



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES**

Centro de Ciencias Agropecuarias

**Estructura y dinámica de comunidades vegetales de
bosque tropical seco en el municipio de Calvillo,
Aguascalientes, México.**

Tesis

Que Presenta

Ing. Jesús Abad Argumedo Espinoza

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agronómicas

Comité Tutorial:

Dr. Joaquín Sosa Ramírez

Dr. Vicente Díaz Núñez

Dr. Diego Rafael Pérez Salicrup

Dra. María Elena Siqueiros Delgado

Aguascalientes, Ags. 18 noviembre de 2015



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

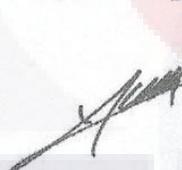
OFICIO NO. CCA-D-111500-327-15

DRA. GUADALUPE RUÍZ CUÉLLAR
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
P R E S E N T E.

Por medio del presente me permito comunicarle a usted que la tesis titulada "ESTRUCTURA Y DINÁMICA DE COMUNIDADES VEGETALES DE BOSQUE TROPICAL SECO EN EL MUNICIPIO DE CALVILLO, AGUASCALIENTES, MÉXICO", del alumno **C. JESÚS ABAD ARGUMEDO ESPINOZA**, egresado de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, respeta las normas y lineamientos establecidos institucionalmente para su elaboración y su autor cuenta con el voto aprobatorio de su tutor y comité tutorial.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Jesús María, Ags., 12 de Noviembre del 2015.
"Se Lumen Proferre"


Centro de Ciencias
Agropecuarias

M. en C. GABRIEL ERNESTO PALLÁS GUZMÁN
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

c.c.p. C.P. Ma. Esther Rangel Jiménez.- Jefa del Departamento del Control Escolar
c.c.p. Sección de Certificados y Títulos
c.c.p. Secretario Técnico
c.c.p. Estudiante
c.c.p. Archivo



MC. Gabriel Ernesto Pallás Guzmán
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias
Presente

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta el Ing. **Jesús Abad Argumedo Espinoza** denominado:

“Estructura y dinámica de comunidades vegetales de bosque tropical seco en el municipio de Calvillo, Aguascalientes, México”.

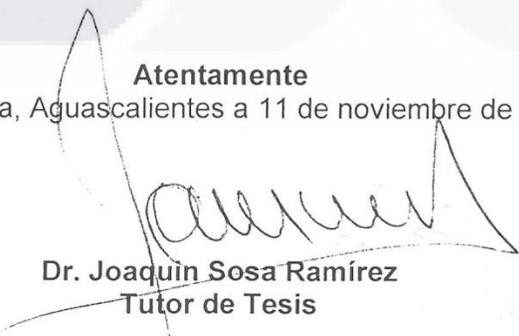
Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias dentro del Programa de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, a partir de lo cual considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el exámen de grado correspondiente.

Por lo anteriormente expresado, otorgo mi voto aprobatorio para la impresión de la tesis con el propósito de que se pueda continuar con los tramites correspondientes.

Se extiende la presente para los tramites administrativos necesarios para el interesado

Atentamente

Jesús María, Aguascalientes a 11 de noviembre de 2015



Dr. Joaquín Sosa Ramírez
Tutor de Tesis



"2015. Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón".

Gerencia Estatal de Aguascalientes
Oficio No. CNF/GEA/2015
Aguascalientes, Ags., a 12 de noviembre de 2015.

Maestro
Gabriel Ernesto Pallás Guzmán
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias
Presente

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta el Ing. Jesús Abad Argumedo Espinoza denominado:

"Estructura y dinámica de comunidades vegetales de bosque tropical seco en el municipio de Calvillo, Aguascalientes, México".

Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias dentro del Programa de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, a partir de lo cual considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el exámen de grado correspondiente.

El documento cuenta con la calidad académica y técnica suficiente para ser defendida con éxito, por lo que con beneplácito otorgo mi **VOTO PROBATORIO** para la impresión de la tesis con el propósito de que se pueda continuar con los trámites correspondientes.

Se extiende la presente para los trámites administrativos necesarios para el interesado

Atentamente
Aguascalientes, Aguascalientes a 11 de noviembre de 2015

Dr. Vicente Díaz Nuñez
Integrante del Comité Tutoral
Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (CONACyT-SNI)

Av. Las Américas #1608, 1º y 2º. Piso, Fracc. Valle Dorado.
Aguascalientes, Ags., C.P. 20235
Teléfonos: (449) 971-95-21, 913-19-81 y 978-93-23
Correo electrónico: vicente.diaz@conafor.gob.mx
Página 1 de 2



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD UNAM

MC. Gabriel Ernesto Pallás Guzmán
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias
Presente

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta el Ing. **Jesús Abad Argumedo Espinoza** denominado:

"Estructura y dinámica de comunidades vegetales de bosque tropical seco en el municipio de Calvillo, Aguascalientes, México".

Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias dentro del Programa de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, a partir de lo cual considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el examen de grado correspondiente.

Por lo anteriormente expresado, otorgo mi voto aprobatorio para la impresión de la tesis con el propósito de que se pueda continuar con los trámites correspondientes.

Se extiende la presente para los trámites administrativos necesarios para el interesado

Atentamente

Morelia, Michoacán, a 12 de noviembre de 2015

Diego R. Pérez Salicrup
Integrante del Comité Tutorial

Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8091
Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta
C.P. 58190, Morelia, Michoacán, México
Teléfono +52 (443) 322 27 84
Desde el D.F. 5633 2784
www.iies.unam.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

MC. Gabriel Ernesto Pallás Guzmán
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias
Presente

Con fundamento en el artículo 175, apartado II del Reglamento General de Docencia, le comunico que he revisado el trabajo de tesis que presenta el Ing. **Jesús Abad Argumedo Espinoza** denominado:

“Estructura y dinámica de comunidades vegetales de bosque tropical seco en el municipio de Calvillo, Aguascalientes, México”.

Como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias dentro del Programa de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, a partir de lo cual considero que el trabajo cumple con los requisitos para ser presentado y discutido en el exámen de grado correspondiente.

Por lo anteriormente expresado, otorgo mi voto aprobatorio para la impresión de la tesis con el propósito de que se pueda continuar con los tramites correspondientes.

Se extiende la presente para los tramites administrativos necesarios para el interesado

Atentamente

Aguascalientes, Aguascalientes a 11 de noviembre de 2015

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'María Elena Siqueiros Delgado'.

María Elena Siqueiros Delgado
Integrante del Comité Tutorial

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes por ser una fuente de preparación y conciencia de los nuevos profesionales

Al Ilustre Centro de Ciencias Agropecuarias a su personal docente y administrativo que me formó como estudiante dentro de su honorable campus.

Al Programa nacional de Postgrados de Calidad de CONACYT al cual que permitió me otorgaran la beca para llevar acabo mis estudios. Así como también al proyecto financiado con recursos económicos provenientes del proyecto de investigación funcionamiento, conservación y manejo de bosques tropicales y matorrales semi-áridos en dos regiones de Aguascalientes (PIAG/RN 14-3) de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y del Proyecto CONACYT-REDES TEMATICAS-194637: "Investigación Integral de las necesidades, problemáticas y oportunidades Ambientales, Económicas y Sociales en las Áreas Naturales Protegidas de México: un enfoque integral, multiinstitucional e interdisciplinario para el Desarrollo Sustentable".

A todos los integrantes de mí estimado Comité Tutoral que siempre estuvo al pendiente de este proyecto en los momentos críticos del desarrollo del trabajo de campo y en el análisis de resultados.

Al Dr. Joaquín Sosa Ramírez por su acertada dirección e intensa formación teórica impartida me dieron las bases que me permitieron llevar este proyecto a una buena conclusión.

Al Dr. Vicente Díaz Núñez por su gran apoyo en el análisis y síntesis de resultados así como su profesionalismo para empujarme fuera de mis límites del conocimiento y experiencia.

Al Dr. Diego Pérez Salicrup por brindarme una instrucción muy focalizada en cuanto a la dirección, objetivos y alcances de proyecto, así como su guía y experiencia en bosques tropicales.

A la Dra. María Elena Siqueiros Delgado por sus sugerencias, observaciones al trabajo de tesis y su invaluable apoyo en la Identificación de las especies colectadas en campo.

A los técnicos de campo Ubaldo y Luis Carlos por su valioso e indispensable apoyo en la colecta de información de campo. Así como también al Biólogo Julio Delgado curador del herbario UAA y al Mc. José Carlos por el apoyo en la identificación de las especies vegetales de sus campos de experiencia.

A todos mis colegas y compañeros de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias por contagiarme con su alegría, apoyo y camaradería cerrando así un ciclo de conocimiento fructífero en muchos aspectos.

DEDICATORIAS

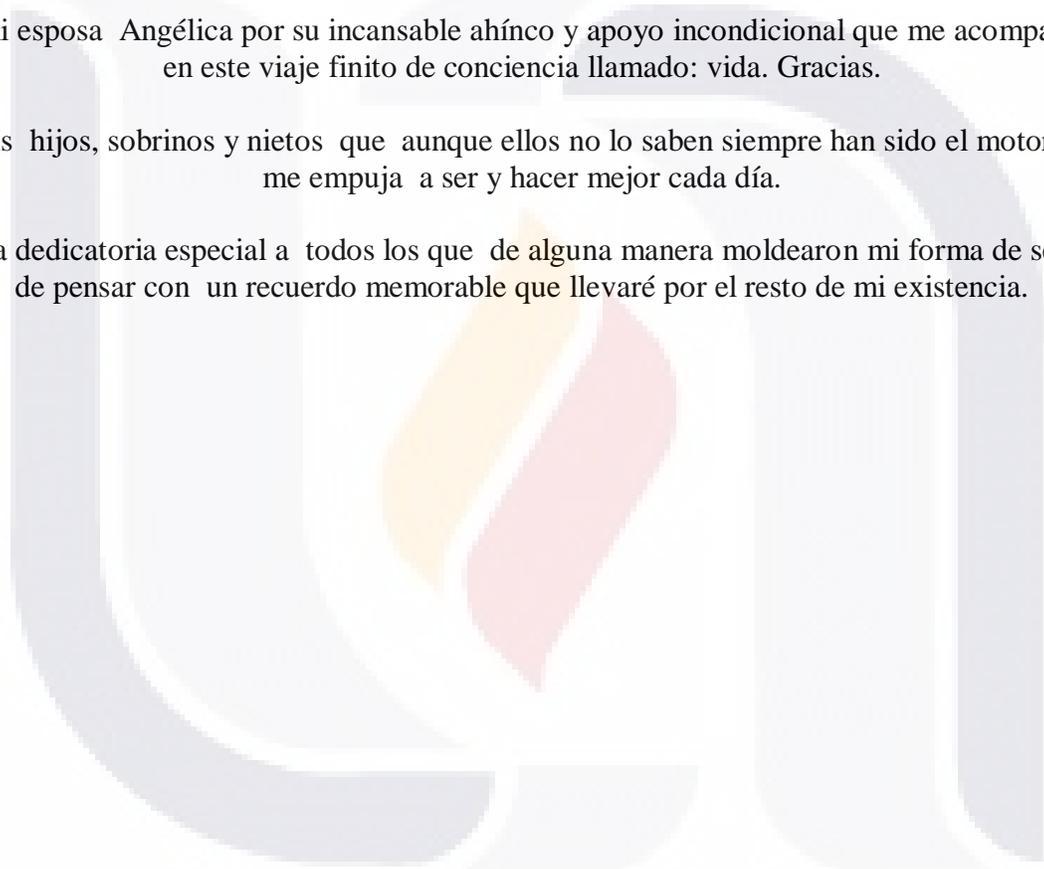
Dedico este trabajo a quien siempre me impulsó a superarme y a estudiar día tras día y que lamentablemente no pudo ver culminado este proyecto... Gracias Padre.

A mi madre, hermanos y familia que me rodean y que siempre han sido el pilar y luz de inspiración para enfrentar nuevos retos.

A mi esposa Angélica por su incansable ahínco y apoyo incondicional que me acompañan en este viaje finito de conciencia llamado: vida. Gracias.

A mis hijos, sobrinos y nietos que aunque ellos no lo saben siempre han sido el motor que me empuja a ser y hacer mejor cada día.

Una dedicatoria especial a todos los que de alguna manera moldearon mi forma de ser y de pensar con un recuerdo memorable que llevaré por el resto de mi existencia.



Resumen general

El trabajo de “Estructura y dinámica de comunidades vegetales de bosque tropical seco en el municipio de Calvillo, Aguascalientes, México”. Consta de tres secciones, que conforman cada uno un manuscrito en formato de publicación científica.

En el primer capítulo se aborda la información relacionada con los Bosques tropicales secos y su distribución desde una perspectiva amplia en el territorio nacional así como también los principales agentes de disturbio, sus efectos biogeoquímicos en el BTS a escalas nacional y local específicamente en el Ejido Terrero de la Labor en calvillo, Aguascalientes, México.

El segundo capítulo se aborda el estudio de la abundancia, riqueza y diversidad de especies vegetales presentes en los diferentes ecosistemas del BTS del terrero de la labor. Partiendo desde la riqueza de familias y géneros presentes y concluyendo con análisis de la distribución y abundancia de las especies presentes. Con los datos derivados de la riqueza de especies se llevaron a cabo los diferentes análisis de diversidad y que están relacionados con los factores ecológicos de sitio donde se llevaron a cabo los muestreos de campo; tales como: exposición y altitud.

El tercer capítulo trata de un registro detallado de la dinámica del paisaje sobre la base de la interpretación de ortofotos e imágenes satelitales a nivel local en la BTS del Ejido Terrero de la Labor. La definición (forma y cobertura) de los diferentes parches detectados en la interpretación de la primera serie de tiempo y modificados hasta 2010 (polígonos de cambio). El fundamento base de este proceso fue la preservación de la primera referencia de tipología de parches creados a partir de las serie de tiempo con el fin de analizar la evolución de la dinámica de los cambios en el paisaje en las últimas cuatro décadas en intervalos aproximados de 20 años tomando como base de referencia la imagen de 1970.

General Abstract

The paperwork of "Structure and dynamics of plant communities of Tropical Dry Forest (TDF) in the municipality of Calvillo, Aguascalientes, Mexico consists of three sections that make each format a manuscript in scientific publication.

In the first chapter the information related to dry tropical forests and its distribution is approached from a national perspective in the country as well as the main agents of disturbance, their biogeochemical effects on the TDF at national and local level in the Ejido Terrero de la Labor in Calvillo, Aguascalientes, Mexico.

The second chapter the study of abundances, richness and diversity of plant species in different ecosystems from the TDF in Ejido Terrero de la Labor is addressed. Starting from the richness of families and genera present in the TDF and ending with analysis of the distribution and abundance of species. With the data derived from the species richness different analyzes of diversity were carried out and these ones are close related to ecological factors where field sampling data took place such factors as: exposure and altitude.

The third chapter deals with a detailed record of landscape dynamics based on the interpretation of orthophotos and satellite images locally in the TDF of Ejido Terrero de la Labor. The definition (shape and coverage) of the different patches detected in the interpretation of the first series of time and modified up to 2010 (polygons change).It was the corner stone of this process preserving the first typology reference of patches created at the beginning of the time series; in order to analyze the evolution of the dynamic of changes in the landscape over the past four decades in every 20 years interval taking as baseline the 1970 image.

Índice de contenido

Resumen general.....iii

General Abstract.....iv

Índice de cuadrosvi

Índice de figurasvii

CAPITULO I. Estado actual y disturbios asociados al Bosque Tropical Seco en México. 1

1.1 Introducción 1

1.2 Distribución del BTS en México 3

1.3 Estado Actual de los BTS en Mexico. 6

1.4 Disturbios Asociados al BTS. 8

 1.4.1 Disturbios naturales..... 9

 1.4.2 Disturbios Antropogénicos 10

1.5. Efectos Biogeoquimicos de los disturbios en el BTS..... 12

1.6 Disturbios Asociados al BTS en el ejido Terrero de la Labor, Calvillo, Ags. 15

1.7 Referencias bibliográficas..... 19

CAPITULO II. Riqueza y diversidad en bosque tropical seco de calvillo, Aguascalientes, México. 26

Resumen 26

Abstract..... 28

2.1 Introduccion. 29

2.2 Materiales y métodos..... 32

 2.2.1 Área de estudio. 32

 2.2.2 Selección de los sitios y diseño del esquema de muestreo 32

 2.2.3. Identificación y caracterización de los sitios para la determinación de la riqueza y abundancia de las especies leñosas 34

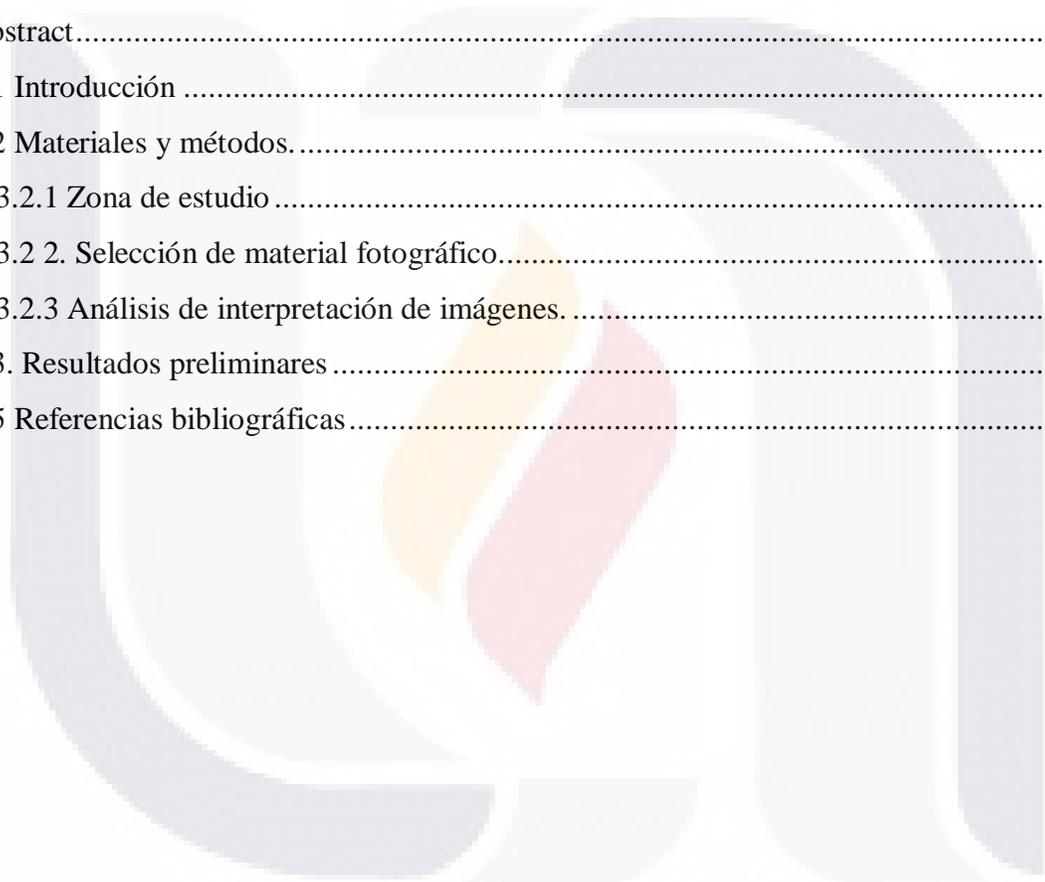
 2.2.4. Distribución y abundancia de especies en el BTS. 36

