

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD DURANGO

**ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA
VEGETACIÓN EN LA SUBCUENCA SANTIAGO
BAYACORA (DURANGO) A TRAVÉS DE UN
GRADIENTE ALTITUDINAL**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTA

JOSÉ ACEVEDO HERRERA

DIRECTORES:

DRA. MARTHA GONZÁLEZ ELIZONDO
DR. MARCO ANTONIO MÁRQUEZ LINARES



Durango, Dgo., Diciembre de 2011



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Dgo. siendo las 10:30 horas del día 2 del mes de Diciembre del 2011 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN DGO para examinar la tesis titulada:

Estructura y composición de la vegetación en la subcuenca Santiago Bayacora (Durango) a través de un gradiente altitudinal

Presentada por el alumno:

ACEVEDO

Apellido paterno

HERRERA

Apellido materno

JOSÉ

Nombre(s)

Con registro:

B	0	9	1	1	9	3
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

Dra. Martha González Elizondo

Dr. Marco Antonio Márquez Linares

Dr. Armando Cortés Ortiz

Dr. Gustavo Pérez Verdín

Dra. María del Socorro González Elizondo



PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

CENTRO INTERDISCIPLINARIO
DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
C.I.I.D.I.R
UNIDAD DURANGO
I.P.N.

Dr. José Antonio Ávila Reyes



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTORES DE TESIS

México, D.F. a 18 de Noviembre del 2010

El Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR-IPN Durango en su sesión Ordinaria No. 3 celebrada el día 4 del mes de Marzo conoció la solicitud presentada por el(la) alumno(a):

ACEVEDO

HERRERA

JOSÉ

Apellido paterno

Apellido materno

Nombre (s)

Con registro:

B 0 9 1 1 9 3

Aspirante de: Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

"Estructura y composición de la vegetación en la subcuenca Santiago Bayacora (Durango) a través de un gradiente altitudinal"

De manera general el tema abarcará los siguientes aspectos:

2.- Se designan como Directores de Tesis a los Profesores:

Dra. Martha González Elizondo y Dr. Marco Antonio Márquez Linares

3.- El trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en: CIIDIR-IPN Unidad Durango

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente hasta la aceptación de la tesis por la Comisión Revisora correspondiente:

Directores de Tesis

Dra. Martha González Elizondo

Aspirante

José Acevedo Herrera

Dr. Marco Antonio Márquez Linares

Presidente del Colegio

Dr. José Bernardo Proal Nájera





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de **DURANGO, DGO.**, el día **02** del mes **DICIEMBRE** del año **2011**, el (la) que suscribe **ACEVEDO HERRERA JOSÉ** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL** con número de registro **B091193**, adscrito a **CIIDIR- IPN UNIDAD DURANGO**, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la **DRA. MARTHA GONZÁLEZ ELIZONDO** y del **DR. MARCO ANTONIO MÁRQUEZ LINARES** y cede los derechos del trabajo intitulado **“ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN EN LA SUBCUENCA SANTIAGO BAYACORA (DURANGO) A TRAVÉS DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL”**, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **acevedo_1903@hotmail.com**. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

José Acevedo

JOSÉ ACEVEDO HERRERA

Nombre y firma

El presente estudio se realizó en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango, bajo la dirección de la Dra. Martha González Elizondo y el Dr. Marco Antonio Márquez Linares.

Este trabajo se desarrolló en el marco del proyecto “Fitodiversidad y Ecosistemas de la Sierra Madre Occidental” (SIP 20110681) y con el apoyo financiero parcial del “Programa de Manejo Integrado Subcuenca del Río Tunal, Durango” financiado por el Fondo Mundial para la Naturaleza, WWF bajo acuerdo KZ54.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a la memoria de:

Magdaleno Acevedo Herrera

Francisco Santoyo Herrera

María Herrera Carbajal

A mi madre Lucina Herrera Carbajal que aun la tengo conmigo

A todos mis maestros quienes han hecho de mí una mejor persona

"Es difícil crecer con tanta adversidad pero algún día quiero ser como esos árboles gigantes que dominan el bosque y que se han llenado de sabiduría con el paso del tiempo" *Autor: José Acevedo*

ÍNDICE

RELACIÓN DE FIGURAS.....	I
RELACIÓN DE CUADROS.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	IV
INTRODUCCIÓN.....	1
I. MARCO TEÓRICO	3
1.1. Estructura y composición de la vegetación.....	3
1.2. Importancia de la vegetación.....	3
1.3. Factores que afectan la estructura y composición de la vegetación	4
1.4. Clasificación y ordenación de la vegetación	5
1.5. Estudios sobre clasificación y ordenación de la vegetación en México.....	8
1.6. Estudios de vegetación en Durango y en la subcuenca Santiago Bayacora.....	10
II. JUSTIFICACIÓN.....	12
III. HIPÓTESIS.....	13
IV. OBJETIVO.....	13
V. MATERIALES Y MÉTODOS	14
5.1. Descripción del área de estudio	14
5.1.1. Localización.....	14
5.1.2. Fisiografía	15
5.1.3. Geología.....	15
5.1.4. Edafología	15
5.1.5. Hidrología.....	17
5.1.6. Clima.....	17
5.1.7. Vegetación	18
5.2. Muestreo de vegetación	20
5.2.1. Ubicación de sitios.....	20
5.2.2. Muestreo y registro de variables.....	24
5.2.3. Colecta e identificación de material botánico	26
5.3. Análisis de datos	27
5.3.1. Diversidad de especies	27

