

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

**Criterios del manejo de la vegetación
para el diseño y la planificación
de corredores ecológicos en el municipio de
Santiago de Anaya, Hidalgo.**

QUE PRESENTA LA ALUMNA

Constanza Gómez Guzmán

Matrícula
2123060099

ASESORES:

Asesor interno
Vo.Bo. M en SIG Gilberto Sven
Binnquist Cervantes
No. Económico 20032
Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad
Xochimilco

Asesora externa
Vo. Bo. Dra. Isabel Rocío López
de Juambelz
Universidad Nacional Autónoma de México

México, Ciudad de México

Septiembre del 2019

Resumen

Santiago de Anaya es un municipio rural enclavado en el Valle del Mezquital de Hidalgo, la porción más sureña del Desierto Chihuahuense. Los paisajes característicos y la convivencia cotidiana con el matorral xerófilo moldearon la latente herencia indígena hñähñú de sus pobladores, entramando la riqueza biológica en su trasfondo cultural. En la actualidad, su patrimonio natural y cultural se ven amenazados por el deterioro de la cobertura vegetal, el cambio de uso de suelo, la sobreexplotación de recursos y la pérdida de especies animales y vegetales. Esta preocupación detonó el presente proyecto que, dentro de una concepción social de restauración ecológica, define la composición y estructura vegetal para la realización de corredores bio-culturales, los cuales facilitarán el desplazamiento de la fauna habitante y la propagación de especies vegetales nativas para mitigar la fragmentación de los ecosistemas, ofreciendo a la par una oportunidad de convivencia y apreciación del matorral xerófilo para la comunidad local y visitante. Asimismo, se presenta la conformación de Módulos de Plantación para los cuatro tipos de vegetación presentes, en donde el ensamblaje promueve la formación de islas de recursos y microambientes, utilizando un total de 39 especies seleccionadas por su valor ecológico, etnobiológico y paisajístico. Complementariamente, dado que el presente trabajo forma parte de un proyecto interdisciplinario, se presentan paletas vegetales cualitativas, cuantitativas e ilustradas, las cuales facilitarán la utilización de la información por especialistas en otras áreas de conocimiento, fungiendo como material de apoyo en las siguientes etapas de diseño y planeación.

Palabras clave: *Restauración ecológica, selección de especies, especies útiles, Valle del Mezquital*

Índice

1. Marco institucional del proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social.....	3
2. Introducción	3
3. Antecedentes del proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social.....	4
4. Ubicación geográfica del proyecto.....	5
5. Objetivo general del proyecto.....	6
6. Especificación y fundamento de las actividades desarrolladas de acuerdo al calendario propuesto	7
7. Impacto de las actividades del servicio social en el proyecto de adscripción	8
8. Aprendizaje y habilidades obtenidas durante el desarrollo del servicio social	8
9. Fundamento de las actividades.....	9
10. Referencias.....	10

1. Marco institucional del proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social

El presente servicio social se llevó a cabo en el Laboratorio de Conservación del Patrimonio Natural y Cultural (LCPNC), perteneciente al Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura, con sede en la Unidad de Posgrado en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El LCPNC es un espacio donde se integran conocimientos interdisciplinarios de áreas como la biología, geología, arquitectura, urbanismo y diversas ingenierías con la misión perpetuar los elementos del paisaje natural e histórico que dan identidad al país. Dentro de su modelo se integra la participación de los estudiantes en todos los pasos del proceso de proyectos de obra y restauración, desde el enfoque hasta la ejecución, con una visión multidimensional.

2. Introducción

En el Antropoceno, el humano es el actor dominante de los cambios sobre el sistema terrestre, un papel que nos ha puesto al filo de una serie de retos ecológicos, y también nos responsabiliza de resolverlos. Uno de los mayores desafíos que ahora enfrentamos es la pérdida de hábitat y biodiversidad, la cual presagia un desfavorable panorama en el futuro si no se toman medidas inmediatas (Crutzen, 2002; Steffen et al., 2007; Rockström et al., 2009). La disrupción de ecosistemas y pérdida extensiva de cubierta vegetal causa que las condiciones abióticas del ambiente cambien y que las comunidades remanentes se distribuyan en parches sobre el paisaje, poniendo en juego la supervivencia de poblaciones enteras animales y vegetales; este fenómeno es conocido como fragmentación (Arriaga, 2009; Saunders et al., 1991; Hobbs, 2002).

La restauración ecológica busca combatir la desertificación y fragmentación a través de la asistencia en la recuperación de ecosistemas degradados, dañados o destruidos (Méndez-Toribio et al., 2018; SER, 2004). Una de las herramientas de la restauración es la creación de corredores lineales de vegetación que establezcan conexiones entre los parches del hábitat fragmentado. Mediante esta técnica de corredores biológicos se pueden mejorar y proporcionar hábitats, proteger áreas sensibles, restaurar la conectividad, permitir el desplazamiento de especies y aumentar el acceso a recursos (Bentrup, 2008; Forman y Godron, 1981; Tobón et al., 2016), así como facilitar la movilidad y adaptación de las especies ante el inminente cambio climático (Álvarez-Icaza, 2013; Taylor et al., 1993).

México ha experimentado una acelerada reducción de la cubierta vegetal y calidad de sus ecosistemas en los últimos años. Se calcula que en tan solo 25 años (entre 1990 y 2015) en el país se arrasó con el 25,7% de los bosques primarios (FAO, 2015). De acuerdo con un estudio reciente, el 50% del territorio mexicano presenta algún grado de deterioro y el 48% del área cubierta por vegetación presenta algún nivel de degradación o desertificación (Bollo et al., 2014). Esto ha resultado en una lamentable pérdida de hábitats e intensifica fenómenos de erosión, sequías, inundaciones y derrumbes (Vargas, 2011). Además, trae consecuencias sociales desfavorables como perjuicios económicos (INEGI, 2018), y la distribución desigual de recursos naturales para la población (Chávez y Binnquist, 2014). De todos los tipos de vegetación que se encuentran en el territorio mexicano, el matorral xerófilo es el más ampliamente distribuido en el país, abarcando alrededor del 40% del total de la superficie, donde el deterioro por la extensión de zonas de agricultura, explotación de especies útiles y sobre-pastoreo hace que su cobertura sea continuamente fragmentada, reducida y suprimida (Montaño-Arias et al., 2006; Rzedowski, 2006).

Enclavado en una de las comisuras del Valle del Mezquital, en el estado de Hidalgo, se encuentra el municipio rural de Santiago de Anaya (SDA), guardián de secretos ancestrales, heredero de la cultura hñähñú y punto de origen de la evangelización agustina en el estado (Guzmán-Jaimes, 2018). Actualmente en el municipio existe un problema de fragmentación y pérdida de especies, suscitadas por la expansión urbana y agropecuaria, la extracción de recursos y el arribo de industrias. Por esta razón se desarrolla el proyecto integral “Salvamento del patrimonio arquitectónico y natural de Santiago de Anaya, Hidalgo”, el cual habilitará corredores bio-culturales para vincular parches de vegetación, históricas edificaciones religiosas y un jardín botánico in situ. Adicionalmente, con esta red de corredores se ofrecerá a los visitantes y locales una oportunidad de acercamiento, convivencia, apreciación y aprovechamiento silvícola del matorral xerófilo, la cual fomente la conservación de elementos naturales culturalmente importantes para el pueblo originario hñähñú.

El presente trabajo pretende ser una guía para realizar trabajos de restauración ecológica en SDA que coadyuven al desarrollo de ecosistemas estables, funcionales y aprovechables, abordando conocimiento ecológico, cultural y de diseño para crear espacios donde los usuarios son tanto los humanos como las plantas y animales. Con este propósito, se llevó a cabo un estudio de las condiciones ambientales y las relaciones de la flora y fauna del área mediante registros bibliográficos, visitas a campo, y levantamientos de vegetación. A partir de los datos recabados se realizó una selección de especies vegetales de cada comunidad vegetal para su uso en la intervención, considerando: a) su valor ecológico, especies nativas, que brindan estructura al ecosistema, con rasgos funcionales que mejoran su capacidad de supervivencia, llevan a cabo interacciones ecológicas determinantes, e impulsan el mejoramiento ambiental y la sucesión ecológica, b) valor etnobiológico, especies importantes en la cultura hñähñú, comestibles, medicinales, ceremoniales, o aprovechables, y c) valor paisajístico, especies con características estéticas y deseables, que contribuyen a la identidad y carácter del sitio, proporcionan orientación a los usuarios, y son a la vez plantas de bajo mantenimiento y consumo de agua. Desde esta selección, se elaboraron proyecciones de parcelas de asistencia para la regeneración ecológica, llamadas Módulos de Plantación, en las cuales se recreó la composición, estructura y ensamblaje de comunidades vegetales modelo (López de Juambelz, 2016). Complementariamente, se elaboraron paletas vegetales cualitativas e ilustradas, herramientas que facilitan la posterior utilización de la información por especialistas en otras disciplinas y fungen como material de apoyo en las siguientes etapas de diseño y producción de los corredores.

3. Antecedentes del proyecto donde se realizaron las actividades del servicio social

El proyecto “Rescate de la huella agustina y creación del jardín botánico en el Valle del Mezquital, patrimonio de Santiago de Anaya” comenzó en el año 2016, cuando el LCPNC recibe la invitación del presidente municipal electo Prof. Jorge Aldana Camargo para realizar la propuesta de un plan maestro para la creación de un jardín botánico, disponiendo de 400 ha de terreno, y solicita los lineamientos para la restauración de la capilla histórica Ndedó. Posterior a la toma de posesión de Aldana, se solicita el establecimiento de un convenio de colaboración ente la UNAM y el municipio, mismo que se firma el 26 de febrero del 2018 con el número de registro 51496-556-26-II-18.

Hoy, este proyecto en Hidalgo ha logrado alcances crecientes, lo cual ha atraído a instancias gubernamentales, educativas y privadas a la sinergia. Se ha trabajado también conjuntamente con la comunidad indígena hñähñú, quienes han correspondido con la participación, aporte de

conocimientos desde su cosmovisión y la donación de un total de 489 ha para la creación del jardín botánico, en un ambiente de cooperación mutua.

4. Ubicación geográfica del proyecto

El LCPNP se encuentra en el Edificio J-001 de la Unidad de Posgrado en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, ubicada en el Circuito de los Posgrados S/N Col. Ciudad Universitaria Del. Coyoacán C.P. 04510, Ciudad de México (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de la Unidad de Posgrado en Ciudad Universitaria. Fuente: Google Earth Pro 2019

El trabajo de campo se realizó en el Municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo, el cual se localiza entre los paralelos 20° 19' y 20° 32' de latitud norte; los meridianos 98° 53' y 99° 07' de longitud oeste, en la región geográfica del Valle del Mezquital (INEGI, 2009) (Figura 2).

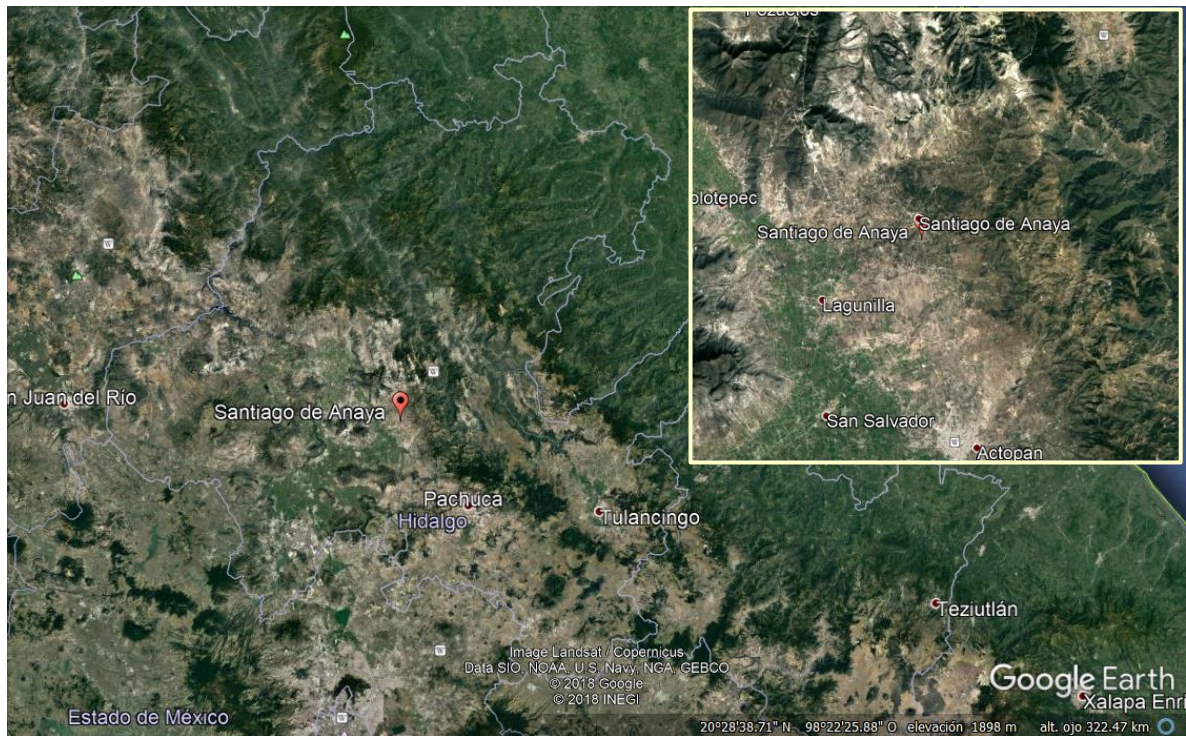


Figura 2. Ubicación del Municipio de Santiago de Anaya, Hidalgo. Fuente: Google Earth Pro 2019

5. Objetivo general del proyecto

El proyecto del presente servicio social tiene como meta proteger el patrimonio natural y cultural de SDA, promoviendo así un buen uso de suelo y una agenda turística y económica con bases en la sustentabilidad. Para contribuir con el propósito que persigue el proyecto, el servicio social planteó como objetivo general establecer criterios para sustentar propuestas de corredores ecológicos en el Mpio. Santiago de Anaya, Hgo., con los cuales se pretende mitigar la fragmentación del ecosistema al establecer conexiones entre parches de vegetación y habilitar y reforestar caminos para el acceso público a edificaciones religiosas de alto valor histórico, construidas entre los siglos XVII y XVIII, así como a un nuevo jardín botánico. Para lograrlo se plantearon los siguientes objetivos particulares:

- Identificar las especies vegetales y animales que conforman los ecosistemas de Santiago de Anaya, así como su ubicación
- Corroborar los tipos de vegetación existentes conforme a la bibliografía disponible, los registros de unidades ambientales y visitas a campo
- Elaborar un listado florístico y faunístico del área por comunidades de vegetación, enfatizando asociaciones vegetales, importancia etnobiológica, especies clave y amenazadas
- Documentar comportamiento animal para la elaboración de corredores funcionales
- Definir especies vegetales útiles en los corredores
- Elaborar paletas vegetales para cada comunidad vegetal

6. Especificación y fundamento de las actividades desarrolladas de acuerdo al calendario propuesto

Los resultados de las actividades se encuentran desglosados en los Anexos I y II.

- A. Caracterización biológica. A partir de visitas a campo periódicas y la bibliografía disponible, se comprendió la abundancia y distribución de especies vegetales, y se realizó un listado de especies florísticas y faunísticas clave, presentes en los ecosistemas de Santiago de Anaya.

Especificaciones:

- Análisis bibliográfico y cartográfico. Revisión de publicaciones científicas, oficiales y divulgación, en particular sobre listados florísticos y faunísticos reportados para cada ecosistema del área. Así mismo se revisará la información cartográfica digital publicada por el INEGI y los planos derivados del trabajo realizado por el laboratorio.
- Supervisión de campo. Distinción de la estructura de los ecosistemas y la distribución espacial de las especies vegetales que las conforman para la conformación de comunidades vegetales modelo.
 - i. Recorrido de carácter prospectivo para identificar principales tipos y comunidades de vegetación
 - ii. Muestreo de especies vegetales:
 - 1. Transecto altitudinal. Con lo cual se identificó la relación de los factores abióticos y los tipos de comunidades vegetales.
 - 2. Trazado de cuadrantes en puntos definidos, levantando los datos de presencia, abundancia, cobertura y ubicación.

- B. Reconocimiento de las unidades ambientales. Se tomó la clasificación de unidades ambientales propuesta por alumnos de licenciatura y colaboradores del laboratorio a partir de las variables de fases geológicas, edafológicas, de vegetación y geomorfológicas, las cuales fueron ratificadas o rectificadas de acuerdo a lo encontrado en las visitas a campo.

- C. Selección de especies para la rehabilitación de los corredores ecológicos. Por cada comunidad vegetal, enfatizando asociaciones vegetales y animales, especies clave y su estado de conservación de acuerdo a la NOM-059.

Especificaciones:

- Determinación de especies útiles fundamentada en tres pilares: el valor ecológico, valor etnobiológico y valor paisajístico

- D. Elaboración de paletas vegetales. Por cada comunidad vegetal.

Especificaciones:

- Elaboración de paleta vegetal cualitativa, cuantitativa e ilustrada para los cuatro tipos de vegetación presentes.

- E. Generación de lineamientos de composición de especies para la rehabilitación ecológica de los corredores. A partir de la comprensión de la estructura en las diferentes comunidades vegetales.

Especificaciones:

- Elaboración de criterios para el manejo de la vegetación de acuerdo a investigaciones más recientes sobre restauración ecológica resiliente para el futuro

7. Impacto de las actividades del servicio social en el proyecto de adscripción

Las actividades desarrolladas en el servicio social ponen a disposición del equipo de trabajo y la comunidad información relevante acerca de las funciones ecológicas, aprovechamiento tradicional y potencial ornamental de las plantas de SDA. Esta información permitirá a la comunidad del municipio complementar sus saberes sobre flora y fauna, y la importancia del aprovechamiento sustentable para la conservación de su capital natural y cultural en el presente y el futuro. También sustentará las propuestas de trazado de corredores, cuyos beneficios o viabilidad pudieran ser sometidos a juicio de los tomadores de decisiones.

Adicionalmente a la intervención de los corredores bio-culturales, estos datos podrán ser utilizados para futuros proyectos como restauración en zonas degradadas, corredores biológicos (mayormente para el paso de fauna), en áreas del próximo jardín botánico, en parches de vegetación tipo peldaños a modo de facilitar la movilidad biológica, e incluso en zonas de amortiguamiento que rodeen zonas núcleo o áreas prioritarias de conservación.

Finalmente, se anhela que el presente trabajo sirva como preámbulo para el estudio y desarrollo de propuestas en torno al desarrollo sustentabilidad en este municipio, que sin duda será un semillero de buenas prácticas para la conservación ecológica.

8. Aprendizaje y habilidades obtenidas durante el desarrollo del servicio social

La participación en este proyecto me permitió adquirir experiencia en el campo de la planeación, restauración ambiental y diseño ecológico, al llevarlo a la práctica. Al igual, pude complementar los conocimientos adquiridos durante la licenciatura asistiendo a cursos de geología, diseño ecológico y arquitectura del paisaje para profundizar en temas que me permitieran entender y transformar el problema, para alcanzar los resultados presentados. Mediante el trabajo en un equipo interdisciplinario, me permití adaptarme a un nuevo equipo donde acepté nuevas responsabilidades y roles, gané optimismo al comprender que es posible lograr una armonía entre el ser humano y la naturaleza en sintonía con nuestra contemporaneidad, que el “progreso” a costa de nuestro bienestar y recursos naturales es una idea obsoleta, y que hay una vasta red de profesionales colmados de buenas intenciones trabajando desde sus propias trincheras, por lo cual se deben hallar convergencias y derribar las barreras de comunicación entre las distintas áreas e instituciones. También adquirí saberes propios de la gente de la región del Valle del Mezquital, muchos de los que sólo se transmiten de boca en boca, y compartí con ellos otros tantos conocimientos.

En cuanto a habilidades, mejoré mis facultades de investigación y escritura, e incursioné en la utilización de software especializado como ArcGIS, Autocad y Rhino, con la oportunidad de

aplicarlos en conjunto en trabajos futuros. En campo apliqué y practiqué en numerosas ocasiones las técnicas de muestreo por cuadrantes y transectos, así como la observación de detalles en la vegetación y factores abióticos, logrando entender mejor las relaciones entre éstos. Igualmente, en campo se hizo patente la responsabilidad de guiar equipos de trabajo, por lo cual crecieron mis habilidades de trabajo en equipo, a contra-reloj y bajo condiciones meteorológicas adversas. También fue necesario aprender a realizar la identificación taxonómica de varias familias, géneros y especies botánicas por sus características macro y microscópicas, lo cual constituye una habilidad muy práctica.

A la par, tuve la oportunidad de colaborar en otros dos proyectos ecológicos de restauración ambiental y mejoramiento social por parte del mismo laboratorio: el Plan de Manejo para las áreas verdes del campus de Ciudad Universitaria, UNAM y el Plan Maestro para el rescate del Parque Público Federal El Chamizal, en Ciudad Juárez, Chihuahua. Finalmente, tuve también apoyo y motivación para participar con la ponencia del presente trabajo en el Coloquio Internacional de las Culturas del Desierto 2019.

9. Fundamento de las actividades

El consumismo voraz justificado por el progreso económico ha motivado el deterioro de los ecosistemas del planeta con duras consecuencias, ante lo cual México ha mostrado escasas medidas de combate. Muchas de las acciones destinadas a solucionar esta serie de problemas se habían limitado a lidiar con los factores ecológicos, sin embargo, en el paradigma actual de la interdisciplinariedad, se ha hecho un llamado a la colectividad y participación social para así atacar los problemas concernientes desde distintas perspectivas. (Ceccon y Martínez-Garza, 2016)

La restauración ecológica lleva muchas décadas de práctica sin tener siempre buenos resultados, ya que en ocasiones se eligen especies inapropiadas, o no se logra un alto impacto por no consultar las necesidades de los habitantes del lugar. En años recientes se ha concebido al ecosistema restaurado como un espacio en el cual los pobladores hacen uso de sus recursos bajo estrategias de aprovechamiento que aseguran su subsistencia (Álvarez-Icaza, 2013). La conservación de los ecosistemas con sus servicios ambientales y el desarrollo en los pueblos originarios del país son problemas reales y relevantes, que podrían atenderse si a la par se trabaja en fortalecer la economía de las poblaciones establecidas en territorios compartidos con la naturaleza (Ceccon y Martínez-Garza, 2016).

Para este proyecto de restauración, se considera fundamental la selección crítica de las especies florísticas y su distribución, con base en la comprensión de las relaciones y dinámicas ecológicas de cada comunidad de vegetación, lo cual nos acerca a lograr los objetivos exitosamente, permite orientar el desarrollo, mejora la calidad del hábitat y optimiza la generación de servicios ambientales. Como consecuencia, la propagación de especies útiles para la comunidad coadyuvará a garantizar la renovabilidad y disponibilidad de los recursos utilizados en su cotidianidad y en la reconocida Muestra Gastronómica de Santiago de Anaya, en la cual la flora y fauna regional es utilizada a gran escala en la elaboración de platillos tradicionales y artesanías (Pino-Moreno, 2017). Adicionalmente, el nuevo espacio reclamado podrá ser disfrutado por la población y visitantes, quienes encontrarán en él un espacio de esparcimiento, y se revalorizará la estética e identidad que

puede brindar un paisaje xerófilo, buscando el bienestar e impulsando el desarrollo social y económico.

La información producida podrá ser utilizada posteriormente con fines de conocimiento del ecosistema del Valle del Mezquital, así como en la restauración ambiental, creación de corredores bio-culturales y otros tipos de infraestructura. A su vez, pretende ser un punto de partida para la planeación y desarrollo de proyectos que en unísono se desarrollen en las dimensiones de ecología, cultura, sociedad y turismo.

El presente trabajo de servicio social se encuentra vigente y en correspondencia a las necesidades del municipio de Santiago de Anaya, siendo la conservación de su capital natural e identidad cultural el objeto de transformación. Esta propuesta, involucrada en el diseño ecológico, invita a que el conocimiento de los procesos naturales se adopte más en la planeación urbana, colaborando con diversas instituciones y áreas de conocimiento con un propósito común. Su perspectiva altamente social responde al interés del municipio de Santiago de Anaya por conservar su historia, cultura y recursos naturales.

