



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN CIENCIAS FORESTALES

**Sucesión ecológica en fragmentos forestales con vegetación
secundaria en Españaíta, Tlaxcala**

SAÚL CASTAÑEDA DÍAZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

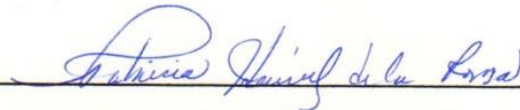
2015

La presente tesis titulada: "Sucesión ecológica en fragmentos forestales con vegetación secundaria en Españita, Tlaxcala" realizada por el alumno Saúl Castañeda Díaz, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS FORESTALES

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dra. Patricia Hernández de la Rosa

ASESOR



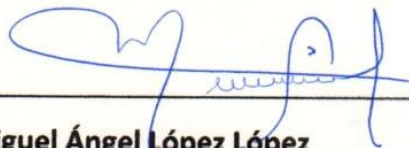
Dr. Lauro López Mata

ASESOR



Dra. Francisca Ofelia Plascencia Escalante

ASESOR



Dr. Miguel Ángel López López

ASESOR



Dr. Armando Gómez Guerrero

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Febrero de 2015.

Sucesión ecológica en fragmentos forestales con vegetación secundaria en Españita, Tlaxcala

Saúl Castañeda Díaz, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

Resumen

La vegetación del estado de Tlaxcala está representada por remanentes de vegetación secundaria de la que no se conocen los procesos sucesionales y no se sabe cuántas especies de la flora estatal se pierden o se incorporan. Se estudiaron cinco fragmentos con vegetación secundaria en el estado de Tlaxcala con el objetivo de conocer y describir sus tipos de vegetación y caracterizar la estructura de su vegetación. En cada fragmento se establecieron cuatro parcelas en las que se midieron y cuantificaron las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Se tomaron muestras compuestas de suelo para conocer qué relación existe entre las propiedades de la vegetación y el suelo y se clasificó a la vegetación con base en la dominancia arbórea. Se describió la secuencia sucesional, la regeneración natural y las relaciones entre las propiedades edáficas y la vegetación, finalmente se analizó la diversidad α y β de los fragmentos. Los cinco fragmentos tienen densidades, composiciones y estructuras forestales particulares. La vegetación relictual hace suponer que la tendencia de la vegetación madura corresponde a bosques de encino. La regeneración arbórea presenta patrones diferenciales. Los suelos están influenciados por las actividades que se realizan en cada fragmento. La diversidad α indica que los fragmentos son diferentes en composición. El índice de diversidad β se utilizó para definir una cronosecuencia vegetal de la zona, con base en él se propone la conservación de estos fragmentos porque complementan la diversidad vegetal de la zona. Se adicionan 31 nuevas taxa a la lista florística y se identificaron cuatro de los nueve tipos de vegetación y más del 20% de la flora reportada para el estado de Tlaxcala. Estos fragmentos pueden mantener una riqueza florística importante que suele pasar desapercibida por su carácter secundario, por lo que es recomendable seguir haciendo trabajos de investigación para conocerlos mejor.

PALABRAS CLAVE:

Juniperus deppeana, *Quercus obtusata*, diversidad vegetal, alfa de Fisher, bosque templado

Sucesión ecológica en fragmentos forestales con vegetación secundaria en Españita, Tlaxcala

Saúl Castañeda Díaz, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2015

Abstract

Tlaxcala state's vegetation is represented by remnants of secondary vegetation that successional processes are unknown and not known how many species of flora state are lost or incorporated. Five forest fragments with secondary vegetation in the state of Tlaxcala were studied with the objective to determine and describe the types of vegetation in these fragments and characterize their structure. In each fragment four sub plots in them were established at them were measured and quantified tree, shrub and herbaceous species. Composite soil samples were collected to know what is the relationship between their properties and the vegetation, the vegetation was classified based on the dominance of tree species. Successional sequence, the dynamics of natural regeneration and the relationships between soil properties and vegetation were described; finally, α and β diversity of forest fragments were analyzed. The five fragments have densities, compositions and particular forest structures. The composition and evidence of relict vegetation do assume that the trend of mature vegetation corresponds to oak forests. The forest regeneration in each fragment presents differential patterns. The α diversity in each fragment shows that are different in composition. β diversity index was used to define a plant chronosequence in the area and based on it the conservation of these fragments is proposed that complement the plant diversity of the area. 31 new taxa that enrich the floristic list in the study area, four of the nine types of vegetation from the state and 20% of the flora reported for the state Tlaxcala are found in the area. These fragments can maintain an important floristic richness that is often overlooked by its character secondary, so it is advisable to keep doing research to know them better.

KEY WORDS:

Juniperus deppeana, *Quercus obtusata*, vegetal diversity, Fisher's alpha, temperate forest

Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Al Colegio de Postgraduados y al Progrado Forestal.

A los miembros del Consejo Asesor.

A las autoridades de San Miguel Pipillola y San Juan Mitepec.

A Luis David y Diego por su ayuda en el trabajo de campo.

A mi familia, mis amigos, mis compañeros.

A DIOS, mil gracias.

CONTENIDO

RESUMEN.....	III
ABSTRACT	IV
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	10
1.2 LITERATURA CITADA	13
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FRAGMENTOS DE VEGETACIÓN SECUNDARIA EN ESPAÑITA, TLAXCALA, MÉXICO	15
2.1 RESUMEN	15
PALABRAS CLAVE:	15
2.2 INTRODUCCIÓN	15
2.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	16
2.3.2 ESTABLECIMIENTO DE LAS PARCELAS DE MUESTREO.	18
2.3.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.	19
2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
2.4.1 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN	20
2.4.2 VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA.	24
2.4.3 ESTRUCTURAS DIAMÉTRICAS.....	27
2.4.4 COBERTURA DE COPA ARBÓREA.....	29
2.4.5 COBERTURA DE COPA ARBUSTIVA.	31
2.5 CONCLUSIONES.....	32
2.6 LITERATURA CITADA	32
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA REGENERACIÓN FORESTAL, SUELO Y SUCESIÓN VEGETAL EN ESPAÑITA, TLAXCALA.....	42
3.1 RESUMEN	42
PALABRAS CLAVE.....	43
3.2 INTRODUCCIÓN	43
3.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	44

3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	44
3.3.2 MUESTREO Y MEDICIÓN DE VARIABLES DASOMÉTRICAS	45
3.3.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	45
3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
3.4.1 AGRUPACIÓN DE LA VEGETACIÓN	46
3.4.2 REGENERACIÓN	49
3.4.3 ANÁLISIS EDÁFICO.....	55
3.4.4 SECUENCIA SUCESIONAL	57
3.5. CONCLUSIONES.....	60
3.6 LITERATURA CITADA.....	61
CAPÍTULO 4. COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD VEGETAL EN FRAGMENTOS DE BOSQUES TEMPLADOS EN TLAXCALA, MÉXICO	67
4.1 RESUMEN	67
PALABRAS CLAVE.....	67
4.2 INTRODUCCIÓN	68
4.3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	69
4.3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	69
4.3.2 MEDICIÓN DE VARIABLES DASOMÉTRICAS	69
4.3.3 ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	70
4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
4.4.1 DIVERSIDAD A.....	71
4.4.2 DIVERSIDAD B.....	75
4.4.3 CONSIDERACIONES GENERALES.....	76
4.5 CONCLUSIONES.....	77
4.6 LITERATURA CITADA.....	78
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES	84

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 2.1. Características generales de los fragmentos con vegetación secundaria en el municipio de Españita, Tlaxcala.	18
Cuadro 2.2. Ubicación de los tipos de vegetación en los fragmentos estudiados.	21
Cuadro 2.3. Atributos estructurales de las especies arbóreas por fragmento en Españita, Tlaxcala.....	24
Cuadro 3.1. Características estructurales y edáficas de las etapas serales en Españita, Tlaxcala.	50
Cuadro 3.2. Porcentajes de regeneración arbórea por fragmento, en Españita, Tlaxcala.....	51
Cuadro 3.3. Porcentajes de regeneración arbórea por tipo de vegetación, en Españita, Tlaxcala.	53
Cuadro 3.4. Índice de diversidad Beta de similitud de Jaccard, para todas las especies entre etapas serales.....	59
Cuadro 4.1. Características generales de los fragmentos de vegetación forestal secundaria en Españita Tlaxcala.	69
Cuadro 4.2. Composición arbórea por fragmento en el municipio de Españita, Tlaxcala.	71
Cuadro 4.3. Número de Taxa, frecuencia e índice de diversidad α de Fisher por formas de vida y fragmento en Españita, Tlaxcala.	73
Cuadro 4.4. Diversidad β con el índice de Jaccard entre los fragmentos de vegetación secundaria en Españita, Tlaxcala.	75

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Ubicación de los sitios de muestreo en el municipio de Españita, Tlaxcala.	17
Figura 2.2. Dendrograma de composición arbórea por parcela dentro de cada fragmento, mediante correlación y agrupamiento simple, coeficiente de correlación de 0.932.....	21
Figura 2.3. Distribución diamétrica de las especies arbóreas más importantes en cinco fragmentos forestales en Españita, Tlaxcala.	28
Figura 2.4. Cobertura de copa arbórea y arbustiva por fragmento en el municipio de Españita, Tlaxcala.....	30
Figura 3.1. Análisis de Correspondencia de la vegetación arbórea en cinco fragmentos de vegetación secundaria en Tlaxcala	47
Figura 3.2. Análisis de Correspondencia para la vegetación arbustiva en cinco fragmentos de vegetación secundaria en Tlaxcala.	48
Figura 3.3. Frecuencia de plántulas por especie arbórea y fragmento en el municipio de Españita, Tlaxcala	52
Figura 3.4. Diagrama de la secuencia sucesional en Españita, Tlaxcala.	57

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

Hace 31,000 años el Valle de Puebla-Tlaxcala fue una zona rica en especies de *Pinus* y *Quercus*, incluso de *Abies*, *Picea*, *Juniperus*, *Cupressus*, *Alnus*, *Fagus*, *Carpinus* y *Ostrya*; así como algunos elementos de *Liquidambar*, *Ulmus*, *Fraxinus*, *Juglans*, *Carya* y *Tilia* o especies de los géneros *Salix* y posiblemente *Pseudotsuga* siendo la vegetación más diversa durante el Holoceno (Straka y Ohngemach, 1989). Los registros palinológicos fósiles indican la existencia de un bosque siempre tropical durante el Mioceno, que dio paso a bosques de *Pinus*, *Quercus*, *Abies*, *Picea* y *Juniperus* durante el Pleistoceno y finalmente a vegetación xérica de la actualidad (Castañeda et al., 2009). Junto con los cambios fisiográficos en la región se dieron estos cambios en la vegetación (Castañeda et al., 2009), de la que han permanecido algunas poblaciones de *Pseudotsuga* y *Abies* en el estado de Tlaxcala y de manera aislada se han encontrado algunos elementos florísticos propios de vegetación métrica, como reminiscencias de una vegetación propia de climas más húmedos y fríos (Aguirre, 2000; Sánchez et al., 2005).

Los cambios en la vegetación en el estado de Tlaxcala responden a fenómenos geológicos y antropogénicos (Castañeda et al., 2009; Haulon et al., 2007; Heine, 2003). Existen evidencias que las actividades humanas en la zona de Puebla-Tlaxcala han influido en las condiciones ambientales y eliminado la cubierta vegetal, propiciando la pérdida de suelo y dejando afloramientos tepetatosos que ocupan el 15% del estado de Tlaxcala (Haulon et al., 2007; Heine, 2003). Las actividades agrícolas y los asentamientos humanos han dejado fragmentos de vegetación natural en las áreas poco accesibles. La vegetación en el municipio de Españaíta, es propia del Eje Neovolcánico con elementos neárticos, meridionales y endémicos de los matorrales xerófitos y de pastizales (Castañeda, 2007; Rzedowski y Rzedowski, 2001). Por su accidentada geografía, la vegetación nativa se puede conservar gracias a la presencia de barrancas, que actúan como refugios naturales por su difícil acceso y se pueden conservar como islas o bancos de germoplasma útiles para la recuperación de áreas degradadas adyacentes. Debido a la importancia de restaurar tierras degradadas es imperativo explorar formas de restaurarlas (Vieira et al., 2009) empleando las especies nativas y sus propágulos.

Este trabajo pretende entender la dinámica de las comunidades forestales secundarias en el centro del país, a través de la descripción de la estructura, la composición florística, la riqueza y diversidad de cinco fragmentos de vegetación forestal secundaria con presencia de perturbaciones. Se aportarán elementos para reconocer su importancia como reservas naturales. En base con los resultados obtenidos se podrán establecer parámetros que sirvan para el monitoreo de las comunidades vegetales de la zona. Pese a que los disturbios son comunes en el centro del país, las comunidades secundarias tienen la capacidad de regenerarse con el tiempo. La sucesión secundaria es un proceso ecológico que ocurre naturalmente, sin embargo, con perturbaciones ésta puede alterarse y por lo tanto manejarse con diferentes objetivos, como la producción forestal o la conservación de la diversidad biológica.

Con la conservación y conocimiento de estos fragmentos forestales se pueden favorecer los procesos ecológicos, incluso en terrenos aledaños desprovistos de vegetación. Los estudios ecológicos a largo plazo proveen información para la conservación, manejo y restauración de ecosistemas, y permiten identificar las causas que producen los cambios de una etapa sucesional a otra. Incluso, en el contexto del cambio climático global, esta información ayuda a explicar los cambios de las comunidades vegetales conforme la precipitación y la temperatura varían. Ante estos escenarios urge conocer los cambios de las comunidades vegetales, los datos derivados servirán para documentar los cambios estructurales y funcionales de los ecosistemas y permitirán evaluar el impacto potencial de las prácticas de manejo. Ante esta carencia de información sobre los recursos forestales en el estado de Tlaxcala se plantearon tres capítulos principales para estudiar la vegetación secundaria en fragmentos forestales en el municipio de Españita, Tlaxcala.

Conocer la estructura y composición de una comunidad es la clave para entender la dinámica sucesional en un rodal bajo diferentes condiciones de disturbio (Shorohova et al., 2009). Esa fue la premisa del **Capítulo 2. Análisis estructural de fragmentos de vegetación secundaria en Españita, Tlaxcala, México** con el objetivo de describir los tipos de vegetación presentes en cinco fragmentos con vegetación forestal secundaria, además de caracterizar la estructura horizontal y vertical de la vegetación en dichos fragmentos. Lo anterior para saber

cómo está constituido cada fragmento de vegetación secundaria en relación a su composición, estructura diamétrica y cobertura de copa.

Una de las limitaciones con los fragmentos forestales estudiados, en lo que respecta a la trayectoria de la sucesión es el tiempo, por este motivo se formó una cronosecuencia bajo la premisa de que la composición de las comunidades en una región tiende a converger a una comunidad madura (Lebrija et al., 2010). Esta cronosecuencia se describe y analiza en el **Capítulo 3. Análisis de la regeneración forestal, suelo y sucesión vegetal en Españita, Tlaxcala.** El objetivo de este capítulo es conocer cómo se da el reemplazo de especies vegetales en la secuencia sucesional definida y conocer la dinámica de la regeneración natural y las relaciones que se establecen con las propiedades edáficas.

Es importante que los ecosistemas forestales en sus diferentes etapas sucesionales mantengan sus procesos, como su capacidad productiva. Vigilar su estabilidad y permanencia mediante el seguimiento se vuelve una actividad crucial en el manejo de ecosistemas, mucho más aún en los ecosistemas forestales mexicanos donde las actividades humanas los mantienen en etapas sucesionales diferentes a las comunidades maduras. Por eso es importante tener parámetros como la diversidad de especies presentes en una comunidad. En el **Capítulo 4. Composición y diversidad vegetal en fragmentos de bosques templados en Tlaxcala, México** se hace una caracterización florística de la vegetación presente en los fragmentos forestales y se analiza su diversidad α y β . Al no conocerse los efectos de la fragmentación sobre la biodiversidad (Halffter y Moreno, 2007), esta información servirá para la toma de decisiones de manejo. Además, se reportan nuevos registros a la flora de la región, lo que pone de manifiesto la importancia de las zonas forestales para la conservación de la diversidad vegetal del estado de Tlaxcala.

Finalmente, en el **Capítulo 5. Conclusiones generales** se integran los hallazgos generados en cada capítulo. La integración de la información ecológica ayudará a los manejadores y restauradores de recursos forestales a predecir trayectorias futuras o procesos de degradación, así como registrar las respuestas del bosque a las prácticas de manejo (Gondard et al., 2003). También es una herramienta importante para el manejo forestal sustentable, para rehabilitación de áreas degradadas, realizar plantaciones comerciales o para regular la

composición florística. Ante el cambio climático global y el incremento de las actividades humanas, los fragmentos constituyen relictos en los cuales se puedan encontrar especies pioneras o grupos funcionales útiles en la restauración de ecosistemas forestales degradados o especies susceptibles de explotación. Entender la dinámica sucesional de la vegetación es importante ecológicamente (Rzedowski, 1979) porque constituye una herramienta útil para la restauración y por el vínculo existente entre la ecología del paisaje, la ecología de los disturbios, la competencia y organización de las comunidades.

1.2 LITERATURA CITADA

- Aguirre P., E. G. 2000. Low levels of genetic variation within and high levels of genetic differentiation among population of species of *Abies* from southern Mexico and Guatemala. *American Journal of Botany* 87(3):361-371.
- Castañeda D., S. 2007. Sucesión ecológica en Españita Tlaxcala. Tesis de Maestría. Chapingo, Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 93 p.
- Castañeda P., C.; L. Calvillo C. y S. R. Cevallos F. 2009. Woods from Miocene sediments in Panotla, Tlaxcala, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology* 156:494-506.
- Gondard, H.; S. Jauffret; J. Aronson y S. Lavorel. 2003. Plant functional types: a promising tool for management and restoration of degraded lands. *Applied Vegetation Science* 6(2):223–234.
- Halffter, G. y C. E. Moreno. 2007. Significado biológico de las diversidad alfa, beta y gamma. In: *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic, (eds.). Primera Reimpresión. SEA, CONABIO, DIVERSITAS; CONACYT. Zaragoza, España. p. 5-15.
- Haulon, M. G.; G. Werner; G. Fores G.; A. Vera R. y P. Felix H. 2007. Assessment of erosion rates during rehabilitation of hardened volcanic soils (tepetates) in Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 24(3):498-509.
- Heine, K. 2003. Paleopedological evidence of human-induced environmental change in the Puebla-Tlaxcala area (Mexico) during the last 3,500 years. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 20(3):235-244.

- Lebrija T., E.; J. 2010. Pathways, mechanisms and predictability of vegetation change during tropical dry forest succession. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 12:267-275.
- Rzedowski, J. 1979. *Vegetación de México*. Limusa, México, D. F. 432 p.
- Rzedowski C. de, G. y J. Rzedowski. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2 ed. CONABIO. Páztcuaro, Mich. 1406 p.
- Sánchez G., A.; L. López M. y D. Granados S. 2005. Semejanza florística entre los bosques de *Abies religiosa* (H.B.K.) Cham. & Schltdl. de la Faja Volcánica Transmexicana. *Investigaciones Geográficas* (56):62-67.
- Shorohova, E. T.; T. Kuuluvainen, A. Kangur y K. Jõgiste. 2009. Natural stand structures, disturbance regimes and successional dynamics in the Eurasian boreal forests: a review with special reference to Russian studies. *Annals of Forest Science*. 66. 20 pp.
- Straka, H. y D. Ohngemach. 1989. Late Quaternary vegetation history of the Mexican highland. *Plant Systematics and Evolution* 162:115-132.
- Vieira, D. L. M.; K. D. Holl y F. M. Peneireiro. 2009. Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *Restoration Ecology* 17(4):451-459.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FRAGMENTOS DE VEGETACIÓN SECUNDARIA EN ESPAÑITA, TLAXCALA, MÉXICO

2.1 RESUMEN

La degradación de los recursos forestales en el estado de Tlaxcala ha dejado fragmentos de vegetación secundaria que son importantes de conocer y conservar. Para contribuir a su conocimiento y conservación se estudiaron cinco fragmentos forestales en el municipio de Españita, Tlaxcala con el objetivo de conocer los tipos de vegetación presentes en ellos, su estructura a través del valor de importancia relativa (VIR), distribución diamétrica y cobertura de copa tanto arbórea como arbustiva. Las especies arbóreas con mayores VIR fueron *Quercus frutex*, *Juniperus deppeana*, *Arbutus xalapensis*, *Quercus obtusata* y *Q. castanea*. En el fragmento El Cerro se encontró sólo cobertura arbustiva. En los fragmentos El Escobillal y El Ocotal *J. deppeana* tuvo los mayores VIR, mientras que los fragmentos El Brincadero y San Juan son similares en composición y VIR. El fragmento El Ocotal tuvo la estructura diamétrica más compleja y en el fragmento El Brincadero se encontraron los árboles más grandes y la mayor cobertura de copa arborea. La riqueza arbórea y evidencias de vegetación relictual indican que en el fragmento El Ocotal se puede desarrollar un tipo de vegetación méxico dominado por *Quercus* spp., presentando actualmente etapas tempranas de sucesión.

PALABRAS CLAVE:

Estructura forestal, valor de importancia relativa, fragmento forestal, *Juniperus deppeana*, *Quercus*.

2.2 INTRODUCCIÓN

Los recursos forestales en el estado de Tlaxcala han sido poco estudiados, pese a la importancia que tienen y a la presión demográfica que se ha ejercido sobre ellos desde hace más de 4,000 años (Castillejos et al., 2007; Haulon et al., 2007). Desde entonces, sus pobladores han fragmentado el paisaje dejando 15 % de la superficie estatal como afloramientos tepetatosos, así como algunos remanentes de vegetación original y secundaria, alterando la

producción de bienes y servicios ecosistémicos (Heine, 2003; Cayuela et al., 2006; Haulon et al., 2007; Sedov et al., 2009).

Los fragmentos con vegetación secundaria son fuentes importantes de propágulos de especies que son capaces de reestablecerse (Halffter y Moreno, 2007), los cuales deberían protegerse para promover la conectividad entre ellos, y mantener la diversidad biológica vegetal (Arroyo et al., 2007; Pereira et al., 2007; Sánchez et al., 2010). Preservarlos es tan importante para la conservación de la diversidad biológica como los bosques primarios, pues sin o con disturbios moderados, la vegetación secundaria tiene la capacidad de recuperar sus atributos al igual que los de ecosistemas primarios (DeWalt et al., 2003; Pereira et al., 2007). Para la conservación y el manejo de los recursos naturales, es necesario la evaluación de la condición actual de estos fragmentos. Conocer la composición florística y estructura de los bosques es la base para estudios sinecológicos y autecológicos, así como para la definición de parámetros que permitan comparaciones posteriores (Noss, 1999; Pereira et al., 2007; Chytrý et al., 2011).

En el municipio de Españita, en el estado de Tlaxcala, se han realizado pocos trabajos para conocer sus recursos forestales. En 1976, Ern describió la vegetación de la zona, haciendo algunas observaciones sobre las actividades que, entonces, afectaban la vegetación. Posteriormente, Castañeda (2007) analizó parcialmente la sucesión vegetal en el municipio de Españita planteando las primeras ideas sobre la sucesión ecológica en la zona. El presente trabajo generará información ecológica básica para la conservación biológica de los fragmentos con vegetación secundaria al brindar lineamientos para la planeación y manejo de los recursos forestales. Para cumplir lo anterior se plantearon los siguientes objetivos: (1) describir los tipos de vegetación presentes en cinco fragmentos con vegetación forestal secundaria y (2) caracterizar la estructura horizontal de la vegetación en dichos fragmentos.

