95] SEGOB, NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDATU-2021, *Espacios públicos en los asentamientos humanos*, Diario Oficial de la Federación, 22 de febrero de 2022. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5643417&fecha=22/02/2022#gsc.tab=0 (Consultado el 3 de julio de 2023)

Así mismo, para la instalación de cubiertas naturadas la norma de construcción para Sistemas de Naturación **NADF-013-RNAT-2017** en el apartado **8.11. Capa de Vegetación** "La capa de vegetación en todos los casos anteriores deberá cubrir al menos el 70% de la superficie del sistema de naturación y no deberá incluir especies invasoras ni exóticas."[96] Ambas normas indican plantas nativas y/o endémicas con bajo consumo de agua, tanto en las edificaciones privadas como en el espacio público. El uso de Crasuláceas en el diseño cumple con ambas normativas.

Criterios de diseño con Crasuláceas	
Procedencia legal	Adquisición de las Crasuláceas en viveros con procedencia legal para su reproducción, propagación y venta. Visibilizar especies en riego o amenazadas.
Características morfológicas	Identificar el hábitat y hábito de crecimiento de las plantas para integrarlas en el diseño arquitectónico
Espacio arquitectónico • Cubiertas naturadas • Jardines • Áreas verdes públicas	Hábito de crecimiento • Erguido, extendido, colgante • Erguido, extendido • Erguido, extendido, colgante
Paleta de colores	Selección de especies por su adaptabilidad al entorno diseñado. El color como recurso de integración al sitio y contexto, tomando en cuenta las variaciones de tonalidad en las temporadas secas y húmedas
Norma ambiental	Uso de plantas nativas y/o endémicas

Tabla 3. Síntesis de criterios de diseño. Elaboración propia

Por su bajo requerimiento de agua NO se recomienda en áreas inundables.

[96]SEDEMA, *Norma Ambiental PROY-NADF-013-RNAT-2017 de Especificaciones Técnicas Para la Instalación de Sistemas de Naturación en la Ciudad De México*, Gaceta oficial de la Ciudad de México, 17 de septiembre de 2018. http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/proyectos-normas/PROY-NADF-013-RNAT-2017b.pdf (Consultado el 3 de julio de 2023)

4.4 Paleta vegetal de crasuláceas para cubiertas vegetales, jardines y áreas verdes públicas

La paleta vegetal se realizó a partir de prácticas de campo en la Colección Nacional de Crasuláceas en el Jardín Botánico del Instituto de Biología de la UNAM, y en el vivero Crasuláceas de México en San Miguel Totolcingo, en Acolman en el Estado de México que cuenta con permisos de cultivo y propagación. Se realizó una visita a este vivero el 4 de febrero de 2023, de esta visita se enriqueció el material fotográfico para la elaboración de la ficha botánico-paisajística y paleta vegetal.

La paleta vegetal indica cada especie de crasuláceas por su **nombre científico**, ya que, permite encontrar información especializada. Como se mencionó en el capítulo 3, no se hallaron los nombres locales en todos los casos, y los nombres comunes como conchita, oreja de burro, siempre vivas se aplican principalmente a los géneros *Echeveria* y *Sedum* por ser los más conocidos y en la bibliografía consultada no todas las especies tenían un nombre común, algunas fueron descubiertas o descritas recientemente.

Se indica también la **distribución** por estado para posibilitar la ubicación de las especies por región con apoyo de su representación gráfica en un mapa de la República de los Estados Unidos Mexicanos. La **dimensión** se refiere al tamaño de las plantas, tomando la roseta para referirse al diámetro y la medida de la base hasta la inflorescencia para indicar la altura en centímetros.

La **floración** se refiere a la temporada de reproducción de las plantas donde las flores permanecen abiertas. El tipo indica que las Crasuláceas son plantas tipo herbáceas perennes suculentas (duraderas que mantienen su funcionalidad y vida más de dos años). El suelo se refiere a la base de tierra donde prosperan las crasuláceas que puede replicarse mediante mezclas de tierra y sustrato.

Las Crasuláceas son plantas que requieren **luz** directa en mayor o menor intensidad según la especie y región de la que provenga. El **riego** se clasificó en abundante, moderado o poco de acuerdo con las estaciones secas y húmedas. El **tipo** de planta indica que son herbáceas perennes, ya que no cuentan con material leñosos y son plantas que permanecen vivas y con sus estructuras funcionales durante más de un ciclo estacional o más de dos años. El suelo indica el material orgánico en el que crecen en su hábitat natural que puede recrearse con sustrato compuesto por tierra y tepojal.

También se indica la **Categoría de riesgo** sobre las especies que se pudo recuperar la información de acuerdo con la **NOM-059 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)** para la protección de especies de flora y fauna en riesgo, y el **Estado de Conservación de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).**

Los **usos en el diseño** se sugieren a partir de la morfología de la especie y su hábito de crecimiento. La información sobre **posibles polinizadores** que se presenta en la paleta vegetal corresponde a la bibliografía consultada que se aportó en este capítulo, las observaciones en el campo, y a los polinizadores comunes de la Ciudad de México. Se representan en ilustraciones con insectos: abejas, abejorros, mariposas, escarabajos; aves: colibríes; y mamíferos: murciélagos.

Se incluyen imágenes de la planta con roseta e inflorescencia, y detalle de la inflorescencia y las flores, ya que, cada una presenta coloración característica. La **paleta de colores** indicados en la paleta vegetal corresponde con el análisis de la roseta, la inflorescencia y las flores. Se seleccionaron con el sistema de códigos de color PANTONE.

Echeveria coccinea

Distribución
Eje Neovolcánico de México
Matorral xerófilo y bosque mixto

Dimensión
1 m de alto x 90 cm de ancho

Floración
Septiembre a febrero

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Abuntante en temporada seca
Poco en invierno





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010
Amenazada

Estado de protección
UICN
En Peligro

Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas



Posibles Polinizadores



Imágenes: https://worldofsucculents.com/echeveria-coccinea-red-echeveria/
https://enciclovida.mx/especies/153266-echeveria-coccinea

Echeveria elegans

Distribución
Querétaro

Dimensión
10 cm de diámetro. Crece en colonias

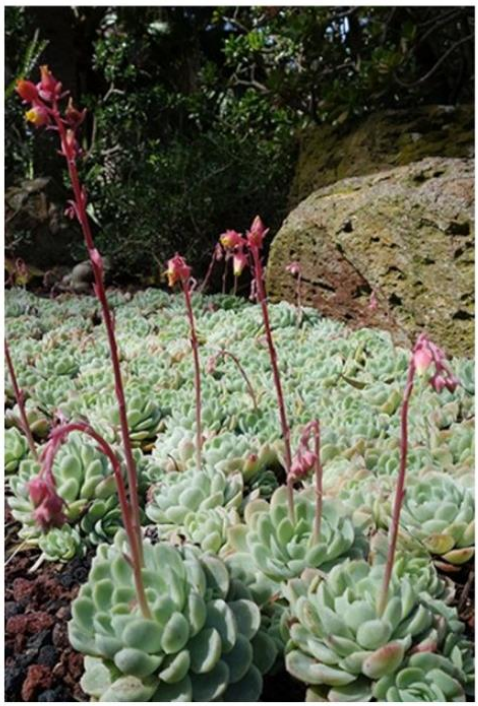
Floración
Septiembre a febrero

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Abuntante en temporada seca
Poco en invierno



Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010
Amenazada

Estado de protección
UICN
En Peligro



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imagen: https://www.lotusland.org/gardens/the-gardens/succulent-garden/echeveria-elegans-hens-and-chicks1670web/

Echeveria gibbiflora

Distribución
Ciudad de de México
Matorral xerófilo y bosque mixto

Dimensión
50 cm de diámetro x 1m de alto

Floración
Julio a Octubre

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Abuntante en temporada seca
Poco en invierno





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010

Estado de protección
UICN



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores

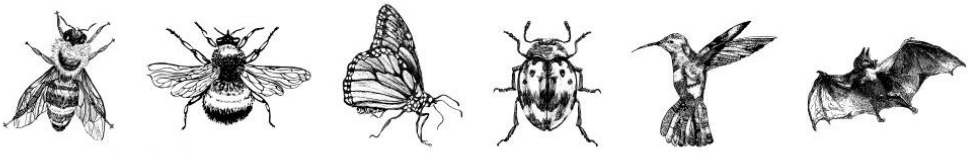


Imagen: Valeria Bastidas Hinojosa
infloresencia: https://www.naturalista.mx/observations/102284974

Echeveria magnifica

Distribución
Oaxaca

Dimensión
90 cm de diámetro x 1.5 m de alto

Floración
Abril a septiembre

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Moderado en temporada húmeda
Moderado en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010

Estado de protección
UICN



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: Valeria Bastidas Hinojosa

Echeveria patriótica

Distribución
Jalisco y Michoacán

Dimensión
50 cm de diámetro x 1 m de alto

Floración
Junio a septiembre

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Moderado en temporada húmeda
Abuntante en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010
Amenazada

Estado de protección
UICN
En Peligro



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: Roseta, Valeria Bastidas Hinojosa
Inflorescencia: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512007000100009

Echeveria setosa

Distribución
Puebla y Oaxaca

Dimensión
7-15 cm de diámetro x 30 de alto

Floración
Mayo a septiembre

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Moderado en temporada húmeda
Abuntante en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010
Amenazada

Estado de protección
UICN
En Peligro



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes:Valeria Bastidas Hinojosa

Echeveria uhlii

Distribución
Oaxaca

Dimensión
4 a 6 cm de diámetro x 15 cm de alto
Crece en colonias

Floración
Marzo a mayo

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Moderada en temporada húmeda
Moderada en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010
Amenazada

Estado de protección
UICN
En Peligro



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: Roseta, Valeria Bastidas Hinojosa
Roseta con inflorescencia: Cortesía de Biól. Jerónimo Reyes Santiago

Echeveria laui

Distribución
Oaxaca

Dimensión
25 cm de diámetro x 30 de alto

Floración
Abril a agosto

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Moderada en temporada húmeda
Moderada en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010
Amenazada

Estado de protección
UICN
En Peligro



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: Roseta, Valeria BAstidas Hinojosa
Infloresencia: Cortesía de Jerónimo Reyes

Echeveria derenbergii

Distribución
Oaxaca

Dimensión
5 cm de diámetro x 15 cm de alto
Crece en colonias

Floración
Junio a septiembre

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Moderado en temporada húmeda
Moderado en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010

Estado de protección
UICN



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: Valeria Bastidas Hinojosa

Sedum clavatum

Distribución
Estado de México

Dimensión
2.5 a 11 cm

Floración
Febrero a agosto

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Moderado en temporada húmeda
Moderado en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010

Estado de protección
UICN
Preocupación menor



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: https://clubsuculentas.com/crassulaceae/sedum/sedum-clavatum/

Sedum sinforosanum

Distribución
Chihuahua

Dimensión
10 cm de diámetro x 10 cm de alto
Crece en colonias

Floración
Marzo a agosto

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Moderado en temporada húmeda
Moderado en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010

Estado de protección
UICN



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: Valeria Bastidas Hinojosa

Sedum suaveolens

Distribución
Durango

Dimensión
15 cm de diámetro x 15 cm de alto

Floración
Marzo a junio

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Moderado en temporada húmeda
Moderado en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010
En peligro de extinción

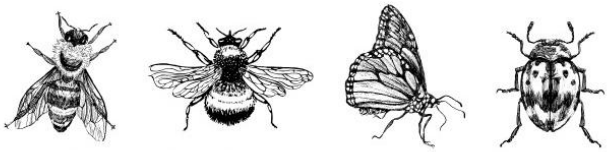
Estado de protección
UICN
En Peligro



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: Roseta, Valeria Bastidas Hinojosa
Flor: https://www.flickr.com/photos/succulents_love/27744507900

Dudleya britonii

Distribución
Baja California

Dimensión
80 cm de diámetro x 1.2 m de alto

Floración
Septiembre a febrero

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Poco en temporada húmeda
Moderado en temporada seca





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010
Amenazada

Estado de protección
UICN



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: Valeria Bastidas Hinojosa

Pachyphytum oviferum

Distribución
San Luis Potosí

Dimensión
50 m de alto x 30 cm de ancho

Floración
Marzo a Mayo

Tipo
Herbácea perenne

Suelo
Pedregoso

Luz
Directa

Riego
Poco en temporada seca y húmeda





Estado de protección
NOM-059-SEMARNAT-2010

Estado de protección
UICN



Usos en el diseño

- Acento de color
- Cubresuelos
- Protección de talud
- Cubiertas naturadas

Posibles Polinizadores



Imágenes: Valeria Bastidas Hinojosa

4.5 Ficha botánico- arquitectónica-paisajística

La ficha botánico – arquitectónica – paisajística se construyó a partir de investigaciones botánicas especializadas de Crasuláceas, por autores como Jorge Meyrán García, Lilian López Chávez, Jerzy Rzedowski, Jerónimo Reyes y Urs Eggli. La tabla se compone de nombre científico, nombre común, familia, distribución, floración, dimension (tamaño), luz y tipo de suelo.

Algunas especies se encuentran con rubros vacíos porque en la bibliografía especializada no se encuentran todos los datos. La tabla presentada es una recopilación de datos que también puede funcionar como guía de especies y facilitar su identificación, y a partir de ella, ampliar la información con datos actualizados obtenidos de la literatura consultada sobre botánica.