5.3.2. Obtención de parámetros estructurales	28
5.3.3. Elaboración de matrices	29
5.3.4. Clasificación de la vegetación	30
5.3.5. Relación vegetación-variables ambientales.....	31
VI. RESULTADOS	33
6.1. Composición florística	33
6.2. Diversidad	35
6.3. Patrones generales en la estructura de la vegetación a través del gradiente altitudinal y entre posiciones topográficas relativas (transectos)	38
6.3.1. Densidad.....	38
6.3.2. Cobertura	39
6.3.3. Altura.....	41
6.3.4. Cobertura herbácea.....	42
6.3.5. Regeneración.....	42
6.4. Clasificación de la vegetación	43
6.4.1. Descripción de los grupos de vegetación	43
6.5. Relación vegetación-variables ambientales.....	51
6.6. Evaluación del estado de conservación-perturbación de la vegetación	57
VII. DISCUSIÓN	60
VIII. CONCLUSIONES.....	66
IX. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS.....	68
X. LITERATURA CITADA	70
AGRADECIMIENTOS.....	77
Anexo 1. Relación de plantas vasculares registradas en la Subcuenca Santiago Bayacora, Durango.....	78
Anexo 2. Parámetros de la estructura de la vegetación leñosa por sitio de muestre.....	83
Anexo 3. Matriz de vegetación.....	97
Anexo 4. Matriz de variables ambientales y disturbios	102
Anexo 5. Formato para la toma de datos de vegetación y de variables ambientales	104

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.	14
Figura 2. Ubicación de sitios.....	22
Figura 3. Método cuadrantes centrados en un punto para el muestreo de la vegetación leñosa en cada uno de los sitios.....	24
Figura 4. Variación del valor de importancia relativo de las principales especies de árboles con respecto a la altitud de cada transecto.....	34
Figura 5. Variación del valor de importancia relativo de las principales especies de arbustos con respecto a la altitud de cada transecto.....	35
Figura 6. Número de géneros y especies a lo largo del gradiente altitudinal.	35
Figura 7. Diversidad de shannon w. para árboles y arbustos juntos.	36
Figura 8. Diversidad de shannon w. para árboles y arbustos.	37
Figura 9. Densidad arbórea y arbustiva por transecto, a través del gradiente altitudinal.....	39
Figura 10. Área basal arbórea y cobertura arbustiva, por transecto, a través del gradiente altitudinal.....	40
Figura 11. Altura promedio de árboles y arbustos con respecto a la altitud.	41
Figura 12. Cobertura herbácea, por transecto, a través del gradiente altitudinal.	42
Figura 13. Dendrograma que muestra las relaciones entre los sitios de muestreo ..	43
Figura 14. Vegetación del grupo I.....	44
Figura 15. Vegetación del grupo II.....	45
Figura 16. Vegetación del grupo III.....	46
Figura 17. Vegetación del grupo IV.	47
Figura 18. Vegetación del grupo V.	48
Figura 19. Vegetación del grupo VI.	49
Figura 20. Vegetación del grupo VII.	50
Figura 21. Vegetación del grupo VIII.	50
Figura 22. Ordenación de sitios y variables medioambientales.....	55
Figura 23. Gráfico de ordenación de especies y variables medioambientales de los sitios de muestreo.....	56
Figura 24. Disturbios en la vegetación dentro de la subcuenca santiago bayacora.	57
Figura 25. Tipos de disturbio que se registraron en los grupos de vegetación en la subcuenca santiago bayacora.	59

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1. Ubicación de los sitios en coordenadas (utm 13n wgs84). altitud y numeración consecutiva.	23
Cuadro 2. Valores de diversidad β en el gradiente altitudinal.....	37
Cuadro 3. Valores de diversidad β entre transectos.....	38
Cuadro 4. Asociaciones encontradas por grupo de vegetación y la altitud de ubicación.....	51
Cuadro 5. Efectos marginales y condicionales obtenidos de la suma de selección “forward” con las 12 variables consideradas inicialmente.....	52
Cuadro 6. Efectos marginales y condicionales obtenidos de la suma de selección “forward” con las 8 variables de mayor correlación.	52
Cuadro 7. Resultados del análisis de correlación canónica entre especies vegetales y variables medioambientales. prueba de permutación monte carlo.	53
Cuadro 8. Correlación entre los dos primeros ejes de ordenación con las ocho variables ambientales.	54