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS

2.3.1 Descripción de la zona de estudio.

El área de estudio se localiza en el municipio de Españita, al poniente del estado de Tlaxcala (Figura 2.1), a una altura de 2520 msnm, en las coordenadas 19° 24'51" de latitud y 98°

26'22" de longitud. Pertenece a la provincia Llanos y mesetas del Anáhuac, con geformas de lomeríos y barrancas que la cruzan de norte a sur. En la zona existen corrientes de agua intermitentes, el río Atotonilco y el arroyo Ajejela, afluentes del río Atoyac. Las rocas presentes en la zona son ígneas extrusivas. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, Cw2(w)i, la temperatura media anual es 14.5 °C (6.6 - 22.4 °C) y la precipitación media anual es de 1,093.10 mm (CNA, 2010). El suelo es cambisol con diferentes subtipos (Castañeda, 2007).



Figura 2.1. Ubicación de los sitios de muestreo en el municipio de Españita, Tlaxcala.

La vegetación actual consiste de fragmentos de vegetación perturbada de *Quercus* spp., siendo dominantes *Quercus crassipes* Bonpl., *Q. mexicana* Bonpl. y *Q. obtusata* Bonpl. con *Pinus leiophylla* Schltdl. and Cham., *P. teocote* Schied. ex Schltdl. and Cham., *P. hartwegii* Lindl., *Arbutus xalapensis* Kunth y *Juniperus deppeana* Steud. El estrato arbustivo consiste de especies de los géneros *Agave*, *Amelanchier*, *Baccharis*, *Brickellia*, *Buddleja*, *Eupatorium*, *Eysenhardtia*, *Lantana*, *Mimosa*, *Opuntia*, *Symphoricarpos* y otros. Como parásitos de *Quercus* spp. y otras especies se encuentran especies del género *Phoradendron* y epífitas del género *Tillandsia*. El estrato herbáceo consiste de especies de los géneros *Alternanthera*, *Arenaria*, *Bromus*,

Commelina, Echeandia, Echeveria, Erigeron, Helianthemum, Ipomoea, Nemastylis, Oxalis, Penstemon, Tagetes, Tradescantia y otras. También se pueden encontrar algunos reptiles en algún estatus de conservación, como: *Barisia imbricata* Wiegmann, *Phrynosoma orbiculare* Linnaeus, *Pituophis deppei* Duméril, *Salvadora bairdi* Jan, *Sceloporus grammicus* Wiegmann y *Sistrurus ravus* Cope (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010).

2.3.2 Establecimiento de las parcelas de muestreo.

Con base en el conocimiento previo de la zona de estudio, de la composición florística de la zona y de las características fisonómicas observadas, se definieron cinco fragmentos de vegetación secundaria de tamaños y formas variados (Cuadro 2.1). En cada fragmento se establecieron cuatro parcelas de 1,000 m² (50 m × 20 m) y se marcaron sus vértices y el centro con estacas metálicas. En cada parcela se identificaron y midieron las especies arbóreas y su frecuencia. A los árboles se les midió el diámetro de la copa, en sentidos norte-sur y este-oeste, para obtener un promedio. De cada árbol se midió su diámetro normal (DN) (a 1.3 m de altura) cuando fue ≥ 3 cm. En cada parcela de 0.1 ha se establecieron subparcelas concéntricas de 400 m² (20 m × 20 m) y en ellas se midieron altura y frecuencia de arbustos, crasas perennes o Cuadro 2.1. Características generales de los fragmentos con vegetación secundaria en el municipio de España, Tlaxcala.

Fragmento	Ubicación	Superficie (ha)	Altitud (msnm)	Vegetación
Cerro La Puerta (El Cerro)	19° 23.574'N 98° 25.622'O	9.26	2,515-2,600	Matorral de <i>Opuntia</i> spp.
El Escobillal	19° 23.381'N 98° 27.160'O	30.25	2,370-2,490	Bosque de <i>Juniperus deppeana</i>
El Ocotal	19° 24.493'N 98° 25.842'O	40.12	2,440-2,545	Bosque de <i>Juniperus deppeana</i>
El Brincadero	19° 24.904'N 98° 25.319'O	22.25	2,570-2,630	Bosque de <i>Pinus-Quercus</i> ; Bosque de <i>Quercus</i>
San Juan	19° 27.504'N 98° 27.407'O	135.26	2,600-2,725	Bosque de <i>Juniperus deppeana</i> ; Bosque <i>Pinus-Quercus</i> ; Bosque de <i>Quercus</i>

herbáceas anuales con alturas ≥ 30 cm y el diámetro promedio de copa. Dentro de estas mismas parcelas se contaron a todos los individuos arbóreos con DN < 3 cm y mayores a 30 cm de altura, los que se clasificaron como regeneración. También se contaron todos aquellos

individuos con altura < 30 cm considerados como plántulas. En cada parcela se registraron las evidencias de perturbación que pudieran afectar la estructura y regeneración arbórea. Las evidencias observadas de las posibles causas de perturbación fueron cenizas y árboles quemados en caso de incendios; presencia de heces, huellas o ramoneo, pastoreo y tocones o árboles derribados para la extracción de leña.

2.3.3 Análisis de información.

Se realizó una clasificación de la vegetación basada en la dominancia basal del arbolado, con análisis de conglomerados mediante agrupamiento simple y la correlación como medida de similitud con el programa PAST versión 2.17b (1999) (Hammer y Harper, 2001). Para cada especie se calculó el área basal (AB), mediante $AB = \pi \left(\frac{DN}{2} \right)^2$, donde DN = diámetro normal está expresado en metros (a 1.3 m de altura) y π es igual a 3.1416. Se calculó el valor de importancia relativa (VIR) a partir de las frecuencias, dominancias y densidades relativas por especie (Mueller-Dumbois y Ellenberg, 1974) por fragmento. Se representó la estructura de cada fragmento en histogramas, multiplicando el número de árboles (con DN > 3 cm) encontrado en las cuatro parcelas de cada fragmento por 2.5 para obtener el número de individuos por hectárea. Estos histogramas, representan las frecuencias por categorías diamétricas de las especies arbóreas más frecuentes, que en conjunto representarían 80% del muestreo en cada fragmento, agrupando a las especies restantes, con menos individuos, en la categoría "Otras".

Para cada especie se calculó la cobertura de copa (CC) expresada en $m^2 ha^{-1}$ por estrato arbóreo y arbustivo con la expresión $CC \text{ de la especie } X = \sum_{i=1}^n \pi \left(\frac{\text{diámetro promedio de copa}_i}{2} \right)^2$ donde el diámetro promedio de copa del i-ésimo individuo de la especie X está expresado en metros. Finalmente, se realizó la prueba de Kruskal Wallis para comparar las CC entre fragmentos mediante el software INFOSTAT. Esta prueba no paramétrica permite comparar la esperanza de dos o más distribuciones, sin necesidad de satisfacer el supuesto de que los términos del error se distribuyen normalmente (Di Rienzo et al., 2011). Los nombres científicos

de las especies siguen la nomenclatura de The Plant List (<http://www.theplantlist.org/> Consultado 7 de marzo, 2013).

2.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.4.1 Descripción de los tipos de vegetación

Aunque la composición florística puede ser similar en dos fragmentos forestales, la estructura varía de acuerdo con la historia de uso del suelo. El supuesto de que dos sitios pueden desarrollar el mismo tipo de vegetación se sustenta en la similitud de las condiciones biofísicas y climáticas. El paisaje de la zona de estudio parece tener un desarrollo similar a los bosques de encino del sureste de México, los cuales están formados por bosques de encino, áreas abiertas a la agricultura y ganadería desprovistas de vegetación natural (Asbjornsen et al., 2004).

El dendrograma realizado para identificar los tipos de vegetación presentes en los fragmentos forestales (Figura 2.2), permitió identificar cuatro tipos de vegetación a un nivel de corte de 0.65 con base en la dominancia de las especies arbóreas. Algunos de estos tipos de vegetación no se encuentran mencionados por Islas et al. (2008) pero sí por Acosta et al. (1992). En fragmentos como El Brincadero o San Juan existen más de un tipo de vegetación. Esto implica que los disturbios crean un mosaico de pequeños parches de vegetación dentro del mismo fragmento. En un bosque maduro de varias hectáreas el resultado de la dinámica de claros, es una estructura heterógena de varias manchas en diferentes etapas sucesionales (Terradas, 2001). La mortalidad natural y los disturbios en pequeña escala permiten el estalecimiento de plántulas en el piso forestal o mediante la remoción artificial de árboles adultos se promueve la incorporación de plántulas y especies en el sotobosque (Ramírez et al., 2001), creando un continuum vegetal dentro de los fragmentos, siendo así que se pueden encontrar diferentes etapas sucesionales dentro de un mismo fragmento, desarrollando un bosque incoetáneo (Garet et al., 2012).

El primer tipo de vegetación es el matorral de *Opuntia*, exclusivamente en el fragmento El Cerro (Cuadro 2.2), donde se registró un solo individuo arbóreo, así que en las parcelas restantes no están representadas en el dendrograma. La vegetación de El Cerro está compuesta

por: *Opuntia streptacantha* Lem., *Brickellia veronicifolia* (Kunth) A.Gray, *Bouvardia ternifolia* (Cav.) Schltl., *O. megacantha* Salm-Dyck y *O. joconostle* F.A.C. Weber. En el estrato herbáceo se encuentran: *Bouteloua hirsuta* Lag., *Cheilanthes bonariensis* (Willd.) Proctor, *Cyperus* spp., *Dichondra argentea* Humb. and Bonpl. ex Willd., *Echeandia nana* (Baker) Cruden, *Eragrostis intermedia* Hitchc., *Lycurus phleoides* Kunth, *Nemastylis tenuis* (Herb.) S.Watson, *Oxalis corniculata* L., *Pinaropappus roseus* (Less.) Less., *Sanvitalia procumbens* Lam., *Sporobolus indicus* (L.) R.Br., *Stevia serrata* Cav., *Tagetes* sp. y *Tradescantia crassifolia* Cav.

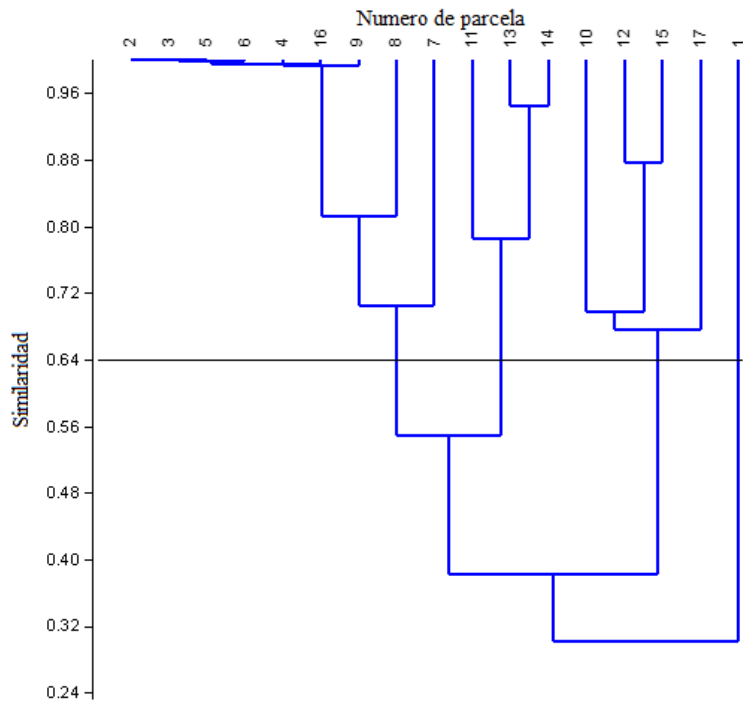


Figura 2.2. Dendrograma de composición arbórea por parcela dentro de cada fragmento, mediante correlación y agrupamiento simple, coeficiente de correlación de 0.932.

Cuadro 2.2. Ubicación de los tipos de vegetación en los fragmentos estudiados.

Parcelas	Tipo de vegetación	Fragmentos en los que se encuentran
1, 18, 19, 20	Matorral de <i>Opuntia</i> spp.	La Puerta
2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 15	Bosque de <i>Juniperus deppeana</i>	El Escobillal, El Ocotol, El Brincadero, San Juan
11, 13, 14	Bosque <i>Pinus leiophylla</i>	El Brincadero, San Juan
10, 12, 15, 17	Bosque de <i>Quercus obtusata</i>	El Brincadero, San Juan

La vegetación presente en el fragmento El Cerro se consideró matorral de *Opuntia* debido a la ausencia de una cubierta arbórea y a su composición arbustiva. Aunque Islas et al. (2008) también consideran el matorral como un tipo de vegetación para Tlaxcala, la composición florística que reportan es diferente a la encontrada en este trabajo. Aún sin un dosel arbóreo, las herbáceas y arbustos son importantes para la protección del suelo, la incorporación de materia orgánica y para favorecer la regeneración natural de encinos (López y Newton, 2005). Bajo estas circunstancias *Quercus frutex* podría actuar como “árbol isla”, facilitador de la sucesión (Montaño et al., 2006; Pyšek, 1994; Zahawi y Augspurger, 1999), porque los árboles y los arbustos restauran el bosque (Arriaga, 2000), incrementando la riqueza de especies en este tipo de vegetación, facilitando la expansión de los bosques hacia terrenos y pastizales abandonados (Sánchez et al., 2010). Además, las especies leñosas propician la presencia de aves y fauna que dispersan propágulos, introduciendo nuevas especies a la comunidad y alterando la sucesión ecológica (Ansley y Wiedemann, 2008). Aunque no se estudiaron los aspectos topográficos en este trabajo, se observó que este fragmento está orientado hacia el sur, reflejando un tipo de vegetación xérica, donde la pendiente y la orientación (Romero et al., 2014) determinan la composición vegetal de este fragmento.

El segundo tipo de vegetación es el bosque de *Juniperus deppeana* Steud., presente en los fragmentos El Escobillal, El Ocotal y San Juan. La altura máxima de los árboles es de 25 m con DN > 90 cm. En este tipo de vegetación también se encontraron *Arbutus xalapensis* Kunth, *P. teocote* Martínez, *Quercus castanea* Née, *Q. deserticola* Trel. y *Q. obtusata* Bonpl. En lo que se refiere a arbustos se registrarón *Amelanchier denticulata* (Kunth) K. Koch, *Brickellia veronicifolia*, *Mimosa aculeaticarpa*, *Muhlenbergia robusta* (E.Fourn.) Hitchc., *Symphoricarpos microphyllus* Kunth y *Verbesina virgata* Cav. En el estrato herbáceo se encuentran: *Bouteloua hirsuta* Lag., *Bromus anomalus* E.Fourn., *Cheilanthes bonariensis* (Willd.) Proctor, *Cyperus spp.*, *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Dalea sp.*, *Echeandia nana* (Baker) Cruden, *Echeveria gibbiflora* DC., *Eragrostis intermedia* Hitchc., *Helianthemum glomeratum* (Lag.) Lag. ex Dunal, *Hypoxis mexicana* Schult. & Schult.f., *Lycianthes moziniana* (Dunal) Bitter, *Minuartia moehringioides* (Moc. & Sessé ex DC.) Mattf., *Nassella mucronata* (Kunth) R.W.Pohl, *Opuntia sp.*, *Oxalis corniculata* L., *Pellaea ternifolia* (Cav.) Link, *Peperomia campyloptropa* A.W. Hill, *Perymenium*

bupthalmoides DC., *Salvia laevis* Benth., *Selaginella lepidophylla* (Hook. & Grev.) Spring, *Stevia ovata* Willd., *Stevia serrata* Cav. y *Tradescantia crassifolia* Cav.

El tercer tipo de vegetación es el bosque de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schlttdl. & Cham., se encuentra en los fragmentos El Brincadero y San Juan, con *A. xalapensis*, *J. deppeana* y *Q. glaucoides* M.Martens & Galeotti. El estrato arbustivo está compuesto por *Mimosa aculeaticarpa*, *Muhlenbergia macroura* (Humb., Bonpl. & Kunth) Hitchc., *M. robusta*, *Stevia elatior* Kunth, *V. virgata* y otros. En el estrato herbáceo se encuentran: *Bouteloua hirsuta* Lag. (= *Chondrosium hirsutum* (Lag.) Sweet), *Cosmos* sp., *Cyperus* spp., *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Dalea* sp., *Minuartia moehringioides* (Moc. & Sessé ex DC.) Mattf., *Perymenium bupthalmoides* DC. y *Tagetes lucida* Cav. Esta etapa seral presentó los árboles más altos (40 m). *P. leiophylla*, *P. teocote* y *P. rudis* son comunes, así como *Quercus* y *Arbutus*, como vegetación transicional entre el bosque de *Pinus* y *Quercus*.

Finalmente, el bosque de *Quercus obtusata* Bonpl., representa el cuarto tipo de vegetación, se encuentra en los fragmentos El Brincadero y San Juan, dominado por *Quercus obtusata* y compuesto por *Arbutus xalapensis*, *Juniperus deppeana*, *Pinus leiophylla* y *Quercus glaucoides*. En los arbustos hay *Mimosa aculeaticarpa*, *Muhlenbergia macroura*, *M. robusta*, *Stevia elatior* y *Verbesina virgata*. En el estrato herbáceo se encuentran: *Bouteloua hirsuta* Lag. (= *Chondrosium hirsutum* (Lag.) Sweet), *Cosmos* sp., *Cyperus* spp., *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Dalea* sp., *Minuartia moehringioides* (Moc. & Sessé ex DC.) Mattf., *Perymenium bupthalmoides* DC. y *Tagetes lucida* Cav.

Ern (1976) describió la vegetación de la zona como bosques de encinos, de los que actualmente quedan algunos fragmentos en barrancas o en las cumbres aisladas. Como refiere Flores (2007) la relación que mantienen con los pinos es compleja debido a la similitud de los requerimientos ambientales, por lo que es difícil decidir qué especie reemplaza a la otra (Rzedowski, 1979). La composición florística corresponde a la que se puede encontrar en el Eje Neovolcánico (Ern, 1976; Rzedowski, 1979; Rzedowski y Rzedowski, 2001). Las especies que la componen son las mismas que en los bosques del Distrito Federal, pero también comparte elementos con otras zonas como la Sierra Madre Occidental o los bosques de Oaxaca (González

et al., 1993; García, 2002; Asbjornsen et al., 2004; Solís et al., 2006; Rivera y Espinosa, 2007; Castellanos et al., 2008; Castellanos et al., 2010; González et al., 2012).

2.4.2 Valor de Importancia Relativa.

El Cuadro 2.3 muestra el VIR de todas las especies arbóreas en cada fragmento. Las especies más importantes de acuerdo con sus VIR son *Quercus frutex*, *Juniperus deppeana* y *Arbutus xalapensis*. *Q. frutex* obtuvo el mayor VIR y es la especie más importante en el fragmento El Cerro. La segunda especie más importante en todos los fragmentos es *J. deppeana*, que domina en los fragmentos El Escobillal y El Ocotal. En los fragmentos El Brincadero y San Juan, *A. xalapensis* fue la especie con el mayor VIR. Los fragmentos El Brincadero y San Juan presentan especies con VIR relativamente similares, mientras que en el resto de los fragmentos las diferencias entre los VIR son mayores.

Cuadro 2.3. Atributos estructurales de las especies arbóreas por fragmento en Españita, Tlaxcala.

Fragmento	Especie	FR (%)	D ha ⁻¹	DR (%)	AB ha ⁻¹	AB R (%)	VIR (%)
El Cerro	<i>Quercus frutex</i>	100.00	2.5	100.00	0.71	100.00	100.00
El Escobillal	<i>Juniperus deppeana</i>	50.00	525.0	98.13	13.21	98.30	82.14
	<i>Quercus castanea</i>	12.50	2.5	0.47	0.22	1.68	4.88
	<i>Ceanothus caeruleus</i>	12.50	2.5	0.47	0.01	0.02	4.33
	<i>Quercus mexicana</i>	12.50	2.5	0.47	0.01	0.01	4.32
	<i>Amelanchier denticulata</i>	12.50	2.5	0.47	0.01	0.01	4.32
El Ocotal	<i>Juniperus deppeana</i>	12.90	1595.0	75.59	40.48	65.40	51.30
	<i>Quercus castanea</i>	12.90	197.5	9.36	6.76	10.93	11.06
	<i>Pinus teocote</i>	6.45	50.0	2.37	7.60	12.28	7.03
	<i>Arbutus xalapensis</i>	12.90	87.5	4.15	2.00	3.24	6.76
	<i>Quercus deserticola</i>	3.23	35.0	1.66	2.88	4.66	3.18
	<i>Quercus glaucoides</i>	6.45	17.5	0.83	0.31	0.51	2.60
	<i>Quercus frutex</i>	6.45	7.5	0.35	0.01	0.01	2.27
	<i>Quercus obtusata</i>	3.23	25.0	1.18	0.39	0.63	1.68
	<i>Quercus crassipes</i>	3.23	22.5	1.07	0.30	0.49	1.59
	<i>Quercus laeta</i>	3.23	15.0	0.71	0.30	0.49	1.47
	<i>Quercus rugosa</i>	3.23	17.5	0.83	0.17	0.29	1.45
	<i>Quercus mexicana</i>	3.23	12.5	0.59	0.23	0.37	1.40
	<i>Quercus crassifolia</i>	3.23	12.5	0.59	0.22	0.37	1.40
	<i>Casuarina equisetifolia</i>	3.23	2.5	0.12	0.06	0.10	1.15

	<i>Pinus hartwegii</i>	3.23	2.5	0.19	0.05	0.08	1.14
	<i>Quercus candicans</i>	3.23	2.5	0.19	0.03	0.06	1.13
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	3.23	2.5	0.19	0.03	0.05	1.13
	<i>Ceanothus caeruleus</i>	3.23	2.5	0.19	0.01	0.01	1.12
	Continuación Cuadro 2.3.						
	<i>Ligustrum japonicum</i>	3.23	2.5	0.19	0.01	0.01	1.12
El Brincadero	<i>Arbutus xalapensis</i>	14.29	447.5	42.22	11.99	17.22	24.57
	<i>Quercus obtusata</i>	14.29	160.0	15.09	17.08	24.52	17.97
	<i>Juniperus deppeana</i>	14.29	220.0	20.75	8.22	11.80	15.61
	<i>Pinus leiophylla</i>	7.14	45.0	4.24	17.31	24.85	12.08
	<i>Quercus frutex</i>	10.71	60.0	5.66	3.79	5.43	7.27
	<i>Quercus glaucoides</i>	7.14	17.5	1.65	6.60	9.48	6.09
	<i>Pinus teocote</i>	7.14	52.5	4.95	3.52	5.06	5.72
	<i>Quercus castanea</i>	10.71	20.0	1.89	1.05	1.51	4.70
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>	7.14	32.5	3.07	0.08	0.11	3.44
	<i>Quercus deserticola</i>	3.57	2.5	0.24	0.01	0.01	1.27
	<i>Quercus mexicana</i>	3.57	2.5	0.24	0.01	0.01	1.27
San Juan	<i>Arbutus xalapensis</i>	17.39	725.0	49.57	6.13	7.65	24.87
	<i>Quercus obtusata</i>	17.39	210.0	14.36	25.59	31.92	21.22
	<i>Juniperus deppeana</i>	17.39	252.5	17.26	18.69	23.31	19.32
	<i>Quercus castanea</i>	13.04	117.5	8.03	10.30	12.84	11.31
	<i>Quercus frutex</i>	17.39	67.5	4.615	5.88	7.34	9.78
	<i>Pinus leiophylla</i>	8.70	60.0	4.10	10.03	12.50	8.43
	<i>Pinus hartwegii</i>	4.35	20.0	1.37	2.03	2.53	2.75
	<i>Quercus glaucoides</i>	4.35	10.0	0.68	1.54	1.92	2.32

FR (%) = frecuencia relativa, D ha⁻¹ = densidad por hectárea, DR (%) = densidad relativa, AB ha⁻¹ = Área basal por hectárea, AB R (%) = Área basal relativa, VIR (%) = Valor de importancia relativa.