10. Referencias

- Álvarez-Icaza, (2013). Corredor biológico mesoamericano en México. *Biodiversitas*, 11: 1-5.
- Arriaga, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: Un enfoque multiescalar. *Investigación Ambiental*, 1: 6-16.
- Bentrup, G. (2008). Conservation Buffers—Design guidelines for buffers, corridors, and greenways. US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Estados Unidos. 110 pp.
- Bollo, M.M., Hernández, S.J.R., Méndez, L.A.P. (2014). The state of the environment in Mexico. *Central European Journal of Geosciences*, 6:219-228.
- Ceccon, E., Martínez-Garza, C. (2016) Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas. Eds. E. Ceccon y C. Martínez-Garza. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 577 pp.
- Chávez-Cortés, M.M., Binnqüist-Cervantes, G.S. (2014). Sobre el concepto de bienestar y su vínculo con lo ambiental. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*. 14(27): 127-158.
- Cristancho, S., & Vining, J. (2004). Culturally defined keystone species. *Human Ecology Review*, 153-164.
- Crutzen, P. J. (2002, November). The “anthropocene”. In *Journal de Physique IV (Proceedings)* (Vol. 12, No. 10, pp. 1-5). EDP sciences.
- FAO (2015). Evaluación de los recursos forestales mundiales. Compendio de datos. Consultado el 8 de octubre del 2019 en <http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf>
- Forman, R.T.T. y Godron, M. (1981). Patches and structural components for a landscape ecology. *BioSciences*, 31: 733-740.

Garibaldi, A., Turner, N. (2004). Cultural Keystone Species: Implications for Ecological Conservation and Restoration. *Ecology and Society*, 9(3).

Guzmán-Jaimes, A. D. (2018). Caracterización de las capillas de Santiago de Anaya, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. UNAM.

Hobbs R.J. (2002) Habitat Networks and Biological Conservation. En: Applying Landscape Ecology in Biological Conservation. Ed. Gutzwiller K.J. Springer, New York, Estados Unidos. Pp. 150-170.

INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Santiago de Anaya, Hidalgo. Clave geoestadística 13055. Consultado el 2 de septiembre del 2018 en http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13055.pdf

López de Juamblez, R. (2016). Módulo de Plantación: Técnica de Reforestación con base ecológica. Colección Material Didáctico de Arquitectura de Paisaje Serie Ciencias Ambientales. Universidad Nacionales Autónoma de México.

Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E., Guariguata, M.R. (2018). La restauración de ecosistemas terrestres en México: Estado actual, necesidades y oportunidades. *Documentos Ocasionales*, 185. Bogor, Indonesia: CIFOR.

Montaño-Arias, N.M., García-Sánchez, R., Ochoa-de la Rosa, G., Monroy-Ata, A. (2006) Relación entre la vegetación arbustiva, el mezquite y el suelo de un ecosistema semiárido en México. *Terra Latinoamericana*, 24(2): 193-205.

Pino-Moreno, J.M., Guerrero-Mayorga, I., Flores-Ramírez, M.E., Galán-Ángeles, Y. (2017). Presencia de los insectos comestibles en la muestra gastronómica de Santiago de Anaya Hidalgo, México. *Entomología mexicana*, 4: 663-668.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., Nykvist, B. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472.

Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.

Saunders, D., Hobbs, R., Margules, C. (1991). Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology*, 5: 18-32.

Steffen, W., Crutzen, P. J., McNeill, J. R. (2007). The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8), 614-622.

Taylor, P., Fahrig, K., Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, (68)3: 571-573.

Tobón, W., Koleff, P., Urquiza-Haas, T., García, G. (2016). Propuesta metodológica para identificar prioridades de restauración en México. En Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas. Eds. E. Ceccon y C. Martínez-Garza. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 577 pp.

ANEXO I

CRITERIOS DEL MANEJO DE LA VEGETACIÓN PARA EL DISEÑO Y LA PLANIFICACIÓN DE CORREDORES ECOLÓGICOS EN EL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE ANAYA, HIDALGO

ÍNDICE

Introducción.....	2
1. Antecedentes	4
1.1 Restauración ecológica.....	4
1.2 Ecología del paisaje y corredores ecológicos	6
1.3 Determinación de especies útiles	7
1.3.1 Valor ecológico	7
1.3.2 Valor etnobiológico	11
1.3.3 Valor paisajístico.....	11
1.4 Formulación de paletas vegetales.....	12
1.4.1 Paleta vegetal cualitativa	12
1.4.2 Paleta vegetal cuantitativa	13
1.5 Módulo de Plantación	13
2. Métodos.....	13
2.1 Análisis ambiental de la zona de estudio	13
2.1.1 Vegetación.....	13
2.1.2 Geología	17
2.1.3 Geomorfología	19
2.1.4 Edafología.....	20
2.1.5 Fauna	20
2.2 Revisión florística.....	23
2.3 Obtención de abundancia y dominancia en campo.....	24
2.3.1 Transectos	24
2.3.2 Cuadrantes	27
2.4 Selección de especies para restauración ecológica.....	30
2.4.1 Aplicación de valores ecológicos, etnobiológicos y paisajísticos ..	30
3. Resultados	46
3.1 Elaboración de paleta vegetal cualitativa	46
3.1.1 Matorral Desértico Micrófilo	47
3.1.2 Matorral Desértico Rosetófilo.....	48
3.1.3 Matorral Crasicaule.....	49
3.1.4 Bosque de <i>Juniperus</i>	50
3.2 Elaboración de Módulos de Plantación	51
3.2.1 Paleta vegetal cuantitativa	51
3.2.1.1 Matorral Desértico Micrófilo.....	52
3.2.1.2 Matorral Desértico Rosetófilo	53
3.2.1.3 Matorral Crasicaule	54
3.2.1.4 Bosque de <i>Juniperus</i>	55
3.2.2 Módulo de Plantación	56
3.2.2.1 Matorral Desértico Micrófilo.....	56
3.2.2.2 Matorral Desértico Rosetófilo	57
3.2.2.3 Matorral Crasicaule	58
3.2.2.4 Bosque de <i>Juniperus</i>	59
3.3 Discusión y conclusiones	60
Referencias	63

Introducción

En el Antropoceno, el humano es el actor dominante de los cambios sobre el sistema terrestre, un papel que nos ha puesto al filo de una serie de retos ecológicos, y también nos responsabiliza de resolverlos. Uno de los mayores desafíos que ahora enfrentamos es la pérdida de hábitat y biodiversidad, la cual presagia un desfavorable panorama en el futuro si no se toman medidas inmediatas (Crutzen, 2002; Steffen et al., 2007; Rockström et al., 2009). La disrupción de ecosistemas y pérdida extensiva de cubierta vegetal causa que las condiciones abióticas del ambiente cambien y que las comunidades remanentes se distribuyan en parches sobre el paisaje, poniendo en juego la supervivencia de poblaciones enteras animales y vegetales; este fenómeno es conocido como fragmentación (Arriaga, 2009; Saunders et al., 1991; Hobbs, 2002).

La restauración ecológica busca combatir la desertificación y fragmentación a través de la asistencia en la recuperación de ecosistemas degradados, dañados o destruidos (Méndez-Toribio et al., 2018; SER, 2004). Una de las herramientas de la restauración es la creación de corredores lineales de vegetación que establezcan conexiones entre los parches del hábitat fragmentado. Mediante esta técnica de corredores biológicos se pueden mejorar y proporcionar hábitats, proteger áreas sensibles, restaurar la conectividad, permitir el desplazamiento de especies y aumentar el acceso a recursos (Bentrup, 2008; Forman y Godron, 1981; Tobón et al., 2016), así como facilitar la movilidad y adaptación de las especies ante el inminente cambio climático (Álvarez-Icaza, 2013; Taylor et al., 1993).

México ha experimentado una acelerada reducción de la cubierta vegetal y calidad de sus ecosistemas en los últimos años. Se calcula que en tan solo 25 años (entre 1990 y 2015) en el país se arrasó con el 25,7% de los bosques primarios (FAO, 2015). De acuerdo con un estudio reciente, el 50% del territorio mexicano presenta algún grado de deterioro y el 48% del área cubierta por vegetación presenta algún nivel de degradación o desertificación (Bollo et al., 2014). Esto ha resultado en una lamentable pérdida de hábitats e intensifica fenómenos de erosión, sequías,

inundaciones y derrumbes (Vargas, 2011). Además, trae consecuencias sociales desfavorables como perjuicios económicos (INEGI, 2018), y la distribución desigual de recursos naturales para la población (Chávez y Binnquist, 2014). De todos los tipos de vegetación que se encuentran en el territorio mexicano, el matorral xerófilo es el más ampliamente distribuido en el país, abarcando alrededor del 40% del total de la superficie, donde el deterioro por la extensión de zonas de agricultura, explotación de especies útiles y sobre-pastoreo hace que su cobertura sea continuamente fragmentada, reducida y suprimida (Montaño-Arias et al., 2006; Rzedowski, 2006).

Enclavado en una de las comisuras del Valle del Mezquital, en el estado de Hidalgo, se encuentra el municipio rural de Santiago de Anaya (SDA), guardián de secretos ancestrales, heredero de la cultura hnahnu y punto de origen de la evangelización agustina en el estado (Guzmán-Jaimes, 2018). Actualmente en el municipio existe un problema de fragmentación y pérdida de especies, suscitadas por la expansión urbana y agropecuaria, la extracción de recursos y el arribo de industrias. Por esta razón se desarrolla el proyecto integral "Salvamento del patrimonio arquitectónico y natural de Santiago de Anaya, Hidalgo", el cual habilitara corredores bio-culturales para vincular parches de vegetación, históricas edificaciones religiosas y un jardín botánico *in situ*. Adicionalmente, con esta red de corredores se ofrecera a los visitantes y locales una oportunidad de acercamiento, convivencia, apreciación y aprovechamiento silvícola del matorral xerófilo, la cual fomente la conservación de elementos naturales culturalmente importantes para el pueblo originario hnahnu.

El presente trabajo pretende ser una guía para realizar trabajos de restauración ecológica en SDA que coadyuven al desarrollo de ecosistemas estables, funcionales y aprovechables, abordando conocimiento ecológico, cultural y de diseo para crear espacios donde los usuarios son tanto los humanos como las plantas y animales. Con este propósito, se llevó a cabo un estudio de las condiciones ambientales y las relaciones de la flora y fauna del área mediante registros bibliográficos, visitas a campo, y levantamientos de vegetación. A partir de los datos recabados se realizó una selección de especies vegetales de cada

comunidad vegetal para su uso en la intervencin, considerando: a) su *valor ecolgico*, especies nativas, que brindan estructura al ecosistema, con rasgos funcionales que mejoran su capacidad de supervivencia, llevan a cabo interacciones ecolgicas determinantes, e impulsan el mejoramiento ambiental y la sucesin ecolgica, b) *valor etnobiolgico*, especies importantes en la cultura hñähñü, comestibles, medicinales, ceremoniales, o aprovechables, y c) *valor paisajstico*, especies con caractersticas estticas y deseables, que contribuyen a la identidad y carcter del sitio, proporcionan orientacin a los usuarios, y son a la vez plantas de bajo mantenimiento y consumo de agua. Desde esta seleccin, se elaboraron proyecciones de parcelas de asistencia para la regeneracin ecolgica, llamadas M3dulos de Plantacin, en las cuales se recre3 la composicin, estructura y ensamblaje de comunidades vegetales modelo (L3pez de Juambelz, 2016). Complementariamente, se elaboraron paletas vegetales cualitativas e ilustradas, herramientas que facilitan la posterior utilizacin de la informaci3n por especialistas en otras disciplinas y fungen como material de apoyo en las siguientes etapas de diseo y producci3n de los corredores.

1. Antecedentes

1.1 Restauraci3n ecolgica

Dada la acelerada p3rdida de cobertura vegetal y especies nativas, introducci3n de especies invasoras, y el cambio clim3tico al que se enfrenta M3xico, el desarrollo de estrategias de asistencia ecolgica es urgente (M3ndez-Toribio et al., 2018). La conservaci3n de la biodiversidad se puede lograr mediante la protecci3n del h3bitat intacto y la restauraci3n del h3bitat degradado (Possingham et al., 2015).

La restauraci3n ecolgica, definida como “el proceso de asistir en la recuperaci3n de un ecosistema que ha sido degradado, daoado o destruido”, pretende devolver al ecosistema a su trayectoria hist3rica lo m3s fielmente posible. Para este fin se han planteado nueve atributos que describen a un ecosistema restaurado:

- I. El ecosistema restaurado tiene asociaciones de especies caractersticas que lo proveen de una estructura de comunidad apropiada.

- II. Integrado, en lo mayormente posible, por especies nativas. En la restauracin de ecosistemas culturales se pueden exceptuar especies exóticas domesticadas, ruderales y arvenses no invasivas que hayan coevolucionado con el ecosistema.
- III. Presencia de todos los grupos funcionales necesarios para el desarrollo y/o estabilidad del ecosistema, o bien, los grupos ausentes tienen alto potencial colonizador para incorporarse por sí mismos.
- IV. El ambiente físico es capaz de sostener la reproduccin de poblaciones de las especies necesarias para su continuidad o desarrollo sobre la trayectoria deseada.
- V. Funcionamiento aparentemente normal para su etapa de desarrollo. No hay signos de disfuncin.
- VI. El ecosistema está apropiadamente integrado a una matriz ecológica o paisaje más vasto, con el cual interactúa a través de flujos e intercambios bióticos y abióticos.
- VII. Se han eliminado o reducido al mínimo las amenazas potenciales de la matriz circundante hacia la salud e integridad del ecosistema en cuestin.
- VIII. El ecosistema restaurado es lo suficientemente resiliente para resistir los eventos periódicos de estrés que sirven para mantener su propia integridad.
- IX. El ecosistema restaurado es autosustentable y tiene el potencial para persistir indefinidamente bajo las condiciones ambientales del presente. Sin embargo, aspectos de su biodiversidad, estructura y funcionamiento pueden cambiar o fluctuar como respuesta al estrés normal periódico y, ocasionalmente a perturbaciones con mayores consecuencias. La composicin de especies y otros atributos de un ecosistema restaurado pueden evolucionar conforme a los cambios de las condiciones ambientales (SER, 2004).

Dentro de esta lista se podrían incluir los atributos que lleven a cumplir objetivos en el proyecto de restauracin, por ejemplo, la provisin de recursos naturales y servicios en beneficio de la sociedad de una manera sustentable, o proveer

amenidades estticas o un lugar para el desarrollo de actividades ecolgicas comunitarias (SER, 2004).

La restauracin ecolgica se puede llevar a cabo de dos maneras, de forma activa o pasiva. La restauracin pasiva se limita a identificar y eliminar los factores que perturban a un ecosistema degradado, permitiendo su recuperacin por s solo. En la restauracin activa, el humano interviene directamente, en un esfuerzo por influenciar y acelerar la trayectoria sucesional del ecosistema (Holl & Aide, 2011).

1.2 Ecologa del paisaje y corredores ecolgicos

La ecologa del paisaje es una rama de la Ecologa enfocada en la distribucin de los patrones de elementos del paisaje o ecosistemas, el flujo de animales, plantas, energa, nutrientes, minerales y agua, y los cambios ecolgicos en el mosaico del paisaje a travs del tiempo (Numata, 1995).

El cmo de ecosistemas interactivos entre s, distribuidos y repetidos de manera similar conforman un paisaje. Hay tres elementos que le confieren estructura al paisaje, y son: *parches*, un rea relativamente pequea que tiene una estructura y funcin diferente a la del paisaje circundante; *corredores*, retazos lineales que generalmente tienen ciertas funciones acentuadas debido a su forma; y *matriz*, el trasfondo dentro del cual existen los retazos y las zonas de amortiguamiento (Forman y Godron, 1981).

Los cambios en el uso de suelo, las actividades antropognicas y la expansin agrcola, ganadera, minera y turstica producen disrupciones en el ambiente fsico y biolgico, propiciando la remocin extensiva de la vegetacin y su distribucin en parches a travs del paisaje, este fenmeno es llamado *fragmentacin* (Trombulak y Frissell 2000; Arriaga, 2009; Saunders et al., 1991). Algunos de los efectos desencadenados de la fragmentacin de la vegetacin son la alteracin del microclima al interior y alrededor del remanente, el aislamiento de ms reas en el paisaje y la prdida de biodiversidad (Saunders et al., 1991).

Un corredor biolgico es una herramienta importante en la restauracin ecolgica, consiste en un espacio definido para proporcionar conectividad entre paisajes, ecosistemas y hbitats, naturales y modificados, de forma que promueva el mantenimiento de la diversidad biolgica y los procesos ecolgicos y evolutivos a partir del movimiento de genes y especies en ecosistemas que han quedado fragmentados (Saunders, et al., 1991; Rosenberg et al., 1997). La continuidad de los corredores permite el desplazamiento de las especies de flora y fauna en pocas de cambios climticos o escasez de recursos, ya que permiten que las especies cambien su distribucin a las zonas en donde se cubran sus necesidades (CONABIO, 2009). Al mismo tiempo, se conciben como espacios en los que sus pobladores hacen uso de sus recursos bajo estrategias de aprovechamiento que aseguran su conservacin (Alvarez-Icaza, 2013). Esta reciente definicin carga un estandarte importante que involucra la participacin social, objetando que la conservacin de los ecosistemas y su biodiversidad slo es posible si a la par se trabaja en fortalecer la economa de las poblaciones rurales establecidas en territorios compartidos con la naturaleza.

1.3 Determinacin de especies tiles

El conocimiento ecolgico para decidir qu especies son adecuadas para cada lugar a recuperar es la clave de su xito (Guevara-Escobar et al., 2008). Se deben elegir especies vegetales apropiadas para el objetivo que se pretenda alcanzar, considerando que los productores primarios representan el armazn sobre el que se ensamblan el resto de los componentes que integran un ecosistema (Navarro-Cano, 2017). Actualmente, en los proyectos de aprovechamiento sustentable la seleccin de especies se fundamenta en tres pilares: el valor ecolgico, valor etnobiolgico y valor paisajstico (Hernndez-Oria y Chvez-Martnez (2011).

1.3.1 Valor ecolgico

En la ecologa de la restauracin se reconocen dos pasos en la recuperacin de las comunidades biolgicas: la restauracin de los elementos abioticos y la recuperacin de las poblaciones (Montoya et al., 2012). Las especies vegetales utilizables para fines restaurativos pueden seleccionarse en base a una serie de

calificadores dependientes de la funcin deseada, siempre favoreciendo la biodiversidad. Algunas de las tendencias ecolgicas ms actuales consideran el concepto de diversidad biolgica en un aspecto amplio, a considerar no slo la riqueza taxonmica, sino tambin de sus acervos genticos (diversidad gentica), de los grupos funcionales a los que pertenecen (diversidad funcional), de sus historias evolutivas (diversidad filogentica) y de sus interacciones con otras especies (diversidad de interacciones) (Navarro-Cano, 2017).

a) Diversidad gentica

El potencial de adaptacin gentica permite que el ecosistema se ajuste a las condiciones locales de un sitio y provee resiliencia ante eventos de estrs o cambios ambientales. Adicionalmente, cuando las poblaciones del ecosistema presentan redundancia gentica, la especie no slo se adaptar, sino tambin se crea una reserva gentica en la cual intervienen los alelos que proveen variedad en las respuestas a los cambios ambientales. (SER, 2004)

b) Diversidad funcional

Un rasgo funcional se define como cualquier atributo morfo-fisio-fenolgico de una especie con un efecto sobre su desempeo o rol en la comunidad, lo cual influye indirectamente en su adaptacin (Violle et al., 2017). Algunos de estos rasgos pueden ser el tamao y silueta general de la planta, forma y temporalidad de las hojas, caractersticas de las semillas, fenologa, formas de dispersin, etc. (Daz et al., 2002). Los grupos funcionales de plantas se clasifican como tales al exhibir respuestas similares a las condiciones ambientales y producir efectos anlogos en los principales procesos ecosistmicos; sin embargo, son frecuentemente polifiléticos (Walker, 1992; Gitay & Noble, 1997). La clasificacin de grupos funcionales es til para resumir la gran complejidad de especies individuales en un ecosistema a un nmero relativamente pequeo de grupos recurrentes (Walker, 1992).

En la restauracin ecolgica se debe incrementar la pluralidad de nichos y grupos de rasgos funcionales, ya que estos permitirn que el ecosistema resista

perturbaciones y se recupere la funcionalidad del ecosistema, además de que, al mantenerla, se obtiene una correlación positiva con la riqueza específica (Cadotte et al., 2011; Montoya et al., 2012).

c) Diversidad filogenética

Otra representación de la biodiversidad recae en las historias evolutivas de las especies. En el terreno de la diversidad filogenética, se mide la singularidad de cada especie basada en la longitud de la rama sobre la que se encuentra en un cladograma. Esta medida expresa un nivel de distintividad, en el cual especies alejadas filogenéticamente podran contribuir más a la diversidad de cierto nivel de organización, aportando a la composición una mayor heterogeneidad de formas y funciones biológicas (Faith, 1992). Sin embargo, este indicador de diversidad ha causado polémica y confusión aún en la actualidad entre diferentes autores, por lo que para trabajos de restauración ecológica no tiene una aplicación directa (Mazel et al., 2018; Fritz & Purvis, 2010).

d) Diversidad de interacciones

La restauración de los servicios ecosistémicos que proveen las especies y sus interacciones son un objetivo crítico para la recuperación de servicios como la dispersión de semillas, polinización y control de plagas (Montoya et al., 2012). La pérdida de las interacciones ecológicas interespecíficas y a nivel trfico, como la facilitación, nodrizaje, papel de dispersores, entre otras, suscitada por la degradación ambiental y desaparición de especies afectan directamente el funcionamiento de los ecosistemas (Navarro-Cano, 2017).

En el contexto de la restauración y de la sucesión ecológica, el desarrollo de un proceso de sustitución de especies está alimentado por las interacciones clave planta-planta y planta-animal (Zamora et al., 2004). Una interacción clave planta-planta en ecosistemas semiáridos es la denominada *facilitación ecológica*, relación de comensalismo donde una planta *nodriza*, que posee adaptaciones fisiológicas que le permiten establecerse en ambientes de alto estrés, es capaz de mejorar el microambiente bajo su dosel mediante el aporte de materia orgánica, sombra,

humedad y produccin de propágulos micorrícicos, creando una isla de recursos que coadyuva a que germinen las semillas (*nucleacin*) y prosperen las plántulas de otras especies que, de otra forma, sucumbirían ante las duras condiciones (Santini et al., 2007; Navarro-Cano, 2017; Zamora et al., 2004; Camargo-Ricalde y Dhillion, 2003; Monroy-Ata et al., 2007). Esta interaccin está ampliamente relacionada con la diversidad filogenética, ya que las grandes diferencias fisiológicas que existen entre ambas especies involucradas evitan su competencia por los mismos recursos (Gómez-Aparicio 2009; Navarro-Cano, 2017). Adicionalmente, en la defensa por asociacin, una planta palatable para herbívoros puede ser protegida al rodearse de otras especies de difícil ingesta, poco palatables, o que obstruyan el paso, lo que disminuye la calidad alimenticia del parche para los herbívoros, quienes buscan parches donde forrajear la mayor cantidad de plantas posibles (Huntly, 1991).

La interaccin planta-animal puede suscitarse al tener una planta como proveedora de alimento, y a la vez, al fungir la fauna como vector de dispersin. La herbivoría tiene consecuencias favorables cuando el animal controla la poblacin de plantas, o ingiere estructuras con semillas y favorece su dispersin, o bien, puede limitar la regeneracin forestal, al consumir las plántulas y juveniles desprovistas aún de rganos reproductivos. Algunas especies (generalmente roedores) también pueden contribuir a la dispersin accidental de semillas al almacenarlas en el suelo para su posterior ingestin (Zamora et al., 2004). Dentro de estas relaciones también tenemos a los polinizadores, quienes generan un impacto favorable al asistir en el mantenimiento, regeneracin, diversificacin y estabilidad de la vegetacin de los ecosistemas áridos y semiáridos (Cornejo, 2007). Estas relaciones pueden ser tan estrechas, que algunas especies han coevolucionado, presentando patrones morfológicos, fenológicos y conductuales altamente específicos para su interaccin. Ejemplo de ello son los quirópteros herbívoros de hábitos nocturnos, visitantes y principales polinizadores de las flores de algunas cactáceas con antesis nocturna (Cornejo, 2007). Con esta especificidad no es difícil imaginar lo que sucede si alguno de los involucrados llegase a faltar.