RESUMEN

Se realizó un análisis de la estructura y composición de la vegetación leñosa (árboles y arbustos) y de los factores físicos relacionados con su distribución, en un gradiente altitudinal en la subcuenca Santiago Bayacora al sur del estado de Durango, México. Adicionalmente, se caracterizaron los tipos de disturbio presentes en el área y su impacto sobre las comunidades vegetales. Considerando cuatro posiciones topográficas relativas: Laderas con exposición Oeste, Laderas con exposición Este, Parteaguas y Cañada; en un rango altitudinal de 2000 a 3000 msnm, se seleccionaron 24 sitios de muestreo. Se utilizó el muestreo de cuadrantes centrados en un punto (20 puntos por sitio) para muestrear árboles ≥ 2 metros y arbustos ≥ 0.25 metros de altura, de los cuales se registraron los siguientes datos: especie, distancia al punto, altura, diámetro de copa (en arbustos) y diámetro a la altura del pecho (DAP) (en árboles). En cada punto se evaluó la cobertura herbácea (%) en parcelas de 1 m^2 y se contaron los árboles y arbustos del estrato de la regeneración en parcelas de 25 m^2 ; adicionalmente, en cada sitio se registraron algunas variables ambientales y de disturbio. El análisis incluyó datos de 80 especies y 12 variables ambientales. La diversidad arbórea fue mayor en elevaciones medias, mientras que la arbustiva fue más alta en los sitios bajos. El recambio de especies fue continuo a lo largo del gradiente altitudinal, aunque seis de las especies de árboles dominantes y tres de los arbustos mostraron una amplia distribución en el área. La densidad, la altura media y el área basal del estrato arbóreo se incrementan con la altitud; mientras que el estrato arbustivo no muestra patrones claros al respecto. La cobertura herbácea aumenta con la altitud, excepto en exposición Este. Se utilizó el valor de importancia relativo de cada especie como criterio para los análisis de clasificación y ordenación. Un análisis de conglomerados permitió distinguir ocho grupos de vegetación, cuya distribución se relaciona (parcialmente) tanto con el gradiente altitudinal como con las posiciones topográficas relativas consideradas; cuatro de los grupos son muy cercanos entre sí e incluyen 17 de los 24 sitios; mientras que solamente siete sitios, los de elevaciones más bajas y los de cañada hasta elevaciones medias, conforman los otros cuatro grupos claramente diferentes entre sí. El análisis de correspondencia canónica (CCA) indica que los patrones en la estructura, composición y distribución de la vegetación en el área de estudio se relaciona principalmente con el gradiente de altitud (que a su vez tiene influencia sobre la temperatura y la precipitación), suelo (profundidad y pedregosidad) así como por el pastoreo. Este estudio aporta conocimientos ecológicos básicos sobre la vegetación regional para futuros programas de conservación y/o restauración.

Palabras clave: Estructura de la vegetación, composición, Altitud, Durango

ABSTRACT

It was conducted an analysis of the structure and composition of woody vegetation (trees and shrubs) and the physical factors associated with their distribution along an elevation gradient at Santiago Bayacora basin, in the state of Durango, México. In addition, it was characterized the types of disturbance that are presented in the basin and its impact on plant communities. Considering four topographic positions: Hillsides West, Hillside East, Watershed and Ravine; in an altitudinal range from 2000 to 3000 m a.s.l., 24 sampling sites were selected. Plotless sampling was carried out by the point-quarter technique (20 points per site). Data of four nearest trees ≥ 2 m and shrubs ≥ 0.25 m was recorded: taxonomic identity, distance to the point, height, crown area (shrubs) and diameter at breast height (DBH) (trees). Additionally, at each point the herbaceous cover was evaluated (%) in 1 m² plot and counts of trees and shrubs saplings in a 25 m² plot. As well as some environmental variables and disturbance present in each site. The analysis included data on 80 species and 12 environmental variables. Tree diversity was higher at medium altitudes, whereas shrub diversity was higher at low sites. Turnover in species composition was continuous along the altitudinal gradient, although six of the dominant tree species and three shrubs show a wide distribution in the area. Density, mean height and basal area of trees increased with altitude; whereas shrubs did not show a clear pattern. Herbaceous cover increased with altitude, except in Hillside East. The structural attribute of vegetation used as a criterion for classification and ordination was the relative importance value of each species. A cluster analysis distinguished eight vegetation groups whose distribution was associated (partially) to the altitudinal gradient as well as to the topographic positions; four of the groups are closely related and include 17 of the 24 sites; whereas only seven sites at lowest altitude and sites in low and medium altitude ravine form other four clearly different groups. Canonical correspondence analysis (CCA) indicate that pattern in the structure, composition and distribution of plant communities in the study area is mostly defined by the gradient of altitude (which in turn has an influence on temperature and precipitation), soil (depth and stoniness) as well as by grazing. This research provides basic ecological knowledge of the regional vegetation for future conservation and/or restoration programs.

Key words: Vegetation structure, composition, elevation gradient, Durango.