En el fragmento El Escobillal ocurren especies arbustivas con DN > 5 cm, como *Amelanchier denticulata* (Kunth) K.Koch y *Ceanothus caeruleus* Lag. con un VIR de 4.32%. El fragmento El Ocotál también está dominado por *Juniperus deppeana* (51.30%), coexistiendo con *Arbutus xalapensis*, *Pinus teocote* y *Quercus castanea* con un VIR entre 6% y 11%. Las especies introducidas, *Casuarina* sp. y *Ligustrum* sp., en el fragmento El Ocotál tuvieron un VIR muy bajos. Los fragmentos El Brincadero y San Juan comparten las tres especies con mayores VIR (*A. xalapensis*, *J. deppeana* y *Q. obtusata*) entre 15 y 24%. Son fragmentos con las comunidades más maduras aunque en ellos domina *A. xalapensis*.

En el fragmento El Cerro sólo se encontró un árbol de *Quercus frutex* por lo que su VIR fue el más alto. *Quercus frutex* está presente en ambientes alterados, formando matorrales arbustivos; en la zona se puede encontrar formando matorrales, resultado de perturbaciones provocadas por el fuego que posiblemente dejó como vegetación arbórea remanente a este individuo. En el paraje La Presa, dentro de la zona de estudio, se ha reportado esta especie con VIR = 5.12% (Castañeda, 2007). Al ser un fragmento con evidencias de pastoreo e incendios es importante mantener una cubierta arbustiva que proteja al suelo de la erosión, pues el pastoreo puede ser un factor que mantenga la vegetación en este fragmento como una comunidad pionera, o como un lugar disponible para el establecimiento de especies exóticas y ruderales (Green y Kauffman, 1995).

En otros lugares dentro de la zona de estudio se ha encontrado que *Juniperus deppeana* es una especie estructuralmente importante. Castañeda (2007) reportó que en el paraje La Presa *J. deppeana* tiene un VIR de 68% y en áreas cercanas encontró valores de VIR entre 35% a 41%. Estos VIR son bajos si se comparan con los VIR de *J. deppeana* encontrados en este estudio en los fragmentos El Escobillal y El Ocotál. En el fragmento El Escobillal *Amelanchier denticulata* y *Ceanothus caeruleus* son especies que tienen un VIR bajo comparado con la especie dominante, *J. deppeana*, pero relativamente similar al VIR de *Q. castanea*, que es la segunda especie arbórea en importancia en el fragmento.

Castañeda (2007) reportó a *Quercus castanea* en el paraje La Presa, con VIR = 8.32% y 5.12% que son inferiores a los registrados en este trabajo en el fragmento El Ocotál. También se han reportado *Q. deserticola* y *Q. obtusata* para otros parajes dentro de la zona de estudio con VIR < 15% (Castañeda, 2007), los cuales contrastan con los VIR de *Q. castanea* encontrados en este trabajo en los fragmentos El Brincadero y San Juan respectivamente. El VIR presentado por Castañeda (2007) para *Arbutus xalapensis* en el fragmento El Ocotál es mayor (12.44%) que el presentado en este trabajo, pero fue aún mayor para el fragmento El Brincadero (23.74%). Esto puede ser consecuencia de la frecuente presencia del fuego que favorece a la especie en estos fragmentos.

Castañeda (2007) reportó que en el paraje La Presa *Pinus leiophylla* tuvo VIR = 15.92%, mayor al que se obtuvo para *P. teocote* o *P. hartwegii* en el fragmento El Ocotál. Los VIR

registrados para los pinos en este trabajo, son menores que el VIR reportado por Castañeda (2007) para las pináceas. Las diferencias en el VIR reportadas para las especies entre los fragmentos pueden deberse a la frecuencia e intensidad de las perturbaciones que se presentan en cada uno. En parajes como La Presa y, ocasionalmente, en el fragmento El Cerro se realiza pastoreo manteniendo la vegetación en etapas tempranas de sucesión.

La densidad promedio encontrada en los fragmentos (1,033 árboles ha^{-1}) es alta comparada con las densidades existentes en bosques mesófilos del Estado de México (740 árboles ha^{-1}) o las densidades de las especies dominantes en el Parque Nacional Nevado de Toluca (Luna et al., 2007; Endara et al., 2012). En Nuevo León la densidad de *Prunus serotina* es alta (225 árboles ha^{-1}) mientras que en este trabajo únicamente se encontraron plántulas, pero en otros lugares es una especie dominante o invasora (Vilá et al., 2006; Encina et al., 2008; Urban et al., 2009; Alanís et al., 2010).

2.4.3 Estructuras diamétricas.

El fragmento El Cerro presentó solamente un árbol de *Quercus frutex* y en este fragmento se encontraron evidencias de pastoreo, como heces y huellas. En el fragmento El Escobillal, *Juniperus deppeana* es la especie con más individuos de las tres especies arbóreas registradas (Figura 2.3). Junto con el fragmento El Ocotal, en estos fragmentos se registraron los individuos con mayores DN. El fragmento El Ocotal presenta una estructura diamétrica compleja debido a que en este se encontraron 16 de las 21 especies arbóreas registradas. Al comparar el fragmento El Brincadero con el fragmento San Juan resulta estructuralmente más complejo el primero porque en él se encontraron los árboles con mayor altura, aunque son florísticamente similares. En el fragmento El Brincadero se encontraron diez especies arbóreas mientras que en el fragmento San Juan se encontraron ocho especies. En los últimos fragmentos se encontraron evidencias de incendios, como cenizas en el suelo, que parecen favorecer la presencia de *A. xalapensis* (Aragón et al., 2010).

El Escobillal está dominado por *Juniperus deppeana*, en él existen los árboles de esta especie con los mayores DN, indicando que la vegetación ha estado compuesta por *J. deppeana* o que esta zona ha estado sujeta a disturbios que favorecen su permanencia (Adams y Demeke, 1993). El fragmento El Ocotal representa la comunidad más rica en especies arbóreas, pero

domina *J. deppeana* con el mayor VIR en el fragmento. En este fragmento se encontraron algunos individuos de *Pinus hartwegii* Lindl. y *P. leiophylla*, con DN > 40 cm, indicando la existencia de un tipo de vegetación asociado con *Quercus* y *Pinus*. Aunque no se registraron, fuera de las parcelas de muestreo se encontraron árboles de *Quercus* spp. con DN > 90 cm y se han reportado individuos de *Q. castanea* con DN de 120 cm en este fragmento (Castañeda, 2007) parecen ser remanentes de una vegetación mésica. La vegetación arbórea presenta estructuras diamétricas con forma de J invertida, indicando que se trata de comunidades relativamente jóvenes, esta puede ser un indicador útil para evaluar el estado sucesional de la vegetación (Van Auken y McKinley, 2008).

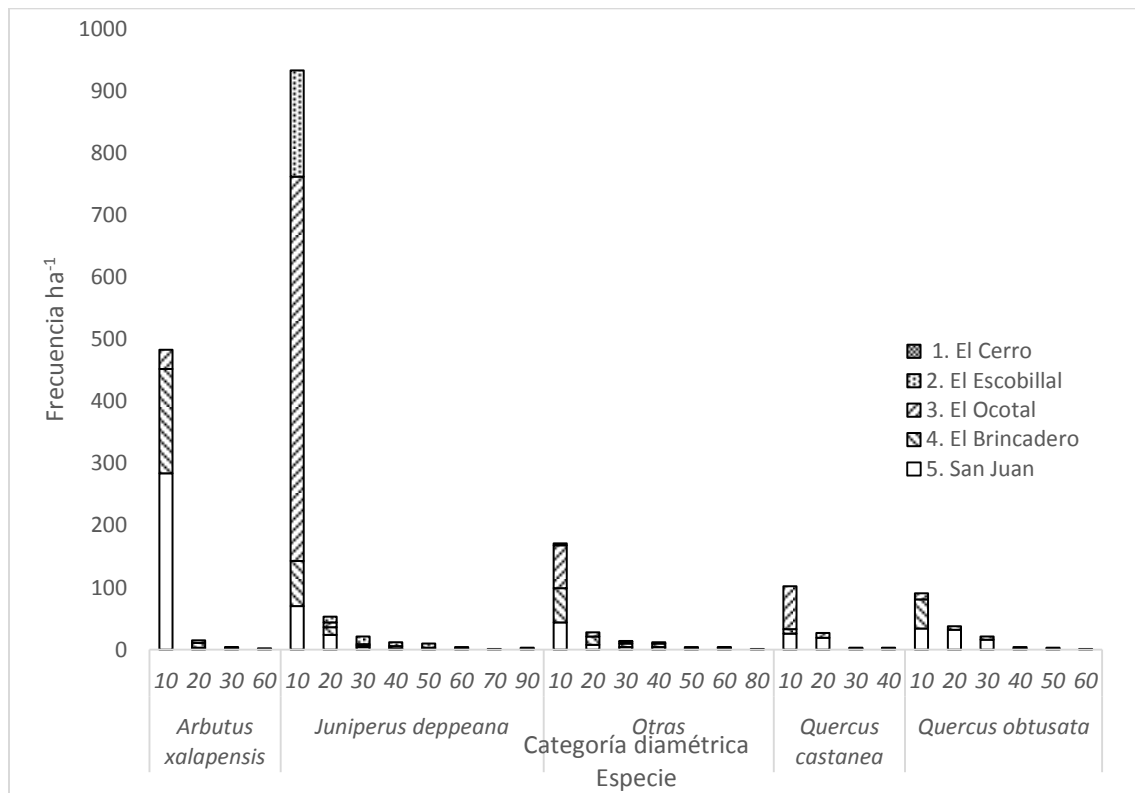


Figura 2.3. Distribución diamétrica de las especies arbóreas más importantes en cinco fragmentos forestales en Españita, Tlaxcala.

En El Brincadero se encontraron los árboles de pino y encino más altos, hasta 38 m de altura. Las evidencias de incendios en este fragmento indican que el fuego favorece el desarrollo de *Arbutus xalapensis* (Aragón et al., 2010). En este fragmento se encontraron los

individuos más grandes para *Pinus teocote* con DN > 30 cm posiblemente como una reminiscencia de la vegetación madura compuesta por pinos.

En los fragmentos El Ocotál, El Brincadero y San Juan se encontraron árboles adultos de *Pinus* spp., pero también evidencias de incendio, que al parecer favorecen su desarrollo. Sin embargo, su establecimiento puede estar inhibido por limitación de semillas o por la remoción de plántulas que favorecen el establecimiento de *Arbutus* o *Quercus* (Wolf, 2005). La composición florística de cada fragmento debería cambiar con los disturbios, haciendo que los fragmentos con disturbio sean más abiertos y compuestos principalmente por especies como *Pinus leophylla*, *P. teocote* y *P. rudis*, resistentes a la sequía (Ern, 1976; Wolf, 2005). Estas especies tienen pocos requerimientos ambientales y son especies "pioneras". Su resistencia a los incendios es fundamental porque los bosques mésicos y poco resistentes al fuego desaparecen en las regiones quemadas frecuentemente, formando un "bosque precursor" resistente al fuego (Ern, 1976).

2.4.4 Cobertura de copa arbórea.

Las especies arbóreas con las mayores CC fueron *A. xalapensis*, *Juniperus deppeana* y *Quercus obtusata* (Figura 2.4), representando el 70.5% de la cobertura total en todos los fragmentos (11.0, 42.6 y 16.8%, respectivamente). La CC arbórea promedio por fragmento fue 9,441.9 m² ha⁻¹. El fragmento con menor CC arbórea fue El Cerro (169.8 m² ha⁻¹) y el fragmento con mayor CC fue El Ocotál (14,967.1 m² ha⁻¹). La prueba de Kruskal Wallis evidenció diferencias significativas de las CC entre los fragmentos ($P > 0.9999$, gl = 4).

Las características del dosel forestal tienen efectos sobre las funciones de los ecosistemas (Díaz et al., 2007) y un dosel cerrado puede ser un indicador de una vegetación madura que aumenta conforme avanza la sucesión (Negrete et al., 2006), producto de los árboles más grandes (Valdez et al., 2014). Entre los árboles, la CC de *Juniperus deppeana* es la más importante y está presente en todos los fragmentos, excepto en el fragmento El Cerro (Figura 2.4). El fragmento El Ocotál prácticamente tiene todo el dosel cubierto por la copa de *J. deppeana*, debido a la sobreposición de las copas de sus individuos, lo cual explica que la CC en

este fragmento sea mayor a la superficie muestreada (4,000 m²). Es probable que en algunos años el fragmento El Escobillal presente una composición similar a la del fragmento El Ocotal, cuyas CC están dominada por *J. deppeana*, aunque también es posible que ambas comunidades difieran puesto que la proyección de sus composiciones es desconocida (Van Auken y McKinley, 2008). También es posible que la CC facilite la regeneración y el desarrollo de especies tolerantes a la sombra, al menos en alguna etapa de su desarrollo, como *Prunus serotina* (Closset-Kopp et al., 2007; Godefroid et al., 2005) o *Quercus* spp.

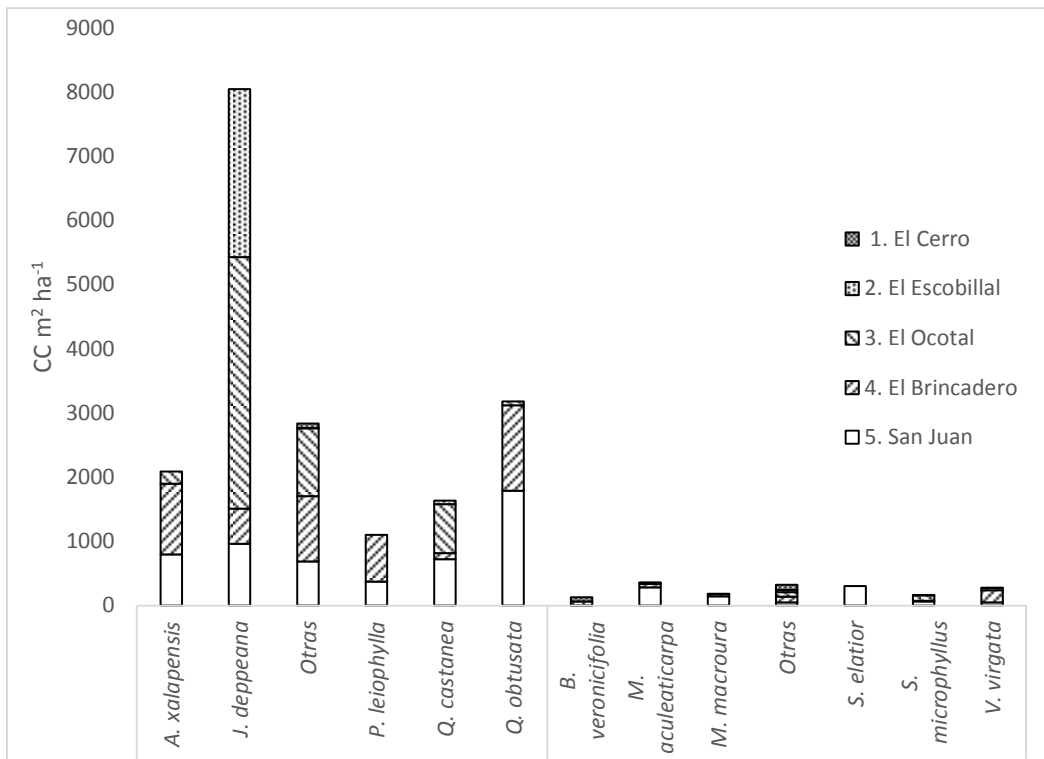


Figura 2.4. Cobertura de copa arbórea y arbustiva por fragmento en el municipio de Españita, Tlaxcala.

En los fragmentos El Brincadero y San Juan, *Quercus obtusata* es la especie con la mayor CC, lo cual influye en la fisonomía de la comunidad y la dinámica de la regeneración. En bosques mesófilos de montaña los claros en el dosel acumulan gran parte de la regeneración arbórea, lo que implica que el dosel influye en la dinámica de la regeneración natural (Arriaga, 2000). Las evidencias de incendios hacen suponer que favorecen la presencia de *Arbutus xalapensis*, cuya regeneración natural presentó en estos fragmentos la mayor densidad de plántulas e individuos

pequeños. Posiblemente los incendios estén eliminando los árboles adultos de *Pinus leiophylla*, como sucede en el Occidente del país, donde los pinares son afectados por la aridez e incendios inducidos (Figuerola et al., 2008), pues la CC para esta especie sólo fue importante en estos fragmentos, donde se encontraron los árboles más grandes con $DN \geq 42$ cm.

El fragmento El Cerro no presentó un dosel arbóreo, pero en el estrato arbustivo fueron importantes las especies del género *Opuntia* y *Brickellia veronicifolia*, por su porte y tamaño de copa, aunque en frecuencia *Bouvardia ternifolia* fue importante. Este estrato es importante para la protección del suelo contra la erosión, considerando que en el fragmento se presentaron las pendientes más fuertes y afloramiento rocosos en todos los fragmentos (31.75% y 12.5% respectivamente). Este es el fragmento con menor superficie, sin un estrato arbóreo pero con la mayor diversidad herbácea, posiblemente por la disponibilidad de luz.

2.4.5 Cobertura de copa arbustiva.

De los 32 taxa arbustivos registrados en los cinco fragmentos, nueve especies tuvieron más del 90% de CC (Figura 2.4). Estas especies son: *Amelanchier denticulata*, *Brickellia veronicifolia* (Kunth) A. Gray, *Mimosa aculeaticarpa* Ortega, *Muhlenbergia macroura* Hitchc., *M. robusta* (E.Fourn.) Hitchc., *Opuntia streptacantha* Lem., *Stevia elatior* Kunth, *Symphoricarpos microphyllus* Kunth y *Verbesina virgata* Cav. El fragmento El Cerro tuvo la mayor CC arbustiva, atribuida a *B. veronicifolia* y de *Opuntia* spp. En el fragmento El Escobillal *A. denticulata*, *M. robusta* y *B. veronicifolia* representan más del 80% de la CC arbustiva mientras que su frecuencia sólo representó el 13% del muestreo.

En el fragmento El Ocotil los arbustos más frecuentes fueron: *Mimosa aculeaticarpa*, *Symphoricarpos microphyllus* y *Verbesina virgata* las cuales sumaron una CC mayor al 64% y representan el 55% del total de arbustos. En el fragmento El Brincadero *Loeselia mexicana* Brand., *M. aculeaticarpa* y *Muhlenbergia macroura*, representan más del 55% de arbustos registrados, pero su CC fue de 24%. En el fragmento San Juan se registró la mayor densidad de arbustos, siendo más frecuentes *L. mexicana*, *M. aculeaticarpa*, *M. macroura*, *Penstemon gentianoides* (Kunth) Poir. y *Stevia elatior*; estas especies representan más del 78% de los arbustos en el fragmento y su CC más del 84%. Mediante la prueba de Kruskal Wallis se encontraron diferencias estadísticas de las CC entre los fragmentos ($P > 0.9999$, g.l. = 4) lo que

indica que la composición arbustiva es diferente en cada fragmento e independiente de su composición arbórea.

La presencia de arbustos en paisajes fragmentados puede afectar la regeneración (Arriaga, 2000) tanto de encinos como de otras especies (López et al., 2006) y la producción de servicios ecosistémicos (Asbjornsen et al., 2004), como la intercepción de la precipitación (Díaz et al., 2007). Sin embargo el papel del dosel forestal es más importante en el proceso de regeneración (Arriaga, 2000), debido a su influencia en la dinámica de claros que originan una mayor diversidad de microambientes propicios para otras especies (Flores y García, 2008), pero que también afecta la composición y diversidad arbustiva y herbácea (Clark et al., 2003). En bosques de *Juniperus* se ha visto que los arbustos también son importantes en la sucesión herbácea (Ansley y Wiedemann, 2008) como plantas nodrizas, lo que implica su influencia en la composición florística.

2.5 CONCLUSIONES

Los cinco fragmentos tienen densidades, composiciones y estructuras forestales que les confieren fisonomías particulares, en cuanto a cobertura de copa y composición arbórea. La composición y las evidencias de vegetación relictual en el fragmento El Ocotil hacen suponer que la tendencia de la vegetación madura en la zona de estudio corresponde a bosques de encino, un tipo de vegetación méxico. Aunque no se estudiaron las causas de disturbio en cada fragmento se infiere que la exclusión del pastoreo o la presencia del fuego en algunos de los fragmentos ha facilitado que la regeneración se establezca favoreciendo especies como *Arbutus xalapensis* o *Juniperus deppeana*.

2.6 LITERATURA CITADA

Adams, R.P. y T. Demeke T. 1993. Systematic relationships in *Juniperus* based on random amplified polymorphic DNAs (RAPDs). *Taxon* 42:553-571.

- Acosta P., R.; G. L. Galindo F. y L. V. Hernández C. 1991. Listado preliminar de la flora fanerogámica. Tlaxcala, Tlaxcala, México- Talleres Gráficos del Estado de Tlaxcala. 32 p.
- Alanís R. E.; J. Jiménez P. J.; M. Pando M.; O. A. Aguirre C.; E. J. Treviño G. y P. C. García G. 2010. Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad arbórea del Parque Ecológico Chipinque, México. *Madera y Bosques* 4: 39-54.
- Ansley, R. J. y H. T. Wiedemann. 2008. Reversing the woodland steady state: vegetation responses during restoration of *Juniperus*-dominated grasslands with chaining and fire. In: *Western North American Juniperus Communities. A dynamic vegetation type*. Ed. Van Auken, O. W. Springer. New York, U. S. A. pp. 272-290.
- Aragón P., E. E.; A. Garza H.; M. S. González E. e I. Luna V. 2010. Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:771-787.
- Arriaga, L. 2000. Gap-building-phase regeneration in a tropical montane cloud forest of north-eastern Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 16:535-562.
- Arroyo R. V.; A. Aguirre; J. Benítez M. y S. Mandujano. 2007. Impact of rain forest fragmentation on the population size of a structurally important palm species: *Astrocaryum mexicanum* at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 138:198-206.
- Asbjornsen H.; K. A. Vogt y M. S. Ashton. 2004. Synergistic responses of oak, pine and shrub seedlings to edge environments and drought in a fragmented tropical highland oak forest, Oaxaca, Mexico. *Forest Ecology and Management* 192:313-334.
- Castañeda D., S. 2007. Sucesión ecológica en San Miguel Pipillola, Españita. Tlaxcala. Tesis de Maestría en Ciencias, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 93 p.
- Castellanos B., J. F., E. J. Treviño G., O. A. Aguirre C., J. Jiménez P. y A. Velázquez M. 2010. Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2):39-52.
- Castellanos B., J. F.; E. J. Treviño G.; Ó. A. Aguirre C.; J. Jiménez P.; M. Musalem S. y R. López A. 2008. Estructura de bosques de *Pinus patula* bajo manejo en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 1-4(2):51-63.