 2.2.5. Identificación de especies y listados Florísticos. 37

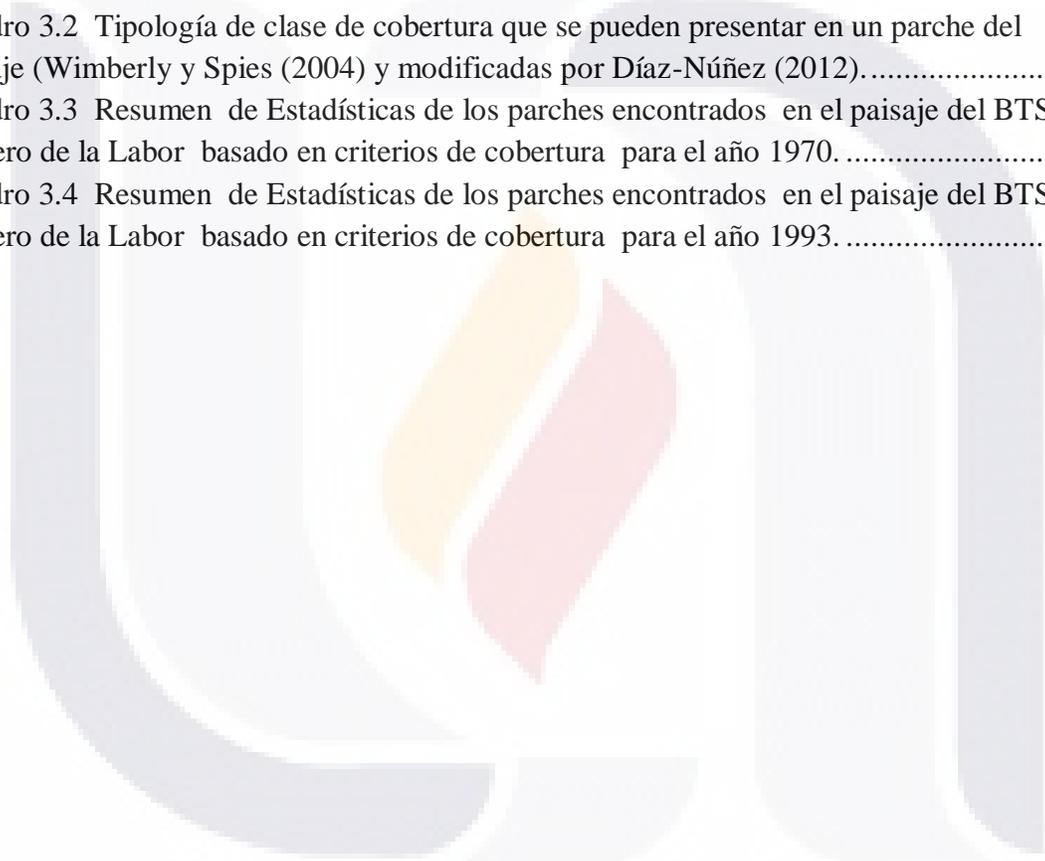
 2.2.6. Análisis de la información 37

2.3 Resultados 38

2.3.1 Riqueza de especies.....	38
2.3.2 Biodiversidad del BTS.	42
2.4 Discusión.....	44
2.5 Conclusiones	47
2.6. Referencias bibliográficas.....	48
CAPITULO III. Análisis de la dinámica del paisaje en el Boque Tropical Seco del Ejido Terrero de la Labor, Calvillo, Aguascalientes, México.....	51
Resumen.	51
Abstract.....	52
3.1 Introducción	53
3.2 Materiales y métodos.....	56
3.2.1 Zona de estudio	56
3.2.2. Selección de material fotográfico.....	57
3.2.3 Análisis de interpretación de imágenes.....	58
3.3. Resultados preliminares	60
3.5 Referencias bibliográficas.....	63



Índice de Cuadros	Páginas
Cuadro 1.1 Consecuencias funcionales del disturbio antrópico del Bosque Tropical	13
Cuadro 2.1 Distribución de los muestreos de acuerdo al diseño planteado.	35
Cuadro 2.2 Diversidad de especies leñosas asociadas al Bosque Tropical Seco de Calvillo, Aguascalientes	43
Cuadro 2.3 Índices de diversidad de acuerdo a la altitud de los sitios	44
Cuadro 2.4 Índices de diversidad de acuerdo a las pendientes de los sitios	44
Cuadro 3.1 1 Tipología de cambios que se pueden presentar en un paisaje para clasificación la trayectoria sucesional de fragmentos o parches (adaptado de Kennedy y Spies, 2004).	59
Cuadro 3.2 Tipología de clase de cobertura que se pueden presentar en un parche del paisaje (Wimberly y Spies (2004) y modificadas por Díaz-Núñez (2012)).	60
Cuadro 3.3 Resumen de Estadísticas de los parches encontrados en el paisaje del BTS del Terrero de la Labor basado en criterios de cobertura para el año 1970.	61
Cuadro 3.4 Resumen de Estadísticas de los parches encontrados en el paisaje del BTS del Terrero de la Labor basado en criterios de cobertura para el año 1993.	62



Índice de figuras	Páginas
Figura 1.1 Distribución Global de los bosques tropicales caducifolios en el año 2000. Basado en reinos biogeográficos. Olson <i>et al.</i> , (2001)	1
Figura 1.2 Distribución del BTS en México en dos fases de conservación destruido y actual.(Fuentes: Vegetación potencial a partir de Rzedowsky, 1978 modificada por trejo,1999;Vegetacion Actual a partir de Inventario nacional Forestal 2000.(división marco geoestadístico 2010, INEGI).	3
Figura 2.1 Ubicación del área de trabajo. (A) México como país, (B) Aguascalientes, (C) Municipio de Calvillo y (D) Ejido Terrero de la labor	32
Figura 2.2 Representación geográfica del Bosque Tropical Seco del ejido el Terrero de la Labor en el municipio de Calvillo, Aguascalientes	33
Figura 2.3 Distribución de puntos de muestreo en el BTS del ejido Terrero de la Labor ...	34
Figura 2.4 Colecta de material botánico y prensado para identificación.	37
Figura 2.5 Familias y número de géneros presentes en el BTS del Terrero de la Labor	39
Figura 2.6 Distribución de los géneros con mayor representación en el paisaje del BTS del Terrero de la Labor.	39
Figura 2.7 Especies mejor representadas en el BTS del Terrero de la labor.....	40
Figura 2.8 Especies más abundantes en los sitios de muestreo.	41
Figura 2.9 Curva de acumulación de especies por sitios de muestreo del BTS.....	41
Figura 2.10 Curva de rarefacción que describe el comportamiento del número de especies presentes vs. Sitios de muestreo	42
Figura 3.1 Tipología de coberturas de los parches encontrados en 1970 en el BTS del ejido Terrero de la Labor.....	61
Figura 3.2 Tipología de coberturas de los diferentes parches encontrados en 1993 en el BTS del ejido Terrero de la Labor.....	62

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Capítulo I. Estado actual y disturbios asociados al Bosque Tropical Seco en México.

1.1 Introducción

Los Bosques Tropicales Secos (BTS de aquí en adelante) se desarrollan en regiones que se encuentran generalmente entre 20 y 10° de latitud a ambos lados del Ecuador y se caracterizan por presentar siempre una larga temporada de sequía. Estos bosques son definidos como aquellos que pierden entre el 50 y el 100% del follaje en la época de estiaje, presentan una cobertura de dosel mayor al 30%, tienen predominancia de especies de hoja ancha las cuales ocupan más del 75% del dosel, y se desarrollan por debajo de los 1 200 msnm. Aunque los BTS de la regiones tropicales y subtropicales son menos diversos que los bosques tropicales húmedos, en ellos se concentra una gran variedad de especies de flora y fauna, muchas de las cuales presentan extraordinarias adaptaciones a las presiones climáticas (Olson *et al.*, 2000).

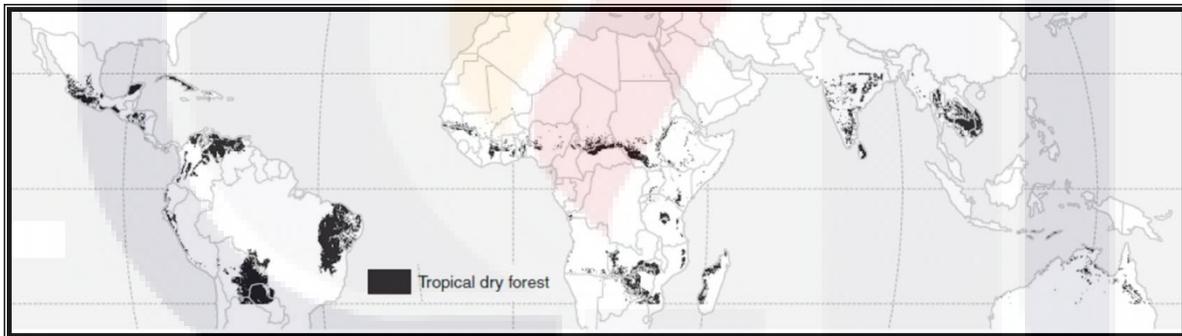


Figura 1.1 Distribución Global de los bosques tropicales caducifolios en el año 2000. Basado en reinos biogeográficos. Olson *et al.*, (2001)

El planeta ocupa una superficie continental de 130 740 587 km², de los cuales 35% corresponden a Bosques tropicales y Bosques templados. Los BTS cubren una superficie total de 3, 178 000 km², lo que representa sólo el 2.4% de la superficie terrestre de la Tierra (figura 1) y el 7% de la superficie cubierta por bosques (PNUMA-CEPAL, 2001) .El 8.8% de la superficie de América Latina y el Caribe corresponde a este bioma (PNUMA-CEPAL, 2001).

En el trabajo de Olson *et al.* (2001) se definen a escala mundial 8 reinos biogeográficos y 14 biomas con un total de 867 ecorregiones. Una ecorregión es una unidad territorial terrestre o acuática, relativamente extensa, que contiene un conjunto distintivo de comunidades naturales que comparten entre sí la mayoría de las especies, dinámicas y condiciones ambientales. Los BTS tienen una amplia distribución mundial. Cerca de 42% de los bosques tropicales corresponden a comunidades de plantas en condiciones secas y estacionales (Murphy y Lugo, 1986); No obstante, hasta ahora la mayor parte de los esfuerzos científicos se han enfocado a los bosques tropicales húmedos dando muy poca atención en los secos (Mooney *et al.*, 1995), a pesar de que su degradación es similar a la que se presenta en las zonas tropicales húmedas y, de acuerdo con algunos autores, sólo una pequeña proporción de la cobertura original permanece relativamente intacta (Gentry, 1995; Janzen, 1988; Murphy y Lugo, 1995).

También se ha manejado el concepto de selvas secas el cual es controvertido debido a la confusión que induce el término y a las diferencias en la concepción de los autores, de manera que, en ocasiones, no se conoce con certeza cuáles comunidades se incluyen en este rubro. Las nominaciones más comunes, además de selvas secas o selvas bajas caducifolias, incluyen las de bosque tropical seco (BTS) (Gentry, 1982) y bosque tropical seco estacional (Bullock *et al.*, 1995). Por su parte, Pennigton *et al.*, (2000) hicieron una descripción detallada y una distinción entre los bosques tropicales secos y otras comunidades, como las sabanas o los matorrales espinosos, que para algunos autores se incluyen en las selvas secas.

Para los fines de este trabajo se toma en consideración el concepto de BTS y donde sus comunidades naturales son dominados por árboles de baja estatura con una cubierta más o menos continua del dosel, que habitan en sitios con lluvia anual menor a los 1 600 mm al año, y en donde se experimenta una gran estacionalidad, manifestada por la concentración de la lluvia en pocos meses y, al menos durante cinco, tienen lluvias menores a 100 mm— y donde la mayor parte de la vegetación pierde las hojas en la época seca. Murphy y Lugo (1995) definen que la distribución y fisonomía de los BTS están determinados, fundamentalmente, por las condiciones climáticas en las que se establecen.

Los BTS se consideran, en general, menos complejos estructuralmente y con menor diversidad que los bosques tropicales húmedos (Gentry, 1995) aunque, en ocasiones, la

riqueza de especies que albergan algunos sitios puede ser comparable (Gentry, 1982, 1988; Hubbell, 1979; Janzen, 1988). Estudios pioneros (Gentry, 1982; 1988; 1995; Janzen, 1988) han resaltado la importancia de las investigaciones dirigidas a mejorar el conocimiento de estas comunidades tropicales.

1.2 Distribución del BTS en México

El BTS de México es el bastión más norteño de la distribución tropical en el continente americano, de acuerdo con lo que reportan diversas fuentes (Bullock *et al.*, 1995; Gentry, 1988), también ocupan una buena extensión en Latinoamérica. Estas comunidades naturales de vegetación tienen una amplia distribución en México, extendiéndose desde el paralelo 29° de latitud Norte (Búrquez *et al.*, 1999) hasta la frontera con Guatemala, en el sur del país (Figura 1.2).



Figura 1.2 Distribución del BTS en México en dos fases de conservación destruido y actual.(Fuentes: Vegetación potencial a partir de Rzedowsky, 1978 modificada por trejo,1999;Vegetacion Actual a partir de Inventario nacional Forestal 2000.(división marco geoestadístico 2010, INEGI).

Preferentemente se establecen en la vertiente pacífica, con importantes entrantes en las cuencas de los ríos Lerma- Santiago y Balsas, aun cuando también están representadas en

manchones discontinuos en la vertiente del Golfo y en la península de Yucatán. La amplia distribución geográfica de los BTS en México, así como la heterogeneidad en las condiciones físicas en las que se establece, dificulta en gran medida el reconocimiento de las variantes fisonómicas de este ecosistema vegetal

La amplia distribución latitudinal de los BTS está acompañada de una importante distribución altitudinal. En las costas del sur de México, desde Nayarit hasta Chiapas, se presenta al nivel del mar, mientras que desde Sinaloa hasta su límite de distribución en Sonora central, se aleja gradualmente de la costa hasta aparecer solamente en elevaciones mayores a 500 msnm. En el sureste mexicano se les encuentra desde el nivel del mar hasta elevaciones cercanas a los 2 000 msnm, aunque más comúnmente están presentes en elevaciones menores a los 1 500 msnm (Rzedowski, 1978). Conforme se avanza hacia el norte del país, esta banda de BTS se hace más angosta; por un lado, porque la precipitación es más escasa en los ambientes costeros y, por el otro, porque la línea de temperaturas de congelación especialmente a partir de la línea del Trópico de Cáncer está presente cada vez a menor elevación (Shreve, 1937). Un poco al norte del trópico, el BTS comienza a replegarse hacia las montañas. Al alejarse de la costa, es reemplazado por matorrales espinosos costeros ("*coastal thornscrub*") y, tierra adentro, lo sustituyen los matorrales espinosos del piedemonte ("*foothills thornscrub*"). A los 26° N, en la frontera entre Sonora y Sinaloa, es raro encontrar BTS por debajo de la cota de 250 msnm o por arriba de los 1200 msnm y en sus límites de distribución en Sonora central, entre 29 y 30° N, el BTS apenas está presente entre 600 y 900 msnm de elevación (Búrquez *et al.*, 1999).

A todo lo largo de la costa del Pacífico se presentan notables fajas ecotonales entre los BTS y los encinares (Trejo, 1998; L. Varela, com. pers.). En las áreas más secas con exposición sur, son comunes las especies xerofíticas, como las cactáceas columnares y muchas especies de leguminosas y euforbiáceas. De los matorrales xerófitos del Desierto Sonorense, de los matorrales costeros del sur de Sonora y Sinaloa, y de las asociaciones de matorrales comunes en las zonas áridas de Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca, que incluyen cazahuatales, cuajiotales y otras asociaciones que no se han agrupado como BTS por su estatura, cobertura o espectros de formas de vida. Estas comunidades de muy diversa índole se han agregado dentro de los matorrales xerófilos (Rzedowski, 1978), y se ha hipotetizado que representan ecotonos entre BTS y los matorrales desérticos.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Esto es aún más complicado cuando las áreas que se intentan describir están cerca de los contactos con comunidades distintas a los BTS pero que por su componentes florísticas y fisonómicos pueden confundirse, y esto se hace evidente al analizar la superficie cubierta por estas comunidades, de acuerdo con distintas fuentes cartográficas que de algún modo, podría interpretarse como la pérdida de cobertura y que sin embargo, al parecer, más bien se relaciona con diferencias en la definición de las tipos de BTS y sus variantes incluidas.

La delimitación del BTS en sus límites superiores de elevación es relativamente sencilla pues se circunscribe a sitios por debajo de una isoterma de temperatura mínima cercana a los 0° C durante el invierno. Esta isoterma impone una frontera física a la mayoría de las especies de origen tropical; No obstante la separación de los BTS de los matorrales es muy subjetiva y está plagada de problemas de interpretación. Por ejemplo, en el sur de Sonora diversos autores han discutido la localización de las fronteras entre el matorral desértico y el BTS sin lograr un acuerdo satisfactorio (Búrquez *et al.*, 1999; Martínez- Yrizar *et al.*, 2000). Un caso similar se presenta en el Valle de Tehuacán (Osorio *et al.*, 1996) y en las comunidades relicto de BTS del Bajío Guanajuatense y de Querétaro.

Las dificultades para delimitar los matorrales han sido claramente enunciadas por Rzedowski (1978), quien recalca que los matorrales no pueden delimitarse con precisión porque se transforman de manera imperceptible en BTS, desiertos o pastizales. El problema en denominar al BTS como una categoría discreta de vegetación es complicado dentro de un *continuum* de ecosistemas vegetales y porque es extremadamente difícil invocar ecotonos de matorral entre desierto y BTS que pueden extenderse por miles de hectáreas formando fajas cuya anchura se mide en decenas de kilómetros. La interpretación de imágenes de satélite o de fotografías aéreas excluyen importantes áreas de BTS en un análisis muy estricto, mientras que en un análisis laxo incluyen porciones de aquellos matorrales que presentan mayor complejidad estructural en términos de cobertura y altura.

Cualquier intento de estimación de superficies cubiertas por BTS sufrirá de subestimación o sobrestimación, dependiendo del criterio para segregar a los matorrales de los BTS propiamente dichos. Por otra parte en presencia de algunos factores de perturbación, dependiendo de su magnitud e intensidad (Calderon-Aguilera *et al* 2012.) los BTS generalmente se degradan a matorrales. Asimismo, al momento de trasladar la interpretación de información de imágenes analógicas o digitales en mapas de vegetación

de las regiones del BTS cerca de su límite, tanto altitudinal como latitudinal, son por lo general excluidas de la clasificación y relegadas a categorías de matorral o encinar. Sin una verificación de campo, estas decisiones pueden excluir rodales únicos de BTS de los propósitos de conservación y delimitación de áreas prioritarias para la conservación. Ante un escenario donde la interpretación y separación de otros tipos de vegetación es difícil y donde la comunidad que se pretende proteger está bajo severa presión, es recomendable incluir a los matorrales mejor estructurados.

En el estado de Aguascalientes el BTS se localiza principalmente en el municipio de Calvillo, dadas sus características climáticas, geológicas y de relieve accidentado propias de la región. Esto permite que el BTS se interne a través de los cañones de estas áreas. Particularmente el BTS del Ejido Terrero de la Labor se encuentra en esta situación ya que se localiza en la parte más alta de la cuenca del Río Verde que a su vez es tributario de la macro cuenca que constituyen los ríos Lerma y Santiago. Estos BTS que se distribuyen desde los 400 msnm hasta los 2300 msnm (McVaugh y Rzedowski, 1966) donde inician los encinares, están localizados en una zona muy poco estudiada aunque existen colectas desde 1897 por E.W. Nelson. y E. W. Goldman (1904) En las pocas colectas llevadas a cabo se encontraron desde su inicio cuatro especies nuevas en sólo dos familias, en los géneros *Lonchocarpus*, *Harpalyce*, *Esenbeckia* y *Brongniartia*.

1.3 Estado Actual de los BTS en Mexico.

Los BTS originalmente ocuparon alrededor del 27% del país (Rzedowski,1990), de las cuales alrededor de 50% corresponden a los caducifolios y 11% a las subcaducifolios. Sin embargo, una serie de factores como la expansión de los asentamientos humanos, el crecimiento de la población o las actividades productivas, han derivado en procesos de deforestación, fragmentación y degradación de estos ecosistemas.

En este contexto se deduce que, de acuerdo con lo propuesto por Rzedowski (1990) y modificado por Trejo y considerando la distribución actual de las comunidades de bosque tropical seco, la superficie que éstos ocupaban en la vertiente pacífica de México era de 266 000 km²; de esto se considera que 227 000 km² (85%), son áreas en las que domina el

componente caducifolio del BTS y el 15% restante (39 000 km²) corresponde a zonas en las que predominan los BTS subcaducifolios.