INTRODUCCIÓN

La vegetación es la base de los procesos ecosistémicos que sustentan la vida. El conocer la composición y estructura de la vegetación es clave para lograr una adecuada gestión y restauración de los ecosistemas; garantizando a la población bienes y servicios ambientales a largo plazo. La estructura se refiere a la organización de los elementos vegetales en categorías de atributos tales como: abundancia, biomasa (frecuentemente evaluada con las variables indirectas como área basal o cobertura), formas de crecimiento (plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, entre otras), altura de las plantas, diversidad de especies (incluyendo tanto el número como la abundancia relativa de las especies). La composición se refiere a los taxa que conforman la comunidad (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974).

La subcuenca Santiago Bayacora, ubicada en el flanco oriental de la Sierra Madre Occidental, al sureste de la ciudad de Durango, es un área de particular importancia para la captación de agua que se almacena en la presa del mismo nombre y que abastece a las zonas agrícolas del valle de Guadiana. De aquí que el conocimiento de los elementos biofísicos que la caracterizan sea fundamental para su conservación y manejo. En particular la vegetación y sus características estructurales y de composición, las cuales son elementos relevantes que afectan el balance hídrico de la subcuenca.

Los patrones de distribución y abundancia de las especies de plantas, y con ello, la estructura y composición de las comunidades vegetales; son el resultado, en gran medida, de complejas interacciones entre factores físicos como la elevación, la exposición y el relieve, entre otros (Mazzola, 2008; Santibáñez-Andrade, *et al.* 2009). La subcuenca Santiago Bayacora es particularmente interesante para estudiar estas características debido a su topografía accidentada y a que presenta un gradiente altitudinal relativamente amplio, que va desde los 1860 hasta los 3180 msnm; su parte alta se cuenta entre los relativamente escasos sitios que superan los 3150 msnm. en la Sierra Madre Occidental, la cual tiene una elevación media de 2600 metros (Ruacho-González com. pers.). Debido a sus características fisiográficas, se generan una gran

variedad de microambientes en los cuales es difícil predecir la composición y estructura de las comunidades vegetales como se esperaría de acuerdo a los estudios clásicos de gradientes altitudinales. Adicionalmente, como ha sido expuesto por Casas *et al.* (1993, 1995), la región presenta un impacto importante de actividades antrópicas que han modificado las características estructurales y florísticas de la vegetación.

Con el presente trabajo se pretende contribuir al conocimiento de la vegetación de la subcuenca y su determinismo ecológico; aportando así información básica necesaria para implementar planes de manejo, conservación y/o restauración. Se analizan los atributos estructurales y de composición de la vegetación leñosa a través de cuatro posiciones topográficas relativas (transectos) sobre el gradiente altitudinal de la subcuenca; se hace una clasificación de la vegetación mediante análisis de conglomerados y se exploran los factores abióticos que pueden ser determinantes de la variación registrada mediante análisis de correspondencias canónicas; se pretende también contribuir al conocimiento de la diversidad de especies en la subcuenca. Así mismo, se explora la presencia de disturbios (pastoreo, extracción de madera, carbón, evidencia de fuego, entre otros) en las diversas comunidades registradas para evaluar el estado de conservación/perturbación de las mismas y para determinar la posible relación entre la presencia de dichos disturbios y la distribución de la vegetación en esta importante área.

I. MARCO TEÓRICO

1.1. Estructura y composición de la vegetación

La estructura y composición de la vegetación es el resultado de las formas de crecimiento de las especies que la componen: plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas, entre otras (Odum, 1985, citado por Zacarías, 2009). El concepto de estructura de la vegetación ha sido definido por diversos autores de forma diferente; sin embargo, una definición que sigue siendo válida hoy en día es la de Dansereau (1957), citado por Mueller-Dombois y Ellenberg (1974) quien define la estructura de la vegetación como: la organización en el espacio de los individuos que forman una parcela (y por extensión un tipo de vegetación o una asociación vegetal); y plantea que los elementos primarios de la estructura son las formas de crecimiento, la estratificación y la cobertura. Así mismo, (Kershaw, 1964, citado por: Mueller-Dombois Ellenberg, 1974) distingue tres componentes básicos: a) estructura vertical (estratificación en capas), estructura horizontal (distribución espacial de las poblaciones de especies e individuos a lo largo de un gradiente horizontal) y estructura cuantitativa (la abundancia de las especies en la comunidad). La composición se refiere a los taxa que conforman la comunidad (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974).

1.2. Importancia de la vegetación

La vegetación es un elemento primordial en los ecosistemas. Las plantas son los organismos productores de los que dependen, directa o indirectamente, el resto de los organismos vivos. La composición y estructura de las comunidades vegetales determina la presencia diferencial de comunidades animales, por lo que su análisis debe de ser incluido en todos los estudios sobre hábitat de fauna (Amancio, 2006). Sobre todo, de la cobertura vegetal dependen en gran medida muchos de los procesos ecosistémicos: flujo de energía y ciclos de nutrientes.