- Castillejos C., C.; E. Solano C. y E. Ángeles. 2007. Florística del estado de Tlaxcala. En: Luna I., J. J. Morrone y D. Espinosa. Eds. Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. pp. 255-271.
- Cayuela, L.; D. J. Golicher; J. M. Rey B.; M. González E. y N. Ramírez M. 2006. Fragmentation, disturbance and tree diversity conservation in tropical montane forests. *Journal of Applied Ecology* 43:1172-1181.
- Chytrý, M.; J. H. J. Schaminée y A. Schwabe. 2011. Vegetation survey: a new focus for applied vegetation science. *Applied Vegetation Science* 14:435-439.
- Clark, D. F.; J. A. Antos y G. E. Bradfield. 2003. Succession in suboreal forests of West-Central British Columbia. *Journal of Vegetation Science* 14(5):721-732.
- Closset-Kopp, D.; O. Chabrerie; B. Valentin; H. Delachapelle y G. Decocq. 2007. When Oskar meets Alice: Does a lack of trade-off in *r/K*-strategies make *Prunus serotina* a successful invader of European forest? *Forest Ecology and Management* 247:120-130.
- CNA. 2010. Normales Climatológicas. Consultado el 29 de junio de 2012. Disponible en línea en: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL29047.TXT>.
- DeWalt, S. J.; S. K. Maliakal y J. S. Denslow. 2003. Changes in vegetation structure and composition along a tropical forest chronosequences: implications for wildlife. *Forest Ecology and Management* 182:139-151.
- Díaz, M. F.; S. Bigelow y J. J. Armesto. 2007. Alteration of the hydrologic cycle due to forest clearing and its consequences for rainforest succession. *Forest Ecology and Management* 244:32-40.
- Di Rienzo, J. A.; F. Casanoves; M. G. Balzarini; L. Gonzalez; M. Tablada y C. W. Robledo. 2011. InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- Encina D., J.A.; F. J. Encina D.; E. Mata R. y J. Valdés R. 2008. Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 83:13-24.
- Endara A., A. R.; S. Franco M.; G. Nava B.; J. I. Valdez H. y T. S. Fredericksen. 2012. Effect of human disturbance on the structure and regeneration of forests in the Nevado de Toluca National Park, Mexico. *Journal of Forestry Research* 23:39-44.

- Ern H. 1976. Descripción de la vegetación montañosa en los estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala. *Willdenowia* 10:1-128.
- Figueroa R., B. L.; K. J. Williams y M. Olvera V. 2008. 4200 years of pine-dominated upland forest dynamics in west-central Mexico: human or natural legacy? *Ecology* 89(7):1893-1907.
- Flores P., A. y J. G. García F. 2008. Habitat isolation changes the beta diversity of the vascular epiphyte community in lower montane forest, Veracruz, Mexico. *Biodiversity Conservation* 17:191-207.
- Flores C., J. A. 2007. Análisis de gradiente y dinámica sucesional de bosques de Encino (*Quercus*) en las Sierras Madre Oriental y Occidental de México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de San Luís Potosí. San Luís Potosí. 95 p.
- García R., A., 2002. An evaluation of forest deterioration in the disturbed mountains of western Mexico City. *Mountain Research and Development* 22(3):270-277.
- Garet, J.; F. Raulier, D. Pothier y S. G. Cumming. 2012. Forest age class structure as indicator of sustainability in boreal forest: Are we measuring them correctly? *Ecological Indicators* 23:202-210.
- Godefroid, S.; S. S. Phartyal; G. Weyemberg y N. Koedam. 2005. Ecological factors controlling the abundance of non-native invasive black cherry (*Prunus serotina*) in deciduous forest understory in Belgium. *Forest Ecology and Management* 210:91-105.
- González E., M. S.; M. González E.; J. A. Tena F.; L. Ruacho G. e I. López E. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100:351-403.
- González E., M. S., M. González E. y A. Cortés O. 1993. Vegetación de la reserva de la biósfera "La Michilia", Durango, México. *Acta Botánica Mexicana*. 104 pp.
- Green, D. M. y J. B. Kauffman. 1995. Sccession and livestock grazing in a Northeastern Oregon Riparian. *Journal of Range Management* 48(4):307-313.
- Halffter, G. y C. E. Moreno. 2007. Significado biológico de las diversidad alfa, beta y gamma. In: Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma. G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic, (eds.). Primera Reimpresión. SEA, CONABIO, DIVERSITAS; CONACYT. Zaragoza, España. p. 5-15.
- Hammer, Ø. y D. Harper. 2001. PAST version 2.17b. *Palaeontologia Electronica* 4(1):9.

- Haulon, M.; G. Werner; G. Flores G.; A. Vera R. y P. Felix H. 2007. Assessment of erosion rates during rehabilitation of hardened volcanic soils (tepetates) in Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 3:498-509.
- Heine K. 2003. Paleopedological evidence of human-induced environmental change in the Puebla-Tlaxcala area (Mexico) during the last 3,500 years. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 20:235-244.
- Islas G., J.; O. S. Magaña T. y E. Buendía R. 2008. Entorno físico, político-administrativo, social y económico de la actividad forestal. In: *Tlaxcala sus recursos forestales: Conservación, aprovechamiento y bases para su manejo sustentable*. V. Guerra de la C. y C. Mallén R. (eds.). INIFAP-CENID-COMEF, México, D. F. p. 2-28.
- López B., F. y A. Newton. 2005. Edge type effect on germination of oak tree species in the Highlands of Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 217:67-79.
- López B., F.; R. H. Manson; M. González E. y A. C. Newton. 2006. Effects of the type of montane forest edge on oak seedling establishment along forest-edge-exterior gradients. *Forest Ecology and Management* 225:234-244.
- Luna, I.; O. Alcántara; R. Contreras M. y C. A. Ruiz J. 2007. Composición y estructura del bosque mesófilo de montaña de Ocuilan, Estado de México-Morelos. In: Luna, I.; J. J. Morrone y D. Espinosa. Eds. *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F. pp. 173-178.
- Montaño A., N. M.; R. García S.; G. Ochoa de la R. y A. Monroy A. 2006. Diversidad entre la vegetación arbustiva, el mezquite y el suelo de un ecosistema semiárido en México. *TERRA Latinoamericana* 24 (2):193-205.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. Wiley and Sons, Nueva York. 547 p.
- Negrete Y., S.; C. Fragoso; A. C. Newton; G. Russell y O. W. Heal. 2006. Spatial patchness of litter, nutrients and macroinvertebrates during secondary succession in a Tropical Montane Cloud Forest in Mexico. *Plant Soil* 286:123-139.
- Noss, R. F. 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management* 115:135-146.

- Pereira S., E.; E. Hardt y C. E. d. S. Francisco. 2007. Floristic characterization of woody vegetation of an urban fragment of Floresta ombrófila Mista Alto Montana (Tropical Montane Forest), Campos do Jordao, SP. *HOLOS Environment* 7:154-170.
- Pyšek, P. 1994. Effect of soil characteristics on succession in sites reclaimed after acid rain deforestation. *Ecological Engineering* 3:39-47.
- Ramírez M., N.; M. González E. y G. Williams L. 2001. Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forest in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 154:311-326.
- Rivera H., J. E. y Á. Espinosa H. 2007. Flora y vegetación del Distrito Federal. In: Flora y diversidad de la faja transvolcanica mexicana. I. Luna, J. Morrone y D. Espinosa (eds.). UNAM, México, D. F. pp. 231-254.
- Romero, A.; M. Luna y E. García. 2014. Factores físicos que influyen en las relaciones florísticas de los piñonares (Pinaceae) de San Luis Potosí. *Revista de Biología Tropical* 62(2):795-808.
- Rzedowski C. de, G. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2 ed. CONABIO. Páztcuaro, Michoacán. 1406 p.
- Rzedowski, J. 1979. Vegetación de México. Limusa, México, D. F. 432 p.
- Sánchez G., I.; F. J. Álvarez S. y J. Benítez M. 2010. Structure of the advanced regeneration community in tropical rain forest fragments of Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 143:2111-2118.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 30 de diciembre de 2010. 1-78.
- Sedov, S.; E. Solleiro R.; B. Terhorst; J. Solé J.; M. de L. Flores D.; G. Werner y T. Poetsch. 2009. The Tlaxcala basin paleosol sequence: a multiscale proxy of middle to late Quaternary environmental change in central Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 25:448-465.
- Solís M., R., O. A. Aguirre C., E. Treviño G., J. Jiménez P., E. Jurado Y. y J. Corral R. 2006. Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Selvas* 12(2):49-64.

- Terradas, J. 2001. Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Omega. Madrid, España. 703 p.
- Urban, J.; F. Tatarinov; N. Nadezhdina; J. Čermák y R. Ceulemans. 2009. Crown structure and leaf area of the understorey species *Prunus serotina*. *Trees* 23:391-399.
- Valdez H., M.; O. Sánchez; G. A. Islebe; L. K. Snook y P. Negreros C. 2014. Recovery and early succession after experimental disturbance in a seasonally dry tropical forest in Mexico. *Forest Ecology and Management* 334:331-343.
- Van Auken, O. W. y D. C. McKinley. 2008. Structure and composition of *Juniperus* communities. In: *Western North American Juniperus Communities. A dynamic vegetation type*. Ed. Van Auken, O. W. Springer. New York, U. S. A. pp. 19-47.
- Vilá, M.; S. Bacher; P. Hulme; M. Kenis; M. Kobelt; W. Nentwing; D. Sol y W. Solarz. 2006. Impactos ecológicos de las invasiones de plantas y vertebrados terrestres en Europa. *Ecosistemas* 2:13-23.
- Wolf, J. H. 2005. The response of epiphytes to anthropogenic disturbance of pine-oak forests in the highlands of Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 212:376-393.
- Zahawi, R. y C. Augspurger. 1999. Early succession in abandoned pastures in Ecuador. *Biotropica* 31(4):540-552.

Anexo 2.1. Lista de especies presentes en los fragmentos de vegetación secundaria en Españita, Tlaxcala.

Especie	El Cerro	El Escobillal	El Ocotal	El Brincadero	San Juan
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck				X	
<i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) K. Koch		X	X	X	X
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth			X	X	X
<i>Baccharis salicifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	X	X	X		X
<i>Bouteloua hirsuta</i> Lag.	X	X	X	X	X
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schltld.	X	X	X	X	X
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A.Gray	X	X	X	X	X
<i>Bromus anomalus</i> E.Fourn.		X			
<i>Buddleia cordata</i> Kunth.					X
<i>Castilleja tenuiflora</i> Benth.					X
<i>Casuarina equisetifolia</i> L.			X		
<i>Ceanothus caeruleus</i> Lag.		X	X		
<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willd.) Proctor	X	X			
<i>Cosmos</i> sp.				X	
<i>Cyperus</i> sp.1	X	X		X	
<i>Cyperus</i> sp. 2	X				
<i>Cyperus</i> sp. 3					X
<i>Cyrtopteris fragilis</i> (L.) Bernh.		X	X	X	
<i>Dalea</i> sp.			X	X	X
<i>Dahlia coccinea</i> Cav.			X		
<i>Dichondra argentea</i> Humb. & Bonpl. Ex Willd.	X				
<i>Echeandia nana</i> (Baker) Cruden	X	X			
<i>Echeveria gibbiflora</i> DC.		X			
<i>Eragrostis intermedia</i> Hitchc.	X	X	X		
<i>Eryngium beecheyanum</i> Hook. & Arn.					X
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	X	X	X	X	X
<i>Gnaphalium</i> sp.		X			
Graminae 1				X	
Graminae 2				X	
Graminea 3					X
Graminea 4					X
<i>Helianthemum glomeratum</i> (Lag.) Lag. ex Dunal		X	X	X	X
<i>Hypoxis mexicana</i> Schult. & Schult.f.		X	X		X
<i>Isocoma veneta</i> (Kunth) Greene	X				

Continuación Anexo 2.1.

<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L.Gentry					X
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.		X	X	X	X
<i>Lantana hirta</i> Graham			X		
Leguminosae				X	X
<i>Ligustrum japonicum</i> Thunb.			X		
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	X		X	X	X
<i>Lycianthes moziniana</i> (Dunal) Bitter		X			
<i>Lycurus phleoides</i> Kunth	X				
<i>Mammillaria rhodantha</i> Link & Otto	X				
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Ortega		X	X	X	X
<i>Minuartia moehringioides</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Mattf.				X	X
<i>Monnina ciliolata</i> DC.			X	X	X
<i>Muhlenbergia macroura</i> (Humb., Bonpl. & Kunth) Hitchc.	X			X	X
<i>Muhlenbergia robusta</i> (E.Fourn.) Hitchc.		X	X	X	X
<i>Nemastylis tenuis</i> (Herb.) S.Watson	X				
<i>Opuntia megacantha</i> Salm-Dyck	X		X		X
<i>Opuntia</i> sp.					X
<i>Opuntia streptacantha</i> Lem.	X	X			
<i>Opuntia joconostle</i> F.A.C. Weber	X				
Orchidaceae					X
<i>Oxalis corniculata</i> L.	X	X	X		
<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link			X		
<i>Penstemon gentianoides</i> (Kunth.) Poir.		X	X	X	X
<i>Peperomia campylotrapha</i> A.W. Hill		X			
<i>Perymenium bupthalmoides</i> DC.		X			X
<i>Pinaropappus roseus</i> (Less.) Less.	X				
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.			X		X
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.				X	X
<i>Pinus teocote</i> Schied. ex Schltdl. & Cham.			X	X	
<i>Priva mexicana</i> (L.) Pers.		X	X		
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.			X		
<i>Quercus candicans</i> Née			X		
<i>Quercus castanea</i> Née		X	X	X	X
<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.			X		
<i>Quercus crassipes</i> Bonpl.			X		
<i>Quercus deserticola</i> Trel.			X	X	

Continuación Anexo 2.1.

<i>Quercus frutex</i> Trel.	X		X	X	X
<i>Quercus glaucooides</i> M.Martens & Galeotti			X	X	X
<i>Quercus laeta</i> Liebm.			X		
<i>Quercus mexicana</i> Bonpl.		X	X	X	
<i>Quercus obtusata</i> Bonpl.			X	X	X
<i>Quercus rugosa</i> Née			X		
<i>Salvia laevis</i> Benth.		X			
<i>Salvia purpurea</i> Cav.		X	X	X	X
<i>Sanvitalia procumbens</i> Lam.	X				
<i>Selaginella lepidophylla</i> (Hook. & Grev.) Spring		X			
<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R.Br.	X				
<i>Stevia elatior</i> Kunth					X
<i>Stevia ovata</i> Willd.		X	X	X	X
<i>Stevia serrata</i> Cav.	X	X	X		
<i>Stevia tomentosa</i> Kunth			X	X	
<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav) Kunth				X	
<i>Stipa mucronata</i> Kunth			X		
<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth		X	X	X	X
<i>Tagetes lucida</i> Cav.				X	
<i>Tagetes</i> sp.	X				
<i>Tradescantia crassifolia</i> Cav.	X	X			
<i>Verbesina virgata</i> Cav.		X	X	X	X

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DE LA REGENERACIÓN FORESTAL, SUELO Y SUCESIÓN VEGETAL EN ESPAÑITA, TLAXCALA

3.1 RESUMEN

En el estado Tlaxcala, donde la mayor parte del territorio carece de cubierta forestal y la que existe está en alguna etapa seral diferente a las etapas maduras, no se conocen los procesos sucesionales, pese a que se han hecho algunos esfuerzos por conocer sus menguados recursos forestales. Este trabajo plantea analizar la regeneración natural en cinco fragmentos con vegetación secundaria en el municipio de Españita, identificar y describir las etapas sucesionales presentes y explorar las posibles relaciones entre las propiedades edáficas y las etapas sucesionales. Se estudiaron cinco fragmentos forestales con vegetación secundaria, en ellos se establecieron parcelas de muestreo en las que se midió y clasificó las alturas y diámetro de copa de los árboles, frecuencias, los arbustos y la regeneración creciendo dentro de la línea de goteo, respecto al árbol más cercano. Los tipos de vegetación encontrados se consideraron como una etapa seral, basado en la dominancia de las especies arbóreas. Se exploraron posibles relaciones entre regeneración y plantas nodrizas y entre la dominancia de las especies arbóreas y la regeneración. Se analizaron los nutrientes y características físicas del suelo, verificando diferencias en los valores de cada una de estas variables entre las etapas serales. *Juniperus deppeana* se regenera mejor sobre la línea de goteo (85%) y se reporta que sucesionalmente pueda constituir un tipo de vegetación madura y no una etapa secundaria de sucesión. *Arbutus xalapensis*, *J. deppeana*, *Q. glaucoides* y *Q. obtusata* dependen de la presencia de árboles nodriza. No hay relación entre la dominancia del arbolado y la regeneración, ni diferencias en las etapas sucesionales respecto a las variables edáficas, excepto para el N. La secuencia sucesional plantea dos rutas que convergen hacia el bosque de *Quercus obtusata*, como vegetación madura. Este trabajo puede servir como un referente para realizar programas de conservación y manejo de estos bosques secundarios.

PALABRAS CLAVE

Juniperus deppeana, *Quercus obtusata*, fragmento de vegetación, vegetación secundaria, sucesión ecológica, bosque templado, Tlaxcala.

3.2 INTRODUCCIÓN

Las perturbaciones están presentes en todos los ecosistemas, dejando remanentes de vegetación nativa (Wang et al., 2006) cuya conservación es importante porque son áreas resilientes de las actividades humanas (Gomes et al., 2012) y refugio de especies (Prach, 2003). En estos remanentes forestales se desarrolla la sucesión ecológica como un proceso de reemplazo de comunidades en un bosque (Wang et al., 2006) o en la colonización de áreas desnudas. Esta puede ser empleada como una herramienta útil para la restauración de terrenos degradados (Prach y Hobbs, 2008) o en bosques secundarios (Martínez et al., 2005). La sucesión primaria puede definirse como el desarrollo de la vegetación en nuevos sustratos formados o expuestos sin propágulos y poca fertilidad (Elias y Dias, 2004), como los tepetates. Con el conocimiento de los procesos sucesionales se puede mantener una comunidad en determinada etapa sucesional (Harper, 2007), alterar su desarrollo, promover los ciclos de nutrientes o la composición florística (González et al., 1991; Marleu et al., 2011) hacia una comunidad deseada (Sánchez, 2003; Taylor, 2008), todo esto dependiendo de los objetivos de manejo. La ausencia o disminución de disturbios y la cercanía de remanentes forestales pueden beneficiar a especies facilitadoras y el desarrollo de la sucesión (Gomes et al., 2012 y González et al., 1991). Sin el conocimiento de la estructura y función de un bosque, es difícil predecir cómo cambiarían las comunidades (Fitch, 2006) ya que este conocimiento será necesario para entender las relaciones ambientales (Krivtsov et al., 2000). A través de la observación de los cambios a largo plazo se puede sustentar la conservación, el manejo y la restauración de los ecosistemas (Fitch, 2006). Por tanto, es preciso contar con información para entender los procesos sucesionales, sus implicaciones en la restauración y proponer alternativas de manejo conducentes a la conservación y uso sustentable (Quesada et al., 2009).

En el estado de Tlaxcala no se conocen los procesos ecológicos que conducen la sucesión, aunque se han hecho algunos esfuerzos por conocer sus recursos forestales (Acosta et al., 1991; Castillejos et al., 2007 y Ern, 1976), falta conocer los procesos sucesionales que en ellos se

desarrollan. Sus bosques naturales prácticamente han desaparecido por la presión humana, quedando un paisaje dominado por terrenos agrícolas con algunos remanentes con vegetación secundaria. Estos bosques se encuentran en fragmentos de vegetación aislados y perturbados, en los que se puede encontrar una riqueza biológica hasta ahora desconocida que puede ser importante cuantitativamente conforme se estudien (Martínez et al., 2011) porque se enriquecerían las listas florísticas de la región. Este trabajo, tiene como objetivo describir las etapas sucesionales presentes en fragmentos forestales con vegetación secundaria en el municipio de Españita, Tlaxcala, además determinar la secuencia sucesional, la dinámica de la regeneración natural y las relaciones entre las propiedades edáficas con las etapas sucesionales. Estos objetivos nunca se han planteado para la región, por lo que serán importantes para establecer parámetros que puedan usarse en estrategias de conservación y para su restauración.

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1 Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio se ubica en el municipio de Españita, en el estado de Tlaxcala. Las corrientes de agua son intermitentes, afluentes del río Atoyac. Las rocas presentes en la zona son rocas ígneas extrusivas. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, Cw2(w)i, temperatura media anual 14.5 °C (22.4 - 6.6 °C) y precipitación media anual de 1,090 mm. El suelo es cambisol (B) con diferentes subtipos. En la zona hay masas perturbadas de *Quercus crassipes* Bonpl., *Q. mexicana* Bonpl. y *Q. obtusata* Bonpl., con *Arbutus xalapensis* Kunth, *Juniperus deppeana* Steud., *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham., *P. teocote* Schied. ex Schltdl. & Cham. y *P. rudis* Endl. En el estrato arbustivo hay especies de los géneros *Agave*, *Amelanchier*, *Baccharis*, *Brickellia*, *Buddleja*, *Eupatorium*, *Eysenhardtia*, *Lantana*, *Mimosa*, *Opuntia*, *Symphoricarpos* y otros. Como parásitos de *Quercus* spp. se encuentran especies del género *Phoradendron* y epífitas del género *Tillandsia*. Los géneros *Alternanthera*, *Arenaria*, *Bromus*, *Commelina*, *Echeandia*, *Echeveria*, *Erigeron*, *Helianthemum*, *Ipomoea*, *Nemastylis*, *Oxalis*, *Penstemon*, *Tagetes*, *Tradescantia* y otros, son comunes en el estrato herbáceo.

3.3.2 Muestreo y medición de variables dasométricas

Se definieron cinco fragmentos forestales con vegetación secundaria con base en el conocimiento previo de la zona, que corresponden a los parajes El Cerro de la Puerta (El Cerro), El Escobillal, El Ocotal, El Brincadero y Cerro San Juan (San Juan). En cada uno de ellos se establecieron cuatro parcelas de 20 m × 50 m (0.1 ha) y se midió el diámetro normal (DN, diámetro medido a 1.3 m de altura) de los árboles cuando fue ≥ 3 cm y se midió el diámetro promedio de copa. Se delimitaron subparcelas concéntricas de 400 m² (20 m × 20m), donde se contaron los individuos arbóreos con DN ≥ 3 cm y altura ≥ 30 cm y la frecuencia de regeneración natural de los árboles considerada como aquellos individuos con altura < 30 cm. Se cuantificó la regeneración natural diferenciando las plántulas que crecían sobre la línea de goteo o fuera de la línea de goteo de lo que se consideraron árboles nodriza.

Se tomó una muestra compuesta de suelo por parcela y se analizó el pH (1:2 H₂O), la materia orgánica (Walkley-Black), N (Kkjeldahl), P (ppm por el método de Olsen), K, Ca y Mg (cmoles+Kg⁻¹, NH₄OAc 1 N meq/100g), y las proporciones de arena, limo y arcilla con el método de Boyoucos.