Aunado a la consideracin de los factores de diversidad presentados, es muy recomendable el empleo de especies arbreas o arbustivas cercanas a la composicin de fases sucesionales tardas, ya que mejoran la resiliencia y aceleran la recuperacin funcional de los ecosistemas (Lockwood & Pimm, 1999; Bonet, 2004; Gelviz-Gelvez, 2013; Navarro-Cano, 2017).

1.3.2 Valor etnobiolgico

Adicionalmente, ya que la riqueza de un pas se expresa tanto a nivel biolgico como cultural, este ltimo es un elemento invaluable al emitir estrategias para la conservacin de su patrimonio natural (Garibaldi y Turner, 2004; Cristancho y Vining, 2004; Méndez-Toribio, et al., 2018). Ciertas especies son las que ponen en contexto y son la infraestructura en el imaginario, la dieta, medicina o como materia prima en las culturas de todo el mundo (Garibaldi y Turner, 2004). Dada la gran riqueza e importancia cultural de México, y los objetivos del proyecto, un factor considerado fundamental es el relacionado con la sociedad. Se dice que la idea de desarrollo debe considerar la asociacin de la biodiversidad y del conocimiento tradicional, tomando en cuenta la idiosincrasia de los habitantes del rea, lenguas, costumbres, creencias, mitos, tradiciones, estructura social y cultura (Villavicencio-Nieto y Pérez-Escandón, 2011).

El Municipio de Santiago de Anaya se distingue tanto por sus rasgos paisajsticos, como por los culturales. El 88.25% de sus habitantes se considera indgena (INEGI, 2016) con una predominancia de la cultura hñähñú. Es el lugar de sede de una Feria Gastronmica reconocida a nivel internacional donde se cocinan platillos de gran tradicin prehispnica en los que se plasma la biodiversidad de la zona, utilizando como ingredientes insectos de la regin, mamferos, reptiles, y una gran variedad de especies vegetales. Adicionalmente, su cosmovisin se nutre del aprovechamiento de especies florsticas y faunsticas para su uso medicinal, en rituales y en la fabricacin de objetos, de viviendas y de arte popular.

1.3.3 Valor paisajstico

Al estudiar la relevancia ecolgica y etnobiolgica de las comunidades vegetales que componen la zona de estudio, se puede explorar el potencial paisajstico para

su utilizacin como una tercera herramienta de conservacin. En el aprovechamiento paisajstico sustentable se ha reconocido la importancia del uso de especies vegetales adecuadas a las condiciones climticas para generar heterogeneidad microclimtica, reducir costos de mantenimiento y obtener espacios de recreacin, reunin y circulacin dignos y disfrutables para los usuarios, que adem{s les permiten devolverse a su inherente relacin con la naturaleza (L{opez de Juambelz y Cabeza, 1998). Otra razn para tomar en cuenta el valor paisajstico, es que en M{exico, lamentablemente, se suelen aceptar las especies ornamentales ex{oticas mundialmente reconocidas, desechando la posibilidad de usar especies nativas con un gran potencial ornamental, y m{s a{un, seleccionando especies poco adecuadas para las condiciones ambientales en el pa{is, que pueden representar desde un gasto innecesario de recursos, hasta la intrusin de especies invasoras (Nava-Esparza y Chimal, 2006).

Las plantas ornamentales pueden tener diversos usos funcionales, desde la delimitacin espacial, direccin de tr{afico peatonal o en bicicleta, ocultar ciertas {areas de la vista, reduccin de olores y ruido de la atm{sfera (Nava-Esparza y Chimal, 2006), hasta la recreacin de las asociaciones vegetales encontradas de manera silvestre, con su ritmo, interacciones y distribuciones naturales. Haciendo uso del conocimiento ecolgico y la creatividad, puede encontrarse una sinergia entre la regeneracin o potencializacin de los beneficios ecosist{emicos de manera integral, y la instauracin de un panorama est{eticamente interferido que se integre con la cosmovisin de los habitantes de la zona y que responda a sus necesidades cotidianas y de desarrollo econ{omico (Miller, 2013; Rodr{iguez, 2012; De la Torre, 2012).

1.4 Formulacin de paletas vegetales

1.4.1 Paleta vegetal cualitativa

La paleta vegetal cualitativa es una gu{ia para el diseo de M{odulos de Plantacin, la cual incluye informaci{n de las especies seleccionadas como su nombre cient{ifico y com{un, familia taxon{omica, formas biol{ogicas, caracter{isticas fenol{ogicas, dimensiones y requerimientos de luz y suelo. (L{opez de Juambelz, 2016)

1.4.2 Paleta vegetal cuantitativa

En la paleta vegetal cuantitativa, se utilizan datos de cada especie de nombre científico y común, dimensión, cobertura, importancia, área y frecuencia. A partir de estos se realiza la conformación estructural para el Módulo de Plantación, en la cual se planea la superficie del Módulo de Plantación, la cobertura total del ecosistema, cobertura total del estrato arbóreo, cobertura total del estrato arbustivo y cobertura total del estrato herbáceo. (López de Juambelz, 2016)

1.5 Módulo de Plantación

El Módulo de Plantación es una herramienta del diseño ecológico que tiene la finalidad de reproducir la organización natural de una comunidad vegetal, para lo cual los patrones se adquieren mediante el estudio de la estructura del ecosistema a representar, con aplicaciones variadas que van desde la restauración ecológica *in situ* hasta la evocación de un ecosistema en espacios antropogénicos con el objetivo de ambientar espacios específicos. Se constituye como una manera práctica de asistir la regeneración de un ecosistema perturbado, ya que se procura introducir especies nativas y/o que induzcan la sucesión ecológica, integrando los parámetros naturales que conforman la fisonomía de un ecosistema: diversidad, distribución, estratificación y abundancia. Algunos beneficios de su aplicación son la mitigación de la fragmentación del hábitat, inducción de la vegetación espontánea, realización de una forestación ordenada, y disminución de costos de ejecución y mantenimiento. (López de Juambelz, 2016)

2. Métodos

2.1 Análisis ambiental de la zona de estudio

2.1.1 Vegetación

El tipo de vegetación que distingue al Valle del Mezquital es matorral xerófilo, con especies eminentemente leñosas y con adaptaciones para mitigar la pérdida hídrica y tolerar la radiación solar, como son hojas reducidas, desarrollo de tomento,

incremento de la cutcula de la epidermis y transformacin de ramas y hojas en espinas, entre otras (Bravo-Hollis, 1937a).

En los siguientes apartados descriptivos de los tipos de vegetacin correspondiente, se utilizar la clasificacin propuesta por Gonzlez en 1968, y la nomenclatura de Rzedowski (1966, 2006) para las zonas semiáridas de México, puesto que es la más comúnmente utilizada.

Matorral Desértico Micrófilo (MDM)

Se caracteriza por la fisonomía de sus componentes dominantes, los cuales presentan arbustos de foliolos pequeños, con una superficie menor a los 2cm² según la escala de los caracteres de las hojas de Raunkjaer (Bravo-Hollis, 1937a; Rzedowski, 1966). En México, se registra que el Matorral Desértico Micrófilo ocupa el 20.7% de la superficie, y es la vegetación con la mayor extensión en las regiones áridas (Rzedowski, 2006). Se hace presente en suelos de origen aluvial y generalmente pobres en materia orgánica. Su fisonomía puede ser variable en términos de cobertura, dominancia y estratificación (Rzedowski, 1966). Presente en el fondo del Valle del Mezquital, se ha visto muy alterado por usarse el suelo profundo donde prospera para actividades agrícolas desde tiempos prehispánicos (Cook, 1949). Incluso en varias localidades del Valle del Mezquital, este tipo de vegetación ha quedado completamente desplazado por áreas dedicadas a la agricultura, ganadería y urbanizadas, por lo que sólo se encuentran remanentes de ciertas especies como representantes de la antigua vegetación que pudo haber ocupado el fondo del valle (González-Quintero, 1968). González-Quintero reconoció este tipo de vegetación, con variantes y especies características, como Matorral Desértico Aluvial, presentando dos variantes:

a) Matorral de *Prosopis*

Ocupa la mayor parte del fondo del valle, entre los 1,700 y 2,000 msnm, con *Prosopis juliflora* en su forma arbustiva como dominante, y eminencias de *Yucca filifera* y *Schinus molle*, acompañado de diversos arbustos, cactáceas y herbáceas.

b) Matorral de *Flourensia*

Al norte de Actopan, en suelos muy someros en los que incluso pueden observarse afloramientos de caliche (depósitos endurecidos de carbonato de calcio). Domina *Flourensia cernua*; individuos de *Prosopis* llegan a presentarse muy espaciados. Es menos rico en especies arbustivas y herbáceas.

Las descripciones del MDM en el país, incluyen un elemento en común que raramente aparece en los registros de González-Quintero, y es la presencia de *Larrea tridentata* como especie dominante, donde llega a constituir hasta el 90% de la cobertura vegetal total en zonas de escaso relieve (Rzedowski, 2006). Rzedowski (1957) menciona incluso a Ixmiquilpan (municipio al norte de Santiago de Anaya) como la zona de distribución más al sur de *L. tridentata*, asociado a *Flourensia cernua*, comunidad que se desarrolla sobre llanuras y partes bajas de abanicos aluviales y en laderas áridas de cerros cerca de Actopan. Esta descripción coincide con la descripción realizada por González-Quintero sobre el matorral de *Flourensia*.

Matorral Crasicaule (MC)

Agrupar las comunidades arbustivas en las que las cactáceas tienen un papel importante como dominantes fisonómicas (Rzedowski, 2006). Entre las adaptaciones más notables de estas plantas se encuentran el desarrollo de un tallo globoso, con reducción o ausencia de hojas (disminuyendo la superficie de evaporación), aumento de la cutícula y epidermis, cubierta cerosa, apertura estomática en las noches que reduce la pérdida de agua por evotranspiración (metabolismo CAM), elaboración de mucílagos para retención de agua y presencia de surcos o costillas, concediendo el aumento o reducción de su volumen en relación con la absorción periódica de agua (Bravo-Hollis, 1937a; Rivas-Rossi, 1996). En el Valle del Mezquital se localiza desde los 1,800 a los 2,700 m de altura, haciéndose presente en laderas de cerros riolíticas y sobre los abanicos aluviales en la base de los mismos cerros, en suelos someros y pedregosos. Dominan *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia streptacantha*, *Prosopis juliflora* y a veces

Stenocereus dumortieri, con individuos ocasionales de *Yucca filifera* (González, 1968).

Matorral Desértico Rosetófilo (MDR)

Rzedowski (1966) nombró y describió este tipo de vegetación para las zonas semiáridas de México con base en la fisonomía aparente de que las especies que representan este tipo de vegetación son especies arbustivas o sub-arbustivas, en las cuales la mayor parte de la porción leñosa se ha vuelto subterránea, disponiéndose las alargadas y estrechas hojas en forma de roseta (Bravo-Hollis, 1937a). Característico de las laderas de los cerros calizos, descendiendo hasta los abanicos aluviales en la base de los mismos cerros, o bien, en zonas poco inclinadas con presencia de grava y fragmentos de roca caliza, esta comunidad tiene particular relevancia desde un interés económico, ya que alberga gran diversidad de plantas útiles (Rzedowski, 1966; 2006). En el Valle del Mezquital se reporta un matorral de *Agave stricta* en zonas de suelo calizo (Rzedowski et al., 1964). Con el nombre de “Matorral Desértico Calcícola”, González-Quintero describe un tipo de vegetación habitante de cerros abundantes en calcio, delgados y ricos en materia húmica. Se encuentra en esta zona entre los 1,750 y 2,600 msnm. Con una asociación generalmente caracterizada por *Agave lechuguilla*, *Agave striata* y *Hechtia glomerata*, se agregan en el Valle del Mezquital poblaciones distintivas de *Flourensia resinosa*, *Mortonia hidalguensis* y *Machaonia coulteri*, confiriéndole una fisonomía particular. Estas comunidades no rebasan los 3.0 m de altura.

Bosque de *Juniperus* (BJ)

Este tipo de vegetación conforma la transición entre las formaciones xerofíticas de la altiplanicie mexicana y las vertientes internas de las Sierras Madres Oriental y Occidental. Son reconocidos como BJ los tipos de vegetación en las que el género *Juniperus* funge como el dominante fisonómico. Estas pudieran ser comunidades vegetales transicionales entre el bosque de Pino-Encino y el matorral xerófilo, ya

que a menudo prospera en esta franja; o incluso, que representen fases de sucesin secundaria, cuyo clmax corresponde al pinar o al encinar (caso a n no estudiado a fondo) (Rzedowski, 2006).

En el Valle del Mezquital, se distingue por *Juniperus flaccida* var. *poblana*, pudiéndose encontrar codominado por *Pinus cembroides* o por *Sophora secundifolia* en laderas de suelos calizos, o conviviendo ocasionalmente con *Quercus microphylla* y especies propias del matorral crasicaule en suelos ígneos. Este tipo de vegetación no suele sobrepasar los 6 m de altura. Se establece entre los 2,400 y los 3,000 msnm (González-Quintero, 1968).

2.1.2 Geología

La geología es determinante para los procesos ecológicos que se llevan a cabo en cada zona, tanto para el establecimiento de vegetación, como para la infiltración de agua en el subsuelo. Los principales materiales rocosos distribuidos en el área de estudio son del tipo sedimentario de la era Mesozoica, provenientes de la Sierra Madre Oriental, y cuyas edades corresponden a los periodos del Cretácico inferior y superior. Estas formaciones son El Doctor, Soyatal y Mexcala, las cuales se encuentran cubiertas en una discordancia angular por conglomerados polimícticos del periodo Eoceno de la era Cenozoica, y estos a su vez cubiertos por depósitos aluviales (Medina Ávila, 2019).

Estratigráficamente las rocas expuestas van del Cretácico Inferior al reciente. La unidad litológica más antigua es El Doctor (Cretácico Inferior), formada por calizas de origen arrecifal, presentando estratificaciones muy gruesas a delgadas con bandas de pedernal. En superposición se encuentra la formación Soyatal (Cretácico Superior), representada por rocas calcáreas y arcillosas. Enseguida se presenta la formación Mexcala (Cretácico superior), una transición de rocas arcillosas y arenosas cementadas con carbonato de calcio de. En forma discordante yace un conglomerado bien consolidado gris-rojizo con fragmentos de calizas y rocas volcánicas en una matriz arcillosa de cuarzo del grupo El Morro (Eoceno) (Segestrom, 1961), y finalmente, de manera dispersa se encuentran algunos

macizos rocosos terciarios volc3nicos originadas por derrames de lavas de composici3n 3cida a intermedia (riolitas, dacitas y andesitas) pertenecientes al Grupo Pachuca (Oligoceno-Plioceno) (Geyne et al., 1963). En la superficie, el suelo es de tipo aluvi3n (Medina, com. pers.) (Fig. 1 y 2).

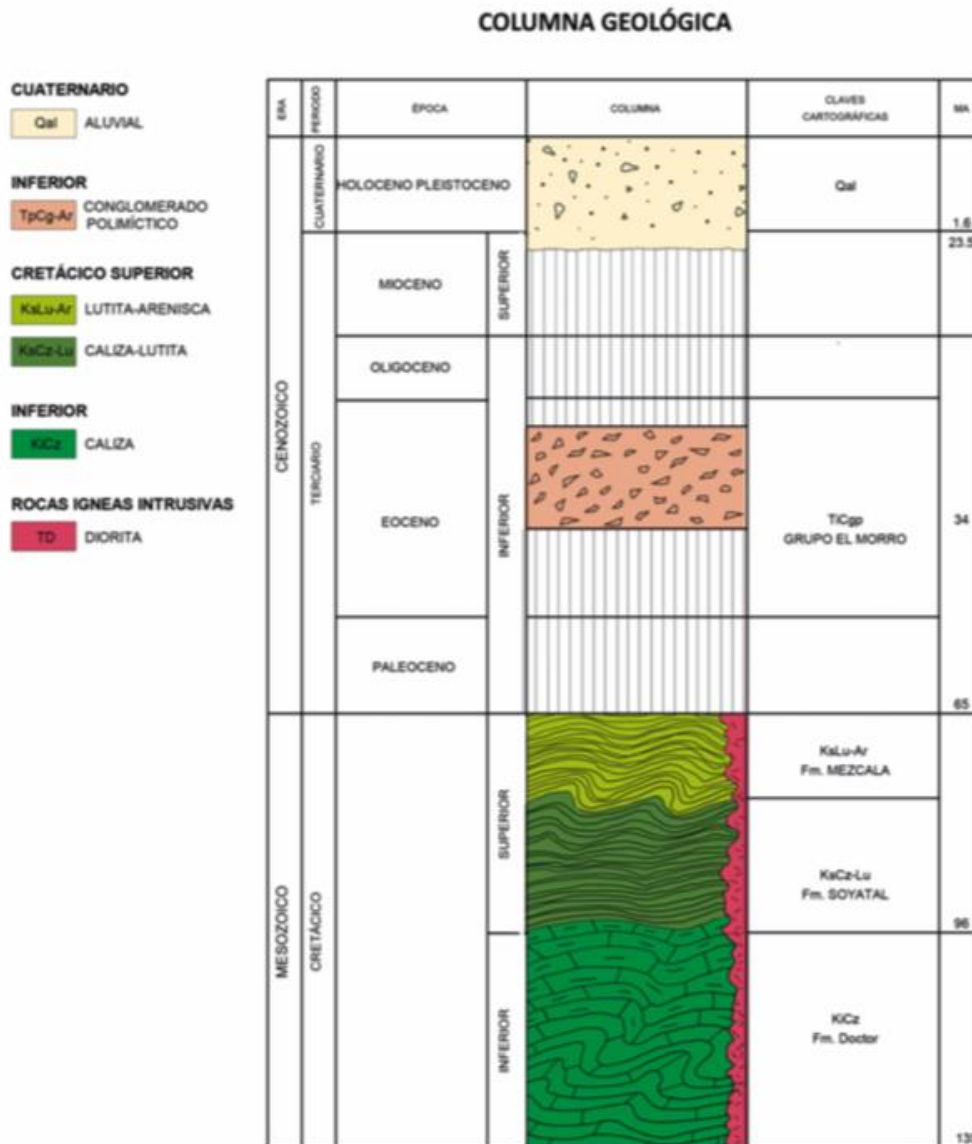


Figura 1. Columna estratigr3fica (Medina, sin publicar)

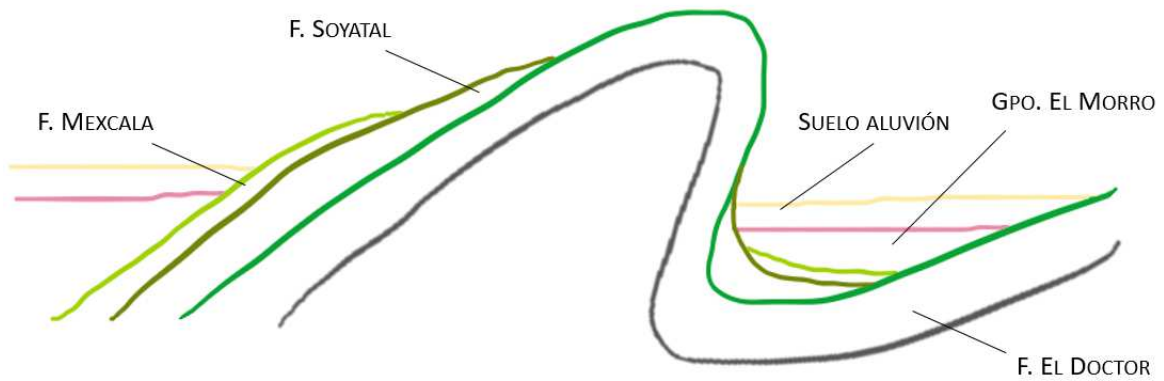


Figura 2. Esquema de estratigrafía comúnmente encontrada en Santiago de Anaya

2.1.3 Geomorfología

El área de estudio se encuentra ubicada en el límite suroccidente de la Sierra Madre Oriental (SMO) de la subprovincia Sierras Altas, por lo cual está influenciada por ésta fisiográficamente. La SMO se caracteriza por tener sierras alargadas, con inclinaciones hacia el sur-oriente con altitudes aproximadas a los 2500 msnm, hacia el sur limita con el borde norte del Eje Neovolcánico (Raisz, 1964).

En las formaciones de la región existen accidentes geológicos relacionados con la tectónica de placas, como fallas y pliegues, que dan origen a diversos lomeríos y montañas plegadas e inclinadas hacia el noreste. Las principales formaciones son los cerros de La Nube (Oxanguí), Quelite, Verde, Palma Grande, Teñondhe, Águila, La Corona, Tepha, Boludo, Campana, Senthe, Gordo y Xenfani (SIIEH, 2016), al pie de los cuales se localizan mesetas con pseudoestratificación horizontal conformadas por depósitos aluviales intercalados con materiales piroclásticos, detritos volcánicos, y sedimentarios de ambiente paleolacustre, relacionado con planicies de origen aluvial (Medina, sin publicar), esto a la vez da como resultado elementos del relieve donde se distribuye la vegetación de acuerdo a sus requerimientos y rasgos funcionales, siendo distintas las comunidades que crecen en las cimas de los cerros, en sus laderas, pie de monte, valles y barrancas (Bravo-Hollis, 1978).

2.1.4 Edafología

Los suelos de Santiago de Anaya se clasifican como: *Phaeozem*, suelos intensamente lixiviados, con un horizonte superficial oscuro, rico en materia orgánica. Son porosos, fértiles y excelentes para la agricultura, y se ubican en los terrenos planos. *Cambisol*, tienen al menos un principio de diferenciación de horizontes en el subsuelo, evidenciado por cambios en las características físicas y composición, de textura media a fina y con poca materia orgánica. Se encuentran en terrenos llanos y montañosos. Generalmente son buenas tierras agrícolas. *Calcisol*, suelos calcáreos, en llanos o laderas, cuya vegetación natural es escasa debido a la gran cantidad de bases presentes en ellos. *Leptosol*, muy someros, sobre roca continua y muy gravillosos o pedregosos, se ubican en zonas montañosas, ya que son áreas fuertemente erosionadas. Por sus características, suelen ser poco trabajables (INEGI, 2009; FAO, 2008).