Cabe señalar que durante la investigación se encontraron nombres comunes en lenguas nativas de las diferentes regiones del país, pero no de todas las especies, pues no se halló un catálogo que abarcara todas las especies.

Ficha botánico-paisajística

Especies de Crasuláceas nativas de México

*Endémicas

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Crassula closiana		Crassulaceae	Ciudad de México, Estado de México		2-9 cm alto	D	Arenoso, arcilloso
Crassula connata		Crassulaceae	Ciudad de MéxicoEstado de México	Blanco	8 cm alto	D	arcilloso
Crassula drumondii		Crassulaceae	San Luis Potosí	amarillo	10 cm largo	D	pedregoso
Crassula viride		Crassulaceae	Chihuahua, San Luis Potosí		7 cm largo	D	pedregoso
Crassula solieri		Crassulaceae	Baja California Norte		5 cm largo	D	pedregoso

Crassula saginoides		Crassulaceae	Hidalgo, Valle de México: Naucalpan a Tlalpan		13 cm largo	D	pedregoso
Crassula saginoides		Crassulaceae	Hidalgo		2-2.5 cm	D	pedregoso

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Cremnophila tlahuicana		Crassulaceae	Estado de México	Amarillo, verde amarillento		D	pedregoso
Cremnophila linguifolia		Crassulaceae	Estado de México	Blanco		D	pedregoso
Cremnophila nutans		Crassulaceae	Morelos	amarillo		D	pedregoso

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo	Estatus
Dudleya brittoniiy		Crassulaceae	Baja California	Amarillo pálido	2-10 cm	D	Arenoso, arcilloso	
Dudleya pulverulenta	Conchita	Crassulaceae	Baja California	Rojo	25-55 cm	D	arcilloso	
**Dudleya pachyphytum*	Siempre viva de la Isla de los Cedros	Crassulaceae	Baja California	Mayo-Junio	12 cm	D		A
**Dudleya greenei*	Siempre viva de las Islas del Canal	Crassulaceae	Baja California			D	pedregoso	
Dudleya abramsii	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Amarillo pálido, líneas rojas	2-6 cm	D	pedregoso	
Dudleya albiflora	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Blanco	2-10 cm	D	pedregoso	
Dudleya anomala	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Blanco	2-10 cm	D	pedregoso	
Dudleya anthonyi	Siempreviva de la Isla de San Martín	Crassulaceae	Baja California	Rojo	15-50 cm	D	pedregoso	
Dudleya attenuatta	Siempre viva	Crassulaceae	Baja Califoria	Amarillo	2-10 cm	D	pedregoso	
Dudleya brevipes	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Amarillo rojizo	8-10 cm	D	pedregoso	
Dudleya campanulata	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Blanca, rosa	3-8 cm	D	pedregoso	
Dudleya candida	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Amarillo pálido	7-21 cm	D	pedregoso	
Dudleya formosa	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Blanco con rojo	4-13 cm		pedregoso	
Dudleya guadalupensis	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Blanco	3-10 cm		pedregoso	
Dudleya pauciflora	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Amarilllo con rojo	3-7 cm		pedregoso	

Dudleya rigida	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California Sur	Amarilla, verde amarillenta, puntas rojas	6-15 cm		pedregoso	
Dudleya rigidiflora	Siempre viva	Crassulaceae	Baja California	Blanco	5-15 cm		pedregoso	

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Echeveria paniculata	Conchita	Crassulaceae	Aguascalientes	Naranja, amarilla	50 cm	D	pedregoso
Echeveria novogaliciana	Conchita	Crassulaceae	Aguascalientes	Rosa, rosa amarillenta		D	pedregoso
Echeveria coccinea	Conchita escarlata, echeveria	Crassulaceae	Ciudad de México	Roja, naranja, amarilla	60 cm alto	D	pedregoso
Echeveria gibbiflora	Tememetla, oreja de burro	Crassulaceae	Ciudad de México	Rosa, rosa amarillento, malva, celeste		D	Pedregoso,degradado
Echeveria mucronata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Ciudad de México	Amarillo	17-19 cm	D	pedregoso
Echeveria platyphylla	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Ciudad de México			D	pedregoso
Echeveria secunda	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Ciudad de México			D	pedregoso
**Echeveria bella*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chiapas			D	pedregoso
Echeveria coccinea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chiapas	Roja, naranja, amarilla	60 cm lto	D	Arcilloso, pedregoso
**Echeveria goldmanii*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chiapas			D	Cualquiera, pedregoso
Echeveria monatana	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chiapas			D	pedregoso
Echeveria pinetorum	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chiapas			D	pedregoso
*Echeveria *prunia*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chiapas			D	pedregoso
Echeveria rosea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chiapas	Amarillo punta roja	5-9 cm	D	pedregoso
**Echeveria sessiliflora*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chiapas			D	Pedregoso
Echeveria affni	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chihuahua			D	Pedregoso
Echeveria chihuahuensis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chihuahua			D	Pedregoso
Echeveria craigiana	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chihuahua			D	pedregoso
Echeveria paniculata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Chihuahua			D	pedregoso
Echeveria cuspidata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Coahuila			D	pedregoso

Echeveria simulans	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Coahuila			D	pedregoso
Echeveria strictiflora	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Coahuila			D	pedregoso
**Echeveria turgida*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Coahuila			D	pedregoso
Echeveria walpoleana	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Coahuila			D	pedregoso
Echeveria agavoides	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
Echeveria coccinea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
Echeveria fulgens	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
Echeveria crenulata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
Echeveria gibbiflora	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
Echeveria mucronata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
Echeveria platyphylla	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
**Echeveria secunda*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
Echeveria subrigida	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
**Echeveria tolucencis*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México	Rosa, amarillo		D	pedregoso
**Echeveria valvata*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
Echeveria waltheri	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Estado de México			D	pedregoso
Echeveria pulidonis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Jalisco			D	pedregoso
Echeveria rosea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Jalisco			D	pedregoso
Echeveria secunda	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Jalisco			D	pedregoso
Echeveria semivestita	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Jalisco			D	pedregoso
Echeveria subrigida	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Jalisco			D	pedregoso
Echeveria tulimanensis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Jalisco			D	pedregoso
Echeveria triantina	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Jalisco			D	pedregoso
Echeveria walpoleana	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Jalisco			D	pedregoso
**Echeveria colorata*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Jalisco	Rojo anaranjado, amarillo anaranjado	13-30 cm	D	pedregoso
Echeveria dactylifera	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso
Echeveria lozani	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso
Echeveria nayaritensis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso

Echeveria paniculata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso
Echeveria patriotica	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso
Echeveria perezcalixii	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso
Echeveria pringlei	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso
Echeveria roseiflora	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso
Echeveria novogaliciana	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso
**Echeveria calycosa*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Michoacán			D	pedregoso
Echeveria fulgens	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria gibbiflora	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria mucronata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria patriotica	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria paniculata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria semivestita	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria waltheri	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria purepecha	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria crenulata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria fimbriata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Morelos			D	pedregoso
Echeveria peacockii	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Rosa		D	pedregoso
Echeveria lauii	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Naranja pálido, rosa, malva	12-30 cm	D	pedregoso
Echeveria pinetorum	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso
**Echeveria procera*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso
* *Echeveria pulvinata*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Naranja, roja, ápices amarillos o rosa con ápice blancos	8 cm	D	pedregoso
Echeveria purpusorum	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso
Echeveria rosea	Conchita rosada, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Rosa		D	pedregoso
Echeveria setosa	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Rojo, amarillo	4-5 cm	D	pedregoso
Echeveria tencho	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso

**Echeveria skinneri*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso
**Echeveria spectabilis*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso
**Echeveria subcorymbosa*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso
**Echeveria uhlii*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Rojo amarillento, bordes amarillos	4-6 cm	D	pedregoso
**Echeveria triquiana*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso
**Echeveria viridissima*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Amarillo anaranjado	20 cm largo	D	pedregoso
**Echeveria nunuma*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso
**Echeveria zorzaniana*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca			D	pedregoso
Echeveria longissima	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Rojo, amarillo, puntas verdes	7-12 cm		pedregoso
Echeveria olivacea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Verde claro, blanco	9-10 cm		pedregoso
Echeveria derenbergii	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Oaxaca	Rojo, interior amarillo	5 cm	D	pedregoso
Echeveria amoena	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla	Durazno, amarillo, blanco	3-7 cm	D	pedregoso
Echeveria gigantea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria coccinea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria gracilis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria heterosepala	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
**Echeveria leucotricha*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria megacalyx	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria mucronata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria nodulosa	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria nuda	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria peacockii	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
**Echeveria pilosa*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria pulvinata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria purpusorum	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria rosea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso

Echeveria rubromarginata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria setosa	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria subalpina	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Puebla			D	pedregoso
Echeveria bifida	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Querétaro	Rosa, naranja	4-12 cm largo	D	pedregoso
Echeveria elegans	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Querétaro			D	pedregoso
Echeveria humilis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Querétaro			D	pedregoso
Echeveria paniculata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Querétaro			D	pedregoso
Echeveria rosea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Querétaro			D	pedregoso
Echeveria semivestita	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Querétaro			D	pedregoso
Echeveria subrigida	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Querétaro			D	pedregoso
Echeveria tolimanensis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Querétaro			D	pedregoso
Echeveria triantina	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Querétaro			D	pedregoso
Echeveria agavoides	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria angustifolia	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria bifida	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí	Roja, rosa, amarilla		D	pedregoso
Echeveria elegans	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí	Rosa, naranja, punta verde en el botón	3-6 cm largo	D	pedregoso
**Echeveria catorce*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
**Echeveria humilis*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria hyalina	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
**Echeveria lutea*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria paniculata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria rosea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria schaffneri	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria semivestita	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí	Rosa, amarillo	10-14 cm largo	D	pedregoso
Echeveria subrigida	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria unguiculata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria walpoleana	Conchita, echeveria	Crassulaceae	San Luis Potosí			D	pedregoso
Echeveria affinis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Sinaloa			D	pedregoso

Echeveria dactylifera	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Sinaloa			D	pedregoso
Echeveria sp. nov.	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Sinaloa			D	pedregoso
Echeveria chihuahuensis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Sonora			D	pedregoso
Echeveria craigiana	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Sonora			D	pedregoso
Echeveria angustifolia	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria lyonsii	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria mucronata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria rodolfi	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria rosea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria runyonii	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria semivestita	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria shaviana	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
**Echeveria tamaulipana*	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria unguiculata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria walpoleana	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tamaulipas			D	pedregoso
Echeveria coccinea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tlaxcala			D	pedregoso
Echeveria mucronata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tlaxcala			D	pedregoso
Echeveria secunda	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tlaxcala			D	pedregoso
Echeveria subalpina	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tlaxcala			D	pedregoso
Echeveria subrigida	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Tlaxcala			D	pedregoso
Echeveria amoena	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria canaliculata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria carnicolor	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria coccinea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria diffractens	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria lurida	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria mucronata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria nebularum	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria nuda	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz	Rojo, punta amarilla	5-9 cm	D	pedregoso

Echeveria polidonis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria racemosa	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria rosea	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria rubromarginat	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria subalpina	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria secunda	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Veracruz			D	pedregoso
Echeveria cante	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Zacatecas	Rojo anaranjado	30-40 cm	D	pedregoso
Echeveria paniculata	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Zacatecas			D	pedregoso
Echeveria perezcalixi	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Zacatecas			D	pedregoso
Echeveria tenuis	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Zacatecas			D	pedregoso
Echeveria harmsii	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Origen desconocido			D	pedregoso
Echeveria prolifica	Conchita, echeveria	Crassulaceae	Origen desconocido			D	pedregoso

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Graptopetalum macdougallii		Crassulaceae	Oaxaca	Verde, verde amarillento, pùrpura		D	pedregoso ,arcilloso
Graptopetalum ametistitinum		Crassulaceae	Durango, Jalisco (Sierra Madre)	Rojo, blanco, amarillo		D	Arcilloso, pedregoso
Graptopetalum superbum		Crassulaceae	Jalisco	Amarillo verdoso con manchas marrón rojizo		D	Arcilloso, pedregoso
Graptopetalum sinaloensis		Crassulaceae	Sinaloa			D	pedregoso
Graptopetalum bartramii		Crassulaceae	Chihuahua, Sonora			D	Cualquiera, pedregoso
Graptopetalum filierum		Crassulaceae	Chihuahua	Blanca con manchas rojas		D	pedregoso
Graptopetalum fruticosum		Crassulaceae	Jalisco	Amarillo pálido, manchas rojas		D	pedregoso
Graptopetalum occidentale		Crassulaceae	Chihuahua, Sinaloa	Manchas púrpura		D	pedregoso
Graptopetalum pachyphyllum		Crassulaceae	Querétaro, Hidalgo, Guanajuato, San Luis	Blanco con manchas rojas		D	pedregoso