3.3.3 Análisis de información

Se consideró a cada tipo de vegetación como una etapa seral clasificadas con análisis de conglomerados basado en la dominancia de las especies arbóreas (Capítulo II), mediante agrupamiento simple y la correlación como medida de similitud con el programa PAST versión 2.17b (1999) (Hammer y Harper, 2001). Se calculó el área basal (AB) arbórea por etapa seral mediante, $AB = \pi \left(\frac{DN}{2}\right)^2$, donde DN = diámetro normal expresado en metros y π es igual a 3.1416. Se calcularon las coberturas de copa (CC) por estrato arbóreo y arbustivo mediante $CC = \pi * \text{diámetro promedio de copa}^2$, donde el diámetro promedio de copa está expresado en metros. Se calculó el índice de diversidad α de Fisher por etapa seral y forma de vida. Con el AB por especie en cada unidad de muestreo y las variables edáficas y ambientales (altura sobre el nivel del mar, pendiente y exposición) se hizo un análisis canónico con el programa PAST

versión 2.17b (1999) para verificar la importancia de estas variables sobre la composición arbórea (Hammer y Harper, 2001).

Se realizó la prueba de Kruskal Wallis para saber si las etapas son diferentes entre sí con base en la tolerancia a la sombra, ya que la prueba es conveniente para tres muestras con cinco o menos observaciones en cada una (Daniel, 2006). Se realizaron pruebas de chi cuadrada para conocer la relación entre la regeneración y la presencia de plantas nodrizas, también para determinar si son tolerantes y saber si existe tendencia a la regeneración con planta nodriza o sin nodriza. Finalmente, se hizo una prueba de t (95 % de confiabilidad) para conocer la relación de la regeneración con la planta nodriza.

Se verificó si había diferencias estadísticas de cada una de las propiedades del suelo entre las etapas serales para poder establecer una secuencia sucesional edáfica. La secuencia sucesional se definió con base en la diversidad beta de especies arbóreas (con el índice de diversidad β de Jaccard (I_j), ya que éste indica la similitud florística entre dos condiciones analizadas (Hammer y Harper, 2001). Mediante la expresión $I_j = \frac{c}{a+b+c}$, donde I_j es la diversidad β de Jaccard, a es el número de especies presentes en la parcela A, b es el número de especies presentes en la parcela B y c es el número de especies presentes en ambas parcelas.

3.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1 Agrupación de la vegetación

En general, los factores ambientales no tienen influencia sobre la vegetación de acuerdo al análisis de correspondencia, siendo más contundente la dominancia de las especies en la segregación de grupos (Figura 3.1). Mediante el análisis de correspondencia se pueden identificar cuatro tipos de vegetación de acuerdo con la ordenación que está determinada por la dominancia de las especies. En la figura 3.1 se muestra que las parcelas sin árboles del fragmento El Cerro se encuentran en el origen, mientras que la parcela con un solo árbol de *Quercus frutex* se segrega del grupo. El bosque de *Pinus* está compuesto por *Pinus teocote*, *Pinus leiophylla*, *Arbutus xalapensis* y *Pinus rudis* en parcelas de El Brincadero y San Juan, de

acuerdo al Análisis de Correspondencia, las parcelas con presencia de pino y encino no se encuentran bien segregadas, confirmando lo dicho por Rzedowski (1979), respecto a la asociación entre estos géneros y a la dificultad para segregarlos en tipos de vegetación diferentes. Es difícil entender los procesos ecológicos de los bosques de encino porque no se han estudiado lo suficiente, debido a su amplia distribución en el país y la variedad de especies presente (Flores, 2007). Los tipos de vegetación identificados a partir de la composición arbórea (Figura 2.2) coinciden con la clasificación de la vegetación realizada mediante la agrupación (Figura 3.1).

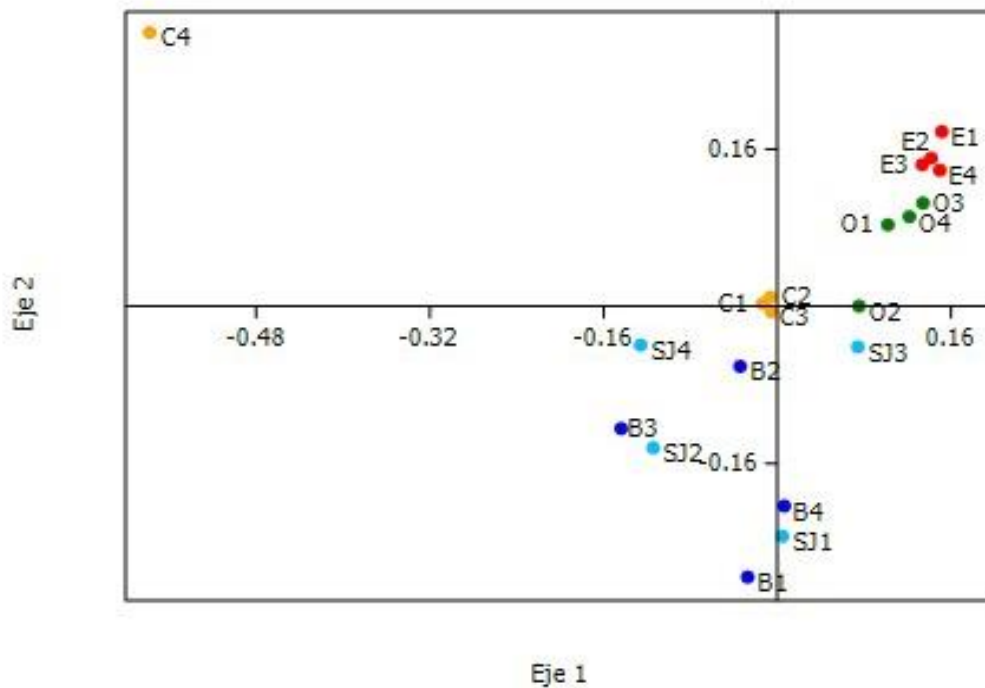


Figura 3.1. Análisis de Correspondencia de la vegetación arbórea en cinco fragmentos de vegetación secundaria en Tlaxcala. C=Parcelas del fragmento El Cerro; E= El Escobillal, O =El Ocotal; B = El Brincadero y SJ = San Juan, el número indica el número de parcela dentro del fragmento.

La composición arbustiva dentro de cada parcela muestra tres grupos claramente definidos (Figura 3.2). Por un lado, se segregan las parcelas de El Cerro, constituidas principalmente por matorral de *Brickellia veronicifolia* (46%), *Opuntia streptacantha* (24%) y *O. megacantha* (11%). Por otro lado, se agrupan las parcelas del fragmento el Escobillal en que se

se encuentran *B. veronicifolia* (59%) y *Muhlenbergia robusta* (20%). Como se puede apreciar, en ambos fragmentos es importante la dominancia de *Brickellia veronicifolia*, que de acuerdo con Hernández et al. (2009) es una especie que se puede encontrar en suelos contaminados por elementos mineros potencialmente tóxicos, aunado a las condiciones edáficas relativamente precarias.

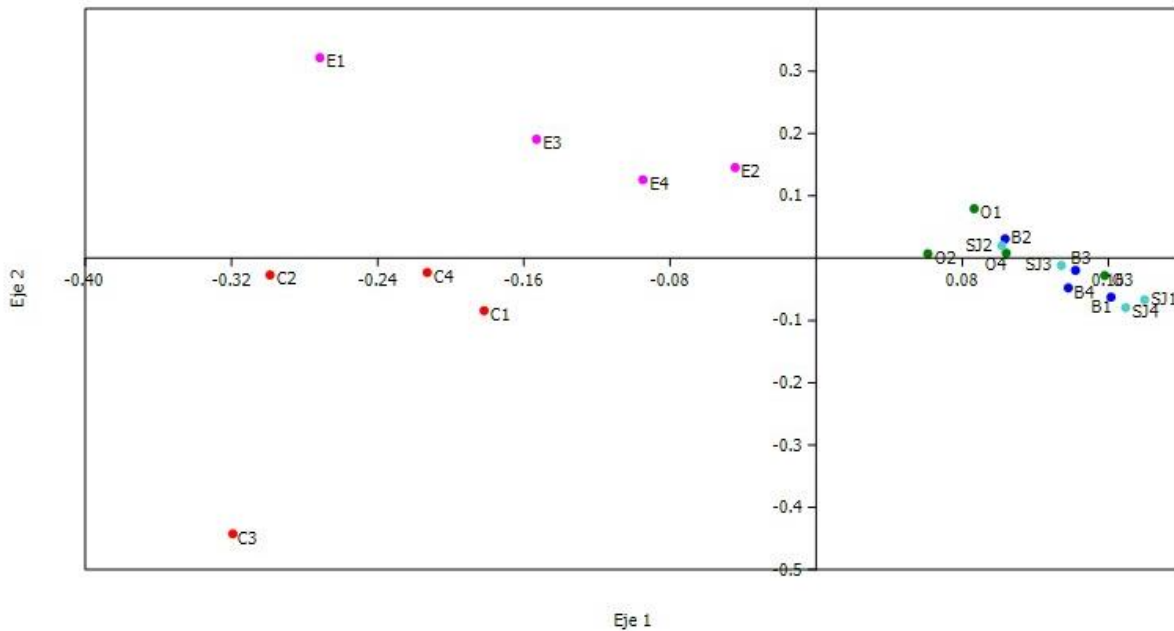


Figura 3.2. Análisis de Correspondencia para la vegetación arbustiva en cinco fragmentos de vegetación secundaria en Tlaxcala. C=Parcelas del fragmento El Cerro; E= El Escobillal, O =El Ocotál; B = El Brincadero y SJ = San Juan, el número indica el número de parcela dentro del fragmento.

Por otro lado, la vegetación arbustiva de los fragmentos El Ocotál, El Brincadero y San Juan se agrupan en una tercera categoría. El Ocotál tiene a *Symphoricarpos microphyllus* como la especie más dominante (40.5%) seguida por *Verbesina virgata* (16%). Esta misma especie dominó el fragmento El Brincadero (50%), seguida por *Mimosa aculeaticarpa* (14%) y *Muhlenbergia robusta* (12%). Mientras que en el fragmento San Juan dominaron *Stevia elatior* (34%), *Mimosa aculeaticarpa* (31%) y *Muhlenbergia macroura* (16%).

La riqueza y el AB ha⁻¹ encontradas en los fragmentos estudiados (Cuadro 3.1) son mayores que las existentes en los bosques de pino y encino en Chiapas (Ramírez et al., 2001). Las densidades encontradas en esta investigación (709-2,717 árboles ha⁻¹) fluctúan en rangos

similares a los que se pueden encontrar en Chiapas. En los bosques de encino de Chiapas, la diversidad aumenta con la dominancia (Guariguata y Ostertag, 2001), habiendo menos diversidad en la vegetación madura (Williams et al., 2011), donde solamente domina una especie.

3.4.2 Regeneración

Los procesos de regeneración dependen de factores físicos y biológicos que involucran el dosel forestal y disturbios por la creación de claros (Arriaga, 2000). De las 21 especies arbóreas 12 especies registraron regeneración (Cuadro 3.2), siendo las más frecuentes *Quercus obtusata* (37.5%) *Juniperus deppeana* (23.5%) y *Arbutus xalapensis* (12.7%). De la regeneración total, destaca *Q. obtusata* en San Juan donde concentró el 28% de la regeneración solo para esta especie. *Juniperus deppeana* fue la segunda especie con mayor regeneración en todos los fragmentos, donde el 11.6% de la regeneración total se encontró en El Escobillal. *A. xalapensis* representó el 12.7% de la regeneración total, siendo más importante en El Brincadero con 6.8%. Entre las plántulas se registraron algunas especies como *Buddleja cordata* H.B.K. ssp. *cordata* y *Prunus serotina* Ehrh., que no se registraron dentro de alguna categoría diamétrica, así como plántulas de *Pinus teocote*. Debido a la baja frecuencia de estas especies, se agruparon en la categoría "Otras especies" representadas en la figura 3.3 junto con cuatro especies de encinos, que representaron menos del 5% de la regeneración total.

Se considera normal que los bosques de encino tengan una regeneración con dos a tres plántulas ha^{-1} , pero en Hidalgo se han encontrado 4.1 plántulas por m^2 de *Quercus mexicana* Bonpl., mientras que de *Q. rugosa* 3.5 plántulas por m^2 (Zavala, 2001), lo cual es mayor comparado con la regeneración encontrada en este estudio. La poca incorporación de plántulas de encinos puede deberse a que las bellotas necesitan condiciones específicas para germinar, tales como un suelo preparado para la germinación, presencia de disturbios (Zavala, 2001) o a otras respuestas a los disturbios como la vulnerabilidad por estrés o debido a sus patrones de reproducción (Leyva et al., 2010). En el fragmento El Ocotal, la baja regeneración de *Quercus* spp. (Figura 3.3), puede deberse a la falta de un suelo preparado para la germinación, ya que en él se han suprimido los incendios y al parecer la germinación de las bellotas está relacionada con estos cuando son de baja intensidad o la presencia de herbáceas con las cuales las plántulas

compiten por agua (Zavala, 2001). En el renuevo del fragmento El Brincadero se encontraron plántulas de *Prunus*

Cuadro 3.1. Características estructurales y edáficas de las etapas serales en Españita, Tlaxcala.

	Etapas serales definidas como tipos de vegetación				H	p
	Matorral de <i>Opuntia</i> spp.	Bosque de <i>Juniperus deppeana</i>	Bosque de <i>Pinus leiophylla</i>	Bosque de <i>Quercus obtusata</i>		
Riqueza arbórea	1	21	11	10	-	-
Riqueza arbustiva	11	27	17	17	-	-
Riqueza herbácea	16	31	11	11	-	-
Riqueza general	28	79	39	38	-	-
Diversidad arbórea	0	3.65	1.932	1.921	-	-
Diversidad arbustiva	2.065	5.027	3.120	3.005	-	-
Diversidad herbácea	2.974	6.481	2.817	2.691	-	-
Diversidad general	5.268	14.88	7.401	7.221	-	-
Densidad (árboles ha ⁻¹)	2.5	2867	1430	870	-	-
AB (m ² ha ⁻¹)	0.693	129.517	56.918	79.077	-	-
CC arbórea (m ² ha ⁻¹)	67.92	9,468.46	3,426.77	5,920.58	-	-
CC arbustiva (m ² ha ⁻¹)	3,668.72	12,436.10	13,167.58	13,820.38	-	-
Altura de los árboles (m)	4.70 (0.00, 0.00)	4.32 (0.60, 25.26)	4.30 (0.30, 38.54)	7.13 (0.70, 24.96)	-	-
Arcilla (%)	13.68 (4.28, 23.28)	20.77 (4.28, 23.48)	16.88 (4.48, 23.38)	18.58 (4.48, 23.48)	0.87	0.7153
Arena (%)	40.40 (36.40,44.40)	41.07 (32.40, 46.40)	41.07 (38.40, 46.40)	42.90 (34.40, 54.50)	0.09	0.9927
Limo (%)	45.92 (40.32,51.32)	38.16 (30.72, 53.32)	42.05 (38.32, 49.12)	38.52 (34.32, 42.12)	3.35	0.3387
CIC (cmoles kg ⁻¹)	23.40 (22.34, 24.98)	29.31 (20.20, 53.74)	21.70 (19.31, 24.10)	23.72 (20.00, 29.38)	5.96	0.1132
pH	5.91(5.85, 5.98)	6.40 (5.49, 7.67)	6.29 (6.11, 6.42)	6.01 (5.53, 6.71)	2.57	0.4565
Calcio (cmoles kg ⁻¹)	6.74 (4.25, 8.96)	10.06 (3.85, 31.05)	5.47 (4.79, 6.45)	5.98 (3.58, 8.68)	0.77	0.8555
Fósforo (ppm)	3.53 (2.39, 4.54)	4.16 (0.00, 7.42)	4.31 (3.59, 5.02)	4.15 (0.00, 5.50)	0.46	0.9247
Magnesio (cmoles kg ⁻¹)	2.96 (1.93, 4.04)	4.19 (2.57, 6.61)	2.88 (2.61, 3.35)	3.50 (2.92, 4.38)	6.21	0.1007
MO (%)	5.09 (4.34, 6.3)	5.94 (3.2, 8.12)	4.91 (3.38, 5.92)	6.56 (5.58, 8.45)	3.39	0.3311
Nitrógeno (%)	0.24 (0.21, 0.27)	0.22 (0.15, 0.45)	0.13 (0.11, 0.13)	0.17 (0.11, 0.21)	10.97	0.0116
Potasio (cmoles kg ⁻¹)	0.44 (0.08, 0.82)	0.58 (0.44, 1.17)	0.52 (0.41, 0.57)	0.66 (0.11, 0.88)	3.77	0.2629

Índice de diversidad α de Fisher; CC = cobertura de copa; MO= Materia orgánica, CIC= Capacidad de intercambio catiónico. Los números fuera de los paréntesis representan el valor promedio, dentro de los paréntesis representa los valores mínimos y máximos respectivamente. H es el valor de χ^2 , y p representa la significancia.

serotina creciendo a la sombra de *Quercus* spp., sin haberse registrado algún adulto en todo el muestreo. Este mismo comportamiento en la demografía de *Prunus serotina* se ha reportado para otras regiones del país, lo cual indica que no es un fenómeno local y que se trata de problemas de establecimiento de la especie (Figuroa y Olvera, 2000; Rubio et al., 2011). En este fragmento se observaron excretas de *Didelphis virginiana* Kerr (tlacuaches) o *Bassariscus astutus* (cacomixtle) depositadas sobre montículos de tierra, rocas y troncos, como lo ha reportado Sainos (2007), con semillas y plántulas de *Opuntia* sp., *Pinus* sp. y *Prunus serotina*. Esto sugiere que la fauna local juega un papel importante en la dispersión de semillas y en la regeneración de plántulas de las especies arbóreas (Lezama, 2007), lo cual amerita un estudio y análisis detallados. Estadísticamente no se encontró alguna relación entre la dominancia del arbolado adulto y la regeneración, lo cual indica que los fragmentos tienen una composición florística dinámica, que continuamente está recibiendo propágulos externos de nuevas especies. Esto explicaría la presencia de plántulas de *Prunus serotina* o *Buddleja cordata*, pero ningún árbol adulto productor de semillas.

Cuadro 3.2 Porcentajes de regeneración arbórea por fragmento, en Española, Tlaxcala.

Especie	Fragmento				Total por especie
	El Escobillal	El Ocotál	El Brincadero	San Juan	
<i>Arbutus xalapensis</i>	0.00	0.75	6.74	5.19	12.68
<i>Buddleia cordata</i>	0.00	0.00	0.06	0.17	0.23
<i>Juniperus deppeana</i>	11.64	4.90	2.31	4.67	23.52
<i>Pinus teocote</i>	0.00	0.00	0.40	0.00	0.40
<i>Prunus serotina</i>	0.00	0.12	3.00	0.63	3.75
<i>Quercus castanea</i>	0.00	0.46	0.35	0.40	1.21
<i>Quercus crassipes</i>	0.00	0.06	0.00	0.00	0.06
<i>Quercus deserticola</i>	0.00	1.33	0.81	0.00	2.13
<i>Quercus frutex</i>	0.00	0.00	1.56	7.26	8.82
<i>Quercus glaucooides</i>	8.18	0.00	0.06	0.06	8.30
<i>Quercus mexicana</i>	0.00	1.38	0.00	0.00	1.38
<i>Quercus obtusata</i>	0.00	2.77	6.11	28.65	37.52
Total por fragmento	19.83	11.76	21.38	47.03	100.00

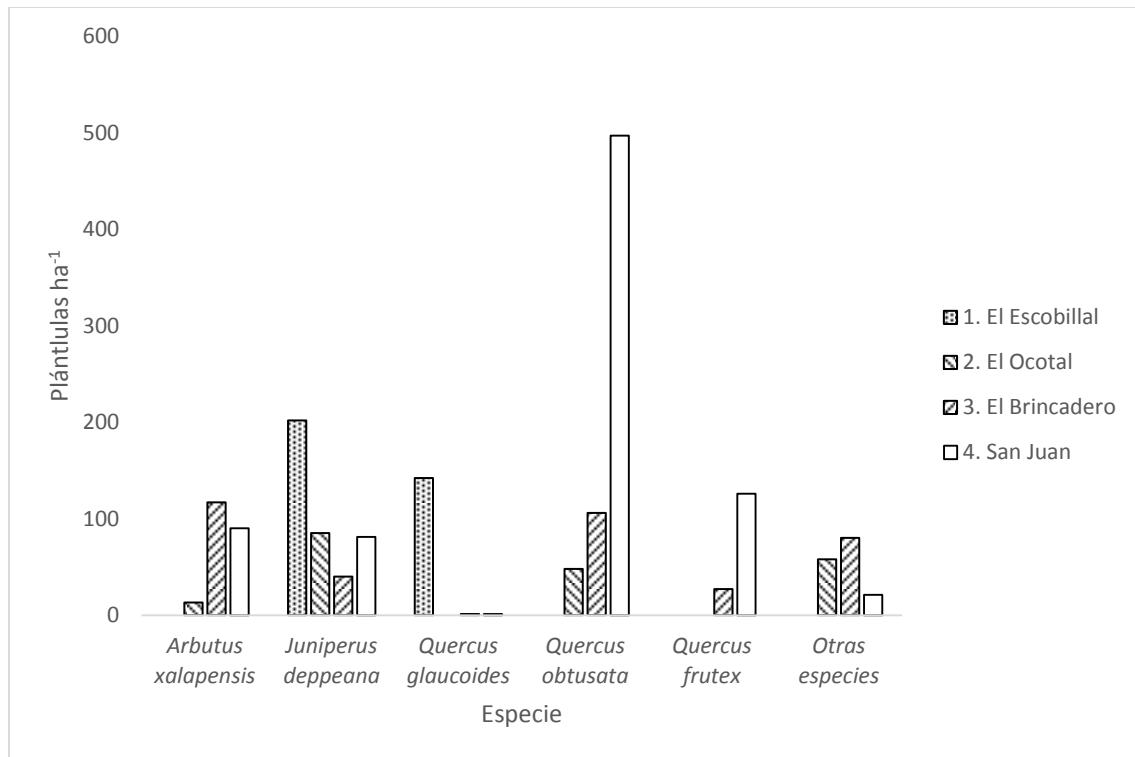


Figura 3.3. Frecuencia de plántulas por especie arbórea y fragmento en el municipio de Españita, Tlaxcala.

El fragmento El Escobillal presenta plántulas < 30 cm de altura de *Juniperus deppeana* que crecen sobre la línea de goteo de árboles adultos. Esto indica que la relación de las plántulas de *Juniperus deppeana* con árboles nodriza o madre, es relevante como facilitadora para su establecimiento y desarrollo, contrastando con la teoría de escape que plantean López y Newton (2005). Dicha teoría plantea, que las plántulas y las semillas son vulnerables al ataque de depredadores cuando se dispersan cerca de sus padres. Sin embargo esta teoría contradice al desarrollo de las plántulas de *J. deppeana* que crecen sobre la línea de goteo de los árboles madre, y crecen rápidamente en altura pero no en diámetro. También, la supervivencia de plántulas de algunas especies de *Quercus* en bosques de Chiapas, está fuertemente asociada con la presencia de árboles y arbustos (Asbjornsen et al., 2004), esto no implica que sean árboles de su misma especie, sino que actúan como facilitadores de la germinación al crear condiciones microambientales que la favorecen. En El Ocotal, también se encontró renuevo (individuos > 1.3 m de altura y < 3 cm de DN) de *J. deppeana* creciendo sobre la línea de goteo alrededor de los árboles más grandes, una estrategia que reduce el estrés hídrico pero que

aumenta la competencia por luz (Van Auken y McKinley, 2008) por lo que crecen rápidamente. Estos árboles crecen en altura y crean condiciones en el interior de la copa de los árboles nodriza que favorecen la presencia de herbáceas propias de espacios más húmedos y fríos, tales como *Begonia sp.*, *Malaxis sp.*, *Peperomia sp.* Su rápido crecimiento en altura les impide mantenerse erguidos, por lo que muchos se doblan y mueren, constituyendo combustible potencial y favoreciendo la conectividad vertical en una eventual conflagración.