2.1.5 Fauna

En el Valle del Mezquital se ha registrado la presencia de 107 especies de mamíferos, distribuidas en 6 órdenes, 17 familias y 68 géneros. Las familias mejor representadas son Muridae, Vespertilionidae y Phyllostomidae (CONAFOR, 2010). Los mamíferos carnívoros finales son aquellos que no suelen tener depredadores naturales, y regulan la densidad poblacional de herbívoros importantes en su alimentación, como roedores, lagomorfos y herbívoros de mayor talla, los cuales, en consecuencia, llevan a cabo sus funciones ecológicas con moderación; también se alimentan de otros carnívoros (Terborgh, 1988; Aranda et al., 1995; Aranda et al., 2002; Beck et al., 2005). Los carnívoros finales que se han registrado recientemente en el Municipio son el coyote (*Canis latrans*) y el gato montés (*Lynx rufus*) (Departamento de Medio Ambiente de Santiago de Anaya, sin publicar), mientras que el puma (*Puma concolor*), felino reportado con anterioridad en la zona, no se ha encontrado en los últimos años, sin embargo, sí se ha registrado en poblaciones aledañas como Actopan y la Barranca de Metztlán (Rojas-Martínez et al., 2013; CONANP, 2017), por lo que su presencia no debe

descartarse. Algunos carnvoros que se alimentan adicionalmente de insectos, reptiles, anfibios, aves y productos vegetales como frutos y hojas son importantes dispersores de semillas (Herrera, 1989; Rojas-Martnez y Moreno-Ortega, 2014; Villalobos-Escalante et al., 2014; Nava et al., 1999). Dentro de este grupo se encuentra la zorra gris (*Urocyon cinereoargentus*) y el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) (Departamento de Medio Ambiente de Santiago de Anaya, sin publicar). Los mamferos omnvoros presentes tienen una dieta ms oportunista, basada en materia vegetal, invertebrados y pequeos vertebrados (Mendoza-Durán, 2005); algunos de estos son el tlacuache (*Didelphis virginiana*), mapache (*Procyon lotor*) y zorrillo (*Mephitis macroura*) (Gardner, 1982; Valenzuela, 2005; Pacheco, 2005). De dieta insectvora se encuentran especies como el armadillo (*Dasypus novemcinctus*) y la musaraa desrtica nortea (*Notiosorex crawfordi*), sta ltima estn en categora de Amenazada por la NOM-059-ECOL-2010 (Departamento de Medio Ambiente de Santiago de Anaya, sin publicar; lvarez y Gonzlez-Ruiz, 2001; SEMARNAT, 2010). En cuanto a los mamferos herbvoros, destacan en abundancia los lagomorfos y roedores, quienes ejercen presin sobre las tasas de materia orgnica y germinacin al alimentarse de semillas y follaje, controlan plagas de insectos, excavan madrigueras que contribuyen a la aireacin y permeabilidad del suelo, y representan la fuente principal de alimento de reptiles, aves y mamferos carnvoros (Vaughan, 1988; Paniagua y Monterrubio, 2005; Rojas-Martnez y Moreno-Ortega, 2014). Entre estos tenemos al conejo del desierto (*Sylvilagus audubonii*), liebre cola negra (*Lepus californicus*), ardilln (*Otospermophilus variegatus*) y tuza llanera (*Cratogeomys merriami*), endmica de Mxico, entre muchos otros (Departamento de Medio Ambiente de Santiago de Anaya, sin publicar). El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) que anteriormente se distribuía en la zona no se encuentra ya en estado libre, probablemente afectado por la prdida de hbitat y cacería indiscriminada. Este era alimento para los carnvoros finales e importante dispersor y controlador de hierbas, además, es la especie de fauna silvestre ms importante econmica y cinegticamete en Mxico (Galindo-Leal y Weber, 2005). Los quirpteros producen un gran impacto sobre el mantenimiento, regeneracin, diversificacin y estabilidad de la vegetacin, ya que

son destacables polinizadores, controladores de plagas, dispersores de semillas, alimento para otros depredadores y fertilizadores del suelo (Stoner et al., 2003; Rojas-Martnez y Moreno-Ortega, 2014). En el Municipio habitan especies de murciélagos polívoros e insectívoros como *Leptonycteris curasoae*, *L. nivalis*, *L. yerbabuena*, *Choeronycteris mexicana*, *Myotis sp.*, *Eptesicus fuscus* y *Corynorhinus mexicanus*, que se conoce viven en las cuevas de las grutas de Xoxafi en el Municipio (Cornejo, 2007; PCMM, 2017). Las especies *C. mexicana*, *L. curasoae*, y *L. nivalis* están en categoría de Amenazadas por la NOM-059-ECOL-2010 (SEMARNAT, 2010).

El estudio herpetofaunístico más completo y cercano al área de estudio se desarrolló en el Municipio de Ixmiquilpan, al noroeste de Santiago de Anaya en el Valle del Mezquital (Fernández-Badillo y Goyenechea-Mayer, 2010) y registra un total de 37 especies, 7 anfibios y 30 saurópsidos no aves, los cuales, en su mayoría, habitan zonas de cultivos. La mayoría de las especies de este grupo son de alimentación insectívora, sin embargo, la mayor parte de las serpientes consumen vertebrados pequeños y medianos. Entre los registros destacan, dentro de las serpientes, serpientes de cascabel (*Crotalus aquilus* y *C. atrox*), *Leptodeira annulata*, *Trimorphodon tau*. Y dentro de los lagartos, lagartija del mezquite (*Sceloporus gramicus*), lagartija espinosa de collar o xincoyote (*Sceloporus torquatus*), el huico texano (*Aspidoscelis gularis*), *Gerrhonotus infernalis* y *Barisia imbricata*, tan sólo por mencionar algunos (PCMM, 2017; Campos-Rodríguez et al., 2010; Fernández-Badillo y Goyenechea-Mayer, 2010). *C. aquilus* y *C. atrox* son especies clasificadas como Protegidas en el país (SEMARNAT, 2010).

En el Valle del Mezquital se ha registrado la presencia de al menos 285 especies de aves. Esta riqueza de especies está distribuida en 17 órdenes, 65 familias y 187 géneros. Las familias con más especies son Parulidae, Tyrannidae y Emberizidae (CONAFOR, 2010).

Tradicionalmente, varias especies faunísticas son aprovechadas como alimento, medicina, mascotas y en industrias. Aunque en la actualidad la fauna silvestre escasamente forma parte de la alimentación cotidiana (Bernard y Domínguez, 2003), en la Feria Gastronómica de Santiago de Anaya que se celebra cada año, aún se pueden encontrar platillos típicos elaborados con mamíferos, reptiles, aves e insectos de la región (Imagen 1).



Imagen 1. Platillos elaborados con fauna local en la Feria Gastronómica de Santiago de Anaya 2019

2.2 Revisión florística

Se reconocieron los elementos que conforman los ecosistemas de Santiago de Anaya mediante bibliografía especializada de la zona, y su ubicación se verificó a partir de registros pre-existentes, encontrados en cartas de vegetación del INEGI, planos elaborados por integrantes del Laboratorio de Conservación del Patrimonio Natural y Cultural, y recorridos de reconocimiento en campo. A partir de estos, se elaboró un inventario florístico del área por comunidades de vegetación y un inventario faunístico puntualizando datos de orden, familia, nombre científico y nombres comunes en español y hñähñü, origen y distribución.

2.3 Obtención de abundancia y dominancia en campo

2.3.1 Transectos

Se realizaron dos transectos altitudinales con la finalidad de identificar la relación de la altura con las comunidades vegetales. Se trazaron con una cuerda con marcas a cada 10 m, tendiéndola desde el punto más alto hasta el pie de monte, se procedió a anotar las especies encontradas a un metro de distancia por ambos lados de la cuerda, distinguiendo y marcando las coordenadas en los puntos más distintivos de cambio de la comunidad vegetal.

El primer transecto se realizó en la ladera oriental del Cerro El Chico, de origen calizo y asoleamiento medio, tuvo una longitud de 1,702 metros. En el gradiente altitudinal, de los 2337 a los 2311 msnm se distinguió una comunidad ecotonal de BJ y MDR, con dominancia de *Juniperus flaccida* y *Sophora secundiflora*, aflorando sobre una pendiente pedregosa (Imagen 2). De los 2311 a los 2038 msnm el tipo de vegetación fue la típica del MDR descrita por González-Quintero (1968) para esta zona, con estratos dominantes de *Flourensia resinosa*, *Agave* spp. y eminencias de *Yucca filifera*, con una pendiente menos pronunciada, también pedregosa, con afloramientos de caliche. A partir de los 2038 msnm y extendiéndose al valle, el tipo de vegetación correspondió al MDM, con una gran diversidad de herbáceas y arbustos (característicos de áreas perturbadas) y algunos ejemplares de *Prosopis laevigata*.



Imagen 2. Ecotono de BJ y MDR – Transecto 1

El segundo transecto realizado en el Cerro Oxangui, en una ladera de barlovento con orientacin al norte, de bajo asoleamiento y alta humedad, un carcter geolgico del tipo calizo, con presencia de afloramientos de roca caliza (Imagen 3), tuvo una longitud de 742 metros. Entre los 2390 y los 2220 msnm, la vegetacin se definió por la abundancia de Poaceas como *Muhlenbergia tenuifolia*, *Stipa ichu*, *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua dactyloides* y la presencia de *Dasyllirion acrotrichum*, *Agave lechuguilla*, *Agave atrovirens*, *Flourensia resinosa*, con individuos de *Sophora secundiflora* y *Juniperus flaccida*, dando como resultado un tipo de vegetacin mixta de MDR y BJ, que crece sobre suelos calizos someros y muy pedregosos, y se beneficia de los vientos húmedos de barlovento (Imagen 4).

De los 2220 m al pie de monte (2128 m), la pendiente se reduce, los suelos aún son pedregosos, pero presentan una mayor profundidad. El tipo de vegetación presentó componentes típicos del BJ, *J. flaccida*, *S. secundiflora*, y *Quercus microphylla*, junto con las frecuentes Poaceas antes mencionadas, numerosos arbustos y varias herbáceas integrantes de la familia Asteraceae.



Imagen 3. Afloramientos de roca caliza con huellas de superficie kárstica –
Transecto 2



Imagen 4. Comunidad de BJ y MDR – Transecto 2

2.3.2 Cuadrantes

Se realizaron ocho parcelas de muestreo en total, dos por cada tipo de vegetacin. Cada cuadrante tuvo un rea de 10 m², en los cuales se levantaron datos de presencia, abundancia, cobertura y ubicacin.

El cuadrante BJ-1 se localiz en un puerto de baja pendiente, poco pedregoso, de carcter calizo, y asoleamiento medio en el cerro Oxangui a una altitud de 2292 msnm en el mes de junio. El tipo de vegetacin encontrado coincide con la descripcin de Bosque de *Juniperus* con desarrollo en laderas calizas. Gonzlez-Quintero hace referencia a este tipo de vegetacin donde *Juniperus flaccida* y *Sophora secundiflora* codominan en una asociacin abierta; aunque no en tales proporciones, ambas especies s se encuentran presentes. Hubo un total de 144 registros, de 26 especies pertenecientes a 10 familias. Entre estas, las especies dominantes fueron *Sophora secundiflora* y *Baccharis conferta*. La cobertura total se calcul en un 90%.

El cuadrante BJ-2 se ubicó a 200 metros al sureste del primer cuadrante, con condiciones ambientales similares, a una altitud de 2279 msnm. Su tipo de vegetación, también coincidente con Bosque de *Juniperus*, registró 136 individuos de 20 especies pertenecientes a 9 familias. Las especies más dominantes fueron *Juniperus flaccida*, *Sophora secundiflora* y *Dalea bicolor*. Su cobertura total fue de 133%.

El cuadrante MDR-1 se localizó en una ladera caliza de barlovento en el cerro El Chico a una altitud de 2132 msnm, donde se presentó una similitud de especies descritas por González-Quintero (1968) como una variante del MDR a veces presente en zonas de mayor altitud y humedad ambiental. En esta comunidad dominaron las especies *Flourensia resinosa*, *Sophora secundiflora*, y acompañados de *Agave striata*, *Opuntia stenopetala* y gramíneas como *Bouteloua dactyloides* y *Muhlenbergia tenuiflora*. Tuvo un total de 107 registros de 14 especies pertenecientes a 9 familias taxonómicas, presentando una cobertura total del 72%.

El cuadrante MDR-2 se localizó también sobre una ladera caliza de barlovento con orientación sur de alto asoleamiento en el cerro El Chico a 280 m de distancia del anterior, a una altitud de 2173 msnm, presentando un tipo de vegetación correspondiente a la descrita para MDR. Tuvo un total de 86 registros pertenecientes a 13 especies de 6 familias. Las especies dominantes fueron *Flourensia resinosa*, *Sophora secundiflora*, acompañadas de *Agave lechuguilla* y *Opuntia stenopetala*. La cobertura total del cuadrante fue de 52%.

El MC-1 se ubicó en una ladera de origen ígneo, pedregosa, con orientación hacia el sur-oeste de alto asoleamiento al oriente del Municipio, en la localidad El Sitio a una altitud de 2158 msnm, la cual representó al MC. Tuvo un total de 183 registros pertenecientes a 21 especies de 11 familias, en las que destacó la familia Cactaceae con una diversidad de 6 especies. *Flourensia cernua* y *Mimosa aculeaticarpa* se constituyeron como las especies arbustivas dominantes, mientras que *Hechtia texensis* y *Myrtillocactus geometrizans* fueron las especies más representativas del estrato herbáceo. En total, el cuadrante tuvo una cobertura de 117%.

El MC-2 se localizó sobre la misma ladera ígnea, a 15 metros de distancia hacia el norte, y también coincidió con una vegetación del tipo MC. Fueron 70 los individuos registrados pertenecientes a 20 especies de 9 familias, donde también destacó la familia Cactaceae, con 7 especies. *Flourensia cernua* se constituyó como la especie dominantes del estrato arbustivo, y *Myrtillocactus geometrizans* y *Opuntia streptacantha* del estrato herbáceo. La cobertura total del cuadrante fue de 77%.

El cuadrante MDM-1 se realizó en zona de valle a una altura de 2009 msnm, con suelos profundos y abundante presencia de materia orgánica, donde se registró un tipo de vegetación con coincidencias de MDM, y presentó una comunidad con individuos maduros de 10 especies pertenecientes a 5 familias. Las especies dominantes fueron *Prosopis laevigata* y *Pachycereus marginatus*. Su cobertura total fue de 108%.

El MDM-2 también se ubicó en la zona de valle a una altura de 2019 msnm, con suelos profundos y presencia de materia orgánica, su vegetación tuvo una tendencia hacia MDM. Se contabilizaron 82 registros de 18 especies pertenecientes a 10 familias. Las especies que se mostraron dominantes fueron *Prosopis laevigata*, *Baccharis conferta* y *Opuntia streptacantha*. Su cobertura total se calculó en 74%.

En la tabla 1 se presentan los porcentajes de cobertura por estrato en cada cuadrante, y en la tabla 2 el promedio de coberturas por estrato que ser registró en cada tipo de vegetación.

Cobertura/Cuadrante	BJ1	BJ2	MDR1	MDR2	MC1	MC2	MDM1	MDM2
Cobertura	78.2%	133.5%	72.9%	52.7%	117.8%	77.2%	108.3%	74.3%
Estrato arbóreo	6.5%	45.2%	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%	56.3%	38.2%
Estrato arbustivo	42.4%	68.3%	59.2%	41.0%	35.7%	24.7%	13.2%	18.0%
Estrato herbáceo	29.3%	20.1%	13.6%	11.4%	64.3%	52.5%	38.7%	18.0%

Tabla 1. Cobertura total y cobertura de estratos por cuadrante

Cobertura/Cuadrante	BJ	MDR	MC	MDM
Cobertura	106%	63%	98%	91%
Estrato arbóreo	26%	0%	0%	47%
Estrato arbustivo	55%	50%	33%	16%
Estrato herbáceo	25%	13%	64%	28%

Tabla 2. Promedio de cobertura por tipos de vegetación

2.4 Seleccin de especies para restauracin ecolgica

2.4.1 Aplicacin de los valores ecolgicos, etnobiolgicos y paisajsticos

La seleccin de componentes xerfilos culmin en 39 especies vegetales, resultado de la evaluacin de su valor ecolgico, etnobiolgico y paisajstico. En los siguientes apartados se desarrolla un breviarrio sobre las caractersticas que definieron la seleccin de las especies, todas nativas de la regin. Las plantas se clasifican en tres grupos: rboles, arbustos y suculentas; y posteriormente en subgrupos con un enfoque basado en los rasgos funcionales que les confieren resistencia a las condiciones de escasez hdrica y/o que modifican las condiciones ambientales para permitir el establecimiento de otras plantas y la sucesin ecolgica.

Clave dicotmica

- 1 Plantas de tallo lignificado, con un eje principal ramificado por encima de la base, pudiendo alcanzar una altura de ms de 3 metros, provistas de hojas laminares, sin desarrollo de suculencia Grupo A
 - 2 Hoja caducifolia Subgrupo I
 - 2 Hoja perenne Subgrupo II
- 1 Plantas de tallos lignificados con ramificacin basal, de una altura menor a 3 metros y provistas de hojas laminares, sin desarrollo de suculencia Grupo B
 - 2 Hoja caducifolia Subgrupo III
 - 2 Hoja perenne Subgrupo IV
- 1 Plantas con desarrollo de suculencia en tallo y/u hojas Grupo C
 - 2 Hojas alternas, simples o fasciculadas y tallos bien distinguidos, ramificando desde la base Subgrupo V
 - 2 Disposicin de las hojas en forma de roseta Subgrupo VI
 - 2 Ausencia de estructuras foliares, o modificadas a cladodios ... Subgrupo VII
 - 3 Forma de crecimiento globosa, cilndrica o columnar Subgrupo VII-a
 - 3 Forma de crecimiento arborescente o arbustiva, con tallos articulados Subgrupo VII-b

GRUPO A. ÁRBOLES

Plantas lignificadas con un solo eje principal desde la base, denominado tronco. Presenta crecimiento apical y aumento de grosor del tronco. El tronco se ramifica hasta una altura determinada, dando lugar a la formacin de una copa.

Subgrupo I. Caducifolios

Acacia schaffneri · *Prosopis laevigata*

Árboles que se desarrollan en el MDM. Ambos son integrantes de la familia Fabaceae, subfamilia Mimosoideae, caracterizados por sus láminas foliares bipinnadas, armados con espinas, inflorescencias en forma de racimos o capítulos globosos de color blanquecino a amarillo, y legumbres cilíndricas pendulares (Rico, 2007; Grether, 2007).

Este grupo de árboles facilita la fijación de nitrógeno en el suelo a través de su asociación con bacterias rizobias y hongos micorrízicos (Perroni-Ventura, et al., 2010; García-Sánchez et al., 2012; Avendaño-Yáñez, et al., 2018; Monroy-Ata et al., 2007). Su amplio dosel proporciona sombra, aporta materia orgánica al suelo y conserva la humedad, de lo cual se benefician otras especies vegetales (nodricismo), promoviendo el crecimiento de matorrales. Sus raíces pivotantes permiten la infiltración del agua en el subsuelo del valle. En la relación planta-animal, ofrecen protección y sombra para el ganado y fauna local, y sus ramas son sitios de anidamiento y percheo para aves (Monroy-Ata et al., 2007). Los frutos vainiformes del mezquite, *P. laevigata*, son alimento de mamíferos como *Bassariscus astutus* (cacomixtle), distintas aves, e invertebrados como los hemípteros de la especie *Thasus gigas* (xamúes), insectos de alto valor alimenticio para las comunidades locales (Pino-Moreno et al., 201; Nava et al., 1999). En el caso de la acacia, varias especies de aves, como los verdugos, *Lanius ludovicianus*, emplean sus espinas para empalar a sus presas y facilitar su ingesta (Meagher y Colony, 2008).

El mezquite fue en algún momento tan abundante que dio origen al nombre de la región del Valle del Mezquital (Golubov et al., 2001; Challenger, 1998; Cruz et al.,

1997). Se utiliza en remediación y estabilización de suelos degradados con una alta tasa de éxito (Ríos-Saucedo, et al., 2012). Prácticamente todas sus partes son aprovechables, la goma extraída de su corteza tiene aplicaciones medicinales, su madera es fuente de leña y tiene potencial para elaboración de objetos, e incluso se han encontrado vestigios de su uso en la construcción de edificaciones religiosas de varios siglos atrás (Martínez et al., 1982; Golubov et al., 2001; Guzmán-Jaimes, 2018), prueba de su resistencia al paso del tiempo. Sus vainas, altas en carbohidratos y proteínas (Reyes-López et al., 2017), son comestibles y comerciabes, se consumen frescas, en harina, en atole e incluso en bebidas embriagantes (Ramírez-Laguna, 1937). Las acacias también son económicamente importantes en la zona, siendo utilizadas como fuente de leña, carbón, madera y forraje (Monroy-Ata et al., 2007). Adicionalmente, son utilizadas en sistemas agroforestales, ya que los cultivos se ven beneficiados por la sobresaliente atracción de polinizadores y melíferos a sus flores abundantes en néctar (Terrones et al., 2004).

El valor paisajístico de este grupo reside en su ejemplar forma extendida distintiva para el Valle del Mezquital, de forma que la sombra que proyectan es muy valiosa, y sus hojas bipinnadas les otorgan una textura foliar fina, permitiendo cierta transparencia y un efecto de follaje delicado. En el caso de la acacia, el follaje tiene un tono verde-amarillento claro y las inflorescencias son amarillas, dispuestas en cabezuelas, transformándose en legumbres curvadas, con exocarpo pardo y tomentoso. El follaje del mezquite es de un color verde amarillento intermedio, y presenta flores en racimos blanquecinos, que se convierten en vainas ligeramente curvadas, glabras o puberulentas, de color amarillo a rojizo. Ambas especies pueden utilizarse para exhibición y proporción de sombra en patios, explanadas, o lugares de descanso, o bien, para dividir espacios. En su contraparte, se reporta que estas especies pueden tener un carácter alergógeno para personas sensibles, y llegan a sufrir afecciones por el crecimiento explosivo de *Tillandsia recurvata* sobre sus ramas (Sánchez-Martínez y Hernández-Martínez, 2011).

Subgrupo II. Perennifolios

Juniperus flaccida · *Quercus crassipes*

Estas plantas encarnan la estructura arborea de los ecosistemas de Bosque de *Juniperus* y, en reas inmediatas a la poligonal de estudio, son elementos del Bosque de Pino-Encino (González-Quintero, 1968). Al habitar las partes ms altas y frías del Valle del Mezquital, su polinizacin de tipo anemófila y las caractersticas del bajo nivel de dispersin y alta competitividad de sus semillas son una adaptacin reproductiva a su entorno. *J. flaccida* representa un estadio intermedio de sucesin ambiental, mientras que *Q. crassipes* es representativa de sucesiones avanzadas (Rzedowski, 2006).

Se reportan usos de *J. flaccida* con fines medicinales y de *Q. crassipes* como medicinal, forrajero, material artstico, alimenticio y para la extraccin de taninos y colorantes (Luna-José et al., 2003; Pérez-Escandón et al., 2003). La madera de *J. flaccida* es apreciada en la construccin y elaboracin de objetos y muebles (Zamudio y Carranza, 1994).

La forma de *Q. crassipes* es irregular, sus lminas foliares son simples, de forma elptica, las cuales le confieren una textura media, el haz es verde olivo ligeramente oscuro, semi-coriáceo, mientras que el envés es verde pálido, pubescente. Las flores y amentos son pequeos, de color amarillo pálido, y el fruto es una bellota ovoide de color pardo. La silueta de *J. flaccida* es redondeada o irregular, sus hojas son escuamiformes de color verde glauco, dispuestas en ramillas colgantes. Los conos femeninos son globosos o poligonales, de color glauco, violáceo o caf rojizo (Romero y Rojas, 2014; Zamudio y Carranza, 1994).

GRUPO B. ARBUSTOS

Plantas lignificadas cuyo tronco se divide desde la base, sin observarse un eje principal. Su crecimiento es apical, y tambin se percibe en el grosor del tallo.

Subgrupo III. Perennifolios

Bouvardia longiflora · *Flourensia resinosa* · *Larrea tridentata* · *Leucophyllum
ambiguum* · *Mimosa aculeaticarpa* · *Montanoa tomentosa* · *Parthenium incanum* ·
Rhamnus humboldtiana · *Sophora secundiflora*

Los arbustos perennifolios, al conservar sus hojas todo el año, son un excelente refugio y sitio de reproducción para aves y mamíferos, suelen tener una mayor cantidad de compuestos químicos defensivos en las hojas, por lo que brindan protección contra el herbivorismo, y generalmente tienen una mejor persistencia ante el estrés hídrico que las especies caducifolias (Villar et al., 2004).

En la dinámica ecológica, juegan el rol de formadores de islas de recursos y facilitadores para plántulas de especies mesofíticas (que necesitan de un ambiente húmedo), específicamente en las zonas más áridas, siendo *L. tridentata*, *F. resinosa* y *R. humboldtiana* destacables (Santini, et al., 2007; Villar et al., 2004; Monroy-Ata et al., 2007; Rzedowski, 2006). Estas llamadas “especies catalistas”, también ayudan a crear condiciones favorables para el establecimiento de etapas más avanzadas de la sucesión ecológica; por ejemplo, las leguminosas arbustivas (*M. aculeaticarpa*, *S. secundiflora*) son importantes impulsoras de la sucesión vegetal, ya que mejoran notablemente las características del suelo por el establecimiento de hongos micorrízicos (Miranda et al., 2004; García-Sánchez et al., 2012; Monroy-Ata et al., 2007). Otra de las características deseables para procesos de restauración es la amplia tolerancia a la variación ambiental, una cualidad deseable para enfrentar el cambio climático. Las especies que se han reportado con alta tolerancia en este grupo son *R. humboldtiana* y *F. resinosa* (Gelviz-Gelvez, 2013), dos especies muy frecuentes en la zona de estudio. Los frutos de *R. humboldtiana* son alimento para coyotes (*Canis latrans*) y zorras grises (*Urocyon cinereoargenteus*), sin embargo, para la mayoría de los mamíferos y aves se considera una planta neurotóxica, por lo cual puede ser peligrosa para el ganado, mascotas y humanos desprevenidos.