Desde la perspectiva antropocéntrica, la vegetación es importante por ser la base de los servicios ecosistémicos en los que se sustenta la vida humana: de **provisión** (oxígeno, alimentos, agua, medicinas, madera, fibras y materias primas diversas); de **regulación**

(regulación climática, del ciclo hidrológico, de los vectores de enfermedades y la regulación de la erosión de los suelos entre otros) y **culturales**, tangibles e intangibles (espirituales, recreativos o educativos, entre otros) (MEA, 2005).

De aquí, la necesidad de conocer la cobertura vegetal, su composición y estructura, de zonas geográficas que resultan estratégicas para mantener los servicios que proporcionan bienestar a la población humana, como es el caso de la Subcuenca Santiago Bayacora.

1.3. Factores que afectan la estructura y composición de la vegetación

La estructura y composición de la vegetación es el reflejo de la interacción de una serie de factores ambientales (físicos y biológicos) e históricos que cambian constantemente en el tiempo y el espacio. El cambio espacial en algunas de estas variables determina, a su vez, cambios en las comunidades vegetales presentes en cada sitio. Dicha variación “es compleja y no se limita a una o dos dimensiones” (Rzedowski, 1978, citado por González *et al.* 2007). Es decir, la distribución y abundancia de las especies es consecuencia de la interacción de múltiples factores (bióticos y abióticos) como lo declara la teoría de nicho ecológico multidimensional o de hipervolumen de Hutchinson (Smith y Smith, 2001). Los factores que se asocian con los cambios espaciales en la vegetación dependen del tamaño y heterogeneidad del área, y por ende, del grado de detalle de estudio; a escalas menores (mayor área geográfica), existe una gran relación entre los tipos de vegetación y los tipos de clima; a escalas mayores, dentro de una misma zona climática, las condiciones microclimáticas y los cambios en las características del suelo determinan en gran medida los cambios en vegetación. A escala local estos factores (clima y suelo) varían de un sitio a otro dependiendo de variables tales como la altitud y la topografía, principalmente exposición y pendiente (Begon *et al.* 1999; Smith y Smith 2001). Adicionalmente, existen factores culturales, políticos y económicos que definen el uso del suelo e influyen, consecuentemente, en la cobertura vegetal (González Medrano, 2003).

El clima es un factor ambiental muy complejo que engloba una gran cantidad de variables ambientales, también complejas, y que tienen una importante influencia en la

distribución y abundancia de los organismos (como temperatura, humedad, vientos, insolación, etc.). Además de los efectos directos del clima sobre la vegetación, éste también actúa sobre los procesos de formación de suelo y el moldeamiento de la topografía entre otros (Louman, 2001).

A través de un gradiente de altitud se puede observar una combinación compleja de variables climáticas a las cuales se ajustan las especies. (Pavon *et al.*, 2000; Rüdiger *et al.*, 2001 citados por: Sánchez-González y Granados-Sánchez, 2003). En este caso la variación topográfica (longitud, forma e inclinación de la pendiente) juega un papel importante en la distribución de la humedad, de tal forma que algunos sitios reciben mayor cantidad de agua producto del escurrimiento, que la aportada directamente por la precipitación. El efecto de exposición es otro factor importante en cuanto a la fisonomía y distribución de las comunidades vegetales, dado que afecta en forma considerable a la disponibilidad de agua y temperatura (Sánchez-González y Granados-Sánchez, 2003). Para integrar estas interacciones en el estudio de la vegetación y su clasificación se pueden utilizar una serie de técnicas que permiten simplificar y entender los fenómenos relacionados con el objeto de estudio (la vegetación).

1.4. Clasificación y ordenación de la vegetación

En muchos estudios de vegetación el objetivo es encontrar patrones: coincidencias, asociaciones o correlaciones entre la vegetación y el ambiente. Esto involucra recabar y manejar una gran cantidad de información. Para facilitar esto, se emplean técnicas de estructuración de datos, las cuales pueden ser de tipo informal (no numérico) y formal (numérico). Las técnicas informales son más subjetivas ya que no involucran análisis estadístico y son a juicio del investigador (quien, en contraparte, deberá tener gran experiencia y amplios conocimientos previos del área de estudio). Las técnicas formales, en contraste, emplean métodos numéricos (estadística multivariada) para analizar los datos (Matteucci y Colma, 1982). Dos procedimientos formales utilizados para manejar y analizar datos ecológicos son la clasificación y la ordenación (Herrera, 2000).

Clasificación de la vegetación

La clasificación tiene como objetivo obtener grupos, de muestras o de especies, que sean internamente homogéneos y distintos de otros grupos (Lepš, J. and Šmilauer, P. 2003). Los métodos de clasificación se basan tanto en criterios cualitativos como cuantitativos (distancia o similitudes). Entre los métodos cuantitativos se destacan tres: Análisis discriminante, análisis de segmentación y análisis cluster (Álvarez, 1995). Éste último, también conocido como análisis de conglomerados, el cual es uno de los más utilizados en la clasificación de las comunidades vegetales.