De acuerdo a los tipos de vegetación, se registró renuevo en tres de ellos, el bosque de *Q. obtusata*, el de *J. deppeana* y de *Pinus leiophylla* (49, 35 y 15 % respectivamente), del que estadísticamente *Arbutus xalapensis*, *J. deppeana*, *Q. glaucoides* y *Q. obtusata* dependen de la presencia de árboles nodriza ($p < 0.0001$). Todo el renuevo de *Pinus teocote*, *Prunus serotina*, *Q. castanea*, *Q. crassipes* y *Q. deserticola* se presentó con nodriza. El 85% del renuevo de *J. deppeana* crece bajo la copa de árboles nodriza y puede considerarse especie tolerante o medianamente tolerante en las primeras etapas de su desarrollo.

Cuadro 3.3. Porcentajes de regeneración arbórea por tipo de vegetación, en Española, Tlaxcala.

Especie	Bosque de <i>Quercus obtusata</i>	Bosque de <i>Juniperus deppeana</i>	Bosque de <i>Pinus leiophylla</i>	Total por especie
<i>Arbutus xalapensis</i>	6.28	1.44	4.96	12.68
<i>Juniperus deppeana</i>	2.42	16.83	4.27	23.52
<i>Quercus glaucoides</i>	0.12	8.18	0.00	8.30
<i>Quercus obtusata</i>	32.28	2.94	2.31	37.52
<i>Quercus frutex</i>	2.65	2.77	3.40	8.82
Otras especies	5.48	3.40	0.29	9.16
Total por tipo de vegetación	49.22	35.56	15.22	100.00

Pinus spp. y *Quercus spp.* pueden regenerarse en lugares abiertos y dominan etapas maduras de la sucesión en Chiapas (Quintana et al., 2004) ya que aparentemente los encinos dependen de los arbustos para su regeneración (Zavala, 2001), sin embargo, se ha encontrado evidencia que las bellotas tienen más probabilidades de germinar en pastizales (López et al., 2006; López y Newton, 2005). La regeneración de los encinos puede facilitarse en ambientes donde árboles y arbustos mejoran las condiciones ambientales, éstas crean una variedad de micrositios disponibles para la germinación y protección de las bellotas contra la desecación,

donde también se les provee de sombra y humedad (López y Newton, 2005). El fuego en algunas ocasiones prepara el sustrato para la germinación de las bellotas (Zavala, 2001), es por eso que en muchos casos la supresión del fuego puede reducir su germinación (Asbjornsen et al., 2004). Sin embargo, la relación entre los encinos y el fuego aun no es muy clara (Zavala, 2001), pues existen muchos factores que afectan su regeneración (Iverson et al., 2008) lo que sugiere que las características de la cama de germinación tiene efectos particulares sobre las especies (López y Newton, 2005). También la relación de *Quercus* con *Pinus* es compleja y aún no se entiende completamente. En España, después de los incendios la regeneración de *Pinus* es favorecida en sitios más húmedos, mientras que en los sitios más xéricos codominan *Pinus* y *Quercus* (Gracia et al., 2002).

La sobrevivencia de las plántulas de *Juniperus* spp. no se conoce bien (Van Auken y McKinley, 2008), sin embargo, *Juniperus deppeana* mostró una tendencia a la regeneración sobre la línea de goteo de los árboles madre o nodriza. Esto implica, por una parte la presencia de árboles femeninos que actúan como la fuente de semilla (Van Auken y McKinley, 2008) y que los árboles nodrizas pueden proveer nutrientes, humedad o protección para el desarrollo de las plántulas de *J. deppeana*. Esto coincide con Van Auken y Smeins (2008) sobre el carácter sucesional intermedio de las comunidades de *Juniperus*. El conocimiento que se tiene sobre la ecología de esta especie no corresponde con los resultados mostrados coincidiendo con Van Auken y McKinley (2008) quienes consideran que la creencia sobre la intolerancia por parte de *Juniperus* spp. es un error. Incluso se han reportado informaciones contradictorias sobre la ecología de la especie, por ejemplo, Rzedowski (1979) reporta que puede aparecer como un tipo de vegetación secundaria después de incendios y por otro lado menciona que se encuentra en lugares con suelos profundos, como se encuentra en bosques de la Sierra Madre Oriental; sobre suelos profundos y una alta cobertura de copa (Park, 2001).

3.4.3 Análisis edáfico

No se estableció una secuencia sucesional edáfica debido a que no existen diferencias en las cuatro etapas sucesionales respecto al promedio de las variables edáficas, excepto para el N (Cuadro 3.1), coincidiendo con Saynes et al. (2005) pero contrastando con Negrete et al. (2007), quienes reportaron que la concentración de N incrementó en una cronosecuencia en un bosque

mesófilo de montaña, posiblemente por el tipo de vegetación, ya que el bosque mesófilo es un ecosistema más productivo. Álvarez et al. (2008) reportaron para una selva baja caducifolia valores promedio de N iguales a los del matorral. La baja concentración de N en el suelo en el bosque de pino puede deberse al fuego, porque origina pérdidas por volatilización (Rodríguez y Peter, 2003), además porque la CC arbórea del bosque de pino apenas es superior a la CC arbustiva del matorral. Esto implica que la cantidad de materia orgánica en el suelo en el bosque de pino sea baja debido a su poca CC arbórea y consecuentemente del contenido de N en el suelo. Existen especies fijadoras de N que se establecen inmediatamente después de los incendios (Díaz et al., 2012; Guo, 2001), como puede ser *Mimosa* sp. Éstas leguminosas pueden ayudar al establecimiento de herbáceas, incrementar la disponibilidad de N en el suelo y favorecer la presencia de la regeneración natural. El efecto del fuego sobre la materia orgánica puede variar (Scott et al., 2003). Mendoza et al. (2003) reportaron un alto contenido de carbono en bosques de encino posiblemente influenciado por los árboles dominantes (Mendoza et al., 2003) y por su carácter caducifolio, que puede ser un indicador indirecto de la cantidad de materia orgánica y que coincidiría con lo reportado para este trabajo, de acuerdo al Cuadro 3.1. En una secuencia sucesional Negrete et al. (2007) encontraron diferencias en materia orgánica entre etapas ya que los pinos alteran su reciclaje en las primeras etapas sucesionales por su alta capacidad de producción de materia muerta. Pese a que en el presente estudio no se encontraron diferencias estadísticas en cuanto a la mayoría de propiedades del suelo, entre etapas sucesionales tales propiedades parecen tener tendencias particulares.

Los valores de CIC, MO, P y arcilla reportados por Álvarez et al. (2008) son inferiores a los encontrados en este trabajo. Negrete et al. (2007) afirman que el contenido de MO, CIC, N y pH son indicadores de la presencia de materia orgánica, sin embargo en este trabajo no se encontró alguna tendencia respecto a estos indicadores en alguna etapa seral, al parecer por el carácter secundario de estos bosques, además de que existen otros factores adicionales a la materia orgánica que afectan a la CIC, N y pH, tales como la textura del suelo, la composición florística, especialmente la presencias de leguminosas y plantas fijadores de N y las condiciones climáticas, entre otras. El contenido de P en el suelo depende en gran medida de la textura del suelo, especialmente del tipo de arcillas, pero la producción de materia orgánica en el sitio

afecta de manera importante su concentración en el suelo por mineralización. En este sentido, no siempre puede existir relación estrecha entre el tipo de vegetación y la disponibilidad de P en el suelo.

3.4.4 Secuencia sucesional

La secuencia sucesional planteada en la Figura 3.4, con base en la similitud de especies (Cuadro 3.4), propone dos rutas sucesionales que convergen en el bosque de encino. La primera, una etapa preclímax constituida por el matorral de *Opuntia* spp. y la segunda inicia con el bosque de *Juniperus* que se mezcla con pino facilitando el establecimiento final de bosque de encino. Ambas pueden establecerse a partir de tepetate o piedra desnuda, como sucesión primaria, pero debido a la presencia de vegetación aledaña, ésta acelera la colonización de estos sustratos. El matorral es una fase previa del bosque de encino, sugiriendo una etapa preclímax, producto de disturbios como incendios continuos o pastoreo. En el matorral, ubicado en el fragmento El Cerro, los factores topográficos están más relacionados con el desarrollo del suelo y por lo tanto con el de la vegetación. A partir del bosque de *Juniperus deppeana* se inicia la secuencia sucesional, seguida por el bosque de pino como etapa intermedia y el bosque de encino como comunidad madura. Esta tendencia sigue el proceso de facilitación que describen Guariguata y Ostertag (2001) y Negrete et al., (2007).

En los fragmentos El Escobillal y El Ocotal, *Juniperus deppeana* domina como afirma Pyšek (1994), que las especies pioneras llegan a dominar; dando paso al bosque de pino y/o encino. Sin embargo, en algunos lugares se ha observado un proceso de sucesión directa en el caso de *Juniperus*, donde el matorral de *Juniperus* sp. da origen a bosque de la misma especie (Elias y Dias. 2004). Observaciones como esta han hecho suponer que las comunidades de *Juniperus* no son de carácter secundario (Van Auken y McKinley, 2008) sino más bien un tipo de comunidad madura. Por otro lado, es cierto que comunidades de *Juniperus* spp. en Estados Unidos sí son comunidades tempranas en bosques caducifolios (Van Auken y Smeins, 2008), también existen comunidades de *Juniperus* que permanecen estables hasta que algún disturbio cambia la ruta sucesional (Ansley y Wiedemann, 2008).

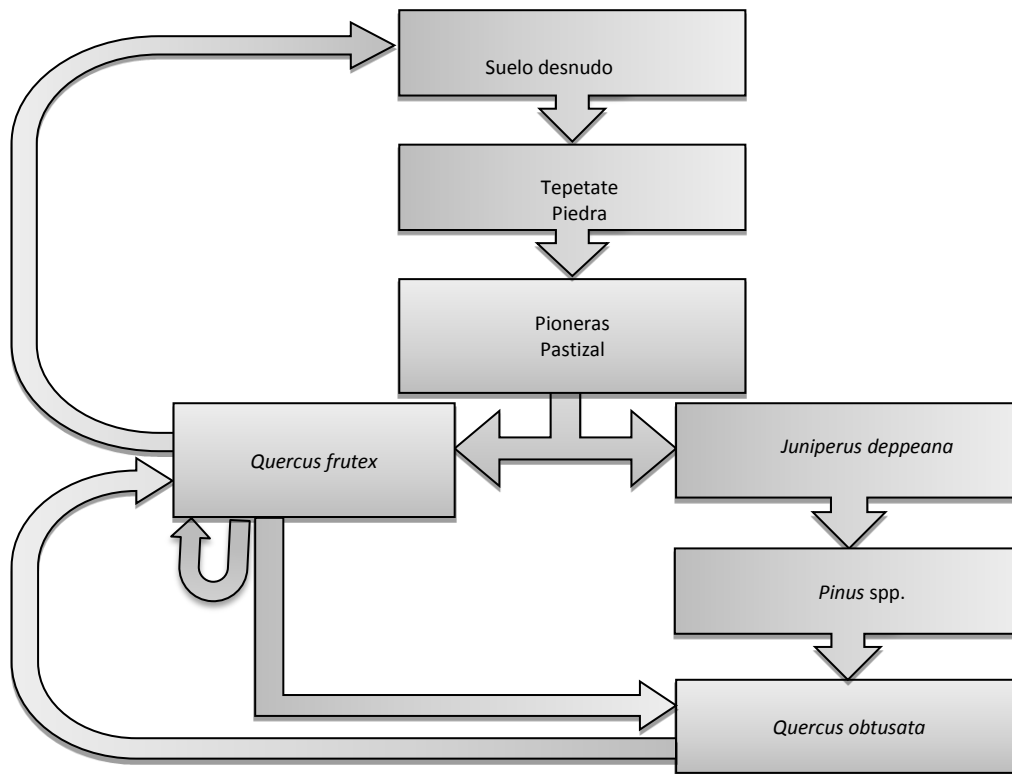


Figura 3.4. Diagrama de la secuencia sucesional en Españaíta, Tlaxcala.

Cuadro 3.4. Índice de similitud de Jaccard, para todas las especies entre etapas serales.

	Matorral	<i>Juniperus</i>	<i>Pinus</i>	<i>Quercus</i>
<i>Juniperus</i>	0.048	1.000		
<i>Pinus</i>	0.091	0.524	1.000	
<i>Quercus</i>	0.100	0.476	0.615	1.000

La existencia de *Pinus leiophylla* y *Quercus crassipes* en la zona parece tener la misma naturaleza que en el D. F., donde el hombre las favorece (García, 2002). Los pinos y encinos forman asociaciones complejas y la sucesión de especies en estos ecosistemas es poco entendida (Rodríguez, 2008) pudiendo tomar diferentes rutas sucesionales, mostrando en algunos casos resultados contradictorios de la dinámica post-disturbio (Gracia et al., 2002). Rzedowski (1979) menciona que algunos pinares pueden ser comunidades sucesionales derivadas de bosque de *Quercus*. Después de un disturbio el establecimiento de pinos puede tardar hasta 20 años, logrando comunidades maduras de *Pinus* y *Quercus* (González et al., 1991; González et al., 2008; Kappelle, 2006 y Rejmanek et al., 1982). El fuego puede alterar su

sucesión (Rodríguez, 2008) u ocasionar que *Pinus leiophylla* y *Pinus teocote* reemplacen las especies susceptibles al fuego (Ern, 1976). Los encinos en el sotobosque de pino se consideran una etapa sucesional posterior a los incendios, los cuales son importantes para la incorporación de plántulas (Gracia et al., 2002) en sitios expuestos (González et al., 1991), propiciada por árboles maduros de encino (Asbjornsen et al., 2004).

Las actividades agrícolas en la zona de estudio son comunes y representan un factor importante para un paisaje fragmentado, modificando la composición florística y la estructura de la vegetación. En la zona de estudio, los fragmentos de vegetación arbórea están dispersos y la presencia de barrancas son los únicos corredores naturales que permite su conectividad además de servir como refugio para la fauna nativa y para algunas especies que requieren de condiciones méxicas para su desarrollo. Fue evidente que la presencia de estos fragmentos ayuda a enriquecer la flora de la región, ya que se registró casi un centenar de especies (Anexo 1). En el fragmento El Cerro se encontraron evidencias de pastoreo que, aunado a la pendiente del terreno y exposición sur parecen ser los factores que limitan la regeneración natural de la vegetación arbórea, manteniendo este fragmento en una fase sucesional temprana. En las barrancas y en laderas de cerros aledaños existen algunos remanentes de vegetación arbórea con *Pinus leiophylla* y *Juniperus deppeana*, los cuales son fuentes potenciales de germoplasma útil en la recolonización.

Pese a que se encontraron evidencias de reforestaciones recientes no hubo plántulas vivas. La exclusión del fuego (Duncan y Duncan, 2000) y del pastoreo puede promover el establecimiento y crecimiento de determinadas especies leñosas (González et al., 1991; Ramírez et al., 1998), como ha sucedido en El Escobillal y El Ocotil donde prospera *Juniperus deppeana*; mientras que en otros fragmentos como El Brincadero y San Juan la presencia de estos ha favorecido la regeneración de *Arbutus xalapensis* (Aragón et al., 2010). Estos fragmentos han estado vedados a las actividades pecuarias desde hace aproximadamente 30 y 20 años, respectivamente. El fragmento El Escobillal recibe su nombre por la abundancia de escobilla, *Baccharis conferta* Kunth, sin embargo, su presencia ha disminuido debido al desarrollo de la vegetación. En este fragmento se realizaron reforestaciones aproximadamente en 1985, con *Eucalyptus* sp., *Cupressus* sp., *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. y *P. pseudostrobus*

var. *apulcensis* (Lindl.) Shaw y recientemente otras reforestaciones que incluyen además, obras de conservación de suelo.

El Ocotal recibe su nombre por la presencia de ocotes (*Pinus* spp.), sin embargo, la historia natural del fragmento ha llevado a *Juniperus deppeana* a dominar la vegetación. En este fragmento sólo se permite la extracción de leña pero la extracción selectiva de árboles maduros podría promover el establecimiento de *Quercus* spp. La exclusión de incendios en este fragmento ha permitido la regeneración de *Juniperus deppeana* y la acumulación de material combustible, representando una amenaza potencial de conflagraciones. En el momento de la realización del trabajo de campo en El Brincadero se realizaron también obras de reforestación con *Pinus* spp. Este fragmento ha estado excluido al pastoreo, sin embargo, la continua presencia humana y su impacto sobre la vegetación es evidente, pues también se encontraron recolectores de hongos y evidencias de extracción de leña. El fragmento San Juan ha estado excluido de pastoreo, pero en 1998 sufrió un incendio que afectó la parte central del fragmento, que corresponde a la parte más alta del cerro así como las exposiciones norte y sur.

3.5. CONCLUSIONES

La regeneración arbórea en cada fragmento y tipo de vegetación es diferente, mostrando patrones particulares que tienen que ver con la presencia de árboles madre y con la capacidad de dispersión de otras especies y por tanto la composición actual de un fragmento no determina su composición florística futura. No se encontraron relaciones entre la vegetación actual y las características edáficas de cada tipo de vegetación, lo cual puede estar relacionada con la presencia de disturbios. La secuencia sucesional, definida por la diversidad de especies indica que el matorral de *Opuntia* spp. es la etapa temprana de sucesión, mientras que el bosque de *Quercus obtusata* es la etapa madura, dejando a las mezclas de *Pinus* y *Quercus* como etapas intermedias. Se plantea la posibilidad de que *Juniperus deppeana* sea una especie tolerante en las primeras etapas de su desarrollo y que potencialmente puede constituir un tipo de vegetación particular.

3.6 LITERATURA CITADA

- Acosta P., R.; G. L. Galindo F. y L. V. Hernández C. 1991. Listado preliminar de la flora fanerogámica. Tlaxcala, Tlaxcala, México- Talleres Gráficos del Estado de Tlaxcala. 32 p.
- Álvarez Y., J.; A. Martínez Y.; A. Búrquez y C. Lindquist. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. *Forest Ecology and Management* 256:355-366.
- Ansley, R. J. y H. T. Wiedemann. 2008. Reversing the woodland steady state: vegetation responses during restoration of *Juniperus*-dominate grasslands with chaining and fire. In: *Western North American Juniperus Communities. A dynamic vegetation type*. Ed. Van Auken, O. W. Springer. New York, U.S.A. pp. 272-292.
- Aragón P., E. E.; A. Garza H.; M. S. González E. e I. Luna V. 2010. Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81:771-787.
- Arriaga, L. 2000. Gap-building-phase regeneration in a tropical montane cloud forest of north-eastern Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 16:535-562.
- Asbjornsen, H.; K. A. Vogt y M. S. Ashton. 2004. Synergistic responses of oak, pine and shrub seedlings to edge environments and drought in a fragmented tropical highland oak forest, Oaxaca, Mexico. *Forest Ecology and Management* (192):313-334.
- Castillejos C., C.; E. Solano C. y E. Ángeles. 2007. Florística del Estado de Tlaxcala. En: I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa. *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. pp. 255-271.
- Daniel, W. 2006. *Bioestadística: bases para el análisis de las ciencias de la salud*. 4a ed. Limusa Wiley. México, D. F.
- Díaz R., B.; A. Blanco G.; M. Gómez R. y R. Linding C. 2012. Filling the gap: restoration of biodiversity for conservation in productive forest landscapes. *Ecological Engineering* 40:88-94.
- Duncan, R. S. y V. E. Duncan. 2000. Forest succession and distance from forest edge in an Afro-Tropical Grassland. *Biotropica* 32(1):33-41.
- Elias, R. B. y E. Dias. 2004. Primary succession on lava dome on Terceira (Azores). *Journal of Vegetation Science* 15(3):331-338.

- Ern, H. 1976. Descripción de la vegetación montañosa en los estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala. Willdenowia. Beiheft 1-128.
- Figueroa R., B.L. y M. Olvera V. 2000. Dinámica de la composición de especies en bosques de *Quercus crassipes* H. et B. en Cerro Grande, Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia* 34: 91-98.
- Fitch, H. S. 2006. Ecological succession on a natural area in northeastern Kansas from 1948 to 2006. *Herpetological Conservation and Biology* 1:1-5.
- Flores C., J. A. 2007. Análisis de gradiente y dinámica sucesional de bosques de Encino (*Quercus*) en las Sierras Madre Oriental y Occidental de México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México. 95 p.
- García R., A. 2002. An evaluation of forest deterioration in the disturbed mountains of western Mexico City. *Mountain Research and Development* 22(3):270-277.
- Gomes R. L., C.; E. M. Nogueira F.; C. Cardoso de C.; E. Neves de L.; J. F. Fraga dos S.; D. Melo dos S. y E. de Lima A. 2012. Forest succession and distance from preserved patches in the Brazilian semiarid region. *Forest Ecology and Management* 271:115-123.
- González T., M. A.; L. Schwendenmann; J. Jiménez P y R. Schulz. 2008. Forest structure and woody plant species composition along a fire chronosequence in mixed pine-oak in the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico. *Forest Ecology and Management* 256:161-167.
- González E., M.; P. F. Quintana A.; N. Ramírez M. y P. Gaytán G. 1991. Secondary succession in disturbed *Pinus-Quercus* forests in the highlands of Chiapas, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 2(3):351-360.
- Gracia, M.; J. Retana y P. Roig. 2002. Mid-term successional patterns after fire of mixed pine-oaks forest in NE Spain. *Acta Oecologica* 23:405-411.
- Guariguata, M. R. y R. Ostertag. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148:185-206.
- Guo, Q. 2001. Early post-fire succession in California chaparral: changes in diversity, density, cover and biomass. *Ecol. Res.* 16:471-485.
- Hammer, Ø. y D. Harper. 2001. PAST version 2.17b. *Palaeontologia Electronica* 4(1):9.
- Hernández A., E.; E. Mondragón R. D. Cristobal A.; J. E. Rubiños P. y E. Robledo S. 2009. Vegetación, residuos de mina y elementos potencialmente tóxicos de un jal de Pachuca ,

- Hidalgo, México. Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(2):109-114.
- Harper, C. A. 2007. Strategies for managing early succession habitat for wildlife. *Weed Technology* 21(4):932-937.
- Iverson, L. R.; T. F. Hutchinson; A. M. Prasad y M. P. Peters. 2008. Thinning, fire, and oak regeneration across a heterogeneous landscape in the Eastern U.S.: 7-year results. *Forest Ecology and Management* 255:3035-3050.
- Kappelle, M. 2006. Changes in diversity and structure along a successional gradient in a Costa Rican Montane Oak Forest. *Ecological Studies* 185:223-233.
- Krivtsov, V.; J. Corliss; E. Bellinger y D. Sigee, D. 2000. Indirect regulation rule for consecutive stages of ecological succession. *Ecological Modelling* 133:73-82.
- Leyva L., J. C.; A. Velázquez M. y G. Ángeles P. 2010. Patrones de diversidad de la regeneración natural en rodales mezclados de pinos. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(2):227-239.
- Lezama, D. E. 2007. Dispersión espacio-temporal de semillas de *Juniperus deppeana* por el conejo montés *Sylvilagus cunicularius* en un fragmento de bosque de sabinos en Ixtacuixtla, Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala, México. 50 p.
- López B., F. y A. Newton. 2005. Edge type effect on germination of oak tree species in the Highlands of Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* (217):67-79.
- López B., F.; R. H. Manson; M. González E. y A. C. Newton. 2006. Effects of the type of montane forest edge on oak seedling establishment along forest-edge-exterior gradients. *Forest Ecology and Management* 22:234-244.
- Marleu, J. N. 2011. A stoichiometric model of early plant primary succession. *The American Journalist* 177(2):233-245.
- Marleu, J. N.; Y. Jin; J. G. Bishop; W. F. Fagan y M. A. Lewis. 2011. A stoichiometric model of early plant primary succession. *The American Journalist* 177(2):233-245.
- Martínez y P., J. L.; G. Castillo C.; M. G. Santiago M. y L. V. Hernández C. 2011. Análisis florístico en tepetates del estado de Tlaxcala. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:623-637.