Conocer cuáles son las tasas de deforestación y los niveles de degradación en estos BTS es una labor aún pendiente, debido a que no existe la información disponible que pueda compararse entre sí. Para lograrlo, es necesario contar con la representación espacial de los BTS en fechas distintas y que haya surgido de fuentes y resoluciones comparables, así como un criterio homogéneo para su interpretación.

Por ejemplo, existen algunos datos para el estado de Morelos, que indican que 57.3% de su superficie originalmente estaba cubierta por BTS, para quedar reducida, en 1973, a 27.9% y, en 1989, a 22% (Trejo y Dirzo, 2000). Esto representa una tasa de deforestación de 1.4% anual; sin embargo, no puede aplicarse en forma general a otras regiones del país.

Si se considera al Inventario Nacional Forestal realizado en el año 2000, en ese año quedaban en la vertiente del Pacífico alrededor de 142 000 km² de BTS, lo que corresponde a 53% de su cobertura original. Esto significa que su población ha disminuido de 46% de los BTS caducifolios y 62% de las subcaducifolios del Pacífico mexicano. Existen zonas en las que el cambio de uso del suelo ha sido determinante, como en el caso de la región del Bajío y en la depresión o en la Costa de Chiapas, donde la reducción de la superficie ocupada por los BTS es muy severa. Estas comunidades naturales han sido convertidas en zonas de cultivo o pastizales. La situación de los BTS es más compleja si se considera el estado de conservación de los que están en pie y que corresponde analizarlos en profundidad para comprender el origen del estrato arbóreo o el arbustivo en la actualidad.

En el caso del estrato arbóreo supone la presencia de algunos elementos estructurales importantes del BTS, en contraste con el de las arbustivas, que supone un estado de conservación pobre, y puede implicar la pérdida de componentes importantes de la vegetación. De acuerdo con estos datos, solo quedan en pie cerca de 68 500 km² de los BTS caducifolios y alrededor de 7 000 km² de los subcaducifolios arbóreos, lo que corresponde a 30 y 18%, respectivamente, de su cobertura original.

Existe un vacío en el conocimiento del estado actual de la integridad del BTS, por lo que es necesario analizar la composición, estructura y funcionamiento de los BTS que quedan en pie, además de considerar los procesos de fragmentación que hasta ahora no se han

analizado. La gran variación en las condiciones ambientales en un amplio ámbito latitudinal y geográfico en el que se establecen los BTS en México y su gran riqueza no sólo local (diversidad alfa) sino regional (diversidad gama), así como el recambio de especies (diversidad beta), tienen importantes implicaciones para la conservación. La creación de ANP (Áreas Naturales Protegidas) en este tipo de ecosistemas permitiría conservar la gran variación y riqueza de especies a nivel local y regional.

Los BTS que se desarrollan en México presentan características estructurales y florísticas que las hacen únicas y las distinguen de otros Bosques neotropicales similares, por lo que es importante redoblar esfuerzos para tener un conocimiento amplio de ellas y contribuir a su conservación.

1.4 Disturbios Asociados al BTS.

México posee una amplia gama de climas, geomorfología compleja, y la historia biogeográfica ha permitido el desarrollo de ecosistemas altamente productivos y biodiversos (Fa y Morales 1993). Sin embargo, la integridad de los ecosistemas y la biodiversidad están experimentando un cambio rápido debido a la influencia de una amplia gama de la perturbación humana. No está claro cómo los regímenes de perturbaciones humanas y naturales (espacial y temporal) interactúan para regular la integridad del ecosistema o de la capacidad para ofrecer bienes y servicios (Calderón-Aguilera et al. 2009).

La perturbación se define comúnmente como "cualquier causa" relativamente discreta y repetitiva en el tiempo que altera la estructura de los ecosistemas, comunidades y poblaciones, cambia el conjunto de recursos, la disponibilidad de sustrato, o del medio físico" (Pickett y White 1985). Los regímenes de perturbación abarcan una amplia gama de escalas temporales y espaciales, y se caracterizan por su amplitud, disposición espacial, la frecuencia, la previsibilidad, y la magnitud (intensidad o gravedad). Ejemplos de grandes cambios son: la deforestación, los huracanes, las inundaciones extremas, erupciones volcánicas, y grandes incendios (Turner et al 1997, Dale et al. 1998), mientras que un ejemplo de los cambios pequeños son: las alteraciones derivadas de la caída de una rama o un árbol en un bosque (Martínez-Ramos y García-Oliva 1997). En general, la regeneración

opera a escalas de tiempo cortas, pero el legado de perturbación natural puede variar de año en décadas (Vitousek y Denslow , 1987; Dale, et al 1998).

1.4.1 Disturbios naturales

La perturbación es una fuerza ecológica importante que afecta la estructura, dinámica, productividad y la biodiversidad de los ecosistemas (Paine et al 1998, Turner et al 1998; Nyström et al. 2000). Las actividades humanas causan perturbación generalizada, aunque se desconocen las tasas de cambio y la magnitud de afectación en la integridad de los ecosistemas y la disminución de su capacidad de proporcionar servicios ambientales a la sociedad (Wu 1995). La comprensión de la importancia ecológica de la perturbación en ecosistemas particulares y la evaluación de la capacidad de un ecosistema para recuperarse, sobre todo en respuesta a la perturbación humana, requiere estudios de integración realizadas a través de los programas de investigación a largo plazo (Foster et al. 1998). Estos pueden proporcionar información de referencia para identificar en los ecosistemas la respuesta y recuperación después de trayectorias de perturbaciones de diferentes magnitudes (Turner et al. 1993). Esta información básica es incipiente para la mayoría de los ecosistemas mexicanos, sobre todo para disturbios antropogénicos a gran escala, como la deforestación, uso de la tierra, y el agua y la contaminación del aire. Este vacío de información inhibe el desarrollo e implementación de estrategias nacionales de conservación y gestión de los ecosistemas en una variedad de escalas espaciales y temporales (Dale et al. 1998).

Por su importancia geográfica, biológica y cultural los BTS han recibido cada vez más atención desde una perspectiva ecológica. Sin embargo, los estudios que incorporan aspectos funcionales relacionados con la dinámica de la materia y la energía en el ecosistema son escasos (Bullock, *et al.*, 1995). Para realizar un estudio funcional completo se requiere un enfoque ecosistémico y un seguimiento a largo plazo de los procesos que controlan la dinámica del sistema. El estudio de los procesos funcionales que regulan la productividad del ecosistema provee un marco teórico complementario a otros enfoques como el de la ecología de poblaciones, de comunidades o de paisaje y permite entender las consecuencias del disturbio del ecosistema con una perspectiva que integra los procesos

biológicos con los físico-químicos. Sin embargo, el uso de este enfoque en el estudio del disturbio antrópico y sus implicaciones para la conservación y la restauración en los BTS de la cuenca del Pacífico mexicano es aún limitado.

1.4.2 Disturbios Antropogénicos

En la mayoría de las regiones del Pacífico, el BTS ha sido transformado a usos agropecuarios e incluso en zonas urbanas (Challenger, 1998). Estas actividades no únicamente impactan la biodiversidad sino que también afecta diferentes propiedades funcionales del ecosistema. El BTS se considera el ecosistema del bosque tropical más amenazada debido a la alta las tasas de deforestación y la falta de áreas protegidas (Martínez-Yízar et al. 2000). La pérdida de superficies de BTS en todo México ha sido históricamente relacionada con perturbaciones antropogénicas catastróficas, sobre todo la conversión de bosques para la agricultura y pastos. Impulsado por la presión demográfica, mejores carreteras y una dominante ganadería en la economía de mercado, la tradicional agricultura de roza y quema de subsistencia ha sido sustituida por desmontes masivos de tierra con pastos exóticos de grandes extensiones (Burgos y Maass, 2004). Aunque los factores que conducen a la reducción de la extensión del BTS han aumentado durante las últimas cuatro décadas, hay varios casos en los que la pérdida de la fertilidad del suelo, la invasión de plantas espinosas y la reducción de plantas palatables (Burgos y Maass, 2004), ha llevado al abandono de estos cultivos agrícolas y campos de pastoreo. Este cambio en el uso del suelo permite el desarrollo de los bosques secundarios, que son generalmente dominados por especies de árboles de la familia *Leguminosae* de crecimiento rápido (Alvarez-Yepiz et al. 2008). Esta condición puede persistir durante décadas, pero poco a poco permite que especies forestales de vegetación primaria se establezcan (Lebrija-Trejos et al., 2008; Romero-Duque et al., 2007). Cuando disminuye la intensidad de los disturbios humana, el reclutamientos de las plantas puede ser rápido, pero la velocidad y trayectoria de recuperación puede variar según el tipo de perturbación y factores tales como la disponibilidad de agua en el suelo y los nutrientes, el tamaño del banco de semillas del suelo y la tasa de repoblación (Burgos y Maass, 2004; Romero-Duque et al., 2007). Estudios recientes muestran que las tasas de recuperación varían entre los atributos forestales. Por ejemplo, la altura del dosel, la densidad de árboles y cubierta de copas

podrían estabilizarse en promedio 15 años después del abandono, pero un aumento en la diversidad de especies requiere más tiempo (Lebrija-Trejos et al. 2008). Otras perturbaciones antropogénicas en los ecosistemas de BTS de viejo crecimiento incluyen el pastoreo de ganado, la extracción continua de pequeñas cantidades de plantas medicinales, frutas, semillas, estacas (Álvarez-Yépez et al. 2008; Rendon-Carmona et al. 2009; Burgos y Maass 2004). Por otra parte, en el límite septentrional de distribución del BTS, donde la diversidad de plantas y estructura de la vegetación difieren altamente entre bosques secundarios y de edad madura del BTS, aún persisten grandes diferencias 30 años después de la sucesión forestal provocada por el cese de la perturbación humana;

La caza ilegal y la captura de especímenes vivos para el comercio han causado grandes pérdidas de poblaciones de muchas especies animales del BTS (Miranda 2002). Sin embargo, existe poca información cuantitativa sobre las consecuencias de la " alteración crónica " en la estructura del bosque y la función, particularmente las causadas por el pastoreo en bosques primarios. También hay una falta de estudios que evalúen los efectos de las perturbaciones naturales tales como incendios, huracanes, tormentas e inundaciones extremas, en los ecosistemas del BTS. En el caso del efecto del fuego, algunas evidencias muestran que este factor no es común en el BTS del Pacífico de México, aunque esto puede deberse más a un vacío de información que a la aparición de estos disturbios. Sin embargo el fuego es una herramienta de uso común para la gestión de los pastos, que tiene impactos en el borde de los fragmentos de BTS (Kauffman et al. 2003). Los grandes huracanes son frecuentes a lo largo de la costa del Pacífico de México (García-Oliva et al. 1995).

El cambio de uso del suelo seguido por el pastoreo intensivo después de la primera estación de crecimiento (De Ita- Martínez, 1983; Gutiérrez, 1993) tiene efectos parciales sobre diversos procesos y propiedades funcionales, mientras que la transformación en áreas agropecuarias y zonas urbanas tiene consecuencias de más largo plazo e irreversibles (cuadro 1). Otra forma de disturbio es la roza-tumba que se realiza manualmente, por lo general al inicio de la temporada seca (noviembre), para quemar el material hacia el final de la misma, mayo, (De Ita-Martínez, 1983). Las fechas de tumba y quema definen el tiempo de secado del material, el cual afecta directamente la intensidad del fuego: mientras más largo es el tiempo de secado, más intenso es el fuego (González, 1992; Kauffman *et al.*, 2003), y probablemente esto trae consecuencias en la estructura del suelo y flujo de

nutrientes (Vitosek,1993). La fecha de la quema la establecen los campesinos cuando existen temperaturas altas del aire, cielos despejados y vientos con intensidad y dirección constantes (González, 1992).

La quema consume completamente el material foliar seco y los combustibles pequeños y una proporción variable de los combustibles leñosos gruesos. En un experimento de roza, tumba y quema con diferentes intensidades de fuego realizado en Chamela se estimó una pérdida de 75 a 108 Mg ha⁻¹ de la fitomasa aérea, lo que representó entre el 62 y 80% de la cantidad original (Kauffman *et al.*, 2003).

1. 5 Efectos Biogeoquímicos de los disturbios en el BTS.

Aunado a la pérdida de masa está la pérdida por volatilización de los almacenes de nutrientes asociados a ella y otra proporción queda en las cenizas. Sin embargo, un porcentaje alto de las cenizas (ca. 70%) puede perderse por erosión eólica en unas cuantas semanas después de la quema (González, 1992). El fuego no sólo reduce los almacenes de nutrientes en la fitomasa sino también las formas orgánicas que se encuentran en las primeras capas del suelo y que se pierden por la volatilización (cuadro 1; García-Oliva *et al.*, 1999a).

Los cambios térmicos debidos a las altas temperaturas tienen también consecuencias notables. Por ejemplo, se reduce la masa de raíces finas en los primeros 2 cm del suelo (Castellanos *et al.*, 2001), se pierden formas lábiles de C asociado a los macroagregados, reduciendo la estabilidad de los mismos (García-Oliva *et al.*, 1999a), y disminuyen las colonias de grupos funcionales microbianos (García-Oliva *et al.*, 1999b). Así mismo, las altas temperaturas en las capas superficiales del suelo provocan que formas de N y P no disponibles se conviertan en formas disponibles (Giardina *et al.*, 2000) y que haya un aumento en las tasas de mineralización de N por un corto tiempo (Ellingson *et al.*, 2000; cuadro 1.1).

Cuadro 1.1 Consecuencias funcionales del disturbio antrópico del Bosque Tropical Seco en la región del pacifico mexicano. Se distinguen los efectos inmediatos y mediatos de la transformación por medio de la roza, tumba y quema. El símbolo – indica una disminución de la variable o del proceso; el símbolo + indica un aumento.

			Mediatos	Inmediatos
Variables hidrológicas				
		Demanda evaporativa	+	+
		Infiltración de agua	-	-
		Esorrentía	+	+
		Almacén de agua en suelo	-	-
Bancos de nutrientes				
		Almacenes en biomasa aérea y en raíces	-	-
		Almacenes totales en suelo	-	±
		Materia orgánica del suelo	-	-
		Macroagregados del suelo	-	-
		Biomasa y nutrientes microbianos	-	-
		Formas lábiles de C	-	-
		Formas disponibles de N y P	+	-
		Formas orgánicas de N y P	-	-
Procesos biogeoquímicos				
		Mineralización de N	+	-
		Mineralización de C orgánico	+	-
		Potencial de nitrificación	+	-

Los cambios químicos debidos al fuego están asociados a la incorporación de cenizas que afecta principalmente al pH, que se hace más alcalino (Ellingson *et al.*, 2000; García-Oliva *et al.*, 1999a) y disminuye su capacidad de amortiguamiento a los cambios (Nava-Mendoza *et al.*, 2000). Al término de la quema se siembran cultivos (maíz, calabaza, frijol y otros dependiendo de la región) o gramíneas de origen africano para el pastoreo de ganado

vacuno. En esta etapa el suelo se encuentra desnudo y es muy susceptible a la erosión hídrica con la llegada de las primeras lluvias, sobre todo en las regiones donde el BTS ocurre en lomeríos con pendientes pronunciadas. En diversas áreas de distribución del BTS en el Pacífico, las principales tormentas de origen ciclónico se caracterizan por ser sumamente erosivas. Por ejemplo, el promedio de la erosividad anual en los Bosques Tropicales Secos de Chamela es de 6,525 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, que corresponde a los valores promedio de las zonas tropicales (García-Oliva et al., 1995). Maass et al., (1988) reportan que la mayor pérdida de suelo se da en los primeros eventos de lluvia, alcanzando hasta 59 Mg ha⁻¹ de suelo que se pierden en un solo evento de lluvia en parcelas sembradas con maíz. Sin embargo, no todos los eventos son de gran intensidad y tienen un patrón muy aleatorio durante el año, por lo que las primeras lluvias no son muy erosivas todos los años. Esto es, la tasa de erosión en esta etapa depende de los cambios que experimenta el suelo, que varían con las temperaturas del fuego, el tipo de uso del suelo y de la intensidad de las primeras tormentas, que son difíciles de predecir.

Después de la primera estación de crecimiento, en que se cosechan los cultivos o se introduce el ganado para el pastoreo, se manifiestan una variedad de cambios derivados del manejo. Desde la perspectiva hidrológica existe una mayor demanda evaporativa porque aumenta la temperatura superficial del suelo al disminuir la cobertura vegetal (Burgos, 2004). La estructura del suelo se ve afectada por una reducción en los macroagregados y por tanto en la protección de nutrientes, que conlleva una pérdida del 50% del C y N asociado a ellos (García-Oliva et al., 1999a). El efecto negativo sobre los mecanismos de protección de nutrientes puede explicar que a pesar de que haya un aumento en la cantidad de nutrientes en el suelo en el primer año de manejo (García-Oliva y Maass, 1998), éstos disminuyen con el tiempo de uso. Otro aspecto que puede afectar la dinámica de nutrientes en el suelo como resultado de la transformación del BTS es la disminución hasta de un 50% en la productividad de raíces finas (<1 mm de diámetro) en los primeros 5 cm de profundidad (Castellanos *et al.*, 2001). Además de que las praderas se queman cada dos o tres años mientras están en uso (Kauffman *et al.*, 2003), la introducción del ganado vacuno trae consigo otras consecuencias para el ecosistema. La actividad del ganado causa la compactación del suelo, lo cual reduce la infiltración y la capacidad de almacenamiento de agua (Burgos, 2004) y aumenta por lo tanto la escorrentía superficial. Los estudios

realizados en praderas con diferentes años de uso han mostrado también consecuencias en variables biogeoquímicas del ecosistema. Por ejemplo, existe una reducción en la tasa de mineralización del carbono orgánico del suelo, y una pérdida neta de las formas disponibles de C y de nutrientes (García-Oliva y Maass, 1998), hay una disminución del C y N microbianos (Jaramillo *et al.*, datos no publicados) y una reducción de las tasas de mineralización de N y de las concentraciones de N en las capas superficiales del suelo

1.6 Disturbios Asociados al BTS en el ejido Terrero de la Labor, Calvillo, Ags.

Por su diversidad y el grado de presión que ejercen las actividades agropecuarias y el crecimiento de las zonas urbanas, es prioritario el diseñar estrategias de manejo que permitan la conservación de los relictos del bosque tropical seco, contemplando que además este ecosistema contribuye de manera importante en la provisión y recarga del acuífero del valle de Calvillo.

En Aguascalientes, de acuerdo al Inventario Forestal y de Suelos (IEFyS, 2012), el BTS tropical seco se extiende en una superficie cercana a las 19,000 ha, lo cual representa el 10% de la superficie forestal del Estado. El área con mayor superficie ocupada por el bosque tropical seco se localiza en el municipio de Calvillo, al Oeste del Estado, aunque existen algunos relictos en los municipios de Jesús María y Aguascalientes (IEFyS, 2012).

El BTS que se localiza en el Terrero de la Labor es uno de los relictos más importantes debido a su estado de conservación y a que está comprendido dentro del ANP Sierra Fría lo cual lo convierte en un área de interés por los servicios ecosistémicos que presta en la parte alta de la cuenca del río Calvillo donde los diferentes ensambles de especies le dan un aspecto muy particular al paisaje de la región que en general presenta una buena cobertura arbórea-arbustiva y una muy importante representatividad de especies de la familia de las cactáceas particularmente con formas candelabrifórmes. El BTS del terrero de la labor representa el límite de la distribución más representativa en cuanto al ensamble de especies BTS en su límites altitudinales de distribución y con un extenso ecotono de comunidades arbóreas y arbustivas de bosques de encino y matorral xerófilo.