Se citan como plantas medicinales a *R. humboldtiana*, *L. ambiguum*, *L. tridentata*, *P. incanuum*, *F. resinosa*, *M. tomentosa*, *M. biuncifera* y *B. longiflora* (Villavicencio-Nieto et al., 2015; Pérez-Escandón et al., 2003).

La única especie ampliamente utilizada en paisajismo es *S. secundiflora* (Mielke, 2010), de hojas compuestas bipinnadas con foliolos elípticos, de textura mediana, cuyo haz lustroso color verde oscuro contrasta con sus grandes inflorescencias dispuestas en racimos, violáceas y fragantes, y como fruto una legumbre torulosa, tomentosa, de color pardo blanquecino. Cabe hacer notar que esta es una planta cuyas semillas contienen cistina, un alcaloide tóxico (Téllez y Sousa, 1993). *B. longiflora* tiene láminas foliares simples, lanceoladas, algo lustrosas, de color verde amarillento a verde oscuro, proporcionando una textura mediana. Sus flores son tubulares, de corola cruciforme y tetrámera, color blanco y aromáticas (Cárdenas, 2005). *F. resinosa* es un arbusto de hojas simples lanceoladas, de color verdes amarillento, de textura mediana, contrastantes con su tallo y ramas gruesas color pardo oscuro del cual bota una savia resinosa amarilla muy aromática. Posee flores liguladas de pétalos color amarillo. *L. ambiguum* presenta hojas simples alternas ovadas a orbiculares, de textura fina. Es una planta densamente tomentosa, lo cual le confiere un color gris-plateado en hojas y ramillas. Sus inflorescencias, que pueden ser abundantes, tienen una corola de reducido tamaño, de color lila a violáceo. *P. incanum* tiene hojas alternas elípticas a lanceoladas de margen lobulado angostándose hacia la base, de textura fina, cuya densa pubescencia le otorga un color verde pálido a plateado, son aromáticas al estrujarse. Sus inflorescencias son pequeñas y compactas, liguladas, dispuestas en cabezuelas de color amarillo pálido, con una corola reducida de color blanco (Vibrans, 2009). Estos arbustos en general pueden utilizarse para propiciar privacidad, delimitar espacios, marcar la circulación y como barrera protectora ante el viento, polvo y ruido (Nava-Esparza y Chimal, 2006).

Subgrupo IV. Caducifolios

Ageratina espinosarum · *Celtis pallida* · *Condalia mexicana* · *Eysenhardtia polystachya* · *Flourensia cernua* · *Fouquieria splendens* · *Gochnatia hypoleuca*

Las especies leosas caducifolias suelen tener un crecimiento ms rpido que las perennifolias (Antunez et al., 2001). La cobertura y refugio que brinda el grupo de arbustos caducifolios es fundamental para los ecosistemas, ya que, intercalados con especies perennifolias, permiten el paso de la luz, y al desprenderse de sus hojas, depositan materia orgnica al sustrato, mejorando la calidad del suelo; habitualmente se distribuyen en zonas de mayor humedad (Villar et al., 2004).

Los arbustos caducifolios crean un microambiente generoso para cactceas densamente espinosas, las cuales se ven favorecidas por la cantidad necesaria de sombra, humedad y nutrientes que estos arbustos ofrecen moderadamente durante el ao (Santini et al., 2007).

C. pallida juega un papel importante en las relaciones faunsticas, es hospedera de varias especies de mariposas, sus drupas jugosas alimentan a reptiles, aves y mamferos, y sus espinas sirven a aves carnvoras para clavar y devorar a sus presas (Scott, 1992; Nava et al., 2012; Meagher y Colony, 2008). De importancia melifera son *C. pallida* y *E. polystachya* (Terrones et al., 2004). *F. splendens* est adaptada a severas sequas, tiene un alto grado de relacin con hongos micorrizicos y sus flores son fuente de nectar para colibris. (García-Sánchez et al., 2007; Henrickson, 1972; Gelviz-Gelvez, 2013).

Las maderas de *C. pallida*, *E. polystachya*, son apreciadas para fabricacin de objetos y combustible. *E. polystachya* es apreciada en sistemas agroforestales ya que mejora la textura y el contenido de nitrgeno en el suelo. Se ha reconocido que compuestos qumicos de *E. polystachya*, *F. cernua* y *A. espinosarum* tienen propiedades medicinales y aplicaciones industriales (Pérez-Escandón et al., 2003; Tellez et al., 2001). Debido a su alta tolerancia a los cambios ambientales, estrs hdrico y asociaciones ecolgicas, se ha recomendado el uso de *A. espinosarum*,

E. polystachya y *F. cernua* *G. hypoleuca* en proyectos de restauracin ecolgica (Gelviz-Gelvez, 2013; Mauchamp y Janeau, 1993). Las ramas de *F. splendens* se utilizan como cerca viva y como material de construccin (Pérez-Escandón et al., 2003; Villavicencio-Nieto et al., 2015).

E. polystachya es un arbusto ampliamente utilizado en el paisajismo. Posee hojas alternas, compuestas, pinnadas, de margen entero, textura fina. Sus inflorescencias estn dispuestas en racimos espigados con corolas campanuladas de color blanco. Sus frutos son legumbres vainiformes cortas, de color pardo rojizo (CONABIO, 2000). *C. pallida* es un arbusto de lminas foliares alternas, ovadas de margen dentado o entero, semi-coriáceas de color verde amarillento que proveen una textura fina, al desprenderse dejan al descubierto sus ramas extendidas, con pubescencia blanca, y provistas de espinas axilares y terminales de hasta 25 mm de largo. Sus flores estn dispuestas en pequeas cimas de corola verde blanquecina, y su fruto es una drupa jugosa ovoide amarilla, anaranjada o roja (Pérez-Calix, 1999). *F. splendens* posee tallos erectos que ramifican desde la base asemejando un triángulo invertido, su corteza va de los tonos verdes a café amarillentos, exfoliante en pequeas tiras y recubierta de espinas. Las hojas sólo aparecen en temporada de lluvia y son linear-espatuladas a obovadas de color verde amarillento, textura fina, contrastan con sus inflorescencias terminales, tubulares, de corola color anaranjado a rojo, dispuestas en panículas (Zamudio, 1995). En el diseo del paisaje, el uso de estos arbustos es variado. En general, pueden utilizarse para delimitar espacios y como barrera protectora ante el viento, polvo y ruido.

GRUPO C. SUCULENTAS

Las plantas suculentas tienen la capacidad de distender su tallo u rganos foliares al almacenar agua en sus parénquimas, como una respuesta a la escasez hídrica de su ambiente (Bravo-Hollis, 1978).

Subgrupo V.

Jatropha dioica

Euforbiácea de tallo suculento que pierde sus hojas al menor indicio de estrés hídrico y las recupera en temporada de lluvias. La reserva de agua en su tallo le permite evitar los daños de llegar a un potencial hídrico demasiado bajo (Gibson, 2012). Es aprovechada con fines medicinales. (Pérez-Escandón et al., 2003; Villavicencio-Nieto et al., 2015)

Este arbusto posee tallos crasos, rectos y flexibles de color pardo rojizo. Sus hojas caducifolias son linear-espátuladas u obovadas con el borde entero o lobulado, muy delgadas y de color verde amarillento. Presenta flores fasciculadas tubulares de color blanco con rosado (Calderón, 2005).

Subgrupo VI. Rosetófilas

Agave atrovirens · *Agave lechuguilla* · *Agave salmiana* · *Agave striata* ·
Dasyllirion acrotrichum · *Hechtia argentea* · *Hechtia texensis* · *Yucca filifera*

Este subgrupo engloba a las plantas con la disposición de hojas en forma de roseta, principalmente representadas por las familias Asparagaceae y Bromeliaceae. Presentan rasgos adaptativos que les permiten sobrevivir en zonas áridas y establecerse en pendientes pronunciadas, como lo son tejidos almacenadores de agua, reducción de su transpiración, reducción en el número de estomas y superficie foliar, y en varios casos, dientes córneos en los bordes de las hojas. Adicionalmente, las raíces de las plantas son amplias y superficiales, de manera que pueden aprovechar la mayor humedad disponible en la menor cantidad de tiempo. (Vázquez-Alvarado et al., 2011; Telo, 2017; García-Mendoza, 2007).

Las altas inflorescencias de las plantas de este grupo de plantas atraen aves, quirópteros, lepidópteros, abejas y otros insectos. Particularmente, el néctar y polen de *Agave* spp. constituyen una parte fundamental de la dieta de distintos

murciélagos polinizadores del área (*Leptonycteris curasoe*, *L. yerbabuena*, *L. nivalis*, y *Choeronycteris mexicana*) (Rentería y Cantú, 2003; Terrones et al., 2004; Cole & Wilson, 2006; Eguiarte et al., 2000; Cornejo, 2007). En la base de los agaves algunas especies de *Sceloporus* tienden sus madrigueras (Del Campo, 1937). Así mismo, los agaves son hospederos comunes de los insectos *Aegiale hesperiaris* (gusano blanco de maguey), *Comadia redtembacheri* (gusano rojo de maguey) y *Scyphophorus acupunctatus* (picudo del maguey), cuyas larvas son consumidas en platillos típicos de la región y representan fuentes de ingreso para la comunidad (Pino-Moreno et al., 2017). *Yucca filifera* también es una especie muy relevante para la vida silvestre, ya que proporciona sitios de anidación, alimento (forrajeo de insectos entre sus tupidas hojas) y percheo para la avifauna (García-Salas et al., 2001). En el área de estudio, el MDR, donde se distribuyen en abundancia estas especies, es el hábitat de la hormiga *Liometopum apiculatum* cuyas pupas, manjar tradicional de las zonas áridas, conocidas como “escamoles” tienen gran valor cultural y económico en la región y fuera de ella (López de Juambelz, com. pers.).

El valor restaurativo de estas especies reside en que toleran la escasez hídrica, son idóneas para plantarse en terrazas, taludes y laderas, debido a que su extenso sistema de raíces fasciculadas y superficiales les permite crecer y estabilizar terrenos inclinado y pedregosos, y tienen una buena capacidad de captación de agua, incluso en condiciones de escasa precipitación (Telo, 2017; SAGARPA, 2009).

Por sus usos para los habitantes de la región, son muy apreciadas desde tiempos ancestrales. Las hojas de *A. salmiana* se utilizan en la cocina para envolver la carne de la tradicional barbacoa y anteriormente, en la construcción de casas; las hojas de *A. lechuguilla* y *A. striata* con fines medicinales; las de *D. acrotrichum* (especie en categoría de Amenazada por la la NOM-059-ECOL-2010 de SEMARNAT) se utilizan en la confección de ornamentos cotidianos y ceremoniales, y cestería; las fibras de los agaves, conocidas como *ixtle* se utilizan para fabricar ropa, cuerda y artículos diversos (Pérez-Escandón et al., 2003). Adicionalmente, del corazón de *A.*

salmiana (y a en ocasiones *A. atrovirens*) se extrae el aguamiel con el cual se prepara la miel de agave (endulzante natural apto para pacientes diabéticos), así como la bebida ancestral fermentada llamada “pulque”, rico en minerales, carbohidratos y proteínas y constituyente fundamental de la alimentación y cultura hidalguense (Ayón-Peña, 2007; Villavicencio y Pérez-Escandón, 2010). Las flores de *D. acrotrichum*, *Agave* spp. (*golumbos*) (ob. pers.). Las hojas de *Y. filifera*, llamadas *izote*, se utilizan en la fabricación de cuerda y morrales (Pérez-Escandón et al., 2003), sus flores se utilizan como ornamento corporal, y sus flores y frutos (dátiles) se consumen en platillos regionales (ob. pers.).

Las plantas rosetófilas tienen alcance en casi todos los tipos de vegetación del área, pero abundan en el MDR, confiriéndole un carácter particular. Son muy apreciadas como plantas ornamentales, por lo cual son cultivadas en todo el mundo. Las inflorescencias de los agaves son espectaculares, sin embargo, la mayoría florecen una única vez en su vida para después morir (semélparas), la excepción es *A. striata*, el cual, como *D. acrotrichum*, *H. argentea*, *H. texensis* y *Y. filifera*, florecen en repetidas ocasiones durante su vida (iteróparos) (Eguiarte et al., 2000; Mielke, 2010). *A. atrovirens* puede presentarse como colonial o solitario, sus hojas son grandes y suculentas, de forma lanceolada, erectas a recurvadas, cóncavas, engrosadas hacia la base, de color verde claro a glauco por su pruinosidad, provistas de dientes en el margen y una espina terminal en el ápice, estos de color pardo-oscuro a rojizos. Las hojas forman robustas rosetas de textura gruesa. Al centro de la roseta se yergue el tallo floral, cuyas inflorescencias son paniculadas, púrpuras en botón, y al madurar, verde-amarillentas con ápice rojizo. Los frutos son cápsulas elípticas secas color pardo oscuro. *A. lechuguilla* posee hojas suculentas, ascendentes a erectas, ligeramente cóncavas de color verde claro, linear-lanceoladas, con un margen color blanco armado con dientes y espina terminal color gris a púrpura. Inflorescencia espigada, densamente floreada, flores tubulares campanuladas con el perianto color amarillo y tintes rojizos, estambres sobresalientes. Sus frutos son pequeñas cápsulas oblongas secas color pardo (eFloras, 2003). *A. salmiana* suele formar colonias, sus rosetas son densas a laxas,

robustas, de gran porte como punto focal. Sus hojas son lanceoladas, erectas a recurvadas, cncavas, de ápice acuminado, color verde amarillento a verde glauco, de margen dentado. Los dientes y la espina terminal son de color pardo oscuro, grisáceos a negruzcos. Las inflorescencias están dispuestas en panículas muy laxas, con flores infundibuliformes amarillas. Sus frutos son cápsulas oblongas, leñosas, de color negruzco. *A. striata* es una especie que puede llegar a formas grandes colonias, de roseta densa cuyas delgadas hojas otorgan una textura fina. Sus hojas son rectas, flexibles, rómbicas-aplanadas al realizar una sección transversal, visiblemente estriadas, verde amarillentas o verde glaucas, de margen recto finamente denticulado, con una espina terminal grisácea a negruzca. Inflorescencias espiciformes, erectas o con tendencia a ascendentes, con flores campanuladas, rojizas a púrpuras, y fruto pequeño subgloboso, de color rojizo a púrpura (García-Mendoza, 2011). *D. acrotrichum* tiene hojas delgadas, flexibles, verde claro, margen aserrado y provisto de espinas recurvadas, del ápice sobresalen mechones de fibras color paja. Las inflorescencias se desarrollan sobre el tallo floral a manera de espiga, y éstas son de color blanco a blanco-amarillento, al madurar sus frutos son pequeñas cápsulas color pardo (Galván, 2005). *H. argentea* es una bromelia que crece a ras del suelo de manera expandida, pudiendo formar colonias de varios individuos. Sus hojas son muy numerosas, suculentas, largas y lineares, recurvadas, de color verde con tintes rojizos, y recubiertas de escamas blancas, lo cual le confieren una apariencia plateada, en los márgenes está provista de dientes punzantes. Sus hojas aportan una textura fina. Puede presentar varias inflorescencias a la vez en forma de panícula, las cuales brotan de largos tallos florales color naranja a pardo-rojizos, decumbentes o semi-erectos, las flores son pequeñas, campanuladas, color blanco a grisáceo. Los frutos son cápsulas pardas. *H. texensis* es similar a *H. argentea*, lo que las distingue es el color de las hojas, ya que *H. texensis* tiene un color verde con tintes rojizos, y sus flores son blanquecinas (eFloras, 2005). *Y. filifera* es una rosetófila arborescente, que comienza a crecer de un tallo monopódico que posteriormente se ramifica y se cubre de sus propias hojas secas, lo cual le da un aspecto muy robusto. Sus hojas son linear-oblanceoladas, planas, convexas y rígidas, que presentan un margen con

largas fibras sobresalientes en forma espiralada de color blanco. Sus inflorescencias crecen en forma de pancula colgante, densas con flores campanuladas con corola color crema. El fruto es una drupa oblonga color verde (Galván, 2005).

Subgrupo VII. Cactáceas

Plantas perennes con estructuras anatómicas altamente especializadas que les permiten sobrevivir en condiciones de alto estrés hídrico y les confieren una fisonomía particular, como la succulencia por el almacenamiento de grandes cantidades de agua debida al alto desarrollo de los parénquimas, la transformación de las hojas en espinas, lana, cerdas o pelo, metabolismo CAM, un extenso sistema radicular que forma una red que coadyuva a la retención del suelo (Bravo-Hollis, 1937b).

Subgrupo VII-a. Cereoideae

Echinocactus platyacanthus · *Echinocereus cinerascens* · *Myrtillocactus
geometrizers* · *Pachycereus marginatus* · *Stenocereus dumortieri*

Este grupo presenta en sus adaptaciones anatómicas la reducción de la superficie transpiratoria al adquirir formas cilíndricas, columnares o candelabriformes, así como costillas con surcos pronunciados, que les permiten expandirse y contraerse como un acordeón en relación con la retención o ausencia de agua. Sus flores son sésiles y están especializadas para la polinización zoofila. (Bravo-Hollis, 1937b; Rivas-Rossi, 1996)

Su reproducción es dependiente en gran parte de la polinización y dispersión de sus semillas por medio de animales que hallan alimento en sus flores y frutos. La forma, tamao y color de sus flores varían en función de los hábitos de sus polinizadores (Jiménez-Sierra y Reyes, 2000). *E. platyacanthus* y *E. cinerascens* poseen flores diurnas, solitarias y con colores llamativos, y son polinizadas por insectos (Jiménez-Sierra y Eguiarte, 2010; Jiménez-Sierra y Matías-Palafox, 2008). *M. geometrizers*, *P. marginatus* y *S. dumortieri*, producen flores nocturnas, tubulares y de color

blanco, las cuales suelen ser polinizadas por quir6pteros, insectos nocturnos, y, en ocasiones, por troqu6lidos (Rojas-Mart6nez et al., 2012; Cornejo, 2007; Del Campo, 1937). Los frutos son alimento de aves, murci6lagos y otros mam6feros (Jim6nez-Sierra y Reyes, 2000). Por ejemplo, los frutos de *M. geometrizzans* son de los alimentos preferidos del cacomixtle *Bassariscus astutus* (Nava et al., 2012).

En cuanto a su aprovechamiento, con la madera (esqueleto) de *M. geometrizzans*, *P. marginatus* y *S. dumortieri* se elaboran artesan6as y *M. geometrizzans* se utiliza como patr6n de injerto para cultivar otras especies de cact6ceas. De particular valor comestible son las flores y frutos de *M. geometrizzans*, las flores se guisan, y los frutos (*garambullos*) se comen en fresco o se elaboran salsas, bebidas y postres; se comen tambi6n los frutos de *E. cinerascens* (P6rez-Escand6n et al., 2003; Bravo-Hollis, 1937b). Un caso particular es el de *E. platyacanthus*, cact6cea de lento crecimiento cuya pulpa es preparada mediante un proceso de cristalizaci6n con az6car de caa para elaborar el dulce del "acitr6n", ampliamente usado en platillos de la cocina mestiza mexicana, cuyas poblaciones se encuentran en un estado de Protecci6n especial en la NOM-059 (Jim6nez-Sierra, 2007; SEMARNAT, 2010). Son consideradas medicinales *M. geometrizzans*, *C. imbricata*, *O. robusta* y *O. streptacantha*, (Villavicencio-Nieto y P6rez-Escand6n, 2013; Villavicencio-Nieto et al., 2015; P6rez-Escand6n et al., 2003).

Todas las cact6ceas de este grupo son utilizadas con fines ornamentales (P6rez-Escand6n et al., 2003). *E. platyacanthus* es una biznaga de tallo cil6ndrico o toneliforme, surcado por numerosas costillas cuyo n6mero aumenta con la edad, de color es verde oscuro, en estas presenta espinas de amarillentas a pardas. En su 6pice lleva abundante lana amarillenta, donde tambi6n se forman las inflorescencias, ligulares, de corolas color amarillo, diurnas. *E. cinerascens* es una cact6cea que usualmente crece en colonias clonales, de tallo cil6ndrico, semipostrado, pero con el 6pice erguido, de color verde, con base gris6cea apreciable al crecer, posee abundantes espinas muy delgadas color blanco o blanco amarillento. Sus flores son ligulares de corola color fuccia, diurnas. *M. geometrizzans*

tiene una forma de candelabro, con el tronco bien definido de donde salen abundantes ramas curvadas color verde a glauco. Las aristas de sus costillas (5 o 6) portan espinas gruesas de color púrpura a blanco. Sus flores son pequeas, tubulares, y de color blanco verdoso, pudiendo crecer varias en la misma areola, sus pequeos frutos son carnosos, globosos, de color púrpura (Bravo-Hollis, 1978). *P. marginatus* es una planta columnar erecta, que puede desarrollarse como un individuo de un solo eje, o poco ramificado, de color verde oscuro. Sus costillas varían de 4 a 7, en cuyas aristas se desarrollan las areolas, muy cercanas entre sí, con fieltro gris claro y de 2 a 4 espinas cortas color blanco. Presenta flores cilíndricas con un pericarpelo escamado, pardo rojizo, puberulento, y corola blanca. El fruto es globoso, carnoso, rojo amarillento a violáceo, escamoso y puberulento (Bravo-Hollis, 1978). *S. dumortieri* es una especie candelabriforme, de tronco bien definido con ramas erectas de color verde a glauco, presentan de 5 a 7 costillas, con arista provista de areolas con fieltro color castaño grisáceo, donde crecen espinas largas y delgadas, de color beige a pardo oscuro. Sus flores solitarias son tubulares campanuladas, de pericarpelo escamado color pardo rojizo y corola blanca, que se convierten en frutos oblongos, pequeos, color anaranjado rojizo, con pequeas escamas rojas (Bravo-Hollis, 1978). El aporte paisajístico que confieren las especies cilíndricas puede aprovecharse como puntos focales, mientras que los columnares y candelabriformes se desempean bien como ejemplares escultóricos, sobresalientes por su altura, o como cercos vivos.

Subgrupo VII-b. Opuntioideae

Cylindropuntia imbricata · *Opuntia engelmannii* · *Opuntia robusta* · *Opuntia stenopetala* · *Opuntia streptacantha*

Plantas de porte arbustivo o arborescente, con tallos erectos y articulados, cilíndricos o laminares (cladodios), que al agruparse pueden formar extensas asociaciones. Poseen flores liguladas, diurnas, de colores vivos (Bravo-Hollis, 1978; Scheinvar, 2009).

Las especies de los gneros *Cylindropuntia* y *Opuntia* se propagan fcilmente por la proliferacin de sus ramas, cladodios y a veces de sus frutos, que se desprenden al contacto o en temporadas de sequas y enraizan en temporada de lluvia, adicionalmente, tienen un crecimiento rpido. Estas plantas contribuyen a formar suelos estables y frtiles. Son nodrizas de otras cactceas, y algunas aves y mamferos encuentran proteccin para anidar entre su armadura de espinas (Bravo-Hollis, 1978). Debido al almacenamiento de agua en sus tallos, cladodios y frutos, este grupo de plantas representa una importante fuente de agua para la fauna silvestre, en especial en temporadas secas (Hoffman et al., 1993).

Los componentes de este grupo presentan races fibrosas muy extendidas y superficiales, con las cuales captan cantidades mnimas de agua, ayudan en la retencin del suelo y en el control de la erosin, adem s de formar relaciones con micorrizas arbusculares (González-Monterrubio et al., 2000). Pueden sembrarse junto con barreras de piedra o cercas vivas para reducir la erosin y el movimiento del suelo (Vázquez-Alvarado et al., 2011). Por su resistencia y valor nutricional, el abasto de estas especies implica contar con una fuente perenne para el forrajeo de ganado durante las sequas y combatir la desertificacin (Mondragón-Jacobo y Pérez-González, 2003). Por estas bondades, han sido ampliamente utilizadas en reforestaciones en zonas ridas y semi ridas alrededor del mundo (Vázquez-Alvarado et al., 2011; Nefzaoui y Salem 2003; Le Houérou, 1992).