Las medidas de similitud utilizadas para el análisis de conglomerados pueden ser: binaria (presencia/ausencia) o cuantitativa, basada en algunas medidas de importancia como biomasa, cobertura y productividad (Krebs, 1999). Así mismo, el análisis cluster utiliza dos métodos de agrupamiento: jerárquicos y no jerárquicos. Los métodos jerárquicos son aquellos que para formar un cluster nuevo unen o separan uno ya existente, para dar origen a otros dos, de forma que se maximice la similitud; estos métodos son más gráficos al representarse en forma de árbol o dendrograma. Por otra parte, los métodos no jerárquicos clasifican a los individuos en K grupos, estudiando todas las particiones de individuos en esos K grupos y eligiendo la mejor partición (Visauta, 1998).

En la interpretación del análisis de conglomerados no existe un procedimiento claro para determinar el número de grupos en un dendrograma. Existe un principio que se basa en un proceso visual que depende, en gran medida, del conocimiento previo del sistema ecológico por parte del investigador. Un criterio elemental para definir los grupos es dibujar una línea a lo largo del dendrograma en un nivel dado de afinidad, y cerciorarse que todas las ramas que cruzan pueden ser consideradas como grupos independientes, este criterio es conocido como regla fija; un segundo criterio es la regla variable, que se basa en el estudio del dendrograma en consulta con la matriz original de datos (Herrera, 2000).

Por otra parte, en los sistemas de clasificación de la vegetación en unidades de orden mayor (formaciones vegetales o tipos de vegetación); es decir, la clasificación general

de la vegetación que se aplica generalmente a escalas pequeñas (para cubrir grandes áreas geográficas) utiliza criterios adicionales a los florísticos (los cuales en general se utilizan para clasificar asociaciones vegetales, en áreas geográficas menores). Dichos criterios dependen, principalmente, de las zonas geográficas y ecológicas en estudio; en el caso de México, los rasgos fisonómicos, estructurales y fenológicos de la vegetación proporcionan los elementos más adecuados para diferenciar y clasificar las comunidades vegetales (González Medrano, 2003). La clasificación puede hacerse a diferentes escalas: a nivel regional, a nivel de paisaje y a un nivel local (Luman, 2001), pero la mayoría de los sistemas de clasificación regional o local son adaptaciones de los sistemas mundiales de clasificación, básicamente los de tradición inglesa (Matteucci y Colma 1982).

Ordenación de la vegetación

A diferencia de los métodos de clasificación, con los que se obtienen grupos o clases discretas, con la ordenación se obtienen secuencias o gradientes al disponer las muestras o atributos a lo largo de ejes de variación continua; así, la ordenación trata de reducir el número de dimensiones, expresando la variación de la vegetación en unos pocos ejes en los cuales se recupera la máxima cantidad de información (variación) posible (Matteucci y Colma, 1982).

La ordenación, como herramienta matemática, puede ser de dos tipos: taxométrica y ecológica; la primera puede utilizarse para reducir la dimensionalidad de un espacio vegetacional (individuos ordenados), mientras que la segunda relaciona el espacio vegetacional con el espacio ambiental (Matteucci y Colma, op. cit.).

Las técnicas de ordenación ecológica (análisis de gradientes) se dividen en: análisis directos e indirectos: La ordenación directa o análisis directo de gradiente, es el análisis de la distribución de las especies (presencia/ausencia o datos de abundancia) y propiedades colectivas (riqueza de especies) en relación con variables ambientales convencionales; refiriéndose a gradientes ambientales conocidos. En cambio, la ordenación indirecta o análisis indirecto de gradiente, determina el mejor gradiente de variación que se encuentra en los datos de vegetación; además, es una representación

gráfica de la variación en la vegetación en todos los sitios que se pueden construir mediante la medición de la similitud entre cada sitio basándose en la composición de especies. Los métodos indirectos no hacen la suposición de que todas las grandes variaciones se deben a gradientes conocidos del medio ambiente como los métodos directos, sino más bien construye gradientes artificiales que responden a la combinación de las variables ambientales conocidas. (Eddy, 2005).

Existen cuatro técnicas básicas para realizar los análisis de ordenamiento: En el caso de análisis de gradientes indirectos las más importantes son: análisis de componentes principales (PCA) y análisis de correspondencia (CA). Para análisis de gradientes directos las técnicas más importantes son: análisis de redundancia (RDA) y análisis de correspondencia canónica (CCA) (Lepš, J. and Šmilauer, P. 2003.).

El análisis de correspondencia canónica (CCA) es una técnica de análisis de gradiente directo que relaciona la composición y abundancia de las comunidades con la variación ambiental, estableciendo relaciones significativas entre las variables ambientales consideradas y la distribución de las comunidades (Raya, 2008).

Whittaker (1967) expresó que los análisis de gradientes son simples tipos de análisis de comunidades multivariantes que sirven para medir la distribución de las especies a lo largo de un gradiente ambiental el cual puede ser la temperatura del suelo o la altitud, que se relaciona, a su vez, con la temperatura, lluvia y viento entre otros (Krebs, 1985 y 1999).