			Potosí, Jalisco				
Graptopetalum paraguayense		Crassulaceae	Desconocida. Material cultivado desde 1904	Blanco con puntos rojos		D	Pedregoso
Graptopetalum pentandrum		Crassulaceae	Desconocida. Cultivada en Jalisco	Blanco amarillenta con puntos rojos		D	Pedregoso
Graptopetalum pusillum		Crassulaceae	Durango	Amarillo, manchas rojas		D	Pedregoso
Graptopetalum rusbyi		Crassulaceae	Chihuahua, Sonora	Blanco o verdoso con manchas rojo oscuro		D	pedregoso
Graptopetalum saxifragoides		Crassulaceae	Durango	Blanco, amarillo con bandas púrpura		D	pedregoso
Graptopetalum		Crassulaceae				D	
Graptopetalum		Crassulaceae				D	
Graptopetalum		Crassulaceae				D	
Graptopetalum		Crassulaceae				D	
Graptopetalum		Crassulaceae				D	
Graptopetalum		Crassulaceae				D	
Graptopetalum		Crassulaceae				D	

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Pachyphytum bracteosum		Crassulaceae	Hidalgo	Rojo		D	pedregoso
Pachyphytum brevifolium		Crassulaceae	Guanajuato	Blanco, amarillo, mitad superior rojo carmín, punta verdosa		D	pedregoso
Pachyphytum caesium		Crassulaceae	Aguascalientes	Gris, gris verdoso, crema verdosa, rojo ventralmente		D	pedregoso
Pachyphytum coeruleum		Crassulaceae	Cultivada en la Ciudad de México, posiblemente procedente de Querétaro e Hidalgo	Amarillo pálido, verde en punta		D	Pedregoso, cualquiera

Pachyphytum compactum		Crassulaceae	Hidalgo, Querètaro	Rojizo con punta verdosa		D	Cualquiera, pedregoso
Pachyphytum fittkaui		Crassulaceae	Guanajuato, San Luis Potosí	Amarillo pálido, verdoso en la punta		D	pedregoso
Pachyphytum graciae		Crassulaceae	Querétaro	Rosa claro		D	pedregoso
Pachyphytum glutinicaule		Crassulaceae	Hidalgo, Querétaro	Rojo		D	
Pachyphytum hookeri		Crassulaceae	Desconocido	Rojiza amarillenta, amarillo pálido al interior, punta rojiza		D	pedregoso
Pachyphytum kimnachii		Crassulaceae	San Luis Potosí	Blanco, rosado, mancha carmín		D	Pedregoso
Pachyphytum longifolium		Crassulaceae	Hidalgo	Blanco		D	Pedregoso
Pachyphytum machucae		Crassulaceae	Pajacuarán, Michoacán	Rosa a rojo oscuro central, puntas amarillentas a verdosas		D	Pedregoso
Pachyphytum oviferum		Crassulaceae	San Luis Potosí	Blanco con mancha carmín		D	pedregoso
Pachyphytum viride		Crassulaceae	Querétaro	Blanco con mancha carmín en cara interna		D	pedregoso
Pachyphytum werdemannii		Crassulaceae	Tamaulipas	Rosa claro con mancha carmín en parte media		D	pedregoso

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Sedum moranense	Cordoncillo (Hidalgo y México) Chismes, Jalaspaches, Xalache	Crassulaceae	Chihuahua			D	Arenoso, arcilloso
Sedum nunssbauberiano		Crassulaceae				D	arcilloso
Sedum sinforosanum		Crassulaceae				D	arcilloso
Sedum suaveolens		Crassulaceae	Durango	Blanco		D	Arenoso, arcilloso

Sedum occipitalum		Crassulaceae				D	Cualquiera, arenoso
Sedum neuvauxveriano		Crassulaceae				D	Franco, arenoso
Sedum clavatum		Crassulaceae				D	Cualquiera
Sedum goldmanii		Crassulaceae				D	Degradado
Sedum allantoides	Deditos	Crassulaceae	Puebla, Oaxaca	Blanco verdoso	30 cm alto	D	Orgánico
Sedum amecamecanum		Crassulaceae	Estado de México	Amarillo claro	18 cm largo	D	Pedregoso
Sedum batallae		Crassulaceae	Hidalgo	Amarillo, rojizo en la base	60-70 cm	D	Pedregoso
Sedum dendroideum	Lágrima de María Lipacum-mauai (Lengua chontal, Oaxaca) Temitzmitl, Texiote, Texiotl	Crassulaceae				D	Pedregoso
Sedum mexicanum	Chisme	Crassulaceae					
Sedum quitenze	Itzmetl	Crassulaceae					
Sedum bourgaei	Texiotl	Crassulaceae					

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Tacitus bellus		Crassulaceae	Chihuahua	Rosa oscuro		D	Arenoso, pedregoso

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Thompsonella collicuosa		Crassulaceae	Michoacán	Rojo oscuro, borde amarillento		D	Arcilloso, pedregoso
Thompsonella minutiflora		Crassulaceae	Morelos, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala	Amarillo verdoso, manchas rojas		D	Arcilloso, pedregoso
Thompsonella platyphylla		Crassulaceae	Guerrero			D	pedregoso
Thompsonella spathulata		Crassulaceae	Oaxaca	Crema, líneas o puntos rojos		D	pedregoso

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Villadia imbricata		Crassulaceae	Oaxaca, Puebla	Blanco		D	pedregoso
Villadia cucullata		Crassulaceae	Coahuila, Saltillo, Querétaro	Rojo, naranja		D	Arenoso, pedregoso
Villadia minutiflora		Crassulaceae	Oaxaca	Blanco		D	pedregoso
Villadia painteri		Crassulaceae	Guanajuato, Jalisco	Rosa		D	Arcilloso, pedregoso
Villadia misera		Crassulaceae	Estado de México, Valle de México	Blanco, rosa		D	Arcilloso, pedregoso
Villadia stricta		Crassulaceae	Zacatecas	Blanco		D	Arenoso, pedregoso
Villadia guatemalensis		Crassulaceae	Oaxaca	Verde, amarillo		D	pedregoso
Villadia levis		Crassulaceae	Oaxaca	Café amarillento		D	pedregoso
Villadia aristata		Crassulaceae	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí	Blanca, rosada		D	Arenoso, pedregoso
Villadia laxa		Crassulaceae	Sinaloa	Rosa pálido		D	Arenoso, pedregoso
Villadia ramosissima		Crassulaceae	Oaxaca, Puebla	Blanco, rosa, púrpura, amarillo		D	pedregoso
Villadia albiflora		Crassulaceae	Oaxaca, Chiapas	Blanca		D	Cualquiera, pedregoso
Villadia squamulosa		Crassulaceae	Chihuahua, Sonora y Coahuila	Blanca		D	Arenoso, pedregoso
Villadia pringlei		Crassulaceae	Chihuahua, Durango (Sierra Madre)	Blanca		D	
Villadia aperta		Crassulaceae	Durango	Amarillo, verde pálido		D	
Villadia nelsonii		Crassulaceae	Guerrero	Blanca		D	
Villadia acuta		Crassulaceae	San Luis Potosí	Octubre a Diciembre Blanca		D	
Villadia difussa		Crassulaceae	Chiapas Sierra Blanca	Blanca, rosa		D	
Villadia patula		Crassulaceae	Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí	Blanca, verdosa y sojiza		D	
Villadia recurva		Crassulaceae	Guerrero, Oaxaca	Blanca, purpúrea, amarilla		D	