En la zona de estudio, la ganadería se caracteriza por presentar un sistema de pastoreo extensivo en las épocas de lluvia y suplementación en corral en las épocas de secas. En realidad estos sistemas son muy ineficientes porque los animales pierden en la época de

seguía la condición ganada durante la época de lluvia. Los ganaderos se ven obligados a utilizar o vender sus excedentes agrícolas para alimentar a su ganado. El ganado come los pastos emergentes antes de que éstos tengan tiempo de establecer un sistema radicular fuerte que les permita soportar el pastoreo. Esto lleva a una pérdida de la cubierta vegetal y, debido al alto pisoteo, a una compactación del suelo y reducción en su capacidad de infiltrar el agua de lluvia. El agua corre en forma superficial, arrastrando consigo las capas superficiales del suelo, produciendo erosión hídrica y formación de cárcavas.

La utilización en épocas de mayor abundancia de forraje dentro del BTS por ganaderos para el apacentamiento de bovinos, y equinos que consumen principalmente especies del estrato herbáceo y arbustivo demuestra parte del interés de los ganaderos por el establecimiento de especies que puedan iniciar los procesos de sucesión vegetal y al mismo tiempo permitan la subsistencia del ganado en época de lluvias.

En el BTS del Ejido Terrero de la Labor esto tiene varias implicaciones a nivel de ecosistemas ya que no se reconocen claramente las dinámicas ecológicas de los terrenos ejidales como parte integral de los sistemas de producción y explotación agropecuaria lo que trae consigo una fragmentación paulatina y por último un cambio drástico en el uso del suelo. En la actualidad en la región están bien establecidas las superficies actuales de este sistema ecológico y se identifican algunos niveles de degradación, aunque no se tiene identificada la dinámica sucesional del paisaje.

Además de las pérdidas económicas generadas por la ganadería, estos sistemas son altamente dañinos para el medio ambiente. En los ejidos que tienen zonas comunales para la ganadería, la tradición es llevar el ganado a pastar una vez que caigan las primeras lluvias y empiecen a emerger las primeras plantas.

En sus comunidades naturales se han realizado importantes estudios florísticos y taxonómicos, donde se han registrado más de 50 especies, de las cuales se tienen vagos registros de su importancia ecológica, económica y medicinal (Aguascalientes, estudio de Estado, 2008). En el Estado es el ecosistema con mayor riqueza de especies; sin embargo, es también el que presenta una mayor fragilidad.

Los principales agentes de disturbio que afectan a la zona son el avance de la frontera agrícola con el cultivo de guayaba, que en la región se realiza en aproximadamente 7,000 ha y la ganadería doméstica, aunque se desconoce al índice de afectación. En el caso de la

frontera agrícola se observan áreas que han estado sujetas continuamente a cierto grado de disturbio desde 1940 con cultivos principalmente como Maíz y que han sido objeto de uso de manera itinerante como pastizales para el ganado o bien áreas de milpa. Así como también los proceso de apertura de tierras para cultivo en las partes más bajas del ejido con pendiente menores del 10% y de menor altitud traen consigo que el BTS se confine a arroyos y escurrimientos con fuerte pendiente intercalado dentro de una matriz de campos agrícolas para el cultivo de Milpa y guayaba.

En el Estado de Aguascalientes, similar a lo que ocurre en varias partes del país (Porter Bolland et ál., 2011) los esfuerzos para estimar los agentes biológicos que causan disturbios en las comunidades naturales (principalmente insectos de importancia económica y plantas parásitas) se han concentrado en los bosques de encino, pino, encino-pino y pino encino, localizadas principalmente en las Áreas Naturales Protegidas Sierra Fría y Sierra del Laurel. En el bosque Tropical Seco al igual que en varias de las áreas naturales del Estado la disposición de información es aún incipiente (Díaz-Núñez et al ,2014). En el Bosque Tropical Seco se encontró a un insecto picudo (Coleoptera: Curculionidae) afectando las comunidades de garambullo (*Myrtilocactus geometrizans*) asociado a una bacteria, posiblemente *Erwinia amylovora*. Se reporta infección por la bacteria (necrosis y marchitamiento de la epidermis del cactus) en los troncos y brazos del 50 % de los individuos. En el BTS y específicamente en las especies de la familia *Burceraceae* se identificó a la planta parásita *Psitacanthus palmeri* afectando a individuos aislados de venadilla (*Bursera fagaroides*) Aunque el hospedero tiene una amplia distribución en el paisaje del Boque Tropical Seco del municipio de Calvillo y algunos relictos que se encuentran en otros lugares, la incidencia de *P. palmeri* no es de importancia, considerando que a nivel sitio solamente se presentó en dos individuos, uno de ellos en un área localmente conocida como “Los Migueleños” y otro en el área ejidal del Terrero de la Labor. Aunque la infestación y distribución de esta planta parásita no constituye un riesgo potencial que contribuya al declinamiento de la población de las burseras (*B. fagaroides*, *B. bipinnata*, *B. phylleroides* y *B. penicillata*), si representa una oportunidad para conocer la biología y ecología de este muérdago con la finalidad de identificarr las características que en algún momento podrían favorecer o limitar su dispersión y establecimiento (Díaz-Núñez et al ,2014).

Otro de los elementos dominantes en la vegetación del BTS es el varaduz (*Eisenhardtia polystachya* y *E. punctata*). En estas comunidades los habitantes de las localidades cercanas han observado la presencia de un insecto del tipo de los salivazos (Homóptera: *Cercopidae*), el cual tiene como característica la producción de una cubierta de mucílago semejante en consistencia a la saliva y con aspecto espumoso por la presencia de pequeñas burbujitas de aire. Por otra parte, se identificó a un basidiomiceto del género *Phellinus* (*Phellinus spp.*) infectando algunos individuos de *E. polystachya*. Este organismo solo se encontró en cuatro árboles de un sitio muestreado en la propiedad del Ejido Palo Alto en el municipio de Calvillo. Aunque el porcentaje de árboles infestado en el sitio es alto (40%, respecto al total de individuos/especie/sitio), el hongo identificado no tiene una buena distribución en el Bosque Tropical Seco.

Hasta este punto se ha presentado un panorama general del BTS a escala nacional, regional y local; así como también los disturbios asociados a este ecosistema en el capítulo siguiente se abordara la riqueza y diversidad de especies del Bosque tropical seco del terrero de la Labor en el municipio de Calvillo Aguascalientes.

1.7 Referencias bibliográficas.

- Alvarez -Yepiz, J. C., A. Martínez -Yrizar, A. Burquez, 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. *For. Ecol. Manage.* 256: 355–366.
- Bullock, S. H. ,1995. Plant reproduction in Neotropical dry forests. Pages 277–303 in S. H. Bullock, H. A. Mooney and E. Medina, editors. *Seasonally dry tropical forests.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Burgos, A. 2004. Estrategia Para El abordaje ecosistémico De Una Investigación en Restauración ecológica, aplicada al Caso del bosque tropical seco de la región de Chamela. Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Burgos, A., and J. M. Maass. 2004. Vegetation change associated with land-use in tropical dry forest areas of Western Mexico. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 104:475–481
- Búrquez A., Martínez-Yizar A., Felger R. s: y Yetman D. 1999. Vegetation and habitat diversity at the southern edge of the Sonoran Desert En: Robichaux R.H. Ed. *Ecology of the Sonoran desert plants communities*, pp. 36-37, university of Arizona, Tucson.
- Calderón-Aguilera, L.E., Maass, J.M., Jardel, E.J., Martínez-Yrizar, A., Herrera, J., Castillo, A., Euán-Ávila, J., Equihua, M. 2010. Las áreas naturales protegidas y la investigación ecológica de largo plazo en México. *Ecosistemas* 19:69-83.
- Calderón-Aguilera, L.E., Reyes-Bonilla, H., López-Pérez, R.A., Cupul-Magaña, A., Herrero-Perezrul, M.R., Carriquiry, J.D., Medina Rosas, P. 2009. Fauna asociada a arrecifes coralinos del Pacífico Mexicano. *Ciencia y Desarrollo* 35(230):38-45.
- Castellanos, J., M. Maass, and J. Kummerow. 1991. Root biomass of a dry deciduous tropical forest in Mexico. *Plant and Soil* 131:225–228
- Castellanos J, Jaramillo V. J., Sanford R. L. Jr, Kauffman J. B., (2001) Slash-and-burn effects on fire root biomass and productivity in a tropical dry forest ecosystem in Mexico. *For Ecol Manag* 148:41–50

- Challenger A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. México (DF): Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp 847.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). 2008. México. La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. pp 85-86.
- Dale V. H., Lugo A. E., MacMahon J .A., Pickett STA (1998) Ecosystem management in the context of large, infrequent disturbances. *Ecosystems* 1: 546-557.
- De Ita-Martínez, C. 1983. Patrones de producción agrícola en un ecosistema tropical estacional en la costa de Jalisco. Honors Thesis. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Díaz-Núñez, V., J. Sosa-Ramírez e I.P. Macías-Medina. 2014. Diagnóstico fitosanitario de la vegetación en ecosistemas prioritarios de Aguascalientes, México. Comisión Nacional Forestal-Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes. 84 p.
- García-Oliva F, Maass JM (1998) Efecto de la transformación de la selva a pradera sobre la dinámica de los nutrientes en un ecosistema tropical estacional en México. *Bol Soc Bot Méx* 62:39–48
- García-Oliva F., Ezcurra E. and Galicia L. 1991. Pattern of rainfall distribution in the Central Pacific Coast of Mexico. *Geogr. Ann. A.* 73: 179–186.
- García-Oliva F, Maass JM, Galicia L (1995b) Rainstorm analysis and rainfall erosivity of a seasonal tropical region with a strong cyclonic influence in the Pacific Coast of Mexico. *J Appl Meteorol* 34:2491–2498.
- Giardina C. P., Sanford R. L. Jr, Dockersmith IC (2000) Changes in soil phosphorus and nitrogen during slash-and-burn clearing of a dry tropical forest. *Soil Sci Soc Am J* 64:399–405
- Gutiérrez, A. R. 1993. La ganadería extensiva en el trópico seco mexicano: causas, consecuencias y manifestaciones en su medio social. Tesis Honorífica. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

- Vitousek, Peter M., y Julie S. Denslow.1987. "Las diferencias en fósforo extraíble Entre Los suelos de la Estación Biológica La Selva, Costa Rica". *Biotropica*19 (2).La Asociación para la Biología Tropical y Conservación: 167-70.doi: 10.2307 / 2.388.740.
- Fa, J. E. y L.M. Morales.1993. Patterns of mammalian diversity in Mexico. pp. 319-361. In: T.P. Ramamoorthy; R. Bye; A. Lot y J. Fa, eds. *Biological diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press. Nueva York. 812 p.
- Foster, D. R., D. H. Knight y J. F. Franklin., 1998. Landscape patterns and legacies resulting from large, infrequent natural disturbances. *Ecosystems* 1:497–510.
- García-Oliva F, Martínez R, Maass JM (1995a) Long-term net soil erosion as determined by ¹³⁷Cs redistribution in an undisturbed and perturbed tropical deciduous forest ecosystem. *Geoderma* 68:135–147
- Gentry,A. H. 1988. ,Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals ofthe Missouri Botanical Garden* 75: 1-34.
- Gentry, A. H., (1982). Patterns of Neotropical plant species diversity. *Evolutionary Biology* 15:1-84.
- Gentry, A. H., (1995) Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. *Seasonally dry tropical forests* (ed. by S.H. Bullock, H.A. Mooney and E. Medina), pp. 146–194. Cambridge University Press, Cambridge.
- González-Flores, P. C.1992. El manejo del fuego en e l sistema de Roza, Tumba , Quema en la Selva Baja Caducifolia de Chamela, Jalisco. B.S. Tesis ,. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Hubbell, S. P. 1979. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. *Science* 203:1299–1309.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2010. Marco geostadístico nacional. Datos vectoriales, ver. 5.0. http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/M_Geoestadistico.aspx; última consulta: 10.XII.2011.

- Janzen, D. (1988) Tropical dry forests. The most endangered major tropical ecosystem. Biodiversity (ed. by E.O. Wilson), pp. 130–137. National Academy of Sciences/Smithsonian Institution, Washington DC.
- Kauffman, J.B., Sanford R. L., Cummins D. L., Salcedo I. H., Sampaio E. V. S. B., 1993. Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires and neotropical dry forest Ecology 74,140-151.
- Lebrija-Trejos, E., F. Bongers, E. A. Pérez-García, and J. A. Meave. 2008. Successional change and resilience of a very dry tropical deciduous forest following shifting agriculture. Biotropica 40:422–431
- Martínez-Yrizar A., Búrquez A. y Maass M. 2000. Structure and functioning of tropical deciduous forest in Western Mexico. En: Robichaux R.H. y Yetman D.A. Eds. The Tropical Deciduous Forest of Alamos: Biodiversity of a Threatened Ecosystem in Mexico, pp. 19-35, The University of Arizona Press, Tucson.
- Martínez, R. y F. García-Oliva 1997. La contaminación radioactiva en el ecosistema. Ciencias 47: 29-32.
- McVaugh, R. y J. Rzedowski. 1966. La vegetación de Nueva Galicia. Contributions of University of Michigan Herbarium 9:1–123.
- Miranda, A. 2002. Diversidad, historia natural, ecología y conservación de los mamíferos de Chamela. Pages 359–377 in F. A. Noguera, J. H. Vera Rivera, A. N. García Aldrete, and M. Quesada Avendaño, editores. Historia Natural de Chamela. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Mooney, H.A., Bullock, S.H. & Medina, E. (1995) Introduction. Seasonally dry tropical forests (ed. by S.H. Bullock, H.A. Mooney and E. Medina), pp. 1–8. Cambridge University Press, Cambridge.
- Murphy, P. G. y A. E. Lugo. 1986. Structure and biomass of a subtropical dry forest in Puerto Rico. Biotropica 18:89-96.
- Murphy, PG; Lugo, AE Bullock, SH; Mooney, HA; Medina, E.; Título: Dry forests of Central America and the Caribbean. Seasonally dry tropical forests. Idioma: En. P. imprenta: Cambridge (RU). Cambridge University Press. 1995. p. 9-34

- Nava-Mendoza, M., L. Galicia y F. García Oliva. 2000. Efecto de dos especies de árboles remanentes y de un pasto en la capacidad amortiguadora de pH del suelo en un ecosistema tropical estacional. *Bol. Soc. Bot. Mexico* 67:17-24..
- Nelson, E. W. y Goldman, E. A. (1904): A winter expedition in Southwestern Mexico. – *Natl. Geogr. Mag.* 15(9): 339–356. Nieto, P. C. (1985): Catálogo de la Flora Útil de la Sierra del Ajusco. – Ed. SARH, México, D. F
- Nyström, M., C. Folke & F. Moberg. 2000. Coral reef disturbance and resilience in a human-dominated environment. *Trends in Ecology and Evolution* 15:413-417.
- Olson, D.M., Dinerstein, E., Abell, R., Allnutt, T., Carpenter, C., McClenachan, L., D'Amico, J., Hurley, P., Kassem, K., Strand, H., Taye, M. & Thieme, M. (2000) The global 200: a representation approach to conserving the Earth's distinctive ecoregions. Conservation Science Program, World Wildlife Fund-US, Washington.
- Olson, D.M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E.D., Burgess, N.D., Powell, G.V.N., Underwood, E.C., D'Amico, J.A., Itoua, I., Strand, H.E., Morrison, J.C., Loucks, C.J., Allnutt, T.F., Ricketts, T.H., Kura, Y., Lamoreux, J.F., Wettengel, W.W., Hedao, P. & Kassem, K.R. (2001) Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *BioScience*, 51, 933–938.
- Osorio-Beristain, O. 1996. Descripción de la vegetación en los alrededores del Cerro Cutác Valle de Zapotitlán de las salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de ciencias, UNAM. 60 pp.
- Paine, RT, M. J. Tegner, y A. E. Johnson. 1998. perturbaciones compuestas producen sorpresas ecológicas. *Ecosistemas* 1: 535-545.
- Pickett, S.T.A. y White, P.S. (Eds.). (1985). The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Orlando. Academic Press.
- Pennington, R.T., Prado, D.E., Pendry, C.A., 2000. Neotropical seasonally forests and quaternary vegetation changes. *J. Biogeogr.* 27, 261–273.
- PNUMA-CEPAL. 2001. La sostenibilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades. LC/G.2145 (CONF. 90/3).

- Porter-Bolland, L., et al. Community managed forests and forest protected areas: An assessment of their conservation effectiveness across the tropics. *Forest Ecol. Manage.* (2011), doi:10.1016/j.foreco.2011.05.034
- Rendon-Carmona H, Martinez-Yrizar A, Balvanera P, Perez-Salicrup D (2009) Selective cutting of woody species in a Mexican tropical dry forest: incompatibility between use and conservation. *For Ecol Manag* 257:567–579
- Romero-Duque, L. P., V. J. Jaramillo, and A. Pérez-Jiménez. 2007. Structure and diversity of secondary tropical dry forests in México, differing in their prior land-use history. *Forest Ecology and Management* 253:38–47.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p
- Rzedowski, J. 1990. *Vegetación potencial*. IV.8.2. Atlas Nacional del México. Vol.II escala 1:4 000 000. México: Instituto de Geografía, UNAM.
- Shreve, F. 1937. The vegetation of the cape region of Baja California. *Madroño* 4:105-113.
- Trejo V., I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. *Inv. Geogr.* 39: 40–52.
- Trejo, I. and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biol. Cons.* 94: 133-142.
- Turner, C; Blair, JM; Scharfs, R; Neel, JC. 1997. Soil and plant responses to fire, topography, and supplemental in tallgrass prairie. By The Ecological Society of América. *Ecology*, 78 (6): 332-343.
- Turner, MG; Baker, WL; Peterson, CJ; Peer, RK. 1998. Factors influencing succession: Lessons from large, infrequent natural disturbances. *Ecosystems* 1:511-523.
- Vitousek, Peter M., y Julie S. Denslow.1987. "Las diferencias en fósforo extraíble Entre Los suelos de la Estación Biológica La Selva, Costa Rica".*Biotropica*19 (2). La Asociación para la Biología Tropical y Conservación: 167-70. doi: 10.2307 / 2.388.740.
- P. M. Vitousek, , E. A. Davidson, P. A. Matson,. R. Riley, K. Dunkin, G. Garcia-Mendez, and J. M. Maass 1993. Processes Regulating Soil Emissions of NO and N²O in a Seasonally Dry Tropical Forest. *Ecology* 74:130–139. <http://dx.doi.org/10.2307/1939508>

Wu, J. y O. L. Loucks. 1995. From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. *The Quarterly Review of Biology* 70(4):439-465.



Capítulo II. Riqueza y diversidad en bosque tropical seco de calvillo, Aguascalientes, México.

Diversity and richness asociated to tropical dry forest in Calvillo, Aguascalientes, Mexico.

Resumen

En la región de estudio se identificaron 77 especies de árboles y arbustos, correspondientes a 14 familias y 45 géneros. Las Familias son aquellas que normalmente caracterizan a los BTS de las diferentes regiones del país donde estos se distribuyen. Las familias mejor representadas corresponden a *Fabaceae* (13 géneros), *Asteraceae* (11 géneros) y la familia *Cactaceae* (9 géneros).

De las 77 especies identificadas ocho se distribuyen en más del 70 % del paisaje de acuerdo a los muestreos realizados. Las especies con mayor distribución son el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), el palo bobo (*Ipomoea murucoides*), el varaduz (*Eysenhardtia polystachya*), la venadilla (*Bursera fagaroides*) y el palo blanco (*Forestiera phylleroides*), que se localizan en el 96%, 92, 90, 88 y 86 % del territorio respectivamente, asumiendo que los sitios de muestreo son representativos de todo el paisaje.

La diversidad H' encontrada en el BTS del ejido Terrero de la Labor es constante. El índice de diversidad más alto es de 3.49, presente en dos sitios de los 26 analizados, lo que implica sitios con un buen estado de conservación. Por el contrario, el índice de diversidad H' más bajo es de 2.77, que se replica en tres sitios de trabajo. Aunque aparentemente no existen diferencias, los índices de diversidad más altos se ubican principalmente en barrancas y exposiciones al norte, en sitios de difícil acceso.