Al secarse los tallos de *Cylindropuntia imbricata*, son utilizados como lea y para creaciones de objetos y arte, sus frutos se conocen coloquialmente como xoconostle, y son ampliamente utilizados en la gastronomía y medicina tradicional, y los de *Opuntia streptacantha* (tunas) son apreciados tambin como alimento (Scheinvar, 2009; Pérez-Escandón et al., 2003; García-Sánchez et al., 2007).

Por su bajo mantenimiento, crecimiento a luz directa, y representatividad de la vegetacin xerfila, son especimenes con potencial paisajstico. *C. imbricata* posee un tronco y ramas tubulares cubiertos de abundantes espinas largas de color rojizo moreno hasta rosado, flores fuccia y frutos obovados color amarillo sin espinas (Bravo-Hollis, 1978). *O. engelmannii* posee cladodios obovados verde amarillentos

a glaucos, provistos de espinas blancas rectas, las flores son amarillas con tintes rosas o rojizos, y los frutos son tunas carnosas glabras color rojo oscuro a púrpuras (eFloras, 2004). *O. robusta* es un componente visual muy particular, por sus cladodios orbiculares gruesos y glaucos, además de presentar flores amarillas que se transforman en frutos globosos de color púrpura. *O. stenopetala* crece como arbusto bajo, rastro, formando matorrales. Sus artículos son obovados, verde amarillento a verde grisáceo, en ocasiones con tintes púrpura que asemejan una red, provistos de espinas largas y delgadas color blanco, rojizas, y hasta negras. Flores acuminadas que van del rojo oscuro, al anaranjado y amarillo. Los frutos son tunas rojas pequeñas (Bravo-Hollis, 1978). *O. streptacantha* puede llegar a tener un gran porte arborescente, con artículos obovados color verde oscuro aportando una textura gruesa, armado de numerosas espinas blancas. Sus flores van del color amarillo al anaranjado. Fruto globoso y carnoso, color rojo oscuro a veces también provisto de espinas (Bravo-Hollis, 1978; Jones y Sacamano, 2000; Irish, 2001; Nava-Esparza y Chimal, 2006).

3. Resultados

3.1 Elaboración de paleta vegetal cualitativa

Condensado de atributos y requerimientos de las especies con base en investigación bibliográfica.

Ap= Árbol perennifolio
Ac= Árbol caducifolio
Arp= Arbusto perennifolio
Arc= Arbusto caducifolio
H= Herbácea o suculenta

1= primavera
2= verano
3= otoño
4= invierno

D= luz directa
M= luz media

a= arenoso
ar= arcilloso
f= franco
fa= franco arenoso
p= pedregoso

3.1.1 Matorral Desértico Micrófilo

Nombre científico	N. común español	N. común hñāhñú	Familia	Tipo	Dimensión (m) (hxΘ)	Floración
<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache		Fabaceae	Ap	1.5 - 6.0 x 2.0 - 7.5	1, 4 - Amarilla
<i>Agave atrovirens</i>	Maguey pulquero	Huada	Asparagaceae	H	3.0 x 2.5	3, 4, 1 - Amarillo
<i>Celtis pallida</i>	Granjeno anaranjado		Cannabaceae	Arc	1.0 - 3.0 x 1.0	2 - Beige
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Caminho	Camhiño	Cactaceae	H	0.9 - 2.5 x 1.8	1, 2 - Fuccia
<i>Echinocereus cinerascens</i>	Pitayita	Zixku	Cactaceae	H	0.5 x 2.0	1 - Morada
<i>Flourensia cernua</i>	Hoja sen		Asteraceae	Arc	1.2 x 1.6	1, 2 - Amarilla
<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	M'othué	Euphorbiaceae	H	0.1 - 0.3 x 0.9 - 1.2	1 - Blanca
<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora		Zygophyllaceae	Arp	0.6 - 3.0 x 0.9 - 1.8	4, 1 - Amarilla
<i>Pachycereus marginatus</i>	Órgano		Cactaceae	H	4.0 - 6.0 x 0.1	1 - Amarilla
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Zaha mixi	Fabaceae	Arp	1.0 - 3.0 x 1.5	2 - Blanca
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Garambullo	Mast'a	Cactaceae	H	4.0 x 5.0	1 - Blanca
<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón		Cactaceae	H	1.0 - 3.0 x 3.0	1 - Amarilla
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Tādihi	Fabaceae	Ap	8.0 x 3.0 - 10.0	1, 2 - Amarilla
<i>Rhamnus humboldtiana</i>	Capulincillo	Deshanroy	Rhamnaceae	Arp	1.0 - 8.0 x 3.0	1 - Blanca
<i>Yucca filifera</i>	Palma	Bāhi	Asparagaceae	Ap	2.0 - 10.0 x 0.2 - 7.0	1, 2 - Blanca

3.1.2 Matorral Desértico Rosetófilo

Nombre científico	Nombre c. español	Nombre c. hñähñú	Familia	Tipo	Dimensión (m) (hxØ)	Floración
<i>Yucca filifera</i>	Palma	Bähi	Asparagaceae	Ap	2.0 - 10.0 x 7.0	1, 2 - Blanca
<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	Ts 'uta	Asparagaceae	H	0.2 - 0.7 x 0.3 - 0.4	2 - Amarilla
<i>Agave striata</i>	Magüey espadín	Tha' mni	Asparagaceae	H	0.5 - 1.0 x 0.5 - 1.2	2 - Amarilla
<i>Condalia mexicana</i>	Condalia	Vindhó	Rhamnaceae	Arc	1.0 - 6.0 x 1.0 - 3.0	1, 2 - Amari
<i>Dasyllirion acrotrichum</i>	Sotol cucharilla	Hawrl	Asparagaceae	H	1.5 x 1.5 - 2.0	2 - Crema
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Biznaga de acitrón	Döngä pee	Cactaceae	H	0.5 - 2.0 x 0.4 - 0.8	1, 2 - Amari
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo azul		Fabaceae	Arc	3.0 - 6.0 x 0.1	1, 2, 3 - Blan
<i>Flourensia resinosa</i>	San Pedro	Tsapto	Asteraceae	Arp	2.0 x 1.4	2, 3 - Amari
<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo	Tzik'ia	Fouquieriaceae	Arc	2.0 - 10.0 x 3.0	2, 4 - Roja
<i>Hechtia texensis</i>	Guapilla		Bromeliaceae	H	0.2 x 0.7	1 - Blanca
<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	M'othué	Euphorbiaceae	H	0.4 - 0.6 x 1.0	1 - Blanca
<i>Leucophyllum ambiguum</i>	Jehuite blanco/cenizo	Raguño	Scrophulariaceae	Arp	0.6 - 1.5 x 1.4	2, 3 - Púrpu
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Zaha mixi	Fabaceae	Arp	1.0 - 3.0 x 1.5	2 - Blanca
<i>Opuntia stenopetala</i>	Arrastradillo	Xät' ä	Cactaceae	H	0.1 - 0.3 x 0.9 - 1.2	1, 2 - Roja/l
<i>Parthenium incanum</i>	Copalillo medicinal		Asteraceae	H/Arp	1.2 x 0.9	2 - Blanca

3.1.3 Matorral Crasicaule

Nombre científico	N. común español	N. común hñähñú	Familia	Tipo	Dimensión (m) (hxØ)	Floración
<i>Agave atrovirens</i>	Maguey pulquero	Huada	Asparagaceae	H	3.0 x 2.5	3, 4, 1 – Am
<i>Ageratina espinosarum</i>		Pest'o	Asteraceae	H	1.6 x 1.8	2, 3 – Blanco
<i>Celtis pallida</i>	Granjeno anaranjado		Cannabaceae	Arc	1.0 - 3.0 x 1.0	2 – Beige
<i>Echinocereus cinerascens</i>	Pitayita	Zixku	Cactaceae	H	0.5 x 2.0	1 – Fuccia
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo azul		Fabaceae	Arc	0.5 - 1.0 x 0.5 - 1.2	1, 2, 3 – Bla
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	Ocotillo	Ts'ijña	Asteraceae	Arc	1.8 x 1.2	3, 4, 1 - Blanca/Ros
<i>Hechtia argentea</i>	Guapilla		Bromeliaceae	H	1.4 x 0.6 - 1.2	? - Café/Bl
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Zaha mixi	Fabaceae	Arp	1.0 - 3.0 x 1.5	2 – Blanca
<i>Montanoa tomentosa</i>	Zopatle		Asteraceae	Arp	3.0 x 1.8	2, 3 – Crem
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Garambullo	Mast'a	Cactaceae	H	4.0 x 5.0	1 – Blanca
<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal cuijo	Njunxi	Cactaceae	H	0.9 - 1.8 x 0.9 - 1.8	1, 2 - Amarilla/Na
<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso		Cactaceae	H	1.0 - 1.5 x 0.9 - 4.5	2 – Amarilla
<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal de cerro		Cactaceae	H	1.0 - 3.0 x 3.0	1 – Amarilla
<i>Stenocereus dumortieri</i>	Órgano		Cactaceae	H	7.0 - 13.0 x 15.0	1, 2 – Blanc
<i>Yucca filifera</i>	Yuca	B'axi	Asparagaceae	Ap	2.0 - 10.0 x 7.0	1 – Crema

3.1.4 Bosque de *Juniperus*

Nombre científico	N. común español	N. común hñähñú	Familia	Tipo	Dimensión (m) (hxØ)	Floración
<i>Agave atrovirens</i>	Magüey pulquero	Huada	Asparagaceae	H	3.0 x 2.5	3, 4, 1 - Amarilla
<i>Agave salmiana</i>	Magüey manso	Xämäni	Asparagaceae	H	0.8 - 2.0 x 1.2 - 2.5	2 - Amarilla
<i>Ageratina espinosarum</i>	Estrellita	Pest'o	Asteraceae	Arc	1.6 x 1.8	2, 3 - Blanca
<i>Baccharis conferta</i>	Escobilla		Asteraceae	Arp	0.5 - 2.7 x 1.2	1 - Blanca
<i>Bouvardia longiflora</i>	Flor de San Juan		Rubiaceae	Arp	1.0 x 1.0	2, 3, 4 - Blanca
<i>Condalia mexicana</i>	Capulín	Vindhó	Rhamnaceae	Arc	1.0 - 6.0 x 1.0 - 3.0	1, 2 - Amarilla
<i>Juniperus flaccida</i>	Enebro/Tlascal	Xo 'za ha	Cupressaceae	Ap	11.0 x 5.0	X - Azul paste
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Zaha mixi	Fabaceae	Arp	1.0 - 3.0 x 1.5	2 - Blanca
<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso		Cactaceae	H	1.0 - 1.5 x 0.9 - 4.5	2 - Amarilla
<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal de cerro		Cactaceae	H	1.0 - 3.0 x 3.0	1 - Amarilla
<i>Pinus cembroides</i>	Pino piñonero		Pinaceae	Ap	5.0 - 15.0 x 4.5 - 6.0	3, 4 - Café rojizo
<i>Quercus crassipes</i>	Encino tesmolillo	Xiza	Fagaceae	Ap/Arp	3.0 - 15.0 x 4.0	3, 4 - Café
<i>Sophora secundiflora</i>	Pitol		Fabaceae	Arp	3.0 - 4.5 x 3.0	1 - Lila

3.2 Elaboración de Módulos de Plantación

3.2.1 Paleta vegetal cuantitativa

A partir de los datos colectados en campo, se obtiene el porcentaje de importancia (dominancia) de cada especie dentro de su estrato. De esta forma se corroboran las especies dominantes de cada tipo de vegetación, mientras que, para las especies acompañantes y las especies propuestas que no figuran en los registros de campo, se asignan porcentajes de importancia en relación con las descripciones bibliográficas y valor ecológico, etnobiológico y paisajístico. Donde las gramíneas y herbáceas arvenses representaron un alto grado de importancia, se ajustaron sus porcentajes para dar oportunidad a la introducción de más especies de fases sucesionales tardías y al reclutamiento natural de especies, ya que incluirlas en la paleta vegetal representaría un gasto innecesario de recursos.

Ap= Árbol perennifolio

Ac= Árbol caducifolio

Arp= Arbusto perennifolio

Arc= Arbusto caducifolio

H= Herbácea o suculenta

3.2.1.1 Matorral Desértico Micrófilo

Nombre científico	N. común español	Tipo	Dimensión (m) (hxØ)	Cobertura (πr^2) (m2)	Importancia
<i>Acacia schaffneri</i>	Huizache	Ap	1.5 - 6.0 x 5.0	19.6	
<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Ap	8.0 x 5.0	19.6	
<i>Yucca filifera</i>	Palma	Ap	2.0 - 10.0 x 6.0	28.2	
<i>Celtis pallida</i>	Granjeno anaranjado	Arc	1.0 - 3.0 x 1.0	0.7	
<i>Flourensia cernua</i>	Hoja sen	Arc	1.2 x 1.6	3.1	
<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora	Arp	0.6 - 3.0 x 1.5	1.7	
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Arp	1.0 - 3.0 x 1.5	1.7	
<i>Rhamnus humboldtiana</i>	Capulincillo	Arp	1.0 - 8.0 x 3.0	7.0	
<i>Agave atrovirens</i>	Maguey pulquero	H	3.0 x 2.5	4.9	
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	Caminho	H	0.9 - 2.5 x 1.8	2.5	
<i>Echinocereus cinerascens</i>	Pitayita	H	0.5 x 2.0	3.1	
<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	H	0.1 - 0.3 x 1.0	0.7	
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Garambullo	H	4.0 x 5.0	19.6	
<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal cardón	H	1.0 - 3.0 x 3.0	7.0	
<i>Pachycereus marginatus</i>	Órgano	H	4.0 - 6.0 x 3.5	9.6	

Datos para la conformación de la estructura espacial	
Superficie del M.P.	30x30 m = 900 m2
Cobertura total del ecosistema	90% = 810 m2
	100% = 900 m2
Cobertura estrato arbóreo	50% = 405 m2
Cobertura estrato arbustivo	20% = 162 m2
Cobertura estrato herbáceo	30% = 243 m2
Cobertura vegetal total	810 m2 = 90%

3.2.1.2 Matorral Desértico Rosetófilo

Nombre científico	Nombre c. Español	Tipo	Dimensión (m) (hxØ)	Cobertura (Πxr ²) (m2)	Importancia por es (%)
<i>Yucca filifera</i>	Palma	Ap	2.0 - 10.0 x 6.0	28.4	
<i>Condalia mexicana</i>	Condalia	Arc	1.0 - 6.0 x 2.0	3.1	
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo azul	Arc	0.50 - 1.00 x 1.2	1.1	
<i>Flourensia resinosa</i>	San Pedro	Arp	1.0 - 6.0 x 2.0	3.1	
<i>Fouquieria splendens</i>	Ocotillo	Arc	1.5 x 2.0	3.1	
<i>Leucophyllum ambiguum</i>	Cenizo	Arp	0.5 - 2.0 x 0.8	0.5	
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Arp	1.0 - 3.0 x 1.5	1.7	
<i>Parthenium incanum</i>	Copalillo medicinal	H/Arp	2.0 x 1.4	1.5	
<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	H	0.2 - 0.7 x 0.4	0.1	
<i>Agave striata</i>	Magüey espadín	H	0.2 x 0.7	0.3	
<i>Dasylium acrotrichum</i>	Sotol cucharilla	H	0.4 - 0.6 x 1.0	0.7	
<i>Echinocactus platyacanthus</i>	Biznaga de acitrón	H	0.6 - 1.5 x 1.4	1.5	
<i>Hechtia texensis</i>	Guapilla	H	1.0 - 3.0 x 1.0	0.7	
<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de drago	H	0.1 - 0.3 x 0.9 - 1.0	0.7	
<i>Opuntia stenopetala</i>	Arrastradillo	H	1.2 x 0.9	0.6	

Datos para la conformación de la estructura espacial	
Superficie del M.P.	30x30 m = 900 m ²
Cobertura total del ecosistema	70% = 630 m ²
	100% = 630 m ²
Cobertura estrato arbóreo	15% = 94.5 m ²
Cobertura estrato arbustivo	75% = 472.5 m ²
Cobertura estrato herbáceo	10% = 63 m ²
Cobertura vegetal total	630 m ² = 70%

3.2.1.3 Matorral Crasicaule

Nombre científico	N. común español	Tipo	Dimensión (m) (h x Ø)	Cobertura (πr^2) (m ²)	Importancia
<i>Yucca filifera</i>	Yuca	Ap	2.0 - 10.0 x 6.0	28.2	1
<i>Ageratina espinosarum</i>		H	1.6 x 1.8	2.5	
<i>Celtis pallida</i>	Granjeno anaranjado	Arc	1.0 - 1.0	0.7	
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo azul	Arc	0.5 - 1.0 x 1.2	1.1	
<i>Gochnatia hypoleuca</i>	Ocotillo	Arc	1.8 x 1.2	1.1	
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Arp	1.0 - 3.0 x 1.5	1.7	
<i>Montanoa tomentosa</i>	Zopatle	Arp	3.0 x 1.8	2.5	
<i>Agave atrovirens</i>	Maguey pulquero	H	3.0 x 2.5	4.9	
<i>Echinocereus cinerascens</i>	Pitayita	H	0.5 x 2.0	3.1	
<i>Hechtia argentea</i>		H	1.4 x 1.0	0.7	
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Garambullo	H	4.0 x 5.0	19.6	
<i>Opuntia engelmannii</i>	Nopal cuijo	H	0.9 - 1.8 x 1.5	1.7	
<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	H	1.0 - 1.5 x 3.0	7.0	
<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal de cerro	H	1.0 - 3.0 x 3.0	7.0	
<i>Stenocereus dumortieri</i>	Órgano	H	7.0 - 13.0 x 3.5	9.6	

Datos para la conformación de la estructura espacial	
Superficie del M.P.	30x30 m = 900 m ²
Cobertura total del ecosistema	90% = 810 m ²
	100% = 810 m ²
Cobertura estrato arbóreo	10% = 81 m ²
Cobertura estrato arbustivo	30% = 243 m ²
Cobertura estrato herbáceo	60% = 486 m ²
Cobertura vegetal total	810 m ² = 90%

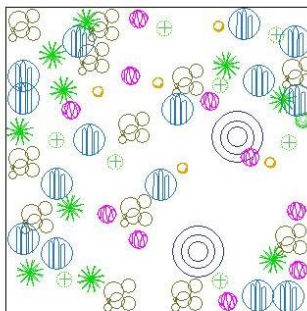
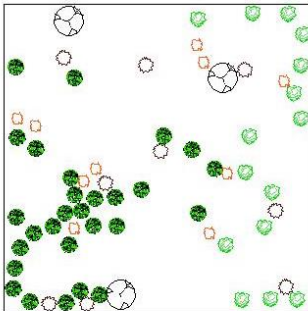
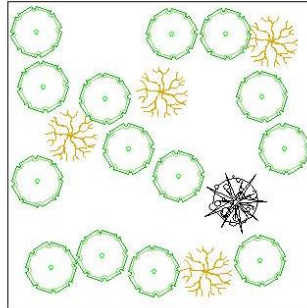
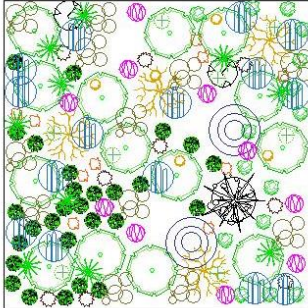
3.2.1.4 Bosque de *Juniperus*

Nombre científico	N. común español	Tipo	Dimensión (m) (h x Ø)	Cobertura (πhr ²) (m ²)	Importancia por estrato (%)
<i>Juniperus flaccida</i>	Enebro	Ap	11.0 x 5.0	19.6	60
<i>Quercus crassipes</i>	Encino tesmolillo	Ap/Arp	3.0 - 15.0 x 4.0	12.5	10
<i>Ageratina espinosarum</i>	Estrellita	Arc	1.6 x 1.8	2.5	5
<i>Baccharis conferta</i>	Escobilla	Arp	0.5 - 2.7 x 1.2	1.1	20
<i>Bouvardia longiflora</i>	Flor de San Juan	Arp	1.0 x 1.0	0.7	5
<i>Condalia mexicana</i>	Condalia	Arc	1.0 - 6.0 x 2.0	3.1	10
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Arp	1.0 - 3.0 x 1.5	1.7	10
<i>Sophora secundiflora</i>	Pitol	Arp	3.0 - 4.5 x 3.0	7.0	40
<i>Agave atrovirens</i>	Maguey pulquero	H	3.0 x 2.5	4.9	35
<i>Agave salmiana</i>	Maguey manso	H	0.8 - 2.0 x 2.0	3.1	40
<i>Opuntia robusta</i>	Nopal camueso	H	1.0 - 1.5 x 3.0	7.0	10
<i>Opuntia streptacantha</i>	Nopal de cerro	H	1.0 - 3.0 x 3.0	7.0	15

Datos para la conformación de la estructura espacial	
Superficie del M.P.	30x30 m = 900 m ²
Cobertura total del ecosistema	94% = 846 m ²
	100% = 846 m ²
Cobertura estrato arbóreo	30% = 254 m ²
Cobertura estrato arbustivo	50% = 423 m ²
Cobertura estrato herbáceo	20% = 169 m ²
Cobertura vegetal total	846 m ² = 94%

3.2.2 Módulos de plantación

3.2.2.1 Matorral Desértico Micrófilo



Estrato arbóreo 50%

-  *Acacia schaffneri*
-  *Prosopis laevigata*
-  *Yucca filifera*

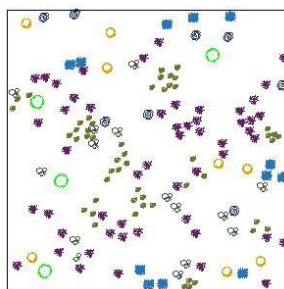
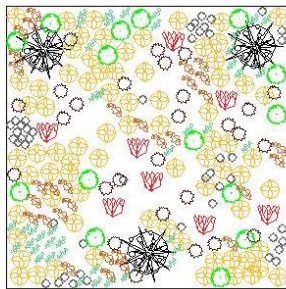
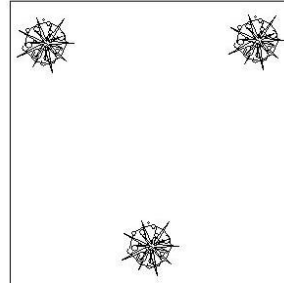
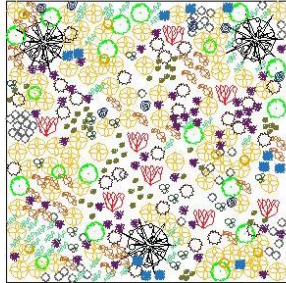
Estrato arbustivo 20%

-  *Celtis pallida*
-  *Flourensia cernua*
-  *Larrea tridentata*
-  *Mimosa aculeaticarpa*
-  *Rhamnus humboldtiana*


Estrato herbáceo 30%

-  *Agave atrovirens*
-  *Cylindropuntia imbricata*
-  *Echinocereus cinerascens*
-  *Jatropha dioica*
-  *Myrtillocactus geometrizans*
-  *Opuntia streptacantha*
-  *Pachycereus marginatus*








3.2.2.2 Matorral Desértico Rosetófilo





Estrato arbóreo 15%

 *Yucca filifera*

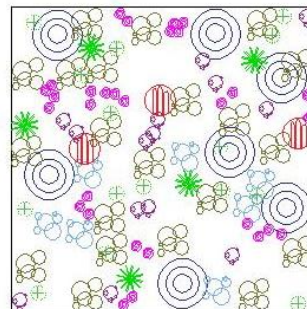
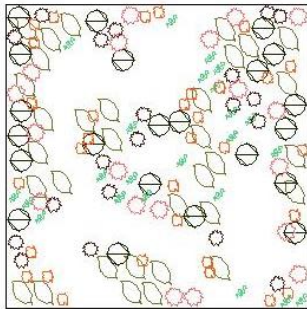
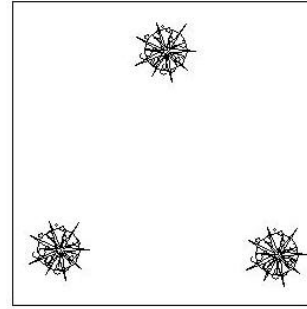
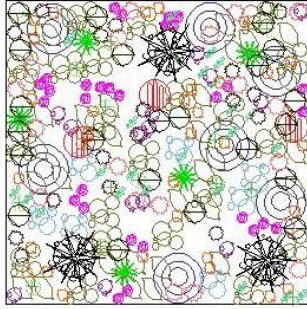
Estrato arbustivo 75%