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo

Lenophyllum acutifolium		Crassulaceae	Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas			D	Arenoso, arcilloso
Lenophyllum latum		Crassulaceae	NuevoLeón, Tamaulipas			D	arcilloso
Lenophyllum weinbergii		Crassulaceae	Coahuila, Nuevo León			D	
Lenophyllum obtusum		Crassulaceae	Nuevo León, Sierra Madre			D	
Lenophyllum reflexum		Crasulaceae	Tamaulipas			D	

Género nativo de Madagascar. Introducción y naturalización en México

Nombre científico	Nombre común	Familia	Distribución	Floración	Dimensión	Luz	Suelo
Kalanchoe blossfediana		Crassulaceae	Veracruz	escarlata	30 cm altura	D	Cualquiera, pedregoso
Kalanchoe fedtschenkoi		Crassulaceae	Veracruz	rosa	20-30 cm alto	D	Cualquiera, pedregoso
Kalanchoe pinnata	Hoja fresca (El Tajín) Baiborín (Sonora), Baburio (Región del Río Bavispe Sonora)	Crassulaceae	Chiapas, veracruz	Amarillo verdoso, rojizo	1-1.5 m altura	D	Cualquiera, pedregoso
Kalanchoe tubiflorum		Crassulaceae	Veracruz	Rojo amarillento	1 m altura	D	Cualquiera, pedregoso

Consideraciones finales

El diseño del jardín y las cubiertas vegetales son vínculo entre la arquitectura, manifestaciones artísticas y beneficios ambientales que brindan las plantas. La familia botánica de las Crasuláceas es una referencia clara en la que, colocar la vegetación en el centro de la reflexión, permite reconocer el valor de la naturaleza en el proceso de diseño del entorno construido.

En el primer capítulo se abordó un panorama general de las cubiertas vegetales en la arquitectura ¿por qué? Son la tipología que se desarrolló durante el siglo XX y tuvo su auge durante la segunda mitad del siglo que exploró el uso de material vegetal vivo en las urbes. A través de ello se expresó la necesidad de incorporar elementos naturales en las construcciones y mitigar el impacto ambiental del desarrollo urbano.

En el segundo capítulo se observó que las cubiertas vegetales también funcionaron como manifestaciones para establecer un vínculo entre la expresión artística en el diseño con vegetación en la arquitectura. En la escena internacional, las obras de Friedensreich Hundertwasser, Patrick Blanc y Piet Oudolf mostraron inclinación hacia el arte y la botánica como disciplinas de apoyo para el diseño arquitectónico, en la búsqueda de conciliar el entorno urbano con elementos naturales y expresar individualidad con formas, colores y texturas.

El tercer capítulo trató la familia botánica de las Crasuláceas en tres esferas: su historia natural y cultural, su importancia biológica al comprender la necesidad de su conservación como patrimonio natural, y su capacidad de adaptación en el entono construido, principalmente en jardines, muros, azoteas y espacios verdes públicos. Conocer la historia natural y cultural de la familia de las Crasuláceas, da cuenta de su presencia en la vida cotidiana y los espacios habitables, desde el periodo prehispánico eran aprovechadas como plantas ornamentales y medicinales, y en el período virreinal, la

producción de ilustración botánica de la Real Expedición Botánica a Nueva España de 1786 formó parte fundamental para la creación de la primera cátedra de botánica y el diseño del primer jardín botánico en Nueva España. Más tarde en el siglo XX con el auge de las cubiertas naturadas, se observa que su presencia en el entorno construido ha alcanzado las tendencias contemporáneas de diseño.

En el cuarto capítulo se desarrolló la conservación de especies en jardines, cubiertas vegetales, y áreas verdes públicas. Se elaboró una propuesta de ficha botánica-arquitectónica de especies de valor para uso arquitectónico, como base de datos para elaborar una paleta vegetal, que, a partir de la información de la flora seleccionada, se despliega una serie de conocimientos biológicos y culturales, además de las especificaciones técnicas necesarias para su aprovechamiento en la construcción. También generé una serie de recomendaciones para integrar la familia botánica en el espacio arquitectónico como Criterios de Diseño con Crasuláceas.

Ahora bien, es necesario señalar que no existe un documento que reporte la familia botánica de las Crasuláceas para compilar sus características para uso arquitectónico, aunque han sido ampliamente usadas. Este documento aporta a la información sobre estas plantas para su aplicación en manuales y catálogos, y se espera que sea de utilidad para jardineros, diseñadores, botánicos y público en general.

El uso de esta familia botánica no se limita a sistemas de naturación, son adecuadas también para espacios abiertos como jardines o áreas verdes públicas. Desde la arquitectura permite asumir una postura de interés y aprovechamiento adecuado de plantas en peligro de extinción. Contemplarlo desde el diseño es una forma activa de preocupación, y acción, para proteger la riqueza natural de nuestro país.

La versatilidad de las crasuláceas para su uso arquitectónico supera las cubiertas vegetales. Exalta el carácter y belleza de la región de la cual provienen y se adaptan

fácilmente a las condiciones ambientales tanto en interiores como exteriores. La vegetación se vuelve parte de la expresión sensible de las formas y colores en un espacio habitable.

Para brindar datos precisos sobre los polinizadores de Crasuláceas por especie, consulté tesis y artículos donde se mencionan algunas especies de polinizadores, si bien estos estudios corresponden al área de biología, surgieron preguntas como ¿cuáles son las especies de fauna que polinizan especies de Crasuláceas?, ¿cuál es la relación entre las características morfológicas de las Crasuláceas y sus flores con sus polinizadores, y el impacto de la polinización en los ecosistemas a los que pertenecen? Realizar esta investigación me permitió observar que hay campo fértil en los estudios de esta familia botánica y que son indispensables estudios de ecología de la polinización como herramienta para los diseñadores que trabajan con plantas y buscan generar espacios benéficos no solo para el ser humano, sino de manera integral con la flora y la fauna. Esto es importante para sustentar la selección vegetal en el diseño de espacios, y es muestra de que la investigación en botánica y la implementación de vegetación para su uso en la arquitectura se enriquecen mutuamente.