La riqueza de especies encontrada en el BTS del ejido Terrero de la Labor (N=79) es similar a lo reportado por Trejo (2005), donde señala que en promedio el bosque tropical seco en México alberga alrededor de 74 especies con un $DAP \geq 1$ cm en 0.1 ha. Sin embargo, en el territorio del ejido analizado se encontraron algunas especies consideradas como “raras” que son indicadoras de selva mediana (i.e. *Amphiterigium molle*) en las

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

barrancas y sitios mejor conservados, que sugieren que en algún tiempo este ecosistema tenía una mayor representación en el paisaje.

Palabras clave: Bosque tropical seco, riqueza de especies, diversidad



Abstract

In the study region 77 species of trees and shrubs, corresponding to 14 families and 45 genera were identified. The Families are those that typically characterize the BTS (Tropical Dry Forest) of the different regions where they are distributed. The families correspond to *Fabaceae* (13 genera), *Asteraceae* (11 genera) and *Cactaceae* (9 genera) family.

The 77 species identified eight were distributed in more than 70% of the landscape according to the samplings. The most widely distributed species are garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), the fool stick (*Ipomoea murucoides*), varaduz (*Eysenhardtia polystachya*), venadilla (*Bursera fagaroides*) and the white stick (*Forestiera phylleroides*), which are located in 96% , 92, 90, 88 and 86% of the territory respectively, assuming that the sampling sites are representative of the entire landscape.

The diversity H' encontrada ejido BTS Terrero de la Labor is constant. The highest diversity index is 3.49, present in two of the 26 sites analyzed, meaning sites with good condition. On the contrary, the diversity index H 'lowest is 2.77, which is replicated in three field survey sites. Although apparently there are no differences, the highest rates of diversity are located mainly in gullies and exposures north, in places of difficult access.

The richness of species found in the Ejido BTS Terrero de la Labor (N = 79) is similar to that reported by Trejo (2005), which states that the average dry tropical forest in Mexico is home to around 74 species with $DAP \geq 1$ cm on 0.1 ha. However, in the territory of the analyzed ejido some species considered "rare" that are indicative of tropical forest (ie *Amphiterigium molle*) in the gullies and best preserved sites, suggesting that at some time this ecosystem had a greater representation in the landscape.

Keywords: Tropical dry forest, species richness, diversity

2.1 Introducción.

Los bosques son el hábitat para un considerable número de especies, que a través de sus funciones generan múltiples servicios esenciales para el funcionamiento de los sistemas que soportan la vida de la tierra (Rendón *et al.*, 2013). Actualmente, se considera que cerca del 80% de los ecosistemas terrestres han sido intervenidos y alterados en su estructura, lo que implica grandes pérdidas de especies tanto de flora como de fauna y por consecuencia, de los servicios ambientales que estos proporcionan (Rey-Benayas y Bullock, 2012).

México es un país rico en recursos naturales, que destaca por su biodiversidad, por lo que está considerado como uno de los cinco países megadiversos (Lllorente-Busquets y Ocegueda, 2008). En diversidad de ecosistemas, México y Brasil son los países más diversos de Latinoamérica; no obstante, si se toma en cuenta solo el número de habitats o ecorregiones México es el país más diverso del Continente Americano (Dinestein *et al.*, 1995). Además de la complejidad de topofomas, que posiblemente estén relacionados con la diversidad de especies, México posee una importante diversidad cultural, pero también contrastantes niveles sociales y económicos (CONAFOR, 2015). De acuerdo al Inventario Nacional y de Suelos (INFyS, 2008), en México existen varios sistemas ecológicos que van desde las selvas altas perennifolias hasta extensos desiertos. Estas comunidades naturales presentan diferentes perturbaciones tanto en magnitud como en intensidad, de las cuales, el cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias son las mayores causas de degradación (Chazdón, 2003; Bullock et al., 2011). Otros disturbios que causan fuertes impactos en los ecosistemas son el incremento en la población humana y el crecimiento de zonas urbanas.

La superficie forestal en México ocupa el 12^{vo} lugar a nivel mundial y el tercero en América Latina (State of the World's Forests, 2012); sin embargo, también se encuentra dentro de los primeros tres países que en los últimos 20 años han tenido las mayores pérdidas de bosque primario, solamente superado por Brasil y Gabón; así mismo, ocupa el séptimo lugar con el mayor número de áreas reforestadas (FRA, 2010). De acuerdo a la evaluación mundial de los recursos forestales, al año 2010, en México los bosques de

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

coníferas han sido las comunidades naturales que más han sido afectadas, probablemente por la diversidad de geofomas donde estas se ubican y por la cantidad de recursos que de estos se aprovechan (Challenger y Soberón, 2008; Del Angel-Mobarak, 2012). Los bosques de pino-encino son el ecosistema con mayor distribución en México y representan las comunidades mas explotadas por la industria forestal en México. Por ejemplo, 60 % de las especies de pino tienen algún importancia comercial y el 80 % de los productos forestales maderables provienen de ellos (Saenz-Romero, 2003)

Aunque los bosques de coníferas y encinos en México, representan la cobertura vegetal más extensa en cuanto a tipos de vegetación dominados por plantas leñosas, con un 16.4% de la superficie total del país (Challenger y Soberón, 2008; Díaz et al., 2012), en términos de biodiversidad, los bosques tropicales de tierras bajas conocidos como selvas albergan la mayor riqueza de especies (Tilman et al., 2003; Laurance, 2012). Históricamente, las selvas húmedas y los bosques estacionalmente secos (*sin.* Bosque Tropical Seco [BTS]) cubrían un 35 % del territorio terrestre en México (Challenger y Soberon, 2008), donde conviven por lo menos el 33% (824 especies) de los vertebrados terrestres del territorio mexicano y cerca de 6000 especies de plantas vasculares (Ceballos y García, 1995; Rzedowsky, 2013); sin embargo, de la misma manera a como ocurre a nivel mundial, estas comunidades naturales han estado sujetas a una gran variedad de disturbios de diferente duración, intensidad y frecuencia (Chazdón, 2003), que han derivado en un acelerado proceso de deforestación y degradación anual de entre 1.4 y 2% (Masera et al., 1997; Trejo y Dirzo, 2000,) impulsado por un conjunto de factores socio económicos y demográficos (Grau y Aide, 2008).

Los disturbios en general causan un mosaico espacial de parches o rodales de diferente forma y estructura, que pueden variar en cobertura vegetal y en riqueza de especies; sin embargo son pocos los trabajos que se han realizado al respecto (Hernandez-Oria, 2005; Medrano-Cruz, 2009). Por ejemplo, en Costa Rica, Marcano-Vega *et al.*, (2005) encontraron que en ausencia de disturbios intermedios, en promedio transcurren 25 años para la recuperación total en áreas agrícolas abandonadas. Los estudios para caracterizar la dinámica de los paisajes de BTS en México analizando su estructura, arreglo espacial, composición florística y riqueza de especies ha sido un tema que ha llamado mucho la

atención por las pérdidas de diversidad que las perturbaciones antropogénicas causan en este ecosistema (Martínez-Ramos *et al.*, 2012). Un ejemplo de ello es el caso del proyecto de Manejo de Bosques Tropicales (MABOTRO, por sus siglas) donde se plantean dos grandes sistemas de estudio, el ecológico (ecosistema) y el social (socioecosistema). En este último, se aborda el conocimiento regional y local de estos ecosistemas para dimensionar el capital natural a nivel nacional sin que queden exentos estos ecosistemas que aunque están en áreas muy localizadas y relictuales son el resultado de millones de años de adaptaciones y evolución y a su vez provén a la sociedad servicios imprescindibles necesarios para el desarrollo económico local y regional antes de que sean modificados por completo o desaparezcan (Castillo, 2005; Porter-Bolland *et al.*, 2012).

En Aguascalientes convergen tres grandes ecorregiones, el bosque templado de montaña, bosque espinoso, y bosque tropical seco (BTS). El primero ha sido ampliamente abordado a diferentes escalas en la última década, por ejemplo, se tiene información sobre los factores que se relacionan con la distribución de la vegetación (Díaz *et al.*, 2012); así mismo, se han identificado diferentes organismos que afectan a las comunidades de pinos y encinos (Sosa-Ramírez *et al.*, 2012). El bosque tropical seco es el ecosistema más diverso del Estado, aunque también representa la vegetación menos estudiada. La mayor distribución de este tipo de vegetación se localiza al Sureste del Estado, en el municipio de Calvillo, aunque también existen áreas relictuales en los municipios de San José de Gracia, Jesús María y Aguascalientes (IEFyS, 2012). En estas zonas, el BTS es probablemente el ecosistema más frágil y amenazado principalmente por el avance de la frontera agrícola (IEFyS, 2012). En este tipo de vegetación se han realizado algunos estudios florísticos que han permitido estimar la riqueza de especies (Siqueiros-Delgado, 2008), aunque su distribución ecológica y las variables que pudieran influir en su presencia o ausencia ha sido un tema pobremente estudiado. Los trabajos realizados muestran que la vegetación madura se localiza principalmente en sitios inaccesibles (Estudio de Estado, 2008), aunque también se han observado en el paisaje parches o fragmentos que a través de procesos de sucesión ecológica han comenzado a recuperarse con especies pioneras como *Acacia berlandieri*, localmente conocida como carbonera (V. Díaz, obs. pers.). Por su parte Díaz-Núñez *et al.*, (2014) encontraron que la vegetación de BTS es afectada por diversos organismos como insectos barrenadores de tallos, organismos asociados a enfermedades y plantas parásitas y

epífitas aunque en niveles de daño muy bajos, lo que no representa riesgos a la biodiversidad.

Los objetivos de este estudio consisten en estimar la riqueza y diversidad de la flora leñosa (árboles, arbustos) del BTS en el municipio de calvillo Aguascalientes, para contribuir a la generación de prácticas de manejo que coadyuven a su conservación y manejo sustentable.

2.2 Materiales y métodos.

2.2.1 Área de estudio.

El trabajo se llevó a cabo en 26 sitios con vegetación de BTS, en el ejido del Terrero de la labor, en el municipio de calvillo Aguascalientes en México Central. El polígono ejidal comprende una superficie de 5,861 HAS (PROCEDE 2007), del cual, el BTS ocupa un 45 % de su área total (figura 1). Se localiza dentro de las coordenadas extremas: 102°43'58.88" Longitud Oeste y 22°6'4.78" Latitud Norte y en el extremo Sureste 102°41'24.95" Longitud Oeste y 21°44'27.61" Latitud Norte.

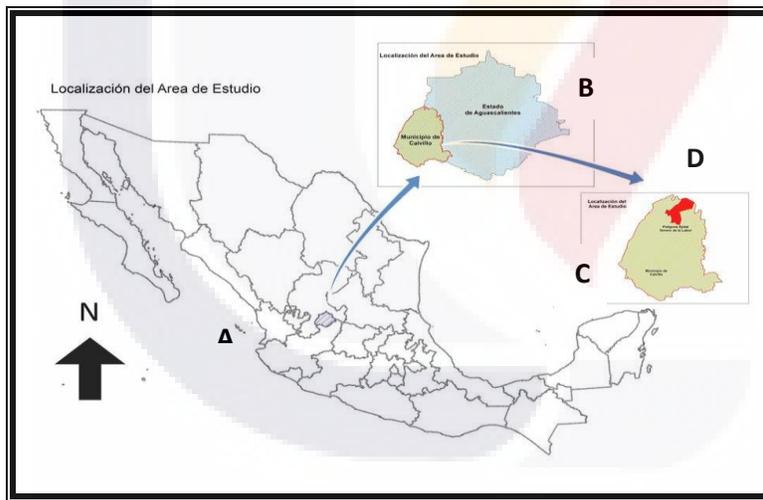


Figura 2.1 Ubicación del área de trabajo. (A) México como país, (B) Aguascalientes, (C) Municipio de Calvillo y (D) Ejido Terrero de la labor

2.2.2 Selección de los sitios y diseño del esquema de muestreo

Se diseñó un sistema de muestreo estratificado (Daget y Godrón, 1982), tomando como base el polígono ejidal. Los estratos de muestreo se delimitaron con base en las Geoformas del sitio, pendiente, exposición y altitud. Para la caracterización de las geoformas se usaron

tres criterios, posiciones cóncavas, convexas y terrenos planos. Se consideró una geoforma cóncava cuando la pendiente osciló entre 10 y 25 %, correspondientes a sitios localizados en barrancas y pequeñas depresiones. Cuando los sitios tuvieron una pendiente entre 25 y 60 % se caracterizaron como sitios convexas. Los terrenos planos fueron aquellos con pendiente < 10%. La exposición solar fue definida usando un mapa de exposiciones realizada mediante sistemas de información geográfica a partir de una imagen satelital Spot® 2008 y un modelo digital de elevación del sitio (MDE). Se consideraron solo los puntos cardinales principales (Norte, Sur, Este y Oeste). A diferencia de varias localidades donde domina el BTS, donde por lo general este ecosistema tiene una representación altitudinal bien definida, en el municipio de Calvillo, sus comunidades naturales tienen una distribución que va de los 1900 a los 2200 msnm. Por esta razón, para ubicar los estratos altitudinales se usaron las curvas de nivel de la zona definidas a partir del MDE. Posteriormente se elaboró un mapa de rejillas para la identificación de las zonas de muestreo (figura 2.2).

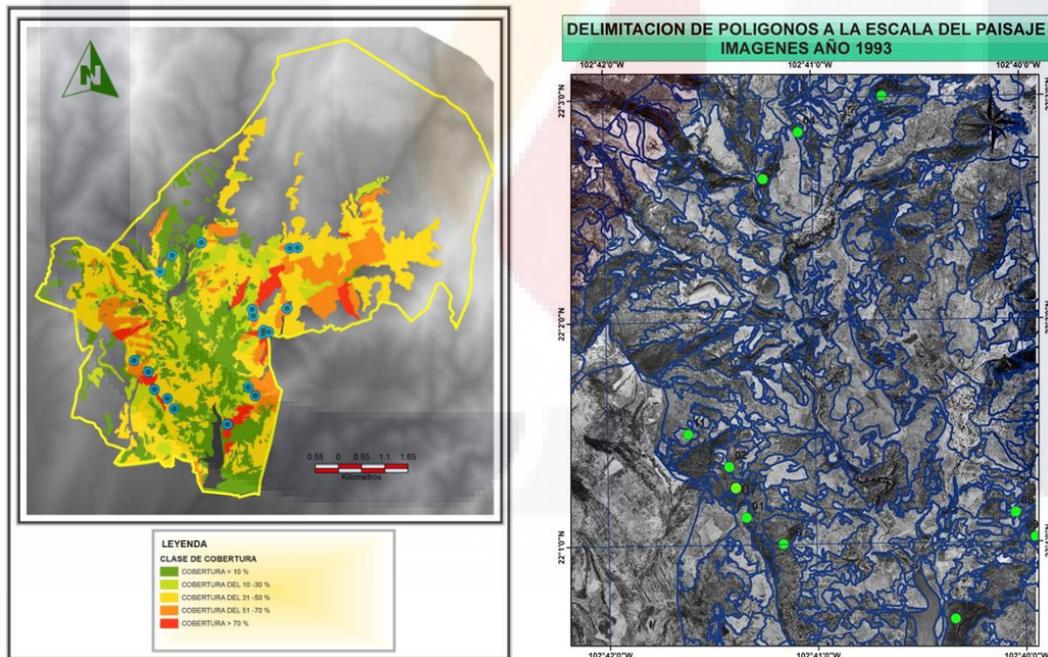


Figura 2.2 Representación geográfica del Bosque Tropical Seco del ejido el Terrero de la Labor en el municipio de Calvillo, Aguascalientes

2.2.3. Identificación y caracterización de los sitios para la determinación de la riqueza y abundancia de las especies leñosas

Se realizaron 26 muestreos en igual número de sitios, mismos que se distribuyeron en el paisaje de acuerdo al sistema de muestreo diseñado. En cada punto se tomaron las coordenadas proyectadas del sitio con equipos GPS de la línea Garmin 48 XL en formato UTM zona 13 Norte y con Datum de referencia WGS84 y con precisiones de 5 a 12 metros con ajuste cinemático diferencial (WAAS). Posteriormente, los puntos se colocaron sobre una imagen satelital SPOT 2010 (Figura 3). Las variables de sitio consideradas fueron la pendiente (%), exposición solar, fisiografía del terreno, intensidad y tipo de explotación y la cobertura de las copas.

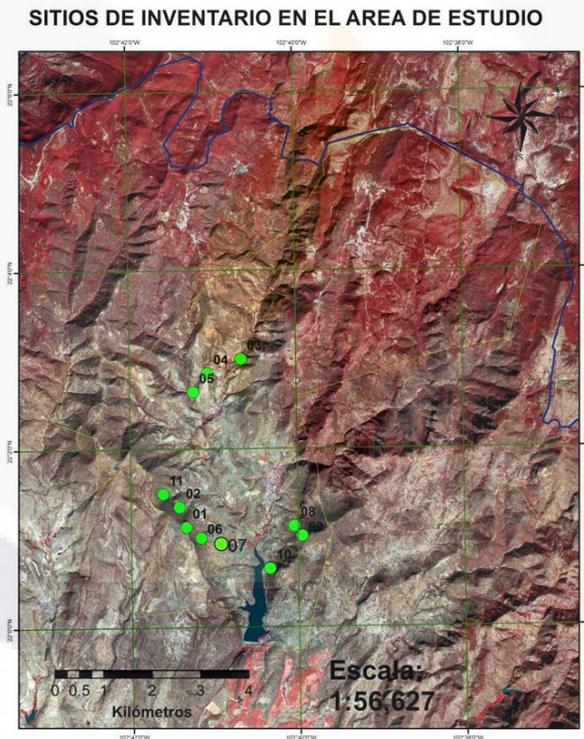


Figura 2.3 Distribución de los puntos de muestreo en el BTS del ejido Terrero de la Labor

La pendiente de los sitios de muestreo se obtuvo por medición directa en campo con el apoyo de un clinómetro Brunton con una precisión de +/- 2° de variación por cada 100 metros de longitud, este dato a su vez se contrastaba con los datos obtenidos del modelo digital de elevaciones por medio del método fotogramétrico y con precisión de 1 a 2 metros

en el valor Z. Para definir la pendiente se usaron cinco clases: i) < 10 %, ii) 11-30, iii) 31-50, iv) 51-70 y v) > 70. La exposición a la radiación solar fue estimada considerando los puntos cardinales Norte (N), Sur (S), Este (E) y Oeste (O), así como sus combinaciones.

La altitud de cada sitio se obtuvo directamente en campo con el apoyo de un GPS con ajuste barométrico para reducir el efecto de variación matemática del modelo geoidal y con precisión de 1 a 3 metros. Este se comparaba con el dato obtenido a partir de la prospección de puntos contra las curvas de nivel obtenidos del modelo digital de elevación.

La fisiografía del terreno fue caracterizada considerando terrenos planos (pendiente < 10%), escarpados, media ladera y alto de ladera).

La exposición de los sitios se obtuvo con el apoyo de la brújula y se tomó como referencia el norte magnético para su definición en los rangos previamente definidos. La exposición para cada rodal del sitio de muestreo también se analizó junto con el modelo digital de exposiciones generado a partir del modelo digital de elevaciones.

Otras características consideradas fueron el grado de artificialización, su intensidad (ligera, mediana y sobreexplotado), así como el tipo de utilización (caza, pastoreo, recolección etc.).

Cuadro 2.1 Distribución de los muestreos de acuerdo al diseño planteado

NIVELES ALTITUDINALES	POSICION TOPOGRAFICA										
	CONCAVA					CONVEXA					
	COBERTURAS					COBERTURAS					
	<10%	11-30%	31-50%	51-70%	>71%	<10%	11-30%	31-50%	51-70%	>71%	TOTAL
1800-1900	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0	5
1901-2000	0	0	0	0	0	1	1	3	5	1	11
20001-2100	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0	6
>2100	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
TOTALES	0	0	0	0	1	2	3	5	14	1	26
TOTAL INVENTARIOS	26										

2.2.4. Distribución y abundancia de especies en el BTS.

Los muestreos se realizaron mediante el método de levantamiento de intercepción lineal (línea Canfield) . Se trazó una línea de 100 m de longitud en dirección perpendicular a la pendiente, tomando como punto de partida las coordenadas GPS del sitio de muestreo, posteriormente se definen las líneas de intersección para el registro y conteo de especies a intervalos constantes de 1 metro tomado en consideración que las especies se pueden interceptar a diferentes estratos por lo que también se definieron 5 rangos de altura para la vegetación arbustiva y arbórea (0-1 m, 1.1- 2 m, 2.1- 4 m, 4 – 8 m, 8 -15 m y >16 m) y obteniendo de esta manera la cobertura de especies por medición de la intersección de copas y la frecuencia de especies en medidas centesimales. Par el cálculo de cobertura se utilizo la siguiente formula.