- Martínez G., C.; V. Peña; M. Ricker; A. Campos y H. F. Howe 2005. Restoring tropical biodiversity: Leaf traits predict growth and survival of late-successional trees in early-successional environments. *Forest Ecology and Management* 217:365-379.
- Mendoza V., J.; E. Karlton y M. Olsson. 2003. Estimations of amounts of soil organic carbon and fine root carbon in land use and land cover classes, and soil types of Chiapas highlands, Mexico. *Forest Ecology and Management* 177:191-206.
- Negrete Y., S.; C. Fragoso; A. Newton y O. Heal. 2007. Successional changes in soil, litter and macroinvertebrate parameters following selective logging in a Mexican Cloud Forest. *Applied Soil Ecology* 35:340-355.
- Park, A. D. 2001. Environmental influences on post-harvest natural regeneration in Mexican pine-oak forests. *Forest Ecology and Management* 144:213-228.
- Prach, K. 2003. Spontaneous succession in Central-European man-made habitats: what information can be used in restoration practice? *Applied Vegetation Science* 6(2):125-129.
- Prach, K. y R. J. Hobbs. 2008. Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology* 16(3):363-366.
- Pyšek, P. 1994. Effect of soil characteristics on succession in sites reclaimed after acid rain deforestation. *Ecological Engineering* 3:39-47.
- Quesada, M.; G. A. Sanchez A.; M. Alvarez A.; K. E. Stoner; L. Avila C.; J. Calvo A.; A. Castillo; M. Espírito-Santo; M. Fagundes; G. W. Fernandes; J. Gamon; M. Lopezaraiza M.; D. Lawrence; L. P. Cerdeira M.; J. S. Powers; F. de S. Neves; V. Rosas G.; R. Sayago y G. Sanchez M. 2009. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management* 258:1014-1024.
- Quintana A., P. F.; N. Ramírez M.; M. González E. y M. Martínez I. 2004. Sapling survival and growth of coniferous and broad-leaved trees in successional highland habitats in Mexico. *Applied Vegetation Science* 7(1):81-88.
- Ramírez M., N.; M. González E. y G. Williams L. 2001. Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forest in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 154:311-326.
- Ramírez M., N.; S. Ochoa G., M. Gonzalez E. y P. F. Quintana A. 1998. Análisis florístico y sucesional en la Estación Biológica Cerro Huitepec, Chiapas, México. *Acta Botánica Mexicana* 44:59-85.

- Rejmanek, M.; R. Haagerova y J. Haager. 1982. Progress of plant succession on the Parícutin Volcano: 25 years after activity ceased. *American Midland Naturalist* 108(1):194-198.
- Rodríguez T., D. A. 2008. Fire regimes, fire ecology, and fire management in Mexico. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 37(7):548-556.
- Rodríguez T., D. A. y F. Peter Z. 2003. Fire ecology of Mexican pines and fire management proposal. *International Journal of Wildland Fire* 12:23-37.
- Rubio L., L. E.; S. Romero R. y E. C. Rojas Z. 2011. Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 1: 77-90.
- Rzedowski, J. 1979. *Vegetación de México*. Limusa, México, D. F. 432 p.
- Sainos P., P. 2007. Endozoocoria por el conejo montés *Sylvilagus cunicularius* y el cacomixtle *Bassariscus astutus*: atributos de gálbulos y semilla de *Juniperus deppeana* en Ixtacuixtla, Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Biología Agropecuaria, Tlaxcala, México. 50 p.
- Sánchez V., L. R. 2003. Un modelo para inferir mecanismos de sucesión en bosques. *Agrociencia* 37(5):533-543.
- Saynes, V.; C. Hidalgo; J. Etchevers y J. Campo. 2005. Soil C and N dynamics in primary and secondary seasonally dry tropical forests in Mexico. *Applied Soil Ecology* 29:282-289.
- Scott B., F.; A. R. Philip y F. James S. 2003. Prescribed burning effects on upland *Quercus* forest structure and function. *Forest Ecology and Management* 183:315-335.
- Taylor J., C. A. 2008. Ecological consequences of using prescribed fire and herbivory to manage *Juniperus* encroachment. In: *Western North American Juniperus Communities. A dynamic vegetation type*. Ed. Van Auken, O. W. Springer. New York, U. S. A. pp. 239-253.
- Van Auken, O. W. y F. Smeins. 2008. Western North American *Juniperus* communities: Patterns and causes of distribution and abundance. In: *Western North American Juniperus communities. A dynamic vegetation type*. Ed. Van Auken, O. W. Springer, New York, U.S.A. pp. 3-18.
- Van Auken, O. W. y D. C. McKinley. 2008. Structure and composition of *Juniperus* communities and factors that control them. In: *Western North American Juniperus communities. A dynamic vegetation type*. Ed. Van Auken, O. W. Springer, New York, U.S.A. pp. 19-47.

Wang, D.; S. Yi; F. Chen; F. Xing y S. Peng. 2006. Diversity and relationship with succession of naturally regenerated southern subtropical forests en Shenzhen, China and its comparison with the zonal climax of Hong Kong. *Forest Ecology and Management* 222:384-490.

Williams L., G.; C. Alvarez A.; E. Hernández A. y M. Toledo. 2011. Early successional sites and the recovery of vegetation structure and tree species of the tropical dry forest in Veracruz, Mexico. *New Forests* 42:131-148.

Zavala Ch., F. 2001. *Introducción a la ecología de la regeneración natural de encinos*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, estado de México. 94 p.

CAPÍTULO 4. COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD VEGETAL EN FRAGMENTOS DE BOSQUES TEMPLADOS EN TLAXCALA, MÉXICO

4.1 RESUMEN

El hombre ha fragmentado los bosques naturales en el estado de Tlaxcala sin tener conocimiento de la biodiversidad que albergan. La presencia de una accidentada topografía en el Bloque de Tlaxcala ha permitido la conservación de algunos remanentes de vegetación secundaria, de los que no se conoce su riqueza florística. Para solventar esta necesidad en el municipio de Españita, Tlaxcala, se definieron cinco fragmentos con vegetación secundaria para analizar la diversidad α y β de su vegetación para generar información que sirva como indicador para el monitoreo de estos ecosistemas templados y contribuir con nuevos taxa a la flora regional que revaloren la importancia de la vegetación secundaria como reservorio de diversidad vegetal. En cada uno de los fragmentos se establecieron cuatro parcelas de muestreo para medir los árboles, arbustos y herbáceas. Se calcularon el área basal para árboles para clasificar la vegetación con base en la dominancia arbórea, el índice de diversidad α de Fisher por cada forma de vida y el índice de Jaccard para la diversidad β . Se definieron cuatro tipos de vegetación con base en la dominancia basal, siendo el bosque de *Juniperus deppeana* el más rico y diverso, y el matorral fue el más pobre y menos diverso. La mayor diversidad β en toda el área, es 0.50 y se presenta entre los fragmentos más grandes. La vegetación madura corresponde a bosque de *Quercus obtusata*. Se anexaron 31 taxa nuevos a la lista florística de la región, que pertenecen a 21 familias y 29 géneros botánicos, con esto se puede afirmar que los fragmentos de vegetación secundaria conservan una riqueza de especies importante que puede ayudar a mantener la biodiversidad en los paisajes fragmentados del estado de Tlaxcala.

PALABRAS CLAVE

Índice de Fisher, índice de Jaccard, diversidad alfa, diversidad beta, *Juniperus deppeana*, bosque de *Quercus*, vegetación secundaria, sucesión ecológica.

4.2 INTRODUCCIÓN

La fragmentación de la cubierta forestal en el estado de Tlaxcala empezó desde tiempos precolombinos y continúa actualmente. Esto pone en riesgo a la flora de importancia socio-económica y ecológica de los recursos forestales (Gordon et al., 2004). En los paisajes dominados por sistemas agrícolas, mucha de la cubierta forestal original ha sido eliminada creando un mosaico de tierras agrícolas, pastizales y fragmentos de vegetación forestal secundaria y primaria (Asbjornsen et al., 2004).

El valor florístico de los fragmentos forestales es alto y podría tener un impacto directo al promover la conectividad en el paisaje y mantener la diversidad vegetal ya que se facilita la regeneración de los ecosistemas degradados al convertirse en fuentes de propágulos para la vegetación nativa (Arroyo et al., 2007; Pereira et al., 2007; Sánchez et al., 2010). La conservación de la diversidad biológica depende en gran medida de la preservación de estos fragmentos, ya que en ausencia de perturbaciones la vegetación secundaria puede restaurar sus atributos tales como los ecosistemas primarios (DeWalt et al., 2003; Pereira et al., 2007). Conocer la composición florística de los bosques es la base para estudios sinecológicos y autecológicos, así como para la definición de parámetros que permitan comparaciones posteriores (Noss, 1999; Pereira et al., 2007; Chytrý et al., 2011).

En el estado de Tlaxcala, pese a la superficie relativamente pequeña y ubicación en el centro del país, no se tiene un conocimiento completo de sus recursos florísticos (Castillejos et al., 2007), mucho menos de la vegetación secundaria. La vegetación forestal ocupa menos del 13.5% de la superficie estatal (Islas et al., 2008) y en ésta se consideran las áreas forestales bajo manejo en las Sierra de Tlaxco-Terrenate y Nanacamilpa, así como el Parque Nacional La Malinche, dejando una parte importante de esta vegetación sobre las laderas de los cerros y en las barrancas (Castillejos et al., 2007) de la zona conocida como Bloque de Tlaxcala. En esta región los fragmentos de vegetación forestal son poco accesibles, permitiendo la existencia de bosques de coníferas, bosques de encino y vegetación inducida. Por lo tanto, las contribuciones que se hagan para aumentar el conocimiento de los recursos de bosques templados son importantes para la flora estatal haciendo que el estudio de fragmentos forestales con vegetación secundaria en el estado de Tlaxcala debería ser la base para su conservación

(Sánchez, 2002). Lo anterior llevó a plantear los siguientes objetivos: 1) analizar la diversidad α y β de los fragmentos forestales para proponer indicadores de monitoreo en estos ecosistemas templados y 2) aportar nuevos elementos a la flora regional que revaloren la importancia de los fragmentos forestales secundarios como reservorios de diversidad vegetal.

4.3 MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1 Descripción del área de estudio

El trabajo se efectuó en el municipio de Españita, en el estado de Tlaxcala, en la zona conocida como el Bloque de Tlaxcala, caracterizada por lomeríos y la presencia de barrancas. En la zona existen corrientes intermitentes de agua, afluentes del río Atoyac. Las rocas presentes son ígneas extrusivas y el suelo es cambisol (B) con diferentes subtipos y como material parental es común encontrar afloramientos tepetatosos, como producto de los procesos erosivos. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano Cw2(w)i, la temperatura media anual es 14.5 °C (22.4 - 6.6 °C) y la precipitación media anual es de 1,093 mm (CNA, 2010).

La flora de la zona está representada por elementos boreales y neoárticos (Rzedowski, 1979) y tiene una composición similar a la encontrada en el Valle de México (García, 2002). En la vegetación es común encontrar masas perturbadas de *Quercus* spp., siendo dominantes *Quercus crassipes* Bonpl., *Q. mexicana* Bonpl. y *Q. obtusata* Bonpl., con *Arbutus xalapensis* Kunth, *Juniperus deppeana* Steud, *Pinus leiophylla*, *P. rudis* y *P. teocote* (Castañeda, 2003). Entre la fauna nativa se pueden encontrar reptiles en algún estdo de conservación, como: *Barisia imbricata*, *Phrynosoma orbiculare*, *Pituophis deppei*, *Salvadora bairdi*, *Sceloporus grammicus* y *Sistrurus ravus* (Sánchez, 2002; SEMARNAT, 2010).

4.3.2 Medición de variables dasométricas

Se definieron cinco fragmentos forestales con vegetación secundaria, a partir de su fisonomía (composición y estructura). Estos fragmentos corresponden a los parajes conocidos como El Cerro de la Puerta (El Cerro), El Escobillal, El Ocotal, El Brincadero y Cerro San Juan con las características descritas en el Cuadro 4.1. Se establecieron cuatro parcelas de muestreo en cada uno de ellos. Cada parcela midió 20 m × 50 m (0.1 ha) y en éstas se midió el diámetro

normal (DN) de los árboles. Dentro de estas parcelas se delimitaron subparcelas concéntricas de 20 m × 20 m (400 m²), donde se registró la frecuencia de los arbustos, crasas perennes o herbáceas anuales de porte mayor a 30 cm de altura. En el centro de estas subparcelas se delimitó un metro cuadrado (1 m × 1 m) para identificar las especies herbáceas menores a 30 cm de altura, cuantificando su abundancia, altura promedio y porcentaje de cobertura, suelo desnudo u hojarasca. Durante el muestreo se realizó una colecta botánica de las especies no identificadas o no reportadas para la zona de estudio.

Cuadro 4.1. Características generales de los fragmentos de vegetación forestal secundaria en Españita Tlaxcala.

Fragmento	Ubicación	Superficie (ha)	Altitud (m)	Vegetación	Exposición
Cerro La Puerta (El Cerro)	19°23.574'N 98°25.622'O	9.26	2515-2600	Matorral de <i>Opuntia</i> spp.	Sur, sureste
El Escobillal	19°23.381'N 98°27.160'O	30.25	2370-2490	Bosque de <i>Juniperus deppeana</i>	Oeste
El Ocotal	19°24.493'N 98°25.842'O	40.12	2440-2545	Bosque de <i>Juniperus deppeana</i>	Oeste
El Brincadero	19°24.904'N 98°25.319'O	22.25	2570-2630	Bosque de <i>Pinus-Quercus</i> ; Bosque de <i>Quercus</i>	Sur, suroeste
Cerro San Juan	19°27.504'N 98°27.407'O	135.26	2600-2725	Bosque de <i>Juniperus deppeana</i> ; Bosque <i>Pinus-Quercus</i> ; Bosque de <i>Quercus</i>	Norte, sur, este, oeste

4.3.3 Análisis de información

Para identificar las especies se consultaron los trabajos de Rzedowski y Rzedowski (2001) y Arreguín et al. (2004), así como las listas florísticas para la zona y para el estado de Tlaxcala elaboradas por Castañeda (2003) y Castillejos et al. (2007) respectivamente. El material colectado se identificó y corroboró en el herbario CHAPA del Colegio de Posgraduados. Los autores y los nombres de las especies se tomaron de The Plant List (The Plant List, 2010).

Con el programa de cómputo PAST versión 2.17b (1999) se realizó la clasificación de la vegetación mediante el análisis de conglomerados con base en el área basal (AB), usando el método de agrupamiento simple y la correlación como medida de similitud. También, con este

programa se calculó el índice de diversidad α de Fisher, por ser un índice independiente del tamaño de la muestra (Rosenzweig, 1995) y diversidad β de Jaccard (I_j), que mide la similitud florística entre dos unidades de muestreo (Hammer y Harper, 2001). El AB se calculó a partir de $AB = \pi \left(\frac{DN}{2}\right)^2$, donde DN es el diámetro normal expresado en m y π es igual a 3.1416. De acuerdo con Leyva et al. (2010) la fórmula del índice α de Fisher es $\alpha = [N(1 - x)]x^{-1}$ donde α es el índice de diversidad, N es el número de individuos en la muestra y x representa un factor adimensional. Este índice supone una relación logarítmica entre la abundancia de las especies y la riqueza, S (Leyva et al., 2010). El índice de diversidad β de Jaccard se calculó con la fórmula $I_j = \frac{c}{a+b+c}$ donde I_j es la diversidad β de Jaccard, a es el número de especies presentes en la parcela A, b es el número de especies presentes en la parcela B y c es el número de especies presentes en ambas parcelas.

4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.4.1 Diversidad α

Se identificaron 31 taxa nuevos para la zona de estudio (Anexo 4.1), que pertenecen a 21 familias y 29 géneros botánicos, siendo la familia Orchidaceae la mejor representada con cinco géneros con una especie cada uno, todas de hábitos terrestres. De acuerdo con la lista florística presentada para el estado por Castillejos et al. (2007) ocho de los 31 taxa corresponden a nuevos registros para la flora estatal. Con estos taxa la lista florística para la zona de estudio presentada por Castañeda (2003) asciende a 261 especies, representando el 21% de la flora registrada para el estado (Castillejos et al., 2007; Villaseñor y Ortiz, 2014). De las especies arbóreas la familia mejor representada fue la Fagaceae con 11 especies del género *Quercus*, seguido por la familia Pinaceae con tres especies del género *Pinus*. En conjunto, en las parcelas de 0.1 ha se registraron 21 especies de árboles (Cuadro 4.2), siendo las más frecuentes *Arbutus xalapensis* (24.37%), *Juniperus deppeana* (50.14%), *Quercus castanea* (6.52%) y *Q. obtusata* (7.64%). También se encontraron dos especies introducidas: *Casuarina equisetifolia* L. y *Ligustrum japonicum* Thunb.

El número de especies o diversidad α puntual puede ser un primer indicador de la diversidad en una comunidad y esta diversidad α puede variar de una comunidad a otra (Halfpeter y Moreno, 2007). Por eso es que puede ser un parámetro útil en la evaluación de las comunidades. Por ejemplo, el fragmento El Ocotál presenta prácticamente toda la riqueza arbórea encontrada en los cinco fragmentos (Cuadro 4.2), además, la mayor frecuencia arbórea y arbustiva y una baja riqueza de herbáceas (Cuadro 4.3). Lo anterior puede deberse a la competencia por luz, ya que la cobertura de copa en este fragmento es la máxima registrada (Figura 2.3), contrastando con lo reportado por Gao et al. (2014). No solo la riqueza es importante, también la diversidad de especies en los ecosistemas, porque ofrecen mecanismos naturales para la producción de bienes y servicios, además estabilidad y seguridad, amortiguando los efectos negativos (Leyva et al., 2010) sobre el ecosistema. Esto quiere decir que un ecosistema con mayor diversidad tendrá mejor capacidad de resiliencia ante perturbaciones y esta es una de las características de las comunidades vegetales maduras. Por lo tanto, se supone que es un

Cuadro 4.2. Composición arbórea por fragmento en el municipio de Españita, Tlaxcala.

Especie	Fragmentos				
	El Cerro	El Escobillal	El Ocotál	El Brincadero	San Juan
<i>Amelanchier denticulata</i>		X			
<i>Arbutus xalapensis</i>			X	X	X
<i>Casuarina equisetifolia</i>			X		
<i>Eysenhardtia polystachya</i>			X	X	
<i>Juniperus deppeana</i>		X	X	X	X
<i>Ligustrum japonicum</i>			X		
<i>Monnina ciliolata</i>		X	X		
<i>Pinus leiophylla</i>				X	X
<i>Pinus rudis</i>			X		X
<i>P. teocote f. quinquefoliata</i>			X	X	
<i>Quercus candicans</i>			X		
<i>Quercus castanea</i>		X	X	X	X
<i>Quercus crassifolia</i>			X		
<i>Quercus crassipes</i>			X		
<i>Quercus deserticola</i>			X	X	
<i>Quercus frutex</i>	X		X	X	X
<i>Quercus glaucooides</i>			X	X	X
<i>Quercus laeta</i>			X		

<i>Quercus mexicana</i>	X	X	X	
<i>Quercus obtusata</i>		X	X	X
<i>Quercus rugosa</i>		X		

atributo que deberían evaluarse continuamente para conocer el desarrollo sucesional de los ecosistemas.

En un estudio realizado en Costa Rica en un bosque de encino, la densidad, la riqueza y la diversidad alfa disminuye con el avance de la sucesión (Clark et al., 2003; Kappelle et al., 1995) lo que parece ser contradictorio con la secuencia sucesional planteada en el Capítulo 3 y con las observaciones realizadas por Elias y Dias (2004), quienes observaron que la riqueza, densidad y dominancia incrementaron en las primeras etapas de sucesión primaria en un bosque de *Juniperus*. Estas diferencias pueden deberse a lo que plantean Halffter y Moreno (2007), sobre la importancia de la escala en los análisis de biodiversidad, ya que el efecto de la fragmentación, por ejemplo, no es igual a diferentes escalas ni tienen las mismas consecuencias en todos los ecosistemas.

Ern (1976) escribió que los encinares del Bloque de Tlaxcala estarían compuestos “posiblemente con diez especies de encinos”, esto coincide con lo encontrado en el fragmento El Ocotál, que tiene la mayor riqueza de encinos entre los fragmentos (Cuadro 4.2). Su composición puede corresponder a la vegetación madura de la zona, bosque de *Quercus* spp., ya que tiene características biológicas y evidencias de vegetación relictual de este tipo. La riqueza arbórea en los diferentes fragmentos fue similar en algunos casos o mayor comparada con la riqueza de los encinares de Guanajuato (Martínez et al., 2009). El fragmento El Ocotál registró la mayor riqueza de encinos entre los fragmentos y la vegetación presente parece corresponder a la vegetación madura de la zona, bosque de *Quercus* spp., ya que tiene características biológicas y evidencias de vegetación relictual de este tipo. Los fragmentos con la mayor superficie tienen más de una asociación vegetal, debido a su tamaño y a que la presencia de disturbios locales puede afectar la composición de manera puntual (Terradas, 2001). Esto puede producir un gradiente ambiental (Díaz et al., 2013) y favorecer la presencia de una mayor cantidad de especies que enriquecerían la flora de estos fragmentos.

Los fragmentos presentaron diferencias en la composición, riqueza y diversidad de especies, excepto para la diversidad arbórea, lo cual puede estar relacionado con el tamaño de los individuos y su ciclo de vida (Cuadro 4.3). El fragmento San Juan tuvo la mayor frecuencia de arbustos al compararse con las otras formas de vida. Arriaga (2000) encontró que la abundancia de especies aumenta con el desarrollo del dosel porque ofrece más microhabitats. Sin embargo, la cobertura de copa puede generar competencia por luz, aunque en ambientes con humedad las epífitas se verán favorecidas ante un dosel más cerrado. A nivel general, los fragmentos El Ocotal y El Escobillal presentaron la mayor diversidad, en lo que se caracterizó como bosque de *Juniperus deppeana*. Los fragmentos más grandes, El Brincadero y San Juan (22 ha y 135 ha respectivamente), presentaron tres y dos tipos de vegetación respectivamente e índices de diversidad con valores intermedios (Cuadro 4.3).