Así mismo, como parte de la información que quedó sin ampliar el material de la ficha y la paleta vegetal, debido a la delimitación y alcances de este trabajo, a partir de las siguientes observaciones podría ampliarse la investigación:

- Recuperar los nombres en lenguas nativas pues no se halló un catálogo que abarcara todas las especies.
- Ampliar la paleta vegetal de especies en la medida de recuperación de datos e imágenes sea posible. Se seleccionaron especies representativas de los géneros que se pueden encontrar con mayor facilidad en viveros.

Con el estudio de las Crasuláceas se hizo evidente cómo con la interdisciplina y se tejen saberes, por lo que, la información sobre estas plantas suculentas que se proporcionó principalmente en los capítulos 3 y 4, podría usarse para ampliar líneas de investigación en el campo de la etnobotánica, al profundizar en la estrecha relación del ser humano con las plantas, en particular los significados culturales de las mismas al estar presentes en los espacios habitables y para conocer más sobre su uso en la vida cotidiana y en el diseño.

La metodología de acercamiento al estudio de vegetación nativa para su aprovechamiento en el diseño puede servir como herramienta para estudiar otros grupos de plantas con potencial de uso arquitectónico. En este documento, el enfoque en la vegetación es a partir de su valor natural, y del conocimiento biológico y cultural de las plantas, y a partir de ello, integrarla en el entorno construido. Explorar sus posibilidades como material de construcción y como elemento fundamental de integración para nuestro hábitat.

Esta tesis aporta información desglosada a partir del análisis de la familia de las Crasuláceas para su uso en la conformación de paletas vegetales, catálogos y manuales de plantas para espacios abiertos y así, incorporarlas en las tendencias contemporáneas de diseño y propuestas que integren plantas con valor ambiental, cultural e histórico en proyectos arquitectónicos de diferente escala.

Referencias

Bibliografía

Álvarez, Darío, *El jardín en la arquitectura del siglo XX. Naturaleza artificial en la cultura moderna*, Barcelona: Reverté. 2007.

Álvarez-Gayou, Jurgenson. L. *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. México: Paidós. 2003.

Beatley, Timothy. *Biophilic Cities: Integrating Nature Into Urban Design and Planning*. Washington: Island Press. 2011

Benítez Díaz, Hesiquio. Coord. *Estrategia mexicana para la conservación vegetal 2012-2030*. CONABIO: México. 2012. https://www.concyteq.edu.mx/amjb/repositorio/documentos/polit_doc/nacionales/EstrategiaMexConservacionVegetal.pdf

Burés, Silvia, Coord. *Avances en Xerojardinería*. Barcelona: Ediciones de Horticultura. 2000

Colle Corcuera, Marie-Pierre, *Paraíso mexicano. Jardines, paisajes y embrujo de México*. Planeta, México, 2002.

Eggli, Urs (Ed.), *Illustrated Handbook of Succulent Plants: Crassulaceae*, Berlin: Springer, 2003.

Fariello, Franceso, *La arquitectura de los jardines*, Barcelona: Reverté. 2004.

Gilles Clement, "El jardín en movimiento", 2006 en Ábalos Iñaqui. Ed. *Naturaleza y artificio. El ideal pintoresco en la arquitectura y el paisajismo contemporáneos*. Barcelona: Gustavo Gilli. 2009

Graeme Hopkins and Christine Godwin, *Living Architecture, Green Roofs and Walls*, Oxford, CISRO Publishing. 2011.

Kaplan, Janet. [Trad. Amalia Martín-Gamero] *Viajes inesperados: el arte y la vida de Remedios Varo*. Madrid: Ediciones Era. 1988

Larrucea Garritz, Amaya, Éric Orlando Jiménez Rosas. Coord. *Espacios verdes públicos. Estudios culturales, sociales y ambientales*. México, UNAM, 2020.

Laugier, Marc-Antoine. *Ensayo sobre la arquitectura*,Akal, 1999.

Linda N. Groat y David Wang. *Architectural Research Methods*. Hoboken NY, Wiley, 2013.

López de Juambelz, Rocío, Ed. *Naturación de azoteas*. UNAM, México, 2010.

Magaña, Diego, Elena Tudela Rivadeneyra, *Infraestructura verde en ciudades mexicanas*, Ciudad de México: UNAM. 2021

Minke, Gernot. *Muros y fachadas verdes, jardines verticales. Sistemas y plantas, Funciones y aplicaciones.* Merlín, Cali, 2012.

Mociño, José Mariano, *La Real Expedición Botánica a Nueva España / José Mariano Mociño y Martín de Sessé 1757-1803*, Ciudad de México: Siglo XXI; Universidad Nacional Autónoma de México. 2010.

Olfield, Sara comp., *Cactus and Succulent Plants. Status Survey and Conservation Action Plan*, Reino Unido: IUCN, 1997.

Ove Jakobsen, "Friedensreich Huntertwasser. The Five Skins of the Ecological Man" en *Art, Spirituality and Economics*. Oxford: Springer. 2018.

Rand, Harry. *Hundertwasser*. Köln: Taschen. 2007.

Reyes S., P. J., Ma. Á. Islas L., O. González Z., P. Carrillo R., F. R. Vergara S., E. Pérez C., y C. P. Brachet I. 2011. Echeveria. *Manual del perfil diagnóstico del género Echeveria en México*. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Susan K. Weiler, Katrin Scholz-Barth, *Green Roof Systems. A Guide to the Planning, Design and Construction of Landscapes over Structure*, New Yersey, John Wiley & Sons, 2009.

Weiner Castillo, Gabriela Coord. *Glosario de arquitectura de paisaje*. México: UNAM, 2023.

Wilson, Andrew. [Trad. Manuel Piojan Rotgé] *Paisajistas que han creado escuela*. Barcelona: Blume. 2006.

Artículos

Andrade, José Luis, Erick de la Barrera, Casandra Reyes-García, M. Fernanda Ricalde, Gustavo Vargas-Soto, and J. Carlos Crevera. 2007. "The Acid Metabolism Crassulacean: Diversity, Environmental Physiology and Productivity". *Botanical Sciences*, no. 81 (December), 37 - 50. https://doi.org/10.17129/botsci.1764.

Arellano-Leyva, Eréndira & Huerta-Guzmán, Roberto & Collazo-Ortega, Margarita & Hernández-Quiróz, Manuel. (2016). Extensive Green Roofs as a Means to

Capture Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Polycyclic Aromatic Compounds. 37. 1-12. 10.1080/10406638.2015.1105827.

Christine E Thuring* y Nigel Dunnett "Vegetation composition of old extensive green roofs (from 1980s Germany)"Ecological Processes, 2014. http://www.ecologicalprocesses.com/content/3/1/4

Dunnett, Nigel and Muhammad Qasim, "Perceived Benefits to Human Well-being of Urban Gardens" International Human Issues in Horticulture, 2000.