Cobertura (C)= Σ longitud de individuos de la especie i/ longitud total de las intersecciones X 100.

En e l caso de las frecuencias se utilizo la siguiente fórmula:

Frecuencia (F) = Σ de Numero de veces que individuos de la especie interceptada por la línea / Σ total de especies interceptada X 100.

Para obtener la riqueza de especies, en cada muestreo adyacente a la línea de canfield se desarrolló un análisis de parcelas anidadas en una superficie máxima de 1024 m² . Se usó el criterio del área mínima (Daget y Godron, 1982), iniciando con una parcela de 1 M X 1 M en el sentido perpendicular a la pendiente en la cual se registran las especies presentes y posteriormente se va incrementando el cuadro 2 X 1, 2 X 2 ,2 X 4, 4 X 4 etc. y así se registran las especies nuevas por cuadro hasta llegar a la superficie máxima, para obtener una curva de especies/área y de esta manera determinara el área en que las especies presentes se estabilizan. Este método de muestreo aumenta la probabilidad de encontrar especies raras a medida que se incrementa el área, efecto conocido como Rarefacción (Begon et al. 2006).

2.2.5. Identificación de especies y listados Florísticos.

La identificación de especies se estimó en campo mediante características fisiológicas y morfológicas descritas en diferentes estudios. Cuando existió duda en algunos ejemplares, estas fueron colectadas y posteriormente identificadas en el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HBUAA).



Figura 2.4 Colecta de material botánico y prensado para identificación.

2.2.6. Análisis de la información.

La riqueza de especies se estimó a través de la identificación de las especies encontradas en cada uno de los muestreos. Para encontrar un límite del número de muestreos y disminuir la posibilidad de sub muestreos o súper muestreos se realizó un análisis de rarefacción. Se calculó la diversidad alfa de Shannon-Wiener (H') para cada uno de los sitios y por cada nivel altitudinal usando el software *Richness and diversity species*[®], considerando que puede existir variación en la diversidad de acuerdo al cambio en las condiciones ambientales en temperatura y precipitación como lo menciona el Índice Atmosférico Estándar (disminución de $0.6^{\circ}\text{C}/100$ m de altitud).

La ecuación del índice H' se representa a través de:

La fórmula del índice de Shannon es la siguiente:¹

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

donde:

- S – número de especies (la riqueza de especies)
- P_i – proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): $\frac{n_i}{N}$
- n_i – número de individuos de la especie i
- N – número de todos los individuos de todas las especies

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (*riqueza de especies*), y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (*abundancia*)

Para encontrar las tasas de recambio de especies se estimó la diversidad β de Whitakker, tomando como referencia la diversidad encontrada por cada nivel altitudinal analizado.

$$\beta = \frac{S}{\alpha - 1}$$

Donde: β = Diversidad β de Whitakker

S = Número de especies registradas en un conjunto de muestras

α = Número promedio de especies en las muestras

2.3 Resultados

2.3.1 Riqueza de especies

En la región de estudio se identificaron 77 especies de árboles y arbustos, correspondientes a 14 familias y 45 géneros. Las Familias son aquellas que normalmente caracterizan a los BTS de las diferentes regiones del país donde estos se distribuyen. Las familias mejor representadas corresponden a *Fabaceae* (13 géneros), *Asteraceae* (11 géneros) y la familia *Cactaceae* (9 géneros) (Figura 2.5).

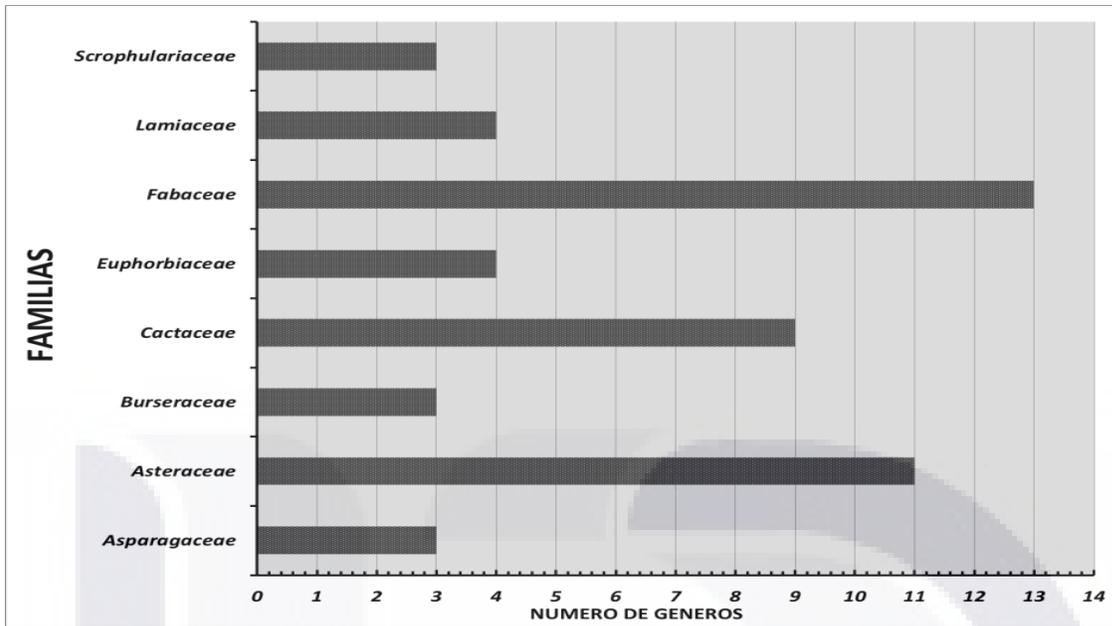


Figura 2.5 Familias y número de géneros presentes en el BTS del Terrero de la Labor.

Los géneros mejor representados corresponden a *Opuntia* (n= 4 spp.) *Acacia* (n= 4 spp.) y *Bursera* (n= 3 spp.), no obstante, también son importantes los géneros *Buddleja*, *Opuntia* y *Salvia* (Figura 2.6).

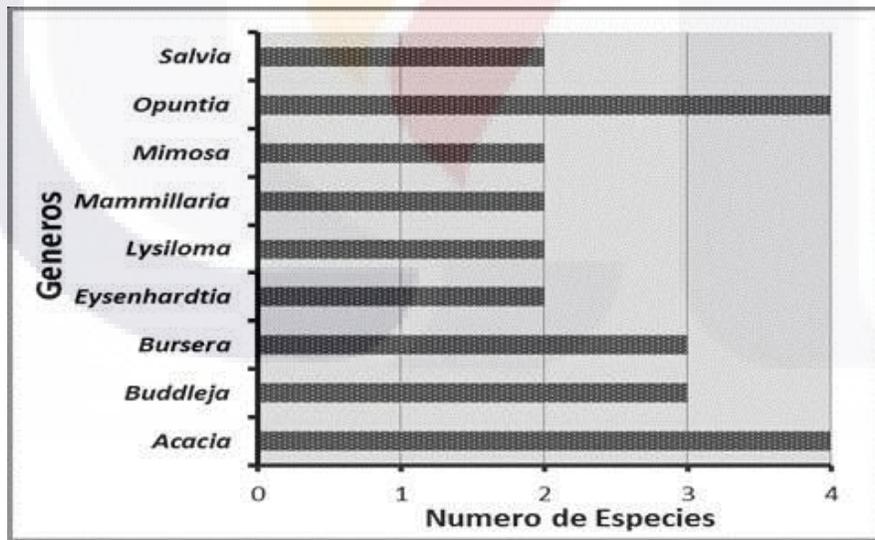


Figura 2.6 Distribución de los géneros con mayor representación en el paisaje del BTS del Terrero de la Labor.

De las 77 especies identificadas ocho se distribuyen en más del 70 % del paisaje de acuerdo a los muestreos realizados. Las especies con mayor distribución son el garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), el palo bobo (*Ipomoea murucoides*), el varaduz (*Eysenhardtia polystachya*), la venadilla (*Bursera fagaroides*) y el palo blanco (*Forestiera phylleroides*), que se localizan en el 96%, 92, 90, 88 y 86 % del territorio respectivamente, asumiendo que los sitios de muestreo son representativos de todo el paisaje.

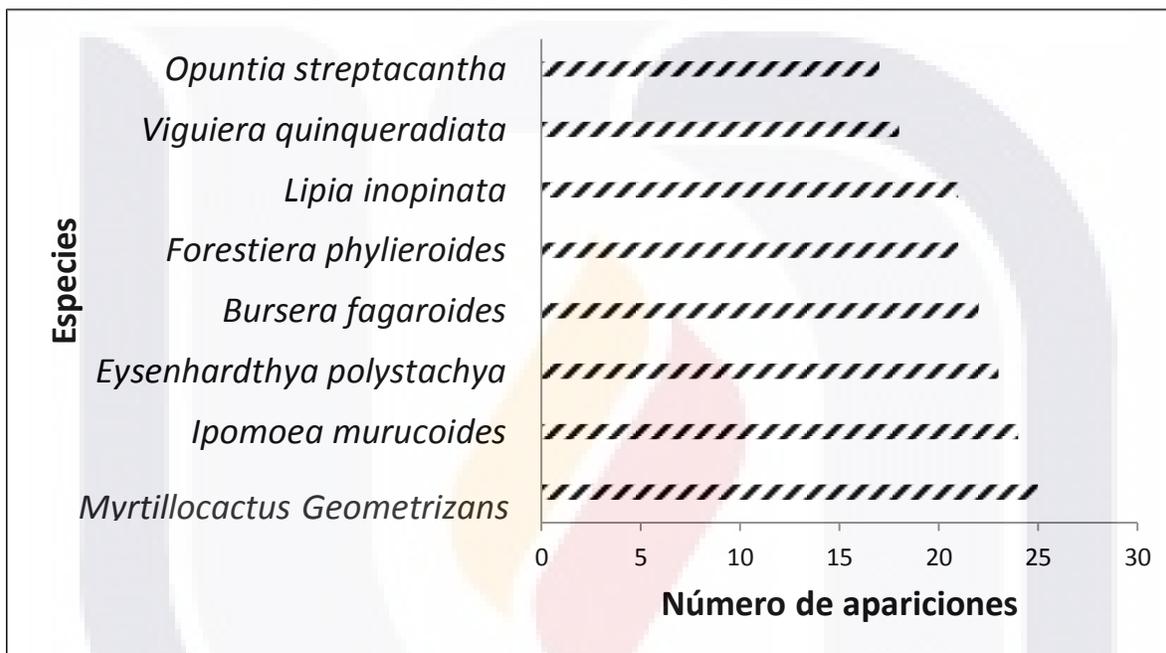


Figura 2.7 Especies mejor representadas en el BTS del Terrero de la labor.

Por otra parte, las especies más raras corresponden a *Plumeria rubra*, *Ficus petiolaris* y *Fraxinus purpurea*. La primera solo se localizó en un sitio, mientras que las dos últimas solo se encontraron en dos y tres sitios de muestreo, probablemente por su comportamiento como especies de selva mediana. Las especies más abundantes son aquellas que, aún cuando no sean las que tienen una amplia distribución en el paisaje, en los sitios donde se localizan su frecuencia es mayor que el resto de las especies identificadas. En el BTS del Terrero de la Labor las especies más abundantes corresponden a cinco géneros distintos, de las cuales, las más importantes son el tepeguaje (*Lysiloma microphylla*), el palo bobo (*Ipomoea murucoides*) y la venadilla (*Bursera fagaroides*) (Figura 2.7). En el caso del palo bobo, ocupa el segundo lugar tanto en distribución como en abundancia (ver figura 2.8).

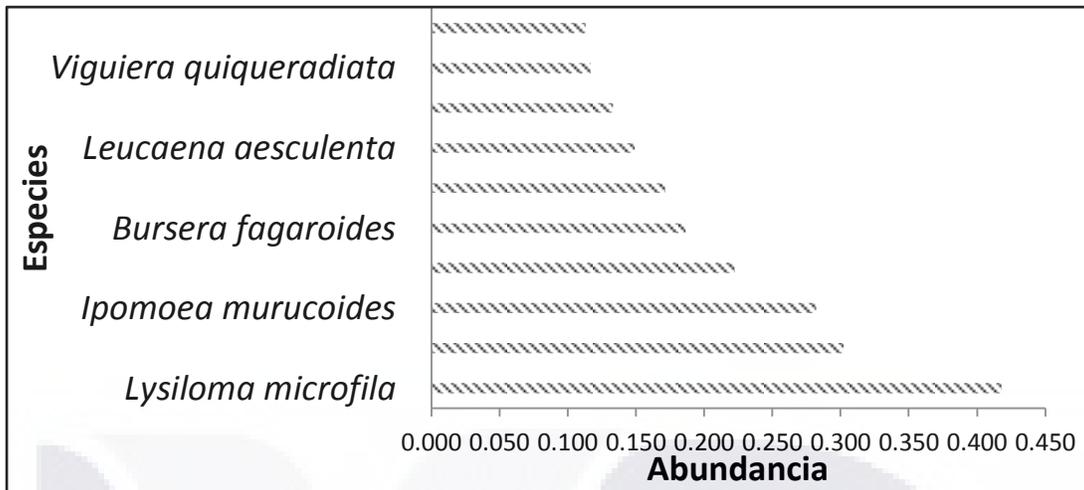


Figura 2.8 Especies más abundantes en los sitios de muestreo.

En este contexto es importante considerar que para tener una idea aproximada del comportamiento de las especies y su ensamblaje en el BTS terreo de Labor se llevó a cabo una análisis de la curva de acumulación de especies con la finalidad de determinar si la intensidad de muestreo acumulada era la ideal y se obtuvo la Figura 2.9 que describe como del inventario 1 al 3 se obtuvo un primer pico de acumulación de especies, en el inventario 6 otro pico de 60 y un tercero en el inventario 12 a partir de allí la curva de acumulación de especies presentó menos pendiente.

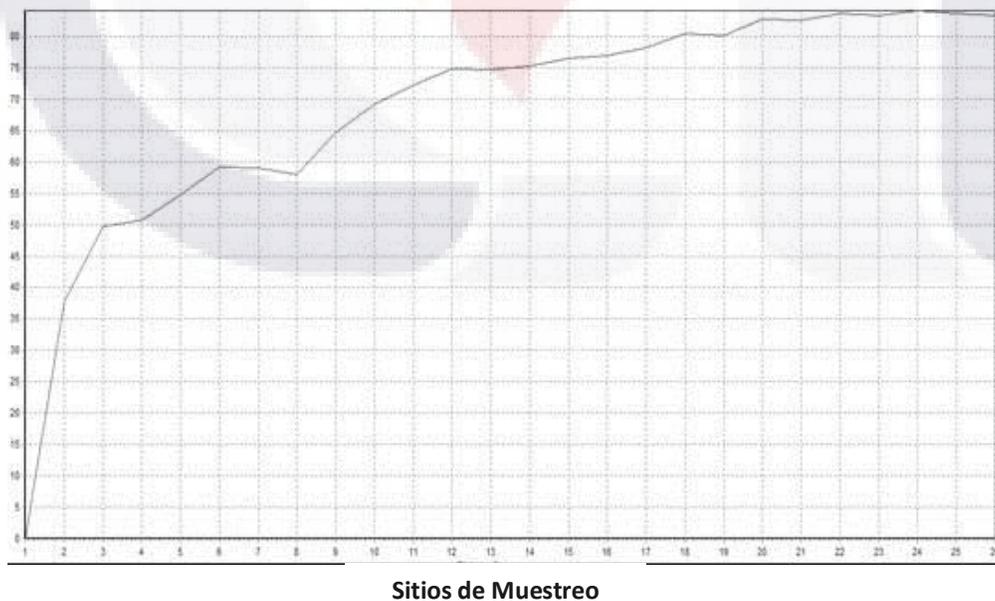


Figura 2.9 Curva de acumulación de especies por sitios de muestreo del BTS.

La curva de Rarefacción de especies permite estimar la riqueza de especies a partir de los resultados del muestreo y establecer una relación entre el esfuerzo máximo y el número de especies, para disminuir el sesgo entre el número de muestreos y la superficie total del territorio. En el caso del BTS del Terrero de la Labor se observa que la curva de rarefacción indica que la ganancia máxima de especies se encuentra en los primeros 12 muestreos. Por el contrario, a partir del muestreo 22 la ganancia es mínima, por lo que existe una estabilización en términos de diversidad (Figura 2.10). Las especies localizadas a partir de la estabilización de la curva pueden ser consideradas como “raras”, aunque para ello es necesario un análisis de distancias euclidianas.

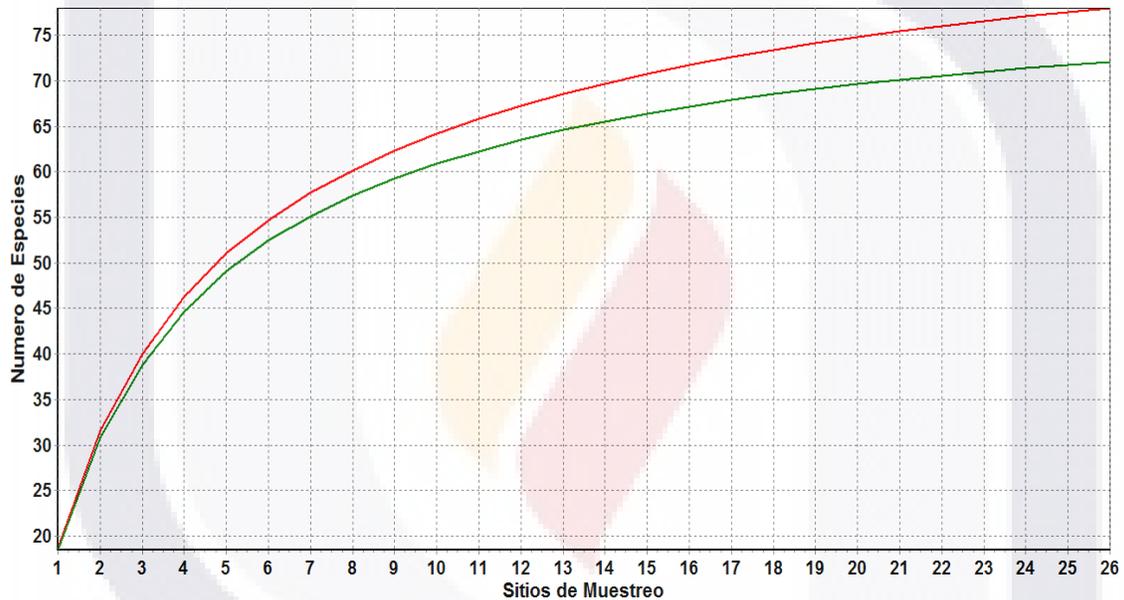


Figura 2.10 Curva de rarefacción que describe el comportamiento del número de especies presentes vs. Sitios de muestreo

2.3.2 Biodiversidad del BTS.

La diversidad H' encontrada en el BTS del ejido Terrero de la Labor es constante. El índice de diversidad más alto es de 3.49, presente en dos sitios de los 26 analizados, lo que implica sitios con un buen estado de conservación. Por el contrario, el índice de diversidad H' más bajo es de 2.77, que se replica en tres sitios de trabajo (ver Cuadro 2.2). Aunque

aparentemente no existen diferencias, los índices de diversidad más altos se ubican principalmente en barrancas y exposiciones al norte, en sitios de difícil acceso.