Cuadro 4.3. Número de Taxa, frecuencia e índice de diversidad α de Fisher por formas de vida y fragmento en Españita, Tlaxcala.

Fragmento	Taxa			Frecuencia			Diversidad α de Fisher			
	Árb	arb	herb	Árb	arb	herb	Árb	arb	Herb	General
El Cerro	1	11	16	1	423	28	0.000	2.065	1.022	6.594
El Escobillal	5	15	21	214	467	39	0.916	2.960	1.372	8.871
El Ocotal	19	21	13	844	340	49	3.453	4.948	0.916	10.270
El Brincadero	11	16	13	424	742	28	2.064	2.880	0.906	7.499
San Juan	8	19	16	585	1106	40	1.311	3.259	1.022	7.327
Valor de p	0.044	0.0007	0.0004	0.0470	0.0117	0.0008	0.056	0.0025	0.0002	0.0002

Árb = árboles, arb = arbustos, herb = herbáceas.

Aunque los árboles y arbustos deberían ser más diversos en rodales maduros (González et al., 1991) en el fragmento El Ocotal se registraron las mayores diversidades arbóreas y arbustivas, siendo su abundancia un indicador del estado sucesional de la vegetación (Engle et al., 2008). Este fue el único fragmento donde la riqueza de especies arbóreas fue mayor a la diversidad herbácea, lo cual se atribuye a la cobertura de copas arbórea y la cobertura de los arbustos que dificultan el establecimiento de herbáceas (Ansley y Wiedemann, 2008) lo que lo hace un estrato más dinámico (Franklin et al., 2003) o el de algunas plántulas, aunque en algunos casos pueden favorecer la presencia de herbáceas, principalmente cuando se trata de

especies fijadoras de N (Díaz et al., 2012). La presencia de especies exóticas en este fragmento es resultado de reforestaciones que se han realizado con el fin de proteger el suelo.

El fragmento El Ocotal posee características de diversidad, riqueza de especies arbóreas y arbustivas, densidad y cobertura de copa arbórea que podrían indicar que se trata de vegetación madura (Morin, 2005; Odum y Barrett, 2006) de la zona. Durante el muestreo se encontró *Berberis moranensis* y *Prunus serotina* en este fragmento, las cuales no se registraron por estar fuera de los sitios de muestreo, lo que habría aumentado la riqueza arbórea en el fragmento. También se encontraron árboles de *Juniperus deppeana*, *Pinus* spp. y *Quercus* spp., sobremaduros, algunos con DN > 90 cm, incluso se han reportado encinos con DN > 120 cm en este fragmento (Castañeda, 2007).

La mayor riqueza arbórea y arbustiva se presentó en el fragmento El Ocotal, y es posible que la cobertura de ambos estratos influya en la baja riqueza y en la composición herbácea del fragmento. La mayor riqueza herbácea se encontró en el fragmento El Escobillal, en donde se presentan sólo cinco especies arbóreas y domina *J. deppeana* que crea condiciones microambientales para el desarrollo de herbáceas. El fragmento El Ocotal registró la mayor cantidad de árboles (2,100 ha⁻¹), debido principalmente a la regeneración de *J. deppeana*. La tendencia sucesional en los fragmentos El Ocotal, El Brincadero y San Juan es contraria a lo que reportó Ern (1976), ya que aparentemente los encinos están desplazando a los pinos. El fragmento El Escobillal parece tener una tendencia sucesional hacia un tipo de vegetación similar al fragmento El Ocotal, dominado por *J. deppeana*. El fragmento San Juan registró la mayor cantidad de arbustos, posiblemente resultado de incendios recientes, entre los que se pueden encontrar principalmente algunos pastos del género *Macrourea*, *Mimosa aculeaticarpa* y *Verbesina virgata*.

4.4.2 Diversidad β

La diversidad β permite conocer el recambio de especies (Koleff, 2007), lo que puede ser útil para sugerir una secuencia sucesional. El Cuadro 4.4 presenta los valores de diversidad β que comparten los fragmentos. Sus valores sugieren una secuencia que inicia con el fragmento El Cerro y termina con el fragmento San Juan, es decir inicia con el matorral como comunidad pionera y termina con bosque de encino como comunidad madura (Figura 3.4), ya que son los

tipos de vegetación que menos especies comparten y por lo tanto son las etapas extremas en el procesos sucesional. En esta disimilitud se encuentran las etapas sucesionales intermedias, como los bosques de *Juniperus* y los bosques de pino y encino. Los fragmentos más grandes, El Brincadero y San Juan (22 ha y 132 ha respectivamente) son los que tienen la mayor cantidad de especies compartidas, seguramente por los ciclos de vida de las especies (Guo, 2001) y por la cantidad de especies que se encuentran en cada uno, lo que los ubica como los fragmentos florísticamente más parecidos. Pese a eso, es importante lo que mencionan Rocha et al. (2010), que con base en la diversidad β los diferentes fragmentos deben ser conservados para complementar la diversidad regional.

Cuadro 4.4. Diversidad β con el índice de Jaccard entre los fragmentos de vegetación secundaria en Españita, Tlaxcala.

Fragmento	El Cerro	El Escobillal	El Ocotal	El Brincadero
El Escobillal	0.241			
El Ocotal	0.167	0.375		
El Brincadero	0.138	0.305	0.450	
San Juan	0.153	0.295	0.413	0.500

4.4.3 Consideraciones generales

Las actividades agrícolas en la zona de estudio han originado un paisaje fragmentado, cambiando la composición florística y reduciendo la riqueza. Los fragmentos forestales están dispersos y las barrancas son los únicos corredores naturales que permiten la conectividad entre ellos, además de servir como refugio para la fauna y flora nativa. En la zona se reportan tres especies del género *Spiranthes*, que junto con las cuatro nuevas especies registradas en este trabajo (Anexo 1), la zona concentra el 26% de la orquídeas terrestres reportadas para el estado de Tlaxcala (Castañeda, 2003). Sin embargo, este porcentaje podría variar, ya que en la lista florística presentada por Castillejos et al. (2007) no se han integrado las especies de los géneros *Spiranthes* y *Corallorhiza*.

La construcción de obras de captación de agua es importante en la zona porque favorece el establecimiento de especies acuáticas o que dependen de la humedad para mantenerse, como las especies de la familia Juncaceae o Pontederiaceae reportadas en este trabajo (Anexo 4.1). A pesar de no repercutir directamente en la estructura del bosque, estas obras de

captación de agua puede actuar como pequeños disturbios y refugios de especies (Prach, 2003). Junto con la dinámica de claro en el dosel, una mayor heterogeneidad ambiental favorecerá la presencia de microhabitats disponibles para más especies (Flores y García, 2008). De esta manera se favorece la riqueza de especies en una zona que por su topografía no tiene corrientes permanentes o cuerpos naturales de agua.

A pesar de que la superficie que abarcan las zonas agrícolas representa un alto impacto humano sobre la vegetación natural, la zona de estudio concentra una riqueza importante de especies. La integración del conocimiento florístico es importante, pues áreas degradadas como las tepetateras del estado de Tlaxcala pueden albergar hasta el 10% de la flora conocida para el estado (Martínez et al., 2011). Así, la zona tiene potencial para la conservación de los recursos vegetales, ya que se identificaron cuatro de los nueve tipos de vegetación descritos por Acosta et al. (1992) para el estado y pueden ser un reservorio de germoplasma útil para la repoblación forestal en la zona.

4.5 CONCLUSIONES

Se identificaron cuatro tipos de vegetación que aparentemente pueden ser mantenidos por perturbaciones y las actividades antropogénicas en los cinco fragmentos estudiados. Sin embargo, la diversidad α en cada fragmento indica que son diferentes en composición y, que aunque algunos tienen diferentes tipos de vegetación, ésta puede responder a disturbios puntuales dentro del fragmento. Se definió una lista arbórea por cada fragmento, la que puede emplearse como un indicador de su composición. También se calcularon índices de diversidad, número de especies y frecuencias por fragmento que también pueden emplearse en el monitoreo de la sucesión. El índice de diversidad β indica el grado en que las especies se traslapan y por lo tanto se puede usar para definir una cronosecuencia vegetal de la zona con base en estos fragmentos. Con este trabajo se agregan 31 nuevas taxa que enriquecen la lista florística en la zona de estudio. De esta manera se demuestra que los fragmentos forestales con vegetación secundaria son capaces de mantener una riqueza florística importante que suele pasar desapercibida por el carácter secundario de la vegetación, por lo que es recomendable monitorear los recursos forestales para definir una lista florística para la zona de estudio.

4.6 LITERATURA CITADA

- Acosta P., R.; J. L. Delgado M. y P. Cervantes S. 1992. La vegetación del estado de Tlaxcala, México. Gobierno del Estado de Tlaxcala. Tlaxcala, México. 32 p.
- Ansley, R. J. y H. T. Wiedemann. 2008. Reversing the woodland steady state: vegetation responses during restoration of *Juniperus*-dominate grasslands with chaining and fire. In: Western North American *Juniperus* Communities. A dynamic vegetation type. Ed. Van Auken, O. W. Springer. New York, U.S.A. pp. 272-292.
- Arreguín S., M. de la L.; R. Fernández N. y D. L. Quíroz G. 2004. Pteridoflora del Valle de México. México, D. F. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. IPN. 387 p.
- Arriaga, L. 2000. Gap-building-phase regeneration in a tropical montane cloud forest of north-eastern Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 16:535-562.
- Arroyo R., V.; A. Aguirre; J. Benítez M. y S. Mandujano. 2007. Impact of rain forest fragmentation on the population size of a structurally important palm species: *Astrocaryum mexicanum* at Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 138:198-206.
- Asbjornsen, H., K. Vogt y M. S. Ashton. 2004. Synergistic responses of oak, pine and shrub seedlings to edge environments and drought in a fragmented tropical highland oak forest, Oaxaca, Mexico. *Forest Ecology and Management* 192:313-334.
- Castañeda D., S. 2003. Usos de la vegetación forestal fanerogámica de San Miguel Pipillola. Tlaxcala, México. Tesis Licenciatura, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 214 p.
- Castañeda D., S. 2007. Sucesión ecológica en San Miguel Pipillola, Españita, Tlaxcala. Tesis Maestría, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 93 p.
- Castillejos C., C.; E. Solano C. y E. Ángeles. 2007. Florística del Estado de Tlaxcala. In: Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F. p. 255-271.
- Chytrý, M., J. H. Schaminée y A. Schwabe. 2011. Vegetation survey: a new focus for applied vegetation science. *Applied Vegetation Science* 14:435-439.

- Clark, D. F.; J. A. Antos y G. E. Bradfield. 2003. Succession in suboreal forests of West-Central British Columbia. *Journal of Vegetation Science* 14(5):721-732.
- CNA. 2010. Normales Climatológicas. Consultado el 29 de junio de 2012. Disponible en línea en: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Normales5110/NORMAL29047.TXT>.
- DeWalt, S. J., S. K. Maliakal y J. S. Denslow. 2003. Changes in vegetation structure and composition along a tropical forest chronosequences: implications for wildlife. *Forest Ecology and Management* 182:139-151.
- Díaz P., F. J.; M. Equihua; V. J. Jaramillo; I. Méndez R. y C. Fragoso. 2013. Key attributes to the disturbance response of montane cloud forest trees: shade tolerance, dispersal mode and the capacity to form a seed bank. *Annals of Forest Science* 71:437-451.
- Díaz R., B.; A. Blanco G.; M. Gómez R. y R. Linding C. 2012. Filling the gap: restoration of biodiversity for conservation in productive forest landscapes. *Ecological Engineering* 40:88-94.
- Elias, R. B. y E. Dias. 2004. Primary succession on lava dome on Terceira (Azores). *Journal of vegetation Science* 15(3):331-338.
- Engle, D. M.; B. R. Coppedge y S. D. Fuhlendorf. 2008. From the Dust Bowl to the Green Glacier: Human activity and environmental change in great plains grasslands. In: *Western North American Juniperus communities. A dynamic vegetation type*. Ed. Van Auken, O.W. Springer. New York. U. S. A. pp. 253-271.
- Ern, H. 1976. Descripción de la vegetación montañosa en los estados mexicanos de Puebla y Tlaxcala. *Willdenowia. Beiheft*. p. 128.
- Flores P., A. y J. G. García F. 2008. Habitat isolation changes the beta diversity of the vascular epiphyte community in lower montane forest, Veracruz, Mexico. *Biodiversity Conservation* 17:191-207.
- Franklin, S. B.; P. A. Robertson y J. S. Fralish. 2003. Prescribed burning effects on upland *Quercus* forest structure and function. *Forest Ecology and Management* 184:315-335.
- García R., A., 2002. An evaluation of forest deterioration in the disturbed mountains of western Mexico City. *Mountain Research and Development* 22(3):270-277.
- Gao, T.; M. Hedblom, T. Emilsson y A. B. Nelse. 2014. The role of forest stand structure as biodiversity indicator. *Forest Ecology and Management* 333:82-93.

- González E., M., P. F. Quintana A., N. Ramírez M. y P. Gaytán G., 1991. Secondary succession in disturbed *Pinus-Quercus* forest in the Highlands of Chiapas, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 2(3):351-360.
- Gordon, J. E.; W. D. Hawthorne, A. Reyes G., G. Sandoval y A. J. Barrance. 2004. Assessing landscapes: a case study of tree and shrub diversity in the seasonally dry tropical forests of Oaxaca, Mexico and southern Honduras. *Biological Conservation* 117:429-442.
- Guo, Q. 2001. Early post-fire succession in California chaparral: changes in diversity, density, cover and biomass. *Ecological Research* 16:471-485.
- Halffter, G. y C. E. Moreno. 2007. Significado biológico de las diversidad alfa, beta y gamma. In: *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic, (eds.). Primera Reimpresión. SEA, CONABIO, DIVERSITAS; CONACYT. Zaragoza, España. p. 5-15.
- Hammer, Ø. y Harper, D. 2001. PAST version 2.17b. *Palaeontologia Electronica* 4(1):9.
- Islas G., J.; O. S. Magaña T. y E. Buendía R. 2008. Entorno físico, político-administrativo, social y económico de la actividad forestal. In: *Tlaxcala sus recursos forestales: Conservación, aprovechamiento y bases para su manejo sustentable*. V. Guerra de la C. y C. Mallén R. (eds.). INIFAP-CENID-COMEF, México, D. F. p. 2-28.
- Kappelle, M.; P. A. F. Kennis y R. A. J. de Vries. 1995. Changes in diversity along a successional gradient in a Costa Rican upper montane *Quercus* forest. *Biodiversity and Conservation* 4:10-34.
- Koleff, P. 2007. Conceptos y medidas de la diversidad beta. In: *Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gamma*. G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic, (eds.). Primera Reimpresión. SEA, CONABIO, DIVERSITAS; CONACYT. Zaragoza, España. p. 19-40.
- Leyva L., J. C.; A. Velázquez M. y G. Ángeles P. 2010. Patrones de diversidad de la regeneración natural en rodales mezclados de pinos. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 16(2):227-239.
- Martínez C., J., O. Téllez V. y G. Ibarra M. 2009. Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:145-156.
- Martínez y P., J. L.; G. Castillo C.; M. G. Santiago M. y L. V. Hernández C. 2011. Análisis florístico en tepetates del estado de Tlaxcala. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:623-637.
- Morin, P. J. 2005. *Community ecology*. Blackwell Science. USA. 424 p.

- Noss, R. F. 1999. Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. *Forest Ecology and Management* 115:135-146.
- Odum, E. P. y G. W. Barrett. 2006. *Fundamentos de ecología*. Cengage Learning. México, D. F. 598 p.
- Pereira S., E.; E. Hardt E. y C. E. d. S. Francisco. 2007. Floristic characterization of woody vegetation of an urban fragment of "Floresta ombrófila Mista Alto Montana" (Tropical Montane Forest), Campos do Jordao, SP. *HOLOS Environment* 7(2):154-170.
- Prach, K. 2003. Spontaneous succession in Central-European man-made habitats: what information can be used in restoration practice? *Applied Vegetation Science* 6(2):125-129.
- Rocha L., A. G.; N. Ramírez M. y M. González E. 2010. Riqueza y diversidad de árboles del bosque tropical caducifolio en la Depresión Central de Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 87:89-103.
- Rosenzweig, M. 1995. *Species diversity in space and time*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 460 p.
- Rzedowski C. de, G. y J. Rzedowski. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2 ed. CONABIO. Páztcuaro, Michoacán. 1406 p.
- Rzedowski, J. 1979. *La vegetación de México*. Limusa. México D. F. 432 p.
- Sánchez G., I.; F. J. Álvarez S. y J. Benítez M. 2010. Structure of the advanced regeneration community in tropical rain forest fragments of Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 143:2111-2118.
- Sánchez, O. 2002. Diversidad y conservación de serpientes en el país y en Tlaxcala. In: *México primer lugar mundial en reptiles*. Universidad Autónoma de Tlaxcala. Tlaxcala. p. 9-14.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. 30 de Diciembre de 2010. pp. 1-78.
- Terradas, J. 2001. *Ecología de la vegetación. De la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Omega. Madrid, España. 703 p.
- The Plant List, 2010. *The Plant List*. A working list of all plant species. Consultado el 7 de marzo de 2013. Disponible en línea en <http://www.theplantlist.org/>.

Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, supl. 85:134-142.

Anexo 4.1. Nuevos taxa de flora silvestre para Españita, Tlaxcala.

No.	Familia	Género	Especie
1	Polygonaceae	<i>Polygonum</i>	<i>Polygonum amphibium</i> var. <i>emersum</i> Michx.(= <i>Persicaria amphibia</i> (L.) Delarbre)
2	Cruciferae	<i>Rorippa</i>	<i>Rorippa mexicana</i> (DC.) Standl. & Steyerl.
3	Asteraceae	<i>Ambrosia</i>	<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.
4	Cyperaceae	<i>Elyocharis</i>	<i>Eleocharis macrostachya</i> Britton
5	Juncaceae	<i>Juncus</i>	<i>Juncus effusus</i> L.
6	Orchidaceae	<i>Corallorhiza</i>	<i>Corallorhiza ehrenbergii</i> Rchb.f. (= <i>Corallorhiza striata</i> var. <i>vreelandii</i> (Rydb.) L.O.Williams)
7	Fabaceae	<i>Astragalus</i>	<i>Astragalus strigulosus</i> Kunth
8	Passifloraceae	<i>Passiflora</i>	<i>Passiflora subpeltata</i> Ortega
9	Orchidaceae	<i>Malaxis</i>	<i>Malaxis fastigiata</i> (Rchb.f.) Kuntze
10	Rhamnaceae	<i>Ceanothus</i>	<i>Ceanothus caeruleus</i> Lag.
11	Berberidaceae	<i>Berberis</i>	<i>Berberis moranensis</i> Hebenstr. & Ludw. ex Schult. & Schult.f.
12	Rubiaceae	<i>Bouvardia</i>	<i>Bouvardia longiflora</i> (Cav.) Kunth
13	Fabaceae	<i>Lupinus</i>	<i>Lupinus mexicanus</i> Lag.
14	Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>Salix bonplandiana</i> Kunth
15	Orchidaceae	<i>Prescottia</i>	<i>Prescottia tubulosa</i> (Lindl.) L.O.Williams
16	Orchidaceae	<i>Habenaria</i>	<i>Habenaria guadalajarana</i> S.Watson
17	Cyperaceae	<i>Helyocharis</i>	<i>Eleocharis montana</i> (Kunth) Roem. & Schult.
18	Juncaceae	<i>Juncus</i>	<i>Juncus arcticus</i> var. <i>mexicanus</i> (Willd. ex Schult. & Schult.f.) Balslev
19	Asteraceae	<i>Verbesina</i>	<i>Verbesina virgata</i> Cav.
20	Pontederiaceae	<i>Eichhornia</i>	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms
21	Solanaceae	<i>Nicotiana</i>	<i>Nicotiana glauca</i> Graham
22	Pteridaceae	<i>Pellaea</i>	<i>Pellaea cordifolia</i> (Sessé & Moc.) A.R. Sm.
23	Polypodiaceae	<i>Pleopeltis</i>	<i>Pleopeltis polylepis</i> (Roem. ex Kunze) T. Moore
24	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris</i>	<i>Thelypteris pilosa</i> (M. Martens & Galeotti) Crawford
25	Pteridaceae	<i>Pellaea</i>	<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link
26	Lemnaceae	<i>Lemna</i>	<i>Lemna gibba</i> L.
27	Polygalaceae	<i>Monnina</i>	<i>Monnina ciliolata</i> DC.
28	Monotropaceae	<i>Monotropa</i>	<i>Monotropa hypopitys</i> L.
29	Loranthaceae	<i>Cladocolea</i>	<i>Cladocolea loniceroides</i> (Tiegh.) Kuijt
30	Orchidaceae	<i>Govenia</i>	<i>Govenia liliacea</i> (La Llave) Lindl.
31	Asteraceae	<i>Cosmos</i>	<i>Cosmos atrosanguineus</i> (Hook.) A. Voss

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES

Los cinco fragmentos tienen densidades, composiciones y estructuras forestales que les confieren fisonomías particulares, en cuanto a cobertura de copa, composición arbórea y regeneración. La composición y las evidencias de vegetación relictual en el fragmento El Ocotil hacen suponer que la tendencia de la vegetación madura en la zona de estudio corresponde a bosques de encino, un tipo de vegetación méxico. La frecuencia de plántulas por especies arbóreas en cada fragmento presenta patrones diferenciales. La exclusión del pastoreo o la presencia del fuego en algunos de los fragmentos ha facilitado que la regeneración se establezca favoreciendo especies como *Arbutus xalapensis* o *Juniperus deppeana*. Por otro lado, se aportan algunos elementos y referencias bibliográficas que indican que *Juniperus deppeana* por si solo constituye un tipo de vegetación madura y no una etapa sucesional secundaria, por lo que se recomienda estudiar más a fondo el tema.

La zona de estudio tiene potencial para la conservación de diversidad vegetal, ya que se distinguieron cuatro de los nueve tipos de vegetación descritos para el estado y alberga poco más del 20% de la flora reportada para el estado de Tlaxcala. La información generada en este trabajo servirá como un referente para realizar programas de conservación, manejo y monitoreo de los remanentes forestales. Así mismo, es una herramienta importante para ejecutar acciones de restauración, porque la restauración de los bosques templados requiere del conocimiento de los procesos sucesionales y parámetros de referencia. Se puede decir que las características de los suelos tienen una relación directa con las actividades que se llevan a cabo en los fragmentos forestales, por lo que se deben diseñar experimentos específicos que estudien la dinámica de los nutrientes en el suelo en los ecosistemas forestales con disturbio.

La diversidad α en cada fragmento indica que éstos son diferentes en composición y, que aunque los fragmentos más grandes tienen diferentes tipos de vegetación, ésta puede responder a disturbios puntuales dentro del fragmento. El índice de diversidad β indica el grado en que las especies se traslapan y puede usarse para definir una cronosecuencia vegetal de la zona. Además, de acuerdo al índice de diversidad β se propone la conservación de estos fragmentos ya que éstos complementan la diversidad vegetal de la zona. Los fragmentos forestales con vegetación secundaria son capaces de mantener una riqueza florística

importante que suele pasar desapercibida por el carácter secundario de la vegetación, pero es recomendable seguir haciendo trabajos de investigación para conocer mejor los recursos y definir una lista florística para la zona. Con este trabajo se agregan 31 nuevos taxa que enriquecen la lista florística en la zona de estudio.