Fan Shu-Yang, Bill Freedman, & Raymond Cote. (2004). Principles and practice of ecological design. *Environmental Reviews*, 12(2), 97-112. DOI: 10.1139/a04-005

Flavie Mayrand and Philippe Clergeau. Green Roofs and Green Walls for Biodiversity Conservation: A Contribution to Urban Connectivity? * Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation, Sorbonne Université Paris. Marzo 2018. https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-01830073/document

García-Villalobos Ilse, López de Juambelz, Rocío. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. "El efecto térmico de la naturación en cubiertas". Diciembre 2016 Vol.2 No.6 42-46

María del Consuelo C., & Carmen L. "CAMBIOS DE GOBIERNO EN LA VIDA DE UN BOTÁNICO MEXICANO: MAXIMINO MARTÍNEZ (1888-1964)." Historia Mexicana LVIII, no. 3 (2009):973-1004. Redalyc, https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60012798001

Parra, V. ; Vargas, C. F. ; Eguiarte, L. E. / "Reproductive biology, pollen and seed dispersal, and neighborhood size in the hummingbird-pollinated Echeveria gibbiflora (Crassulaceae)". En: *American Journal of Botany*. 1993; Vol. 80, N.º 2.

Richard L. Hindle (2012): A vertical garden: origins of the Vegetation-Bearing Architectonic Structure and System (1938), Studies in the History of Gardens & Designed Landscapes: An International Quarterly, 32:2, 99-110. http://dx.doi.org/10.1080/14601176.2011.653535

Thiede, J., and U. Eggli. "Crassulaceae." The Families and Genera of Vascular Plants, 2007, 83–118. doi:10.1007/978-3-540-32219-1_12.

Zúñiga Orozco, Andrés y Ayerin Carrodeguas González. "Echeveria (Crassulaceae): Potencial para la mejora genética como ornamental" *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 25, núm. 3, pp. 57-81, 2021 Universidad de Colima https://doi.org/10.53897/RevAIA.21.25.16

WEB

Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades. Resúmenes de Salud Pública - Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) [Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PHA)] https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs69.html

Azoteas verdes, para refrescar las grandes ciudades. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2019_726.html

Bermudez, Carolina, *Cómo cambiar el color de las suculentas sin dañarlas*, AD Magazine. 2021.

Bozzone, Julia. 'Entre lo místico y lo científico': el auge de las obras de Remedios Varo. 1 de Octubre 2021. https://www.nytimes.com/es/2021/10/01/espanol/remedios-varo-vida-obra.html

Bye, Robert, Edelmira Linares, "Plantas medicinales del México prehispánico", Arqueología Mexicana núm. 39, pp. 4-11.https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/plantas-medicinales-del-mexico-prehispanico

Catálogo alfabético de nombres vulgares y científicos de plantas que existen en México https://www.biodiversitylibrary.org/item/211824#page/110/mode/1up

CICEANA. Azotea verde BANORTE. Recuperado 30 de mayo de 2022 https://www.ciceana.org.mx/pro.html

Denver Water. Water Wise Landscape Handbook. https://www.denverwater.org/sites/default/files/2017-05/Water_Wise_Landscape_Handbook.pdf

F Abass et al. *A Review of Green Roof: Definition, History, Evolution and Functions*.2020 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 713 012048. doi:10.1088/1757-899X/713/1/012048

https://www.admagazine.com/estilo-de-vida/como-cambiar-de-color-las-suculentas-20210310-8237-articulos

Museum of Fine Arts. Houston. 10 amazing Karl Bossfeldt photographs. Google arts and Culture. https://artsandculture.google.com/story/XQVxmBKfQP3nzQ?hl=es

Patrick Blanc, la vida en un jardín vertical. Julio 2022 https://www.france.fr/es/actualidad/articulo/patrick-blanc-la-vida-en-un-jardin-vertical

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, Gobierno de México. Siempreviva de la Isla de Cedros: Acciones contra su tráfico ilegal. 08 de junio de 2020. https://www.gob.mx/profepa/articulos/siempreviva-de-la-isla-de-cedros-acciones-contra-su-trafico-ilegal?idiom=es

Rodríguez, Samuel. La arquitectura surrealista de Remedios Varo. AD. 8 de Octubre 2020. https://www.admagazine.com/cultura/remedios-varo-arquitectura-surrealista-20201008-7546-articulos

Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI). Museo Itinerante para Divulgación y Protección de las Especies Vegetales en la CDMX. 12 Septiembre 2021 https://sectei.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/museo-itinerante-para-divulgacion-y-proteccion-de-las-especies-vegetales-en-la-cdmx

SEDEMA, *Norma Ambiental PROY-NADF-013-RNAT-2017 de Especificaciones Técnicas Para la Instalación de Sistemas de Naturación en la Ciudad De México*, Gaceta oficial de la Ciudad de México, 17 de septiembre de 2018. http://data.sedema.cdmx.gob.mx/sitios/conadf/documentos/proyectos-normas/PROY-NADF-013-RNAT-2017b.pdf

SEGOB, NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDATU-2021, *Espacios públicos en los asentamientos humanos*, Diario Oficial de la Federación, 22 de febrero de 2022. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5643417&fecha=22/02/2022#gsc.tab=0

The private jungles of Partick Blanc. GREEN TOSHARE Entrevista. 2003. https://www.youtube.com/watch?v=31AgLaIMvis

Vázquez Quiroz, Sandra, *Un laboratorio al aire libre*, "El faro". Junio de 2012. No. 147 https://ecopuma.unam.mx/PDF/SECCIONES/PUBLICACIONES/Azotea%20Faro.pdf

Agradecimientos

A la Dra. Amaya, por confiar en mí y guiarme con entusiasmo durante este proyecto. Por su gentileza y calidez humana.

A la Dra. María de los Ángeles por su orientación para pulir este documento y llevarlo a buen término.

Al Mtro. Jorge por su apertura y generosidad para compartir sus conocimientos en botánica, y siempre impulsar mi interés por las plantas.

Al Dr. Rafael, por su interés y sus atentas observaciones para mejorar este trabajo.

A la Mtra. Maricarmen por su tiempo, su disposición y comentarios.

Al Biól. Jerónimo Reyes Santiago por su amabilidad al abrirme las puertas de la Colección Nacional de Crasuláceas, el Laboratorio Nacional de Biodiversidad, y del Vivero Crasuláceas de México.

A César por su amistad.

A Ricardo, por su presencia y cariño.

A mi mamá por su apoyo durante toda mi vida académica, y a mis hermanos Mariana y Sebastián por su compañía.

A Negrito.

Al Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura y al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología CONAHCYT por la beca que me permitió realizar estudios de maestría de tiempo completo.