Cuadro 2.2 Diversidad de especies leñosas asociadas al Bosque Tropical Seco de Calvillo, Aguascalientes

Sitio	H'	Varianza	Sitio	H'	Varianza
1	3.2189	0.0192	14	3.2958	0.017833
2	2.9444	0.024931	15	2.8332	0.027682
3	3.0445	0.022676	16	3.3322	0.017219
4	2.7726	0.029297	17	3.1781	0.019965
5	3.3322	0.017219	18	3.3322	0.017219
6	2.8332	0.027682	19	3.2958	0.017833
7	2.3979	0.041322	20	3.091	0.021694
8	2.8332	0.027682	21	2.9444	0.024931
9	3.4012	0.016111	22	2.6391	0.033163
10	3.4012	0.016111	23	2.7726	0.029297
11	3.2581	0.018491	24	3.2581	0.018491
12	3.2581	0.018491	25	3.4012	0.016111
13	3.4965	0.014692	26	3.3673	0.016647

Aunque en el paisaje analizado, la diversidad más alta se localiza entre 1950 y 2000 msnm, no existe una clara diferencia entre los diferentes rangos analizados (cuadro 2.3). Al analizar el efecto de la pendiente, los índices más altos se localizan en pendientes superiores al 40 %, posiblemente por lo escarpado del terreno y su difícil acceso para las actividades ganaderas (cuadro 2.4).

Cuadro 2.3 Índices de diversidad de acuerdo a la altitud de los sitios

RANGO DE ALTITUD	NO. DE SITIOS MUESTREADOS	H'
1851-1900	7	3.08
1901-1950	5	2.57
1951-2000	7	3.60
2001-2100	5	3.14
>2100	2	3.25

Nota: H' promedio

Cuadro 2.4 Índices de diversidad de acuerdo a las pendientes de los sitios

RANGO DE PENDIENTE	NO. DE SITIOS MUESTREADOS	H'
0-9 %	6	2.94
9-25 %	3	2.88
26-37%	5	2.92
37-49 %	4	3.26
49-64 %	5	3.34
>65%	3	3.39

Nota: H' promedio

2.4 Discusión

La pérdida de biodiversidad es uno de los problemas ambientales que han logrado despertar un amplio interés mundial en las últimas dos décadas (Tilman *et al.*, 2001). Algunas de las principales causas están relacionadas con las actividades humanas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat). Los medios de comunicación han impactado de tal manera que tanto el gobierno, la iniciativa privada, como la sociedad en general consideran prioritario dirigir mayores esfuerzos hacia programas de conservación. La base para un análisis objetivo de la biodiversidad y su cambio reside en su correcta evaluación y monitoreo.

La biodiversidad o diversidad biológica se define como “la variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo, entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de “ecosistemas”. El término comprende, por tanto, diferentes escalas biológicas: desde la variabilidad en el contenido genético de los individuos y las poblaciones, el conjunto de especies que integran grupos funcionales y comunidades completas, hasta el conjunto de comunidades de un paisaje o región (Halffter y Ezcurra, 1992).

Los estudios sobre medición de biodiversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. Sin embargo, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro. En cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra un número variable de comunidades. Por ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje, la separación de los componentes alfa, beta y gamma (Whittaker, 1972) puede ser de gran utilidad, principalmente para medir y monitorear los efectos de las actividades humanas (Halffter, 1998).

La medición de la biodiversidad ha sido un tema ampliamente abordado a diferentes escalas, que van desde la riqueza específica en sí (Llorente-Busquets y Ocegueda, 2008) hasta los posibles efectos de diferentes factores sobre algunas especies (Álvarez-Romero et al., 2008; Calderón-Aguilera et al., 2012).

La riqueza de especies en los BTS es generalmente más baja que en los bosques tropicales húmedos (Gentry, 1995), aunque superior que en los Bosques Templados de Montaña (Meave *et al.*, 2006). La riqueza de especies alcanza su pico próximo en el Ecuador y gradualmente disminuye hacia las latitudes altas; no obstante en el caso del BTS de la región oeste de México, la riqueza de especies no solo es anormalmente alta sino que también implica un gran componente endémico. Algunos estudios conducidos en los BTS de México incluyen la información de los tipos de vegetación que no son realmente típicos de climas tropicales, esto principalmente es debido a que los límites coinciden con límites político-administrativos o unidades fisiográficas pero no con unidades climáticas. La vegetación típica de los trópicos secos puede ser dominada por árboles o por arbustos o

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

hierbas, desdibujando la correlación entre los tipos de vegetación y la precipitación (Gillespie et al., 2000; Trejo y Dirzo. 2000).

El BTS es dominado por árboles relativamente cortos, la mayoría de los cuales pierde todo su follaje en la estación seca. En esta comunidad, las formas de vida herbáceas, leñosas delgadas y enredaderas son comunes, pero las epífitas y lianas gruesas son menos abundantes y diversas que en los bosques húmedos (Challenger, 1998; Pineda- García et al., 2007). La diversidad es generalmente más alta sin un claro dominio de cualquier especie, hasta el punto que muchas de ellas son raras (Durán et al., 2006). En este tipo de ecosistemas es común identificar algunos géneros como *Bursera*, *Lonchocarpus*, *Lysiloma* y *Jatropha*, así como cactus columnares emergentes (Rzedowski, 1978; Challenger, 1998; Pennington y Sarukhán, 1998). La presencia de crecimiento lento y las plantas de larga vida, como los cactus suculentos, sugiere que esta vegetación normalmente no se somete a perturbación por fuego. A pesar de estas similitudes, el BTS es muy variable en la estructura y composición de todo el país.

La riqueza de especies encontrada en el BTS del ejido Terrero de la Labor (N=79) es similar a lo reportado por Trejo (2005), donde señala que en promedio el bosque tropical seco en México alberga alrededor de 74 especies con un $DAP \geq 1$ cm en 0.1 ha. Sin embargo, en el territorio del ejido analizado se encontraron algunas especies consideradas como “raras” que son indicadoras de selva mediana (i.e. *Amphiterigium molle*) en las barrancas y sitios mejor conservados, que sugieren que en algún tiempo este ecosistema tenía una mayor representación en el paisaje.

El análisis de la diversidad y los disturbios asociados al Bosque Tropical Seco del Ejido Terrero de la Labor, representa uno de los primeros esfuerzos por conocer el patrimonio natural de este ecosistema. Anteriormente solo se habían realizado estudios florísticos parciales que se refieren principalmente al tipo de vegetación dominante y algunas especies importantes, pero existían vacíos sobre la diversidad y los disturbios que han generado alteraciones en el paisaje (Estudio de Estado, 2008). Por otra parte, otros estudios mencionan algunos factores relacionados con la mortalidad de estas comunidades naturales (Díaz-Núñez et al., 2014), pero no existe información sobre la diversidad de vegetación que refleje la verdadera importancia del bosque tropical seco.

La diversidad de florística presentada en este estudio constituye un punto de partida para la implementación de varios estudios y programas que permitan por un lado la conservación de los sitios con una cobertura vegetal y por otra, la restauración de la vegetación con especies indicadoras del bosque tropical seco.

2.5 Conclusiones

Se identificaron 79 especies arbóreas y arbustivas en el polígono del ejido Terrero de la Labor. Las familias mejor representadas son la *Fabaceae* y *Asteraceae* en ese orden. Las especies con mayor distribución son el garambullo (*Myrtillocactus geometryzans*), varaduz (*Eysenhardtia polystachya*) y el palo oloroso (*Lipia innopinata*), mientras que las más abundantes son el tepeguaje (*Lysiloma microphyla*), el palo bobo (*ipomoea murocoides*) y la venadilla (*Bursera fagaroides*). De acuerdo al análisis de distancias euclidianas la especies más raras son el cuachalalate (*Ampitherigium molle*) y el ficus silvestre (*Ficus petiolaris*). El H' más alto es de 3.39, que se localiza en el rango de 2050-2100 msnm y en pendientes de 30 a 50 %.

Agradecimientos

El autor agradece la participación de diferentes personas en los levantamientos de información de campo, Giovanni Romo Delgado, Luis Alberto Hernández Gaytán, entre varios otros. Se reconoce la participación del Dr. José de Jesús Luna Ruiz por sus sugerencias en los análisis estadísticos. Este proyecto fue financiado con recursos económicos provenientes del proyecto de investigación funcionamiento, conservación y manejo de bosques tropicales y matorrales semi-áridos en dos regiones de Aguascalientes (PIAG/RN 14-3) de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y del Proyecto CONACYT-REDES TEMATICAS-194637: "Investigación Integral de las necesidades, problemáticas y oportunidades Ambientales, Económicas y Sociales en las Áreas Naturales Protegidas de México: un enfoque integral, multiinstitucional e interdisciplinario para el Desarrollo Sustentable". Se agradece a la Red Nacional de Áreas Naturales Protegidas (RENANP) y se agradece la participación de diferentes personas del Ejido Terrero de la Labor por su ayuda en los recorridos de campo, en especial al Presidente del Comisariado Ejidal, Señor Manuel Velazco.

2.6. Referencias bibliográficas.

- Álvarez-Romero, J. G., R.A. Medellín, A. Oliveras de Ita, H. Gómez de Silva y O. Sánchez. 2008. Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, UNAM, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F. 518 p.
- Begon, M., C. T. Townsend y J. L. Harper. 2006. Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing, Oxford. 738 p.
- Calderón-Aguilera, L.E., V.H. Rivera-Monroy, L. Porter-Bolland, A. Martínez-Yrizar, L.B. Ladah, M. Martínez-Ramos, J. Alcocer, A.L. Santiago-Pérez, H.H. Hernández-Arana, V.M. Reyes-Gómez, D.R. Pérez-Salicrup, V. Díaz-Núñez, J. Sosa-Ramírez, J. Herrera-Silveira, and A. Búrquez. 2012. An assessment of natural and human disturbance effects on Mexican ecosystems: current trends and research gaps. Biodiversity and Conservation DOI 10.1007/S10531-011-0218-6.
- Ceballos, G. y A. García. 1995. Conserving Neotropical biodiversity: the role of dry forest in western México. Conservation Biology 9: 1349-1353.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2015. Sistemas de especies forestales. Disponible en http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/especies_forestales/
- Daget Ph. y M. Godron. 1982. Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés. Masson, Paris. 163p.
- De la Cerda-Lemus, M. 2011. The Burseraceae family in the state of Aguascalientes, Mexico. Act. Bot. Mex. 94: 1-25
- Díaz-Núñez, V., J. Sosa-Ramírez e I.P. Macías-Medina. 2014. Diagnóstico fitosanitario de la vegetación en ecosistemas prioritarios de Aguascalientes, México. Comisión Nacional Forestal-Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes. 84 p.
- Flores, J.S., y J. Álvarez-Sánchez. 2011. Técnicas de Muestreo para Manejadores de Recursos naturales Segunda edición.2011.UNAM. Flora y Vegetación.

- Gleason, H.A. 1926. The Individualistic Concept of the Plant Association. Bull. Torrey Bot. Club, 53:7-26. Reimpreso parcialmente en: Readings in Ecology (E.J. Kormondy, Edit.); Prentice Hall, N. Y.
- INEGI. 2007. Núcleos agrarios. Tabulados básicos por municipio. Programa de Certificación de Derechos Ejidales y Titulación de Solares. PROCEDE.
- Llorente-Busquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. En: Capital Natural de México, vol. 1. Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO. México. Pp. 283-322.
- Masera, O., M. J. Ordóñez y R. Dirzo. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long term scenarios. Climatic Change 35: 256-259.
- Meave J.A., Rincón A. and Romero-Romero M.A. 2006. Oak forest of the ever Hyper-humid region of la Chinantla, Northern Oaxaca range, Mexico. Ecological studies 185: 113-125.
- Osting, H. J. 1951. Ecología Vegetal. Aguilar, S.A. de Ediciones, Madrid.
- Rey-Benayas, J.M., and J.M. Bullock. 2012. Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. Ecosystems (completar la cita)
- Rzedowski, J., y G. Calderón. 2013. Datos para la Apreciación de la Flora Fanerogámica del Bosque Tropical Caducifolio de México Acta Botánica Mexicana 102: 1-23
- Sáenz-Romero, C., A. E. Snively y R. Lindig-Cisneros. 2003. Conservation and restoration of pine forest genetic resources in Mexico. Silvae Genetica. 52: 5-6.
- Sosa-Ramírez, J. O. Moreno-Rico, G. Sánchez-Martínez, M. E. Siqueiros-Delgado, V. Díaz-Núñez .2011. Ecología y fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. Madera y Bosques. 17: 49-63
- Tilman, D., J. Fargione, B. Wolff, C. D'Antonio, A. Dobson, R. Howarth, D. Schindler, W. H. Schlesinger, D. Simberloff, D. Swackhamer. 2001. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. Science 292: 281-284.

Trejo, I. 1998. Distribución y diversidad de selvas bajas de México: relaciones con el clima y el suelo. Tesis doctoral. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 206 p.

Trejo, I. 2005. Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. En: Halfter et al., (2005). Sobre diversidad biológica: el significado de las diversidades alfa, beta y gama. CONABIO, SEA, CONACyT. ISBN 84-932807-7-1. Pp. 111-122.

Trejo, I. and R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forests: a national and local analysis in Mexico. *Biological Conservation*



Capítulo III. Análisis de la dinámica del paisaje en el Bosque Tropical Seco del Ejido Terrero de la Labor, Calvillo, Aguascalientes, México.
Analysis of landscape dynamics in the tropical dry forest of Ejido Terrero de la Labor, Calvillo, Aguascalientes, Mexico.

Resumen.

Los cambios en la cobertura y en el arreglo espacial de los parches en el paisaje dominado por Bosque Tropical Seco en el ejido Terrero de la Labor han sido constantes como resultado de las actividades agropecuarias por parte de los ejidatarios y pequeños propietarios. Con el objetivo de analizarla trayectoria del paisaje en las últimas cuatro décadas en el BTS de terrero de la Labor se realizó un análisis multitemporal en los parches que presentaron dinamismo. Se utilizaron imágenes de tres fechas distintas, 1970, 1993 y 2010. Para las dos primeras fechas se emplearon ortofotos 2m de resolución, mientras que para 2010 se usaron imágenes spot a resolución de 2.5 metros. Las variables analizadas fue el cambio en el número de parches a través del tiempo y la variación en tamaño y cobertura en cada uno de ellos. Se realizó una clasificación visual tomado como base la imagen de 1970, se establecieron los diferentes parches que sufrieron modificaciones en tamaño y cobertura a través del tiempo indicado. Para el análisis del cambio en cobertura se establecieron cinco clases: i) $\leq 10\%$, ii) 11-30 % iii) 31-50 %, iv) 51-70 % y v) $> 70\%$. Se establecieron tres criterios, degradación, recuperación y sin cambios. El primero consistió en la regresión de una clase de cobertura alta a una más baja entre dos periodos, mientras que la recuperación consistió en el incremento en las clases de coberturas. Los resultados obtenidos muestran que en las dos primeras de análisis el número de parches se mantiene constante, mientras que para el 2010 se incrementa. Para la última fecha se presenta una recuperación de la cobertura del paisaje, posiblemente por la disminución de las actividades agropecuarias, o bien, probablemente por los esfuerzos de restauración que se han conducido.

Palabras clave: Cobertura, análisis multitemporal, formas, paisaje, parches

Abstract

Changes in coverage and in the spatial arrangement of patches in the landscape dominated in the tropical dry forest (BTS) of the Terrero de la Labor have been equable as a result of agricultural activities by landowners and smallholders. In order to analyze the landscape evolution over the past four decades in the BTS of the Terrero de la Labor one multitemporal analysis was performed on the patches that showed dynamism. Images of three different dates, 1970, 1993 and 2010 were used as main input source of information. For the first two dates 2m resolution orthophotos were used, while for 2010 spot resolution images of 2.5 meters were used. The variables studied were change in the number of patches over time and variation in size and coverage each. A visual classification based on the 1970 image was made, the various patches that were modified in size and coverage through the indicated time settled. I) $\leq 10\%$, ii) 11 to 30% iii) 31-50%, iv) 51-70% v) $> 70\%$: For the analysis of the change in coverage were established five classes. Three criteria, degradation, recovery and settled unchanged. The first one consisted of a kind of regression to lower high coverage between two periods, while recovery was to the increase in cover classes. The results show that in the first two test patches number remains constant, while for 2010 increases. The last date for recovery of the landscape is covered, possibly by decreasing agricultural activities or, probably for restoration efforts that have been conducted.

Keywords: Coverage, multi-temporal analysis, forms, landscape, patches

3.1 Introducción

En todos los ecosistemas se presentan disturbios tanto naturales como antropogénicos, que de acuerdo a su magnitud e intensidad ocasionan cambios a diferentes escalas (White y Pickett, 1985). Por ejemplo, uno de los primeros efectos es la alteración en el ciclaje y flujo de los nutrientes (Vitousek et al., 1991) que se reflejan en cambios en la estructura de la vegetación a través de procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin et al. 2001). Otros estudios mencionan que los disturbios como el fuego están relacionados directamente con la regeneración de algunas especies (Keeley et al., 1999).

Cuando ocurren disturbios de altas magnitudes su recuperación es muy lenta, en otros casos ocurren procesos de deforestación y degradación del suelo. Por ejemplo, se estima que la pérdida de bosques desde los albores de la humanidad al presente va de un tercio (Noble y Dirzo, 1997) a casi la mitad de la superficie total original (Cincotta et al. 2000).

En los últimos 40 años los ecosistemas naturales han sido transformados en áreas agrícolas a una tasa de 4×10^6 ha/año (Tilman et al., 2001) y entre 1990 y 2005, tan solo en América Latina y el Caribe se ha evidenciado una pérdida forestal de alrededor de 64 millones de ha (FAO, 2007). Esta acelerada pérdida de la cubierta forestal deriva en una disminución del acervo genético en los ecosistemas autóctonos. Entre las consecuencias más obvias destaca la pérdida del potencial de uso de los múltiples bienes y servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas para el bienestar humano, el calentamiento global, la alteración de ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, la introducción de especies exóticas, el exterminio de las especies nativas y la pérdida de hábitat en general (Velázquez et al. 2002).

Esta acelerada pérdida del capital natural se acentúa en forma alarmante en los bosques y selvas tropicales. Para el periodo 1964–1973 los ritmos de deforestación de los bosques tropicales en el mundo se calculó en 21 ha/minuto, lo que significó una pérdida anual de aproximadamente once millones de hectáreas. Se estima que la conversión de coberturas forestales primarias tropicales a coberturas antrópicas en el mundo alcanzó en promedio 15.5 millones de hectáreas al año en el periodo de 1981-1990, con una tasa anual de pérdida de 0.8% (FRA, 2010). En Latinoamérica, la FAO (1995) estimó que para finales del siglo XX los bosques y selvas se reducirían al 53% de la cobertura original. Ésta se considera la mayor transformación que ha ocurrido en Centro y Sudamérica, principalmente en Brasil, México y Costa Rica, quienes contribuyen con un 32% del total estimado (FAO 1995).

En América Latina y el Caribe, existen abundantes recursos forestales, con una extensión de aproximadamente el 47 % de su territorio, y una representación cercana al 22 % de la superficie forestal mundial. Sin embargo, durante los últimos 50 años, la superficie mundial ha sufrido una severa transformación, siendo los bosques tropicales y los BTM los más afectados (Ecosistemas del Milenio: Evaluación. Ecosistemas, 2005). La media mundial predice que México debería tener alrededor de 0.7 ha de cubierta arbolada per-capita; sin embargo, los datos actuales, sugieren la existencia solo 0.5 ha y la predicción para el 2025 será de 0.3 ha; (Velázquez et al. 2001). El BTS es el ecosistema tropical de mayor extensión a nivel mundial (42%), y en México representa el ~ 60% de la vegetación tropical (Trejo y Dirzo, 2000). Sin embargo, alrededor del 30% de estos Bosques tropicales presenta algún tipo de perturbación.. Se estima que hace aproximadamente dos décadas las selvas mexicanas cubrían alrededor de un 20% de la superficie nacional, y que entre 1976 y 1980 la deforestación anual de éstas fue de 160,000 ha/año (Masera et al. 1997).