1.5. Estudios sobre clasificación y ordenación de la vegetación en México

Sánchez-González y López-Mata (2003) realizaron un análisis de la vegetación y de los factores que influyen en su estructura y distribución a lo largo de un gradiente altitudinal en el cerro Tlálloc, localizado al norte de la Sierra Nevada, Estado de México; reconocen seis tipos de vegetación sin límites definidos pero distinguibles por la composición de especies que se ajustan a condiciones ambientales similares; concluyen que la distribución de las comunidades vegetales está influida principalmente por el gradiente

altitudinal (temperatura y precipitación), y en menor proporción por las condiciones del sitio tales como: materia orgánica y profundidad del suelo, entre otros.

Sánchez-González y Granados-Sánchez (2003), realizaron un estudio de ordenación de la vegetación para identificar los patrones de estructura y distribución de la vegetación en la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, a lo largo de gradientes ambientales. Dichos autores detectaron diez comunidades vegetales con base en el valor de importancia relativo (VIR) de 155 especies; concluyen que los gradientes físicos indirectos como la altitud, porosidad del suelo, topografía y orientación están estrechamente relacionados con la humedad ambiental y son las variables que mejor explican los patrones de distribución de la vegetación.

Nieves-Hernández *et al.* (2009) en gradientes ambientales de escala pequeña estudia la relación de variables ambientales con la estructura de las comunidades de pino-encino en Nueva Colonia, Mezquitic, Jalisco, México; concluyendo que en una hectárea, la composición de las especies y el área basal de bosque de pino-encino pueden ser explicados por la partición de nicho en gradientes de altitud y de suelo.

Zacarías (2009), realiza un estudio en el bosque templado de Santa Catarina Ixtepeji dentro de la extensión sur de la Sierra Madre Oriental en el Estado de Oaxaca. Describe la composición y estructura de las comunidades arbóreas y arbustivas, así como su condición de superficie del suelo y dosel en altitudes diferentes (2145, 2200, 2900 y 3120 metros). Encontró una composición de 25 especies arbóreas y 42 arbustivas; la densidad y cobertura arbustiva disminuyeron con la altitud; los sitios más bajos fueron los de mayor diversidad. Así mismo, la densidad y diversidad arbórea no mostro ninguna tendencia, pero el área basal de los árboles aumento con la altitud. Por otro lado, la cobertura vegetal a nivel del suelo estuvo compuesta principalmente por gramíneas en sitios más bajos y por mantillos en los sitios restantes. En conclusión, encuentra que los cambios en la temperatura y disponibilidad de agua asociados con la altitud aparentemente son las principales causas que influyen en la composición y estructura de árboles y arbustos a lo largo del gradiente altitudinal.

Para el estado de Durango solamente se conoce el trabajo de Quiñones-Vera *et al.* (2004), quienes en un área de pastizal con mezquite en el norte del estado utilizaron análisis de gradiente directo para establecer la relación entre la variación de la abundancia de las especies vegetales y la variación en algunas de las características físico químicas de los suelos; sin embargo, dado que las unidades de muestreo se ubicaron dentro de una misma unidad ecológica, la magnitud de los autovalores canónicos para los primeros ejes de ordenación mostró que no existía una clara diferenciación entre los nichos de las especies vegetales del área.

1.6. Estudios de vegetación en Durango y en la subcuenca Santiago Bayacora

González *et al.* (2007), presentan una panorámica de la vegetación del estado de Durango con información sobre la composición, distribución, determinismo ecológico y superficie ocupada por cada uno de los 14 tipos de vegetación que reconocen; de los cuales, 12 están distribuidos por ecorregiones y dos son de tipo azonal (vegetación halófila, gipsofila, acuática y subacuática). Dichos autores proponen un sistema de clasificación, adaptado del de Rzedowski (1978) en el que se combinan criterios fisonómicos, ecológicos y florísticos; de tal manera que los 14 tipos de vegetación generales se dividen en categorías de segundo y tercer orden.

Entre las contribuciones al conocimiento de la flora y vegetación de Durango, previas a la obra de González *et al.* (2007), destacan los estudios de Maysilles (1959) y Gordon (1968) sobre los bosques de clima templado; el de Madrigal (1977) sobre las características generales de la vegetación del estado; Gentry (1957) estudia los pastizales del estado, incluyendo su relación con elementos de bosque de clima templado; González *et al.* (1993) aborda el conocimiento de las unidades de vegetación de la reserva de la biosfera “La Michilia”, enfocándose principalmente a su estructura, composición florística y correlación ambiental; Márquez-Linares *et al.* (1998) estudia la composición y estructura del estrato arbóreo de un bosque de pino-encino donde determina las asociaciones de especies arbóreas.

En particular para el área de la subcuenca Santiago Bayacora los estudios sobre vegetación son escasos y muy específicos. Márquez-Linares, (2004) estudia la

distribución, germinación y estructura de las poblaciones de *Arctostaphylos pungens*, y su relación con el fuego; Unzueta (1994) realiza un análisis geomorfológico de la vegetación reconociendo cuatro unidades de vegetación y los factores físicos y climáticos que influyen en la distribución de las comunidades vegetales en una microcuenca. Por otro lado Casas (1993 y 1995) realiza un estudio sobre tendencia sucesional en tres comunidades vegetales de clima templado semiseco donde encontró que estas comunidades son de tipo secundario no estables producto del disturbio antrópico.

Algunos autores, sin abordar el estudio a través de gradientes, han caracterizado la distribución de las unidades vegetales en áreas particulares, determinando los factores ambientales que parecen estar más correlacionados con ésta. González *et al.* (1993), realizaron un estudio de vegetación en la reserva de la biosfera “La Michilía”, al sur del estado de Durango; reconocen 12 unidades generales de vegetación y comentan que el grueso de la vegetación del área son los bosques de encino y los de encino-pino, representados por diversas combinaciones de especies (asociaciones); donde en términos generales existe un patrón de distribución altitudinal, modificado por el relieve, donde los pinos predominan a partir de la cota altitudinal de 2700 metros, entre los 2500 y 2700 metros son comunes los bosques de encino-pino y entre los 2200 y 2600 metros prevalecen los encinos y pastizales. Maciel (2010), realizó un estudio en la Sierra El Registro, área muy cercana a la subcuenca Santiago Bayacora, el análisis de la composición y estructura de la vegetación, bajo el criterio de dominantes fisonómicos, reveló la presencia en dicha área de cuatro comunidades vegetales (bosque bajo abierto, matorral xerófilo, matorral subtropical y vegetación secundaria); una diagnosis bioclimática indica dos pisos de vegetación: termotropical y mesotropical.

II. JUSTIFICACIÓN

La cobertura vegetal constituye un elemento central en la conservación y en la generación de servicios ambientales. La subcuenca Santiago Bayacora es un área que presenta una variedad de comunidades vegetales representativas de diversos ecosistemas de la Sierra Madre Occidental; de éstas, las que se encuentran en las partes altas son de gran importancia para el ciclo hidrológico de la subcuenca, ya que la mayoría de los arroyos se desprenden de estas áreas. Sin embargo, la producción de agua está en función de la cubierta vegetal que se encuentra tanto en las partes altas como en las bajas y a lo largo de los ecosistemas riparios; los cuales influyen, entre otros procesos, en la regulación del flujo hidrológico, recarga de acuíferos y mantenimiento de la cantidad y calidad del agua.

La subcuenca Santiago Bayacora es una área importante en la generación de bienes y servicios, destacando la producción de agua, que por medio de la presa Santiago Bayacora, provee de agua a las zonas agrícolas del valle de Guadiana. Además, es un área prioritaria en el proyecto “Agua futura”, implementado por el gobierno del estado, el cual tiene como objetivo principal cambiar el uso actual del agua buscando abastecer la demanda de la población creciente de la ciudad de Durango. De aquí que el conocimiento de los elementos biofísicos que la caracterizan sean fundamentales para su conservación y manejo. En particular, la vegetación y sus características estructurales, los cuales son elementos relevantes que afecta el balance hídrico de la misma.

A pesar de su importancia, el conocimiento que se tiene sobre la vegetación de la subcuenca es aún limitado; de aquí que la importancia de este estudio radica en abordar aspectos estructurales y de composición de la vegetación leñosas y su relación con algunas variables medioambientales, contribuyendo así al conocimiento de la vegetación y flora regional.

III. HIPÓTESIS

El efecto combinado de la altitud con otros factores influye de manera importante en la estructura y composición de la vegetación leñosa presente en la subcuenca Santiago Bayacora.

IV. OBJETIVO

Conocer la estructura y composición de la vegetación leñosa y su relación con las variables medioambientales registradas a través de un gradiente altitudinal, en la subcuenca Santiago Bayacora Durango, contribuyendo así al conocimiento de la vegetación y flora regional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir la estructura y composición florística de la vegetación leñosa presente en la subcuenca Santiago Bayacora.
- Definir las principales asociaciones vegetales y conocer las condiciones ambientales en que se desarrollan.
- Determinar qué variables ambientales pueden explicar la variación de estructura y composición de la vegetación leñosa.
- Explorar la presencia de disturbios sobre las comunidades para evaluar el estado de conservación/perturbación de las mismas.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Descripción del área de estudio

5.1.1. Localización

La subcuenca J del “Río Santiago Bayacora” se ubica en el municipio de Durango, al sur de la ciudad de Durango, entre los 23° 27' y 24° 04' N de Latitud y los 104° 24' a 104° 45' W de Longitud (figura 1). Comprende una superficie de 736.2 Km², con rango de altitud de 1860 a 3180 msnm. El acceso al interior de la subcuenca puede ser a través de la carretera de terracería (Durango - La Flor) o por la carretera estatal número 27 (Durango - El Mezquital).