-  *Condalia mexicana*
-  *Eysenhardtia polystachya*
-  *Flourensia resinosa*
-  *Foquieria splendens*
-  *Leucophyllum ambiguum*
-  *Mimosa aculeaticarpa*
-  *Parthenium incanum*

Estrato herbáceo 10%

-  *Agave lechuguilla*
-  *Agave striata*
-  *Dasylirion acrotrichum*
-  *Echinocactus platyacanthus*
-  *Hechtia texensis*
-  *Jatropha dioica*
-  *Opuntia stenopetala*

3.2.2.3 Matorral Crasicaule



Estrato arbóreo 10%

Yucca filifera

Estrato arbustivo 30%

Ageratina espi

Celtis pallida

Eysenhardtia p

Gochnatia hyp

Mimosa aculea

Montanoa tom

Estrato herbáceo 60%

Agave atrovire

Echinocereus

Hechtia argente

Myrtillocactus

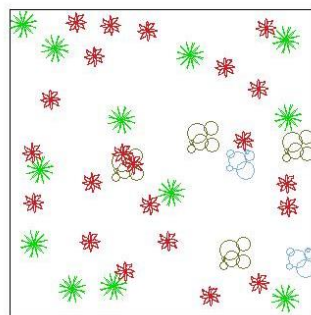
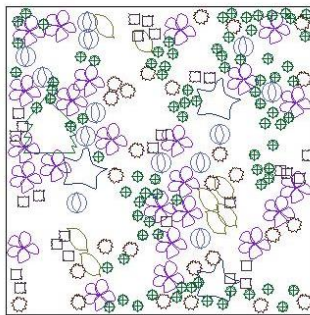
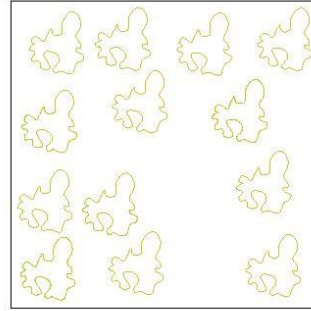
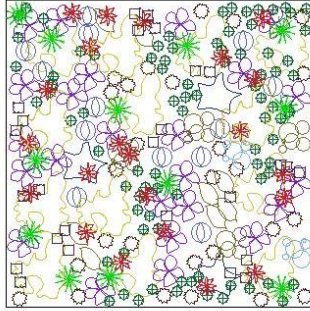
Opuntia engel

Opuntia robust

Opuntia strepta

Stenocereus d

3.2.2.4 Bosque de *Juniperus*




Estrato arbóreo 30%


 *Juniperus flaccida*

Estrato arbustivo 50%


 *Quercus crassipes*


 *Ageratina espinosa*

 *Baccharis confertiflora*


 *Bouvardia longiflora*


 *Condalia mexicana*

 *Mimosa aculeatica*

 *Sophora secundiflora*

Estrato herbáceo 20%

 *Agave atrovirens*

 *Agave salmiana*

 *Opuntia robusta*

 *Opuntia streptacantha*

3.3 Discusi3n y conclusiones

Comportamiento de la vegetaci3n en Santiago de Anaya

- En el levantamiento florístico de SDA, las especies registradas para cada ecosistema coinciden con las reportadas por González-Quintero (1968).
- *Larrea tridentata* no se ha registrado en el área actualmente, sin embargo, se han encontrado parches aislados al sur de Ixmiquilpan (Rzedowski y Calder3n, 1988), y su frecuencia disminuye hacia el Valle del Mezquital. Es la planta más característica del Desierto Chihuahuense (Rzedowski y Medellín, 1958) y lleva a cabo funciones ecológicas y asociativas importantes en la zona de valle, además de ser una especie muy tolerante a la sequía, altas temperaturas y hábitats poco favorables, razón por la cual se ha estudiado con buenos resultados su resistencia a las condiciones previstas del cambio climático (Rzedowski, 2006; Naumburg et al., 2003).
- El análisis de las condiciones abióticas del sitio puede definir el éxito de la restauración, ya que sus características representan una guía y una oportunidad para reducir el costo y esfuerzo, aprovechando la calidad de la matriz en la que se desarrolle la intervenci3n, los bancos de semillas en el suelo y los individuos que ya habiten en el lugar.
- Los factores más influyentes en la distribuci3n de la vegetaci3n son la geología y geomorfología del sitio.
- En los ecosistemas conservados la presencia de gramíneas y plantas ruderales es baja.
- El Cerro Oxangüi, el más alto del municipio, presenta perturbaci3n debida al pastoreo, agricultura de temporal y aprovechamiento silvícola vegetal y mineral.
- *Larrea tridentata* es un arbusto micrófilo, dominante y facilitador. En la zona de estudio, este papel lo desempeña *Baccharis conferta*, el cual podría ser su equivalente ecológico en la zona.
- En la zona de aluvial donde se desarrolla el MDM, hábitat de *Larrea*, se observa el crecimiento explosivo de *Baccharis*, especie que naturalmente prospera en los bosques de encinos.

Crterios para el manejo de la vegetación

- Identificación, selección, propagación y reintroducción de arbustos y árboles nativos, como herramienta básica de la restauración ecológica.
- Se propone la introducción de *Larrea tridentata* al ecosistema.
- Llevar a cabo experimentos de introducción de *Larrea* en SDA, considerando las características abióticas para su crecimiento.
- Selección de especies que promuevan la restauración funcional del ecosistema por medio de la sucesión ecológica.
- Siembra de especies intermedias y tardías desde la primera fase de restauración, lo cual acelera el proceso sucesional y de recuperación del ecosistema (Williams-Linera et al., 2016; de la Peña-Domene et al., 2013; Gelviz-Gelvez, 2013).
- Impulso de las interrelaciones florísticas y faunísticas mediante la utilización de árboles y arbustos con el fin de proteger otras plantas más sensibles de las condiciones ambientales y de depredadores, así como el uso de plantas que sean fuentes de alimento variadas para aumentar las poblaciones faunísticas de la localidad y motivar su desplazamiento.
- Promoción de la identidad cultural y aprovechamiento sustentable del capital natural, mediante el aumento del stock de especies florísticas y faunísticas comúnmente utilizadas como ingredientes en la gastronomía local. De esta forma se evita la escasez por un mal manejo que pueda tener repercusiones culturales, ecológicas y económicas.

Otras aplicaciones de los Módulos de Plantación

Por su bajo costo, mantenimiento y selección de especies resistentes, también se propone la instalación de los Módulos de Plantación en zonas degradadas, áreas del próximo jardín botánico, corredores biológicos, parches de vegetación tipo

peldaños a modo de facilitar la movilidad biológica, e incluso en zonas de amortiguamiento que rodeen zonas núcleo o áreas prioritarias de conservación.

Recomendaciones

- Utilización de micorrizas en la forestación

Sea cual sea la técnica de propagación elegida, en la práctica, es recomendable la aplicación de micorrizas, puesto que éstas les permiten a las plantas absorber más efectivamente el agua y nutrientes, especialmente fosfatos (Allen y Allen, 1992). En diversos estudios se ha practicado la aplicación de inóculos de hongos micorrízicos arbusculares en reforestaciones y restauraciones ecológicas con resultados favorables (Camargo-Ricalde y Dhillion, 2003; Monroy-Ata, et al. 2007; García-Sánchez et al., 2007). Esto sugiere que, en el caso de las especies intermedias y tardías en la sucesión ecológica, la inoculación con micorrizas podría favorecer su supervivencia.

- Monitoreo de la restauración

La evaluación de los proyectos de restauración ecológica es crucial, y es conveniente contar con indicadores que permitan hacerlo. Dado que este es un proyecto integral, estos indicadores deberán de considerar factores ecológicos como la comparación con ecosistemas maduros en la región, en tanto a la supervivencia y crecimiento de los individuos, la proporción de especies clasificadas en atributos funcionales, presencia de especies indicadoras, reclutamiento de nuevas especies del ecosistema, ocupación faunística de los hábitats y mejoras en el ambiente abiótico, dichas evaluaciones deberán llevarse a cabo periódicamente, a corto, mediano y largo plazo. (Williams-Linera et al., 2016; SER, 2004)

- Aprovechamiento silvícola sustentable de los recursos naturales de la región

Los proyectos ecológicos deben estar enmarcados en un contexto social para lograr una instrumentación relevante, incluyente y robusta (Ceccon et al., 2015). Al contrarrestar la degradación ambiental a través de la restauración ecológica, e

instaurar simultáneamente sistemas agroforestales y agroecológicos, se reducen los riesgos relacionados a la degradación ambiental a corto y largo plazo, y se provee de ingresos económicos, trabajo y oportunidades a las comunidades rurales (Della Sala et al., 2003; Ceccon, 2013). A la par, esto sería un recurso para combatir la marginación, de grado medio en SDA, y a mantener latentes las tradiciones. Complementariamente, es conveniente que se pongan en marcha acciones de educación y sensibilización de la población acerca del aprovechamiento sustentable para asegurar así su conservación a largo plazo.

Referencias

- Allen, M.F. y Allen, E.B. (1992). Development of mycorrhizal patches in a successional arid ecosystem. En: *Mycorrhizas in Ecosystems* Eds.: Read D.J., Lewis D.H., Fitter A.H. y Alexander I.J., pp. 154-170, CAB International, Oxon, Reino Unido.
- Álvarez, T. y González-Ruíz, N. (2001). Nuevos registros de *Notiosorex crawfordi* (Insectívora: Soricidae) para México. *Acta zoológica mexicana*, 84: 175-177.
- Álvarez-Icaza, (2013). Corredor biológico mesoamericano en México. *Biodiversitas*, 11: 1-5.
- Antúnez, I., Retamosa, E.C. y Villar, R. (2001). Relative growth rate in phylogenetically related deciduous and evergreen woody species. *Oecología*, 128:172-180.
- Aranda, M, López-Rivera, N. y López-de Buen, L. (1995). Hábitos alimentarios del coyote (*Canis latrans*) en la Sierra de Ajusco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 65, 89-99.
- Aranda, M., Rosas, O., Ríos, J.J. y García, N. (2002). Análisis comparativo de la alimentación del gato montés (*Lynx rufus*) en dos diferentes ambientes de México. *Acta zoológica mexicana*, 87: 99-109.
- Arriaga, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: Un enfoque multiescalar. *Investigación Ambiental*, 1: 6-16.
- Avendaño-Yáñez, M.L., López-Ortiz, S., Perroni, Y. y Pérez-Elizalde, S. (2017). Leguminous trees from tropical dry forest generate fertility islands in pastures. *Arid Land Research and Management*, DOI: 10.1080/15324982.2017.1377782
- Ayón-Peña, Y. (2007). Estudio etnofarmacológico de las diferentes especies endémicas de agave en la medicina tradicional del Estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias de la Salud. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Beck, T., Becham, J., Beier, P., Hofstra, T., Hornocker, M., Lindzey, F., Logan, K., Pierce, B., Quigley, H., Ross, I., Shaw, H., Sparrowe, R. y Torres, S. (2005). Guía de manejo del puma. Grupo de trabajo de manejo del puma. Wild Futures-Instituto de Ecología, A. C. Opal Creek Press. Washington, Estados Unidos.

Bentrup, G. (2008). Conservation Buffers—Design guidelines for buffers, corridors, and greenways. US Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Estados Unidos. 110 pp.

Bernard, A. y Domnguez, P. (2003). Tradiciones culinarias y progreso. Estudio de un caso: Municipio de Santiago de Anaya, Estado de Hidalgo, Mxico. *Revista Del Jardn Botnico Nacional*, 24(1/2): 61-64.

Bollo, M.M., Hernndez, S.J.R., Mndez, L.A.P. (2014). The state of the environment in Mexico. *Central European Journal of Geosciences*, 6:219-228.

Bonet, A. (2004). Secondary succession of semi-arid Mediterranean old-fields in south-eastern Spain: insights for conservation and restoration of degraded lands. *Journal of Arid Environments*. 56: 213-233.

Bravo-Hollis, H. (1937a). Observaciones florsticas y geobotnicas en el Valle de Actopan. En: Estudios efectuados por el Instituto de Biologa en la regin del Mezquital, Hgo. Universidad Nacional Autnoma de Mxico. Pp. 169-233.

Bravo-Hollis, H. (1937b). Observaciones florsticas y geobotnicas en el Valle del Mezquital, Hidalgo. En: Estudios efectuados por el Instituto de Biologa en la regin del Mezquital, Hgo. Universidad Nacional Autnoma de Mxico. Pp. 3-82.

Bravo-Hollis, H. (1978). Las cactceas de Mxico Vol. 1. Universidad Nacional Autnoma de Mxico. Pp. 155.

Brown, D.E. (1982). Chihuahuan desertscrubs. *Desert Plants*, 4: 169-179.

Cadotte, M. W., Carscadden, K. y Mirotnick, N. (2011), Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *Journal of Applied Ecology*, 48: 1079-1087.

Caldern, G. (2005). Euphorbiaceae. En: Flora fanerogmica del Valle de Mxico. 2a. ed., Instituto de Ecologa, A.C. y Comisin Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ptzcuaro (Michoacn). Pp. 346-369.

Camargo-Ricalde, S.L. y Dhillion, S.S. (2003). Endemic *Mimosa* species can serve as mycorrhizal "resource islands" within semiarid communities of the Tehuacn-Cuicatln Valley. *Mycorrhiza*. 13: 129.

Campos-Rodrquez, J. I., P rez-Valera, B. y Flores-Leyva, X. (2010). Nuevo registro y extensiones de distribucin de algunos reptiles de origen tropical para la regin semiárida del estado de Hidalgo. *Boletn de la Sociedad Herpetolgica Mexicana*, 18: 1-10.

Cárdenas, E. (2005). Bouvardia. Flora fanerogmica del Valle de Mxico. 2a. ed., Instituto de Ecologa, A.C. y Comisin Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Ptzcuaro (Michoacn). Pp. 727-728.

Castro, J., Zamora, R., Hóldar, J.A., Gómez, J.M. (2002). Use of shrubs as nurse plants: A new technique for reforestation in Mediterranean mountains. *Restoration Ecology*, 10: 297-305.

Ceccon, E. (2013) Restauracin en bosques tropicales: fundamentos ecolgicos, prcticos y sociales. CRIM Universidad Nacional Autnoma de Mxico, Mxico.

Ceccon, E., Barrera-Cataño, J., Aronson, J. y Martínez-Garza, C. (2015). The socioecological complexity of ecological restoration in Mexico: Restoration ecology in Mexico. *Restoration Ecology*, 23.

Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para la Biodiversidad-Instituto de Biología UNAM Agrupación Sierra Madre. México.

Chávez-Cortés, M.M., Binnqüist-Cervantes, G.S. (2014). Sobre el concepto de bienestar y su vínculo con lo ambiental. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*. 14(27): 127-158.

Cole, F.R., Wilson, D.E. (2006) *Leptonycteris yerbabuena*. *Mammalian Species*, 797, 9: 1-7.

CONABIO. (2000). *Eysenhardtia polystachya*. Consultado el 26 de agosto del 2019 en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/28-legum18m.pdf

CONABIO. (2009). Corredores biológicos. Consultado el 25 de noviembre del 2018 en <https://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/pdf/corredoresbio.pdf>

CONAFOR. (2010). Estudio Regional Forestal, Valle del Mezquital, Hgo. Consultado el 5 de abril del 2019 en <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/0/2940Estudio%20Regional%20Forestal%201304..pdf>

CONANP. (2017). Acciones para la conservación del puma en Hidalgo. Comunicado de prensa. Consultado el 5 de abril del 2019 en <https://www.gob.mx/conanp/prensa/acciones-para-la-conservacion-del-puma-en-hidalgo?idiom=es>

Cook, S.F. (1949). The historical demography and ecology of the Teotlalpan. Berkeley: University of California Press.

Cornejo, M. (2007). Fluctuación de la abundancia anual de los murciélagos herbívoros en dos tipos de vegetación de la Barranca de Metztlán, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Cruz, J. A., García-Moya, E., Frías-Hernández, J.T., Montesinos, G. y Flores, J.L. (1997). Influencia de los mezquites en la composición y cobertura de la vegetación herbácea de un matorral semiárido del Norte de Guanajuato. *Boletín de la Sociedad Botánica*, 61: 21-30.

Costa-Saura, J.M., Martínez-Vilalta, J., Trabucco, A., Spano, D., Mereu, S. (2016). Specific leaf area and hydraulic traits explain niche segregation along an aridity gradient in Mediterranean woody species. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 21: 23-30

Cowling, R. M., Esler, K. J., Midgley, G. F., y Honig, M. A. (1994). Plant functional diversity, species diversity and climate in arid and semi-arid southern Africa. *Journal of Arid Environments*, 27(2): 141-158.

Cristancho, S., & Vining, J. (2004). Culturally defined keystone species. *Human Ecology Review*, 153-164.

Crutzen, P. J. (2002, November). The "anthropocene". In *Journal de Physique IV (Proceedings)* (Vol. 12, No. 10, pp. 1-5). EDP sciences.

De la Pea-Domene, M., Martnez-Garza, C., Howe, H.F. (2013). Early recruitment dynamics in tropical restoration. *Ecological Applications*, 23: 1124-1134.

De la Torre, Z. (2012). La esttica de la sustentabilidad: Acercamiento te3rico a la arquitectura del paisaje. En: Arquitectura del paisaje: Obras, proyectos y reflexiones. Coleccin Textos FA, Universidad Nacional Aut3noma de M3xico. Pp. 261-269.

Del Campo, C. (1937). Contribuciones al conocimiento de la fauna de Actopan, Hgo. - Vertebrados observados en la 3poca de secas. En: Estudios efectuados por el Instituto de Biolog3a en la regi3n del Mezquital, Hgo. Universidad Nacional Aut3noma de M3xico. Pp. 271-286.

DellaSala, D.A., Martin, A., Spivak, R., Schulke, T., Bird, B., Criley, M., van Daalen, C., Kreilick, J., Brown, R., Aplet, G. (2003) A citizen's call for ecological forest restoration: forest restoration principles and criteria. *Ecological Restoration*, 21: 14-23.

D3az, S., Gurvich, D.E., P3rez-Harguindeguy, N. y Cabido, M. (2002). ¿Qu3n necesita tipos funcionales de plantas? *Bolet3n de la Sociedad Argentina de Bot3nica*, 37(1-2): 135-140.

eFloras. (2003). *Agave lechuguilla*. Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO & Harvard University Herbaria, Cambridge, MA. Consultado el 28 de junio del 2019 en http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=242101309

eFloras. (2004). *Opuntia engelmannii*. Missouri Botanical Garden, St. Louis, MO & Harvard University Herbaria, Cambridge, MA. Consultado el 28 de junio del 2019 en http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=242415194

Eguiarte, L.E., Souza, V., Silva-Montellano, A. (2000). Evoluci3n de las familias Agavaceae: Filogenia, biolog3a reproductiva y gen3tica de poblaciones. *Bolet3n de la Sociedad Bot3nica de M3xico*, 66: 131-151.

Faith, D.P. (1992). Conservation evaluation and phylogenetic diversity. *Biological Conservation*, 61(1): 1-10.

FAO (2008). Base referencial mundial del recurso suelo. Un marco conceptual para clasificaci3n, correlaci3n y comunicaci3n internacional. Consultado el 12 de junio del 2019 en <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>

FAO (2015). Evaluaci3n de los recursos forestales mundiales. Compendio de datos. Consultado el 8 de octubre del 2019 en <http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf>

Fern3ndez-Badillo, L., y Goyenechea-Mayer, I. (2010). Anfibios y reptiles del valle del Mezquital, Hidalgo, M3xico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81(3): 705-712.

Forman, R.T.T. y Godron, M. (1981). Patches and structural components for a landscape ecology. *BioSciences*, 31: 733-740.

Fritz, S.A. y Purvis, A. (2010). Phylogenetic diversity does not capture body size variation at risk in the world's mammals. *Proceedings. Biological sciences/The Royal Society*, 277: 2435-41.

Galindo-Leal, C. y Weber, M. (2005). Venado cola blanca. En: Los mam3feros silvestres de M3xico. Eds.: Ceballos G., Oliva G. FCE-CONABIO. M3xico. Pp. 517-521.

Galván, R. 2005. *Nolinaceae*. En: Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán). Pp. 1239-1242.

García-Mendoza, A.J. (2007). Los agaves de México. *Ciencias*, 87:14-23.

García-Mendoza, A.J. (2011). *Agavaceae* Dumort. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, UNAM. México. 88: 1-95.

García-Salas, J.A., Badii-Zabeth, M.H, Contreras-Balderas, A.J., González-Rojas, J.I., Guzmán-Velasco, A. (2001). Estructura de la avifauna asociada a *Yucca treculeana* en un matorral mediano subinermes en General Escobedo, Nuevo León, México. *Cotinga*, 16: 28-35.

García-Sánchez, R., Camargo-Ricalde, S.L., García-Moya, E., Luna-Cavazos, M., Romero-Manzanares, A., Montaño, N. (2012). *Prosopis laevigata* and *Mimosa biuncifera* (Leguminosae), jointly influence plant diversity and soil fertility of a Mexican semiarid ecosystem. *Revista de biología tropical*, 60(1): 87-103.

García-Sánchez, R., Monroy-Ata, A. y Chimal-Sánchez, E. (2007). Hongos micorrícicos arbusculares asociados a diferentes plantas y matorrales del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. En: Micorrizas arbusculares en ecosistemas áridos y semi-áridos. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, Mundi-Prensa SA de CV, UAM Iztapalapa, FES Zaragoza, UNAM. Distrito Federal, México. 460 pp.

Gardner, A. L. (1982). Virginia opossum *Didelphis virginiana*. En: Wild mammals of North America. Biology, management, and conservation. Eds.: J. A. Chapman y G. A. Feldhammer. Johns Hopkins University Press. Baltimore. Pp. 3-36.

Garibaldi, A., Turner, N. (2004). Cultural Keystone Species: Implications for Ecological Conservation and Restoration. *Ecology and Society*, 9(3).

Gelviz-Gelvez, S.M. (2013). Especies arbustivas tolerantes al cambio climático, para ser propuestas en proyectos de restauración del matorral xerófilo en el Estado de Hidalgo. Tesis doctoral. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Geyne, A.R., Fries, Jr. C., Segerstrom, K., Black, R.F., Wilson, I.F. (1963). Geología y yacimientos minerales del Distrito de Pachuca-Real del Monte, estado de Hidalgo, México: Consejo de Recursos Naturales no Renovables, Publicación 5 E. 222 pp.

Gibson, A.C. (2012). Structure-function relations of warm desert plants. *Springer Science & Business Media*. 21 pp.

Gitay, H. y Noble, I.R. (1997). What are plant functional types and how should we seek them? En: Plant Functional Types. Eds.: Smith, T.M. Shugart, H. H. & F. I. Woodward. University Press, Cambridge. Pp 3-19.

Givnish, T.J., (2002). Adaptive significance of evergreen vs: deciduous leaves: solving the triple paradox. *Silva Fennica*. 36: 703-743.

Grether, R. (2007). *Prosopis* L. emend. Burkart. Flora del Bajo y de regiones adyacentes. Fascículo 150. Instituto de Ecología, México. Pp. 202-209.

Gómez-Aparicio, L. (2009). The role of plant interactions in the restoration of degraded ecosystems: a meta-analysis across life-forms and ecosystems. *Journal of Ecology*, 97: 1202-1214.

G3mez-Aparicio, L., Zamora, R., G3mez, J.M., H3ldar, J.A., Castro, J., Baraza, E. (2004). Applying plant facilitation to forest restoration: a metadata analysis of the use of shrubs as nurse plants. *Ecology Applications*, 14: 1128-38.

Gonz3lez-Monterrubbio, C., Monroy-Ata, A., Garc3a-Amador, E., y Orozco-Almanza, M. (2005). Influencia de hongos micorriz3genos arbusculares (HMA) en el desarrollo de pl3ntulas de *Opuntia streptacantha* Lem. sometidas a sequ3a, en condiciones de invernadero. *Tip Revista Especializada en Ciencias Qu3mico-Biol3gicas*, 8 (1): 5-10.

Guzm3n-Jaimes, A. D. (2018). Caracterizaci3n de las capillas de Santiago de Anaya, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. UNAM.

Henrickson, J. (1972). A taxonomic revision of the Fouquieriaceae. *Aliso*. 7: 439-537.

Hern3ndez-Oria, J.G., Ch3vez-Mart3nez, R.J. (2011). Selecci3n de las especies clave para la forestaci3n, reforestaci3n y la restauraci3n en el Municipio de Quer3taro y su 3rea de influencia. En: T3cnicas para la propagaci3n de especies nativas clave para la forestaci3n, la reforestaci3n y la restauraci3n en el Municipio de Quer3taro y su 3rea de influencia. Pp. 12-30.

Herrera, C. M. (1989). Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals and associated fruit characteristics in undisturbed mediterranean habitats. *Oikos*, 55: 250-262.

Hobbs R.J. (2002) Habitat Networks and Biological Conservation. En: Applying Landscape Ecology in Biological Conservation. Ed. Gutzwiller K.J. Springer, New York, Estados Unidos. Pp. 150-170.

Hoffman, M., James, C., Kerley, G., y Whitford, W. (1993). Rabbit Herbivory and Its Effect on Cladode, Flower and Fruit Production of *Opuntia violacea* var. *macrocentra* (Cactaceae) in the Northern Chihuahuan Desert, New Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 38(4): 309-315.

Holl, K.D., Aide, T.M. (2011). When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*, 261(10): 1558-1563.

Huntly, N. (1991). Herbivores and the dynamics of communities and ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22: 477-503.

INEGI. (2009). Prontuario de informaci3n geogr3fica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Santiago de Anaya, Hidalgo. Clave geoestadística 13055. Consultado el 2 de septiembre del 2018 en http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13055.pdf

INEGI. (2016). Panorama sociodemogr3fico de Hidalgo 2015. Consultado el 15 de noviembre del 2018 en http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espano/bvinegi/productos/nueva_estruc/inter_censal/panorama/702825082222.pdf

Jim3nez-Sierra, C. (2007). Estudios sobre la Biolog3a y demograf3a de *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto, en Zapotitl3n Salinas, Puebla. Tesis de Doctorado en Ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Aut3noma de M3xico.

Jim3nez-Sierra, C. y Eguiarte, L. E. (2010). Candy Barrel Cactus *Echinocactus platyacanthus* Link et Otto: A Traditional Plant Resource in Mexico Subject to Uncontrolled Extraction and Browsing. *Economic Botany*, 64(2): 99-108.

Jiménez-Sierra, C. y Reyes, J. (2000). Las Cactáceas de Metztitlán. En: Metztitlán: Lugar de la luna y las maravillas. Eds.: M.A. Armella, L. Yánez y M.E. Sandoval. SEMARNAP-UAM, México. Pp. 46-82.

Jiménez-Sierra, C. y Matías-Palafox, M.L. (2008). *Echinocereus cinerascens*. En: Eguiarte, L. y E. Scheinvar (comp.). Agaves y cactáceas de Metztitlán: ecología, evolución y conservación. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. Pp. 90-91.

Jones, W., y Sacamano, C. (2000). Landscape Plants for Dry Regions. Fisher Books, Tucson, AZ, Estados Unidos. 400 pp.

Lara-Juárez, P., Aguirre, J.R., Castillo, P. y Reyes, J.A. (2015). Biología y aprovechamiento de la hormiga de escamoles, *Liometopum apiculatum* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). *Acta zoológica mexicana*, 31(2): 251-264.

Le Houérou, H.N. (1992). The role of *Opuntia* cacti in the agricultural development of the Mediterranean arid zones. Memorias del 2do Congreso Internacional de Tuna y Cochinilla. Santiago, Chile.

Lockwood, J.L y Pimm, S.L. (1999). When does restoration succeed ecological assembly rules: perspective, advances, retreats. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

López de Juamblez, R. (2016). Módulo de Plantación: Técnica de Reforestación con base ecológica. Colección Material Didáctico de Arquitectura de Paisaje Serie Ciencias Ambientales. Universidad Nacionales Autónoma de México.

López de Juamblez, R., Cabeza P., A. (1998). La vegetación en el diseño de los espacios exteriores. Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México.

Luna-José, A.L., Montalvo-Espinosa, L., Rendón-Aguilar, B. (2003). Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 72: 107-117.

Martínez, E., Saldívar, M.C., del Amo, M.S. (1982). El Mezquite. INIREB Informa. Comunicado 6 sobre recursos bióticos potenciales para el país. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, México. 4 pp.

Mauchamp, A., Janeau, J.L. (1993). Water funnelling by the crown of *Flourensia cernua*, a Chihuahuan Desert shrub, *Journal of Arid Environments*, 25(3):299-306.

Mazel, F., Pennell, M.W., Cadotte, M.W., Diaz, S., Dalla, G.V., Grenyer, R., Leprieur, F., Mooers, A.O., Mouillot, D., Tucker, C.M. y Pearse, W.D. (2018). Prioritizing phylogenetic diversity captures functional diversity unreliably. *Nature Communications*, 9.

Meagher, W. y Colony, W. (2008). Wild and Wonderful. Nature un close in the Botanical Garden 'El Charco del Ingenio', San Miguel de Allende. W & W Publishing. San Miguel de Allende, México. Pp. 86.

Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E., Guariguata, M.R. (2018). La restauración de ecosistemas terrestres en México: Estado actual, necesidades y oportunidades. *Documentos Ocasionales*, 185. Bogor, Indonesia: CIFOR.

Mendoza-Durán, A. (2005). Armadillo. En: Ceballos G., Oliva G. (Eds), Los mamíferos silvestres de México. FCE-CONABIO, México. Pp. 117-118.

Mendoza-Hernández, A., Rosete-Rodríguez, A., Pedrero-López, L., Martínez-Villegas, J.A., Sánchez-Coronado, M.E., Orozco-Segovia, A. (2016). Estrategias ecofisiológicas para la restauración de un pedregal urbano: el caso del Parque Ecológico de la Ciudad de México. En: Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas. Eds. E. Ceccon y C. Martínez-Garza. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 577 pp.

Mielke, J. (2010). Native Plants for Southwestern Landscapes. University of Texas Press, Estados Unidos. 312 pp.

Miller, G.O. (2013). Landscaping with Texas native plants. Voyageur Press, Estados Unidos. 192 pp.

Miranda, J.D., Padilla, F.M., Pugnaire, F.I. (2004). Sucesión y restauración en ambientes semiáridos. *Ecosistemas*, 13(1): 55-58.

Monroy-Ata, A., Estevez-Torres, J., García-Sánchez, R., Ríos-Gómez, R. (2007). Establecimiento de plantas mediante el uso de micorrizas y de islas de recursos en un matorral xerófilo deteriorado. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80: 49-57.

Mondragón-Jacobo, C., Pérez-González, S. (2003). El nopal (*Opuntia* spp.) Como Forraje. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal Núm. 169. Roma, Italia.

Montaño-Arias, N.M., García-Sánchez, R., Ochoa-de la Rosa, G., Monroy-Ata, A. (2006) Relación entre la vegetación arbustiva, el mezquite y el suelo de un ecosistema semiárido en México. *Terra Latinoamericana*, 24(2): 193-205.

Montaño-Arias, N.M., Monroy-Ata, A. 2000. Conservación ecológica de suelos en zonas áridas y semi-áridas en México. *Ciencia y Desarrollo*, 26(154): 26-37.

Montoya, D., Rogers, L., Memmott, J. (2012). Emerging perspectives in the restoration of biodiversity-based ecosystem services. *Trends in Ecology and Evolution*, 27: 666-667.

Moreno-Calles, A., Casas, A. (2010). Agroforestry Systems: Restoration of Semiarid Zones in the Tehuacán Valley, Central Mexico. *Ecological Restoration*. 28: 361-368.

Nava, V., J. D. Tejero, y C. Chávez. (2012). Hábitos alimentarios del cacomixtle *Bassaricus astutus* (Carnivora: Procyonidae) en un matorral xerófilo de Hidalgo, México. En: Anales del Instituto Biología Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoológica 70. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Pp. 51-63.

Nava-Esparza, V., Chimal, A. (2006). Plantas mexicanas con potencial ornamental. Serie Académicos CBS no. 60. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México. 626 pp.

Navarro-Cano, J., Goberna, M., González-Barberá, G., Castillo, V., Verdú, M. (2017). Restauración ecológica en ambientes semiáridos. Recuperar las interacciones biológicas y las funciones ecosistémicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España.

Navarro-Cano, J., Verdú, M., Garcia, C., Goberna, M. (2014). What nurse shrubs can do for barren soils: rapid productivity shifts associated with a 40 years ontogenetic gradient. *Plant and Soil*. 388: 197-209.

Naumburg, E., Loik, M.E., Smith, S.D. (2004). Photosynthetic responses of *Larrea tridentata* to seasonal temperature extremes under elevated CO₂. *New Phytologist*, 162: 323-330.

Nefzaoui, A., Salem, H.B. (2003). *Opuntia* forraje estratgico y herramienta eficiente para combatir la desertificacin en la regin Wana. En: El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. Estudio FAO Produccin y Proteccin Vegetal No 159. Pp. 81.

Numata, M. (1995). Landscape ecology and environmental conservation. En: Yokohari, M., Yujubo, S., Shinozawa, K. (Eds.), Ecological Landscape Planning. Process Architecture No. 127. Process Architecture Co. Ltdd., Tokyo, Japon. Pp. 106-109.

Pacheco, J. (2005). Zorrillo listado. En: Ceballos G., Oliva G. (Eds), Los mamferos silvestres de Mxico. FCE-CONABIO, Mxico. Pp. 388-389.

Paniagua, L., Monterrubio, T. (2005). Tuza. En: Ceballos G., Oliva G. (Eds), Los mamferos silvestres de Mxico. FCE-CONABIO, Mxico. Pp. 591-592.

Prez-Calix, E. 1999. Ulmaceae. Consultado el 26 de agosto del 2019 en http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/28-legum18m.pdf

Prez-Escandn, B. E., Villavicencio-Nieto, M.A., Ramrez-Aguirre, A. (2003). Lista de las plantas tiles del estado de Hidalgo. Universidad Autnoma del Estado de Hidalgo, Mxico. 134 pp.

Perroni-Ventura, Y., Montaa, C., Garca-Oliva, F. (2010). Carbon-nitrogen interactions in fertility island soil from a tropical semi-arid ecosystem. *Functional Ecology*, 24: 233-242.

Pino-Moreno, J.M., Guerrero-Mayorga, I., Flores-Ramrez, M.E., Galn-ngeles, Y. (2017). Presencia de los insectos comestibles en la muestra gastronmica de Santiago de Anaya Hidalgo, Mxico. *Entomologa mexicana*, 4: 663-668.

Possingham, H.P., Bode, M., Klein, C.J. (2015). Optimal conservation outcomes require both restoration and protection. *PLOS Biology*, 13(1): 1-15.

Programa para la Conservacin de los Murciélagos de Mxico (PCMM). (2017). Manual de informacin y capacitacin de guas intérpretes. Mxico. Pp. 75.

Raisz, E. (1964). Landforms of Mexico (mapa en escala 1:3 000 000), Cambridge, Mass.

Ramrez Laguna, A. (1937). Nota acerca del aprovechamiento de algunas plantas de importancia econmica en la regin del Valle del Mezquital, Hgo. En: Estudios efectuados por el Instituto de Biología en la regin del Mezquital, Hgo. Universidad Nacional Autnoma de Mxico, Mxico. Pp. 83-115.

Renteria, L., Cantú, C. (2003). El efecto de *Tegeticula yuccasella* Riley (Lepidoptera: Prodoxidae) sobre la fenología reproductiva de *Yucca filifera* Chabaud (Agavaceae) en Linares, N.L., Mxico. *Acta zoológica mexicana*, (89): 85-92.

Rico, L. (2007). *Acacia* Mill. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 150. Instituto de Ecología, Mxico. Pp. 8-49.

Romero, S. y Rojas, E.C. (2014). Fagaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 181. Instituto de Ecología, Mxico. Pp. 2-163.

Rosenberg, D.K., Noon, B.R., Meslow, E.C. (1997). Biological Corridors: Form, Function, and Efficacy, *BioScience*. 47(10): 677-687.

- Reyes-López, G.L., Sandoval-Torres, S., Mendez, L. (2017). Caracterización de polvos (harinas) de Mezquite (*Prosopis laevigata*) para aplicaciones alimentarias. Memorias del XXXVIII Encuentro Nacional de la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química A.C. (AMIDIQ).
- Ríos-Saucedo, J.C., Rosales-Serna, R., García-Rodríguez, J.L., Tracios-Caciano, R., Valenzuela-Núñez, C.L. (2012). Diagnóstico de reforestaciones de mezquite y métodos para incrementar su eficiencia en Durango, México. *Revista Forestal Baracoa*, 31(2): 35-40.
- Rivas-Rossi, M. (1996) Cactáceas y suculentas del jardín botánico Lankester. Editorial EUNED. Pp. 2-4.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E. F., Nykvist, B. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263), 472.
- Rodríguez F., A. (2012). El diseño en el paisaje indígena en México: Ayer y hoy. En: Arquitectura del paisaje: Obras, proyectos y reflexiones. Colección Textos FA, Universidad Nacional Autónoma de México, México. Pp. 247-259.
- Rojas-Martínez, A., Godínez-Alvarez, H., Valiente-Banuet, A., Arizmendi, M.C., Sandoval-Acevedo, O. (2012). Frugivory diet of the lesser long-nosed bat (*Leptonycteris yerbabuena*), in the Tehuacán Valley of central Mexico. *Therya*, 3(3), 371-380.
- Rojas-Martínez, A. E., Aguilar-López, M. & Muñoz-Vázquez, B. (2013). Cuidados maternos y registros recientes de Puma (*Puma concolor*) y Gato Montés (*Lynx rufus*) en el estado de Hidalgo, México. *Therya*, 4: 327-335.
- Rojas-Martínez, Alberto y Moreno-Ortega, Claudia. (2014). Los servicios ambientales que generan los mamíferos silvestres. PÁDI Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Consultado el 2 de octubre del 2018 en <https://www.uaeh.edu.mx/sciqe/boletin/icbi/n3/e10.html>
- Ruiz, T.G., Zaragoza, S.R., Cerrato, R.F. (2008). Fertility islands around *Prosopis laevigata* and *Pachycereus hollianus* in the drylands of Zapotitlán Salinas, México. *Journal of Arid Environments*. 72: 1202-1212.
- Rzedowski, J. (1957). Vegetación de las partes áridas de los estados de San Luis Potosí y Zacatecas. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 18: 49-101.
- Rzedowski, J. (1966). Vegetación del estado de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina*. 5: 5-291.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Rzedowski, J. y Calderón, G. (1988). Dos nuevas localidades de *Larrea tridentata* (Zygophyllaceae) en el centro de México y su interés fitogeográfico. *Acta Botánica Mexicana*. 1: 7-9.
- Rzedowski, J., Guzmán, G., Hernández, A., Muñoz, R. (1964). Cartografía de la vegetación de la parte norte del Valle de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológica de México*. 13: 31-57.
- Rzedowski, J. y Medellín-Leal, C. (1958). El límite sur de distribución geográfica de *Larrea tridentata*. *Acta Científica Potosina*, 2: 133-147.

SAGARPA. (2009). Pr3cticas vegetativas y agron3micas complementarias al proyecto integral. Consultado el 8 de abril del 2019 en <http://www.sagarpa.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Julio/Documents/Pr%C3%A1cticas%20vegetativas%20y%20agron%C3%B3micas.pdf>

Santini, N., Flores-Moreno, H., 3vila-Mu1oz, M.E., D3az-Cor3nguez, M., Gasteazoro-Pi1eiro, F., Martorell, C. (2007). La cobertura de espinas de los cactus determina que 3stos se establezcan bajo nodrizas con distinta fenolog3a. *Cact3ceas y suculentas mexicanas*, (52)2: 36-45.

Saunders, D., Hobbs, R., Margules, C. (1991). Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology*, 5: 18-32.

Scheinvar, L. (2009). Subfamilia Opuntioideae (Cactaceae). En: A. Lot y Z. Cano-Santana (Eds.) Biodiversidad del Pedregal de San 3ngel. UNAM, Reserva Ecol3gica del Pedregal de San 3ngel y Coordinaci3n de la Investigaci3n Cient3fica. D.F., M3xico. Pp. 143-152.

SEMARNAT. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protecci3n ambiental-Especies nativas de M3xico de flora y fauna silvestres-Categor3as de riesgo y especificaciones para su inclusi3n, exclusi3n o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario oficial de la federaci3n. Consultado el 28 de abril del 2018 en http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091

SIIEH. (2016). Enciclopedia de los municipios del Estado de Hidalgo, Santiago de Anaya. Gobierno de Hidalgo. Consultado el 15 de mayo del 2019 en https://web.archive.org/web/20170416125918/http://siieh.hidalgo.gob.mx/files/santiago_de_anaya.pdf

Steffen, W., Crutzen, P. J., McNeill, J. R. (2007). The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36(8), 614-622.

Scott, J.A. (1992). *The Butterflies of North America: A Natural History and Field Guide*. Stanford University Press, Estados Unidos, 584 pp.

Seegerstrom, K. (1961). Geolog3a del suroeste del estado de Hidalgo y del noreste del estado de M3xico. *Bolet3n de la Asociaci3n Mexicana de Ge3logos Petroleros*, 13(3-4): 147-168.

Shreve, F. (1951). *Vegetation of the Sonoran Desert*. Carnegie Institute, Washington Publishers, Estados Unidos, 591 pp.

Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International. Consultado el 6 de octubre del 2018 en http://c.ymcdn.com/sites/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser_primer.pdf

Stoner, K.E., Salazar, K.A., Fern3ndez, R.C. y Quesada M. (2003). Population dynamics, reproduction and diet of the lesser long nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in Jalisco, Mexico: implications for conservation. *Biodiversity and Conservation*. 12: 357-393.

Taylor, P., Fahrig, K., Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, (68)3: 571-573.

Télez, O., Sousa, M. (1993). Fabaceae Lindley. Tribu Sophoreae Spreng. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, UNAM. México. 2: 5-16.

Tellez, M., Estell, R., Fredrickson, E., Powell, J., Wedge, D., Schrader, K., Kobaisy, M. (2001). Extracts of *Flourensia cernua* (L): Volatile Constituents and Antifungal, Antialgal, and Antitermite Bioactivities. *Journal of Chemical Ecology*, 27: 2263.

Telo, L.F. (2017). Barreras combinadas de piedra y *Agave angustifolia* L. para la retención de suelos en afloramientos rocosos. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 5(2): 207-225.

Tobón, W., Koleff, P., Urquiza-Haas, T., García, G. (2016). Propuesta metodológica para identificar prioridades de restauración en México. En Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas. Eds. E. Ceccon y C. Martínez-Garza. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 577 pp.

Trombulak, S., Frissell, C. (2000). Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*. 14(1): 18-30.

Valdéz-Alarcón, M., Ceballos, G. (2005). Ardillón. En: Ceballos G., Oliva G. (Eds), Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica-CONABIO, México. Pp. 573-574.

Valenzuela D.G. (2005). Mapache. En: Ceballos G., Oliva G. (Eds), Los mamíferos silvestres de México. Fondo de Cultura Económica-CONABIO, México. Pp. 415-417.

Valladares, F., Vilagrosa, A., Peñuelas, J., Ogaya, R., Camarero, J., Corcuera, I., Sisó, S., Gil-Pelegrín, E., (2004). Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. En: Valladares, F. (Ed.), Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España. 512 pp.

Vaughan, T. A. (1988). Mamíferos. 3ra Edición. Interamericana-McGraw-Hill, México.

Vázquez-Alvarado, R.E., Blanco-Macías, F., Ojeda-Zacarías, M.C., Martínez-López, J.R., Valdez-Cepeda, R.D., Santos-Halisack, A., Háuad-Marroquín, L.A. (2011). Reforestación a base de nopal y maguey para la conservación de suelo y agua. Memorias del IX Simposium-Taller Nacional y II Internacional Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey. Consultado el 1 de mayo del 2019 en [http://respyn2.uanl.mx/especiales/2011/ee-05-2011/documentos/\(16\)_rigo_vazquez-reforestacion_con_nopal_y_maguey2.pdf](http://respyn2.uanl.mx/especiales/2011/ee-05-2011/documentos/(16)_rigo_vazquez-reforestacion_con_nopal_y_maguey2.pdf)

Vibrans, H. (2009). *Parthenium incanum* Kunth. Consultado el 26 de agosto del 2019 en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/parthenium-incanum/fichas/ficha.htm>

Villalobos-Escalante, A., Buenrostro-Silva, A., Sánchez-de la Vega, G. (2014). Dieta de la zorra gris *Urocyon cinereoargenteus* y su contribución a la dispersión de semillas en la costa de Oaxaca, México. *Therya*, 5(1): 355-363.

Villar, R., Ruiz, J., Quero, J., Poorter, H., Valladares, F., Maraón, T. (2004). Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En:

Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, Madrid, España. Pp. 191-227

Villavicencio-Nieto, M.A., Pérez-Escandón, B.E. (2010). Vegetación e inventario de la flora útil de la Huasteca y la zona Otomí-Tepehua de Hidalgo. *Ciencia Universitaria* (1): 23-33.

Villavicencio-Nieto, M.A., Pérez-Escandón, B.E. (2013) Plantas medicinales del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México. 254 pp.

Villavicencio-Nieto, M.A., Pérez-Escandón, B.E., López-Gutiérrez, B.N. (2015). Plantas útiles de tres municipios (Metztitlán, Atotonilco el Grande y Huasca de Ocampo) de la Reserva de la Biósfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo, México. *Estudios en Biodiversidad*. 16. Consultado el 20 de octubre del 2018 en <http://digitalcommons.unl.edu/biodiversidad/16>

Violle, C., Navas, M., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E. (2007). Let the concept of trait be functional!. *Oikos*, 116: 882-892.

Walker, B.H. (1992). Biodiversity and ecological redundancy. *Conservation Biology*. 6: 18-23.

Wallace, D.R. (2011). Chuckwalla Land: The riddle of California's Desert. *University of California Press*, Estados Unidos. Pp. 85-90.

Williams-Linera, G., Álvarez-Aquino, C., Muñoz-Castro, M.A., Pedraza, R.A. (2016). Evaluación del éxito de la restauración del bosque nublado en la región de Xalapa, Veracruz. En: Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas. Eds. E. Cecon y C. Martínez-Garza. Universidad Nacional Autónoma de México, México. Pp 81-101.

Zamora R., García-Fayos P., Gómez-Aparicio L. (2004). Las interacciones planta-planta y planta-animal en el contexto de la sucesión ecológica. En: Valladares F. (ed.), Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante, MIMAM, Madrid, España. Pp. 371-393.

Zamudio, S. (1995). Fouquieraceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 36. Instituto de Ecología, México. Pp. 1-7.

Zamudio, S. y Carranza, E. (1994). Cupressaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 29. Instituto de Ecología, México. Pp. 7-19.

ANEXO II

PALETAS VEGETALES ILUSTRADAS

Matorral Desértico (MDM)

Paleta Vegetal Ilustrada



Acacia schaffneri



Prosopis laevigata



Celtis pallida



Flourensia cernua



Mimosa aculeaticarpa



Rhamnus humboldtiana



Cylindropuntia imbricata



Echinocereus cinerascens



Myrtillocactus geometrizans



Opuntia streptacantha

Matorral Desé Rosetófilo (M

Paleta Vegetal Ilustrada



Yucca filifera



Condalia mexicana



Flourensia resinosa



Fouquieria splendens



Mimosa aculeaticarpa



Parthenium incanum



Agave striata



Dasylirion acrotrichum



Hechtia texensis



Jatropha dioica

Matorral Crásicu

Paleta Vegetal Ilustrada



Yucca filifera



Ageratina espinosarum



Eysenhardtia polystachya



Gochnatia hypoleuca



Montanoa tomentosa



Agave atrovirens



Hechtia argentea



Myrtillocactus geometrizans



Opuntia robusta



Opuntia streptacantha

Bosque de *Juniper*

Paleta Vegetal Ilustrada



Juniperus flaccida



Pinus cembroides



Ageratina espinosarum



Baccharis conferta



Condalia mexicana



Mimosa aculeaticarpa



Agave atrovirens



Agave salmiana



Opuntia streptacantha