En la actualidad existe gran interés por los diagnósticos ambientales que evalúan la estructura, funcionamiento y dinámica de los ecosistemas (Porter-Bolland et al., 2012; Díaz-Núñez et al., 2015) con el objetivo de diseñar estrategias que permitan por un lado su conservación y por otro, la restauración de sitios deteriorados donde la recuperación pasiva no sea posible (Rey-Benayas et al., 2008). El enfoque de la ecología del paisaje hace posible sintetizar e integrar los aspectos estructurales y funcionales del territorio en un momento determinado (García-Romero, 2002; Muñoz, 2002), y su valoración constituye una herramienta útil y rápida para el diagnóstico ambiental con fines de conservación en escalas geográficas amplias. Sin embargo, en el caso de México existen escasos estudios con este enfoque y en ningún caso se tienen referencias de la valoración del paisaje para ecosistemas de Bosque Tropical Seco (BTS).

No obstante que existen estudios que evalúan la deforestación de la selva en México (Trejo y Dirzo, 2000), así como sus consecuencias sobre la degradación ambiental y la pérdida de la biodiversidad y endemismos (Maass, 1995), no se tienen referencias de trabajos que analicen las consecuencias de su transformación bajo el enfoque de la ecología del paisaje.

El BTS es similar al descrito en otras áreas de México y consiste en comunidades caducifolias de amplia diversidad florística y número de endemismos (60% de las especies de selva; Rzedowski, 1991; Trejo y Dirzo, 2000); por ejemplo, predominan las plantas de afinidad neotropical, así como los árboles bajos (8-12 m) que se ramifican a poca distancia del suelo, y con presencia de otras formas de vida como trepadoras y epífitas escasas (Rzedowski, 1988; Challenger 1998).

En Aguascalientes se encuentra dividido en tres importantes ecorregiones, de las cuales, una de las más importantes es el Bosque Tropical Seco, que alberga la más alta diversidad de especies (Estudio de Estado, 2008). La mayor superficie de estas comunidades naturales se distribuyen en el municipio de Calvillo, aunque también se presentan relictos en otros municipios, lo cual hace suponer una mayor distribución en el pasado. Aunque se han realizado algunos estudios, principalmente florísticos, para este ecosistema no existen análisis sobre la estructura del paisaje y la trayectoria sucesional que indiquen con certeza los cambios que se han presentado a lo largo del tiempo y cuáles son los factores relacionados con ello, aunque es probable que las actividades agropecuarias influyan sobre los procesos de perturbación-recuperación, similar a lo que ocurre en el bosque templado de montaña (Díaz-Núñez et al., 2015). Hasta el momento se desconoce si el paisaje dominado por BTS en Aguascalientes ha sido transformado en superficie o en los tipos de vegetación, o bien, si esta se ha recuperado y/o degradado y el tiempo que tarda en cicatrizar los efectos del disturbio.

El objetivo de este trabajo consistió en analizar la dinámica del paisaje en el bosque tropical seco del ejido Terrero de la labor para estimar los procesos de recuperación-degradación y el tiempo que transcurre para que esto ocurra.

3.2 Materiales y métodos.

3.2.1 Zona de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el ejido del Terrero de la labor, en el municipio de Calvillo Aguascalientes en México Central. El polígono ejidal comprende una superficie de 5861 del cual, el BTS ocupa un 45 % de su área total (figura 1). Se localiza dentro de las

coordenadas extremas: 102°43'58.88" Longitud Oeste y 22°6'4.78" Latitud Norte y en el extremo Sureste 102°41'24.95" Longitud Oeste y 21°44'27.61" Latitud Norte. La composición de especies está dominada principalmente por garambullo (*Myrtillocactus geometryzans*), tepeguaje (*Lysiloma acapuncense*), guache (*Leucaena aesculenta*), venadilla (*Bursera fagaroides*), varaduz (*Eisenhardtia polystachya* y *E. punctata*), entre otras. También se encuentran algunas especies consideradas como "raras", entre ellas, el chachalalate (*Amphiterygium molle*), el pochote (*Ceiba aesculifolia*) y el ficus silvestre (*Ficus petiolaris*). Las principales actividades productivas son la ganadería de bovinos de carne, agricultura de temporal y el cultivo de la guayaba, aunque esta última ha ido en decremento.

3.2 2. Selección de material fotográfico.

Para evaluar la dinámica del paisaje del BTS se utilizaron tres series de imágenes digitalizadas de 1970, 1993 y 2010. Se realizaron análisis de ortofotos escalas 1:20,000 resolución de 2 metros para los años 1970 y 1993 (procesada por el INEGI), mientras que para el año 2010 se utilizaron imágenes del satélite Spot 5 a resolución de 2.5 metros. (Procesada por el IMAE del estado de Aguascalientes). Todas las imágenes fueron previamente georeferidas y ortorectificadas. Al igual que la interpretación y análisis de las ortofotos e imágenes de satélite toda la información de imágenes satelitales y ortofotos así como los resultado del análisis de imágenes interpretación se trabajó en la proyección UTM (Universal transversa de Mercator) referida a la zona 13 y con Datum de referencia WGS84.

3.2.3 Análisis de interpretación de imágenes.

Para el análisis de los cambios ocurridos en el BTS durante el año 1970 (año base) se trabajó mediante la interpretación de las ortofotos de área de estudio correspondiente con el apoyo del programa de computo ARGIS 10.2 (Environmental Systems Research Institute, 2012) donde se generó un proyecto de mapa con la imágenes de 1970 y posteriormente se trazaron los cambios detectados para las ortofotos de 1993 y la imagen satelital del año 2010.

Los parámetros que se analizaron fueron:

- a) Disminución o incremento de parches con cobertura

Al ser el BTS una zona Forestal característica la clasificación de imágenes se hizo de acuerdo a dos criterios el tamaño y la cobertura de los parches. Para el establecimiento de un marco de referencia se usó la metodología planteada por Díaz (2012), considerando que esta se modificó, pues originalmente esta fue diseñada para bosque de clima templado. Se estableció una tipología de los cambios en la cobertura vegetal (ver Cuadro 3.1) misma que tiene atributos definidos por una clave nemotécnica y que sirvió para el llenado de las bases de datos de cada uno de los polígonos generados a partir del proceso de interpretación

El cambio en la estructura del paisaje (dinámica sucesional) se estableció un mosaico con diferentes coberturas de parches teniendo como base la primera fecha de análisis (1970). Se usó una clasificación con base a las coberturas de vegetación propuestas por Wimberly y Spies (2004) y modificadas por Díaz-Núñez (2012) ver Cuadro 3.2.

Cuadro 3.1 Tipología de cambios que se pueden presentar en un paisaje para clasificación la trayectoria sucesional de fragmentos o parches (adaptado de Kennedy y Spies, 2004).

Clave	Definición	Proceso ocurrido (Tamaño y forma)*	Proceso ocurrido(Cobertura)**
SA	Igual área	No hay cambios en el área de los parches	
IA	Incremento en área	El claro incrementa su tamaño	
DA	Disminución en área	El claro se hace más pequeño	
SC	Sin cambios visibles		No se aprecian cambios en cuanto a cobertura
RL	Recuperación ligera		La cobertura forestal pasa de una clase baja a una más alta
RM	Recuperación moderada		La cubierta forestal se recupera hasta en 2 clases
RF	Recuperación fuerte		La recuperación de la cubierta es de hasta 3 clases
RT	Recuperación total		La recuperación es tan abrupta que es difícil distinguir el proceso de cicatrización
DL	Degradación ligera		La cobertura en un parche se degrada solo en una clase
DM	Degradación moderada		La degradación de cobertura es hasta en dos clases
DF	Degradación fuerte		Un parche degrada su cobertura forestal hasta en 3 clases
DT	Degradación total		El cambio es tan abrupto que de una cobertura forestal fuerte, el parche se transforma en un claro

Cuadro 3.2 Tipología de clase de cobertura que se pueden presentar en un parche del paisaje (Wimberly y Spies (2004) y modificadas por Díaz-Núñez (2012).

Clase	Cobertura (% según las fotografías aéreas)*
1	< 10
2	11-30
3	31-50
4	51-70
5	>70

Para el análisis de transiciones, a la primera fecha caracterizada se sobrepusieron los parches detectados en las fechas posteriores.

En esta etapa se evaluarán el aumento y/o disminución del número de parches en las fechas analizadas. En la estructura del paisaje se evaluarán:

- a) Tamaño y forma del parche.
- b) Cobertura

3.3. Resultados preliminares

En 1970 se identificaron 232 parches de los cuales el 72 % (n=168) pertenecen a la categoría más baja de cobertura < 10 %. (n=25) tenían una cobertura entre 11 y 30 %, mientras que 19 parches poseían una cobertura de 31 a 50 %. Solamente el 4.3 % de los parches identificados (n=10) tuvieron coberturas superiores a 70 % (ver figuras 3.1 y 3.2).

Se obtuvieron las estadísticas paramétricas de los parches bajo diferentes tipos de disturbio para los diferentes años y que se resumen en las Tablas 3.1 y 3.2 para el año 1970 y 1993

respectivamente. De los 232 parches con superficies mínimas que varían desde 0.08 has hasta 0.13 has para las diferentes clases.

La superficie total de los parches para todas las clases consideradas en el análisis es de 234 has. Así como También un 81 % de la superficie corresponde a la clase 1 de cobertura (<10 %) mientras que solo un 1.3 % del área total de parches corresponde al a la clase 5 (>70 %).

Cuadro 3.3 Resumen de Estadísticas de los parches encontrados en el paisaje del BTS del Terrero de la Labor basado en criterios de cobertura para el año 1970.

	Núm. de parches	Sup. Mínima (ha)	Sup. Máxima (ha)	Sup. Total (ha)	Media (ha)	Desv. Estándar (ha)
CLASE 1	168	0.08	8.25	190.78	1.14	1.41
CLASE 2	25	0.04	4.98	22.61	0.90	1.10
CLASE 3	19	0.04	4.17	11.58	0.61	0.87
CLASE 4	10	0.34	0.96	6.31	0.63	0.22
CLASE 5	10	0.13	0.74	2.99	0.30	0.19

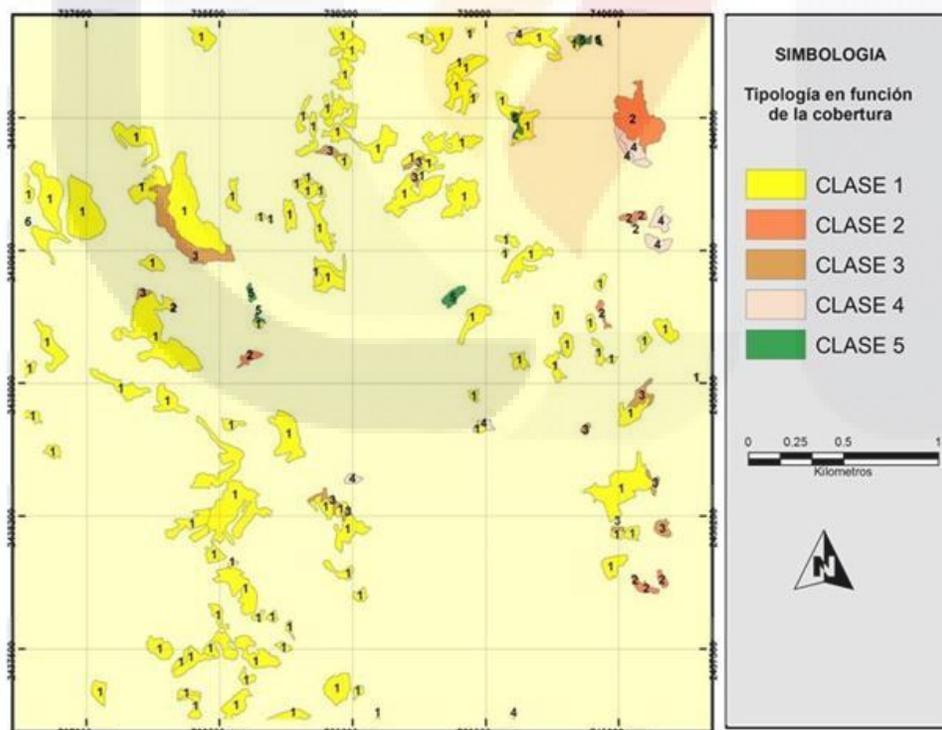


Figura 3.1 Tipología de coberturas de los parches encontrados en 1970 en el BTS del ejido Terrero de la Labor.

Cuadro 3.4 Resumen de Estadísticas de los parches encontrados en el paisaje del BTS del Terrero de la Labor basado en criterios de cobertura para el año 1993.

	# polígonos	Sup. Mínima (ha)	Sup. Máxima (ha)	Sup. Total (ha)	Media (ha)	Desv. Estándar (ha)
CLASE 1	200	0.04	8.25	212.38	1.06	1.35
CLASE 2	16	0.06	1.93	8.82	0.55	0.50
CLASE 3	15	0.04	4.17	12.73	0.85	1.05
CLASE 4	1	0.34	0.34	0.34	0.34	0

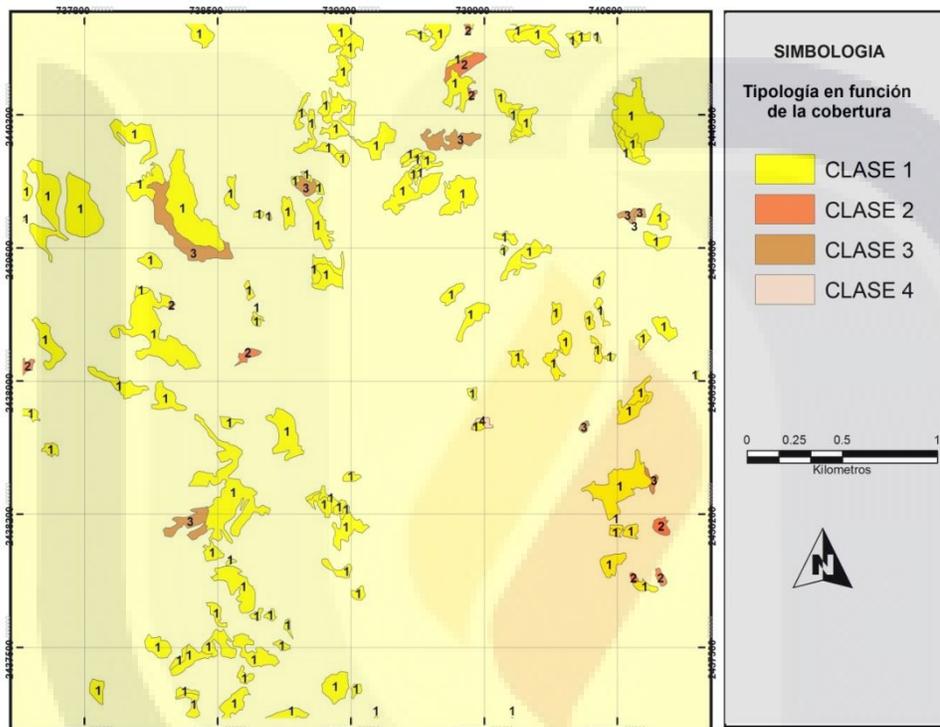


Figura 3.2 Tipología de coberturas de los diferentes parches encontrados en 1993 en el BTS del ejido Terrero de la Labor.

Aunque en número de parches se mantuvo constante, al menos en los trasdos primeros periodos analizados , aún están pendientes de realizar las matrices de transición para estimar la trayectoria del paisaje.

3.5 Referencias bibliográficas

- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre S.C., México DF, México.
- Cincotta, R., Wisnewski, J. & Engelman, R. (2000). Human population in the biodiversity hotspots. *Nature*, 303: 990-992.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). 2008. México. La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de Estado. pp 85-86.
- Díaz-Núñez, V., J. Sosa-Ramírez y D.R. Pérez-Salicrup. 2012. Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica* no.34 México ago.2012
- Ecosistemas del Milenio de Evaluación. Ecosistemas y bienestar humano Bien: Síntesis sobre Desertificación Instituto de Recursos Mundiales; Washington, DC: 2005.
- FAO . 2007. Global Forest Resources Assessment. 2005. Rome, Italy.
- FAO. 2010. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 (FRA 2010). Informe principal. Estudio FAO Montes 163. Roma, Italia. 378 p. Consultado en octubre de 2010. Disponible en http://foris.fao.org/static/data/fra2010/FRA2010_Report_S.pdf
- FAO. (1995) .Forest Resources Assessment 1990. Global Synthesis. FAO Forestry Paper No. 124. FAO, Rome.

- García-Romero, A. (2002), "El paisaje: una herramienta para el estudio detallado del territorio", Kuxulkab, VII/14, pp. 22-33.
- Keeley, J.E., M. Keeley, and W.J. Bond. 1999. Stem demography and post-fire recruitment of a resprouting serotinous conifer. *Journal of Vegetation Science* 10: 69-76
- Kennedy R. S.H., Spies T. A. Forest cover changes in the Oregon Coast Range from 1939 to 1993 .*Forest Ecology and Management* 200 (2004) 129–147.
- Lambin, E. F., B. L. Turner, H. J. Geist, S. B. Agbola, A. Angelsen, J. W. Bruce, O. T. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P. S. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E. F. Moran, M. Mortimore, P. S. Ramakrishnan, J. F. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G. D. Stone, U. Svedin, T. A. Veldkamp, C. Vogel y J. Xu (2001), "The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths",*Global Environmental Change*, 11, pp. 261-269.
- Masera, O. R., M J Ordóñez, y R. Dirzo. 1997. Las emisiones de carbono de los bosques mexicanos: situación actual y de largo plazo escenarios. *Cambio Climático* 35: doscientos sesenta y cinco – 295
- Maass, J. M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture, pp. 399-422. In S.H. Bullock, H.A. Mooney & E. Medina (eds.). *Seasonally dry tropical forests*. Cambridge University, Cambridge, United Kingdom.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and Human Well Being: Synthesis*. Island Press. Washington D.C. 155 p.
- Muñoz, J. (2002), "La representación cartográfica del paisaje: problemática y potencialidades", en *Paisaje y ordenación del territorio*, núm. 2, Sevilla, pp. 107-114.

- Nobel, I. R., and R. Dirzo. 1997. Forest as human dominated ecosystems. *Science* 277:522-525.
- Porter-Bolland, L., E.A. Ellis, M.R. Guariguata, I. Ruiz-Mallén, S. Negrete-Yankelevich, V. Reyes-García. 2012. Community managed forests and forest protected áreas: an assesment of their conservation effectiveness across the tropics. *Forest Ecology and Management* 268: 6-17
- Rey-Benayas, J.M., J.M. Bullock, and A. Newton. 2008. Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers of Ecological Environment* 6: 329-336.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Bot. Mex.*, 14: 3-21.
- Rzedowski, J. 1988. *Vegetación de México*. Limusa, México. 432 p.
- Trejo, I. y R. Dirzo. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. *Biol. Cons.* 94: 133-142
- Tilman, D.J., J. Fargione, B. Wolff, C. D' Antonio, A. Dobson, R. Howarth, D. Shindler, W.H. Shlesinger, D. Simberlof, and D. Swackhamer. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292: 281-284.
- Velázquez A., J.F. Mas, J.L. Palacio 2001. Análisis del cambio de uso del suelo. Instituto Nacional de Ecología- Instituto de Geografía, UNAM (Informe Técnico) (www.ine.gob.mx).
- Velásquez, A., J. F. Mas, J. R. Díaz-Gallegos, R. Mayorga-Saucedo, P. C. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. L. Palacio. 2002. Patrones y tasas de cambio de usos del suelo en México. *Gaceta ecológica* 062: 21-37.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Vitousek, P.M. & Howarth, R.W. (1991). Nitrogen limitation on land and in the sea - how can it occur? *Biogeochemistry*, 13, 87– 115.

Wimberly, M.C., Spies, T.A., Nonaka E. 2004. Using criteria based on the natural fire regime to evaluate forest management in the Oregon coast range of the United states. In Perera A. H., Buse L J. ,Weber M.G. (eds) *Emulating natural Forest Landscape Disturbances*.Columbia University Press, New York pp. 146-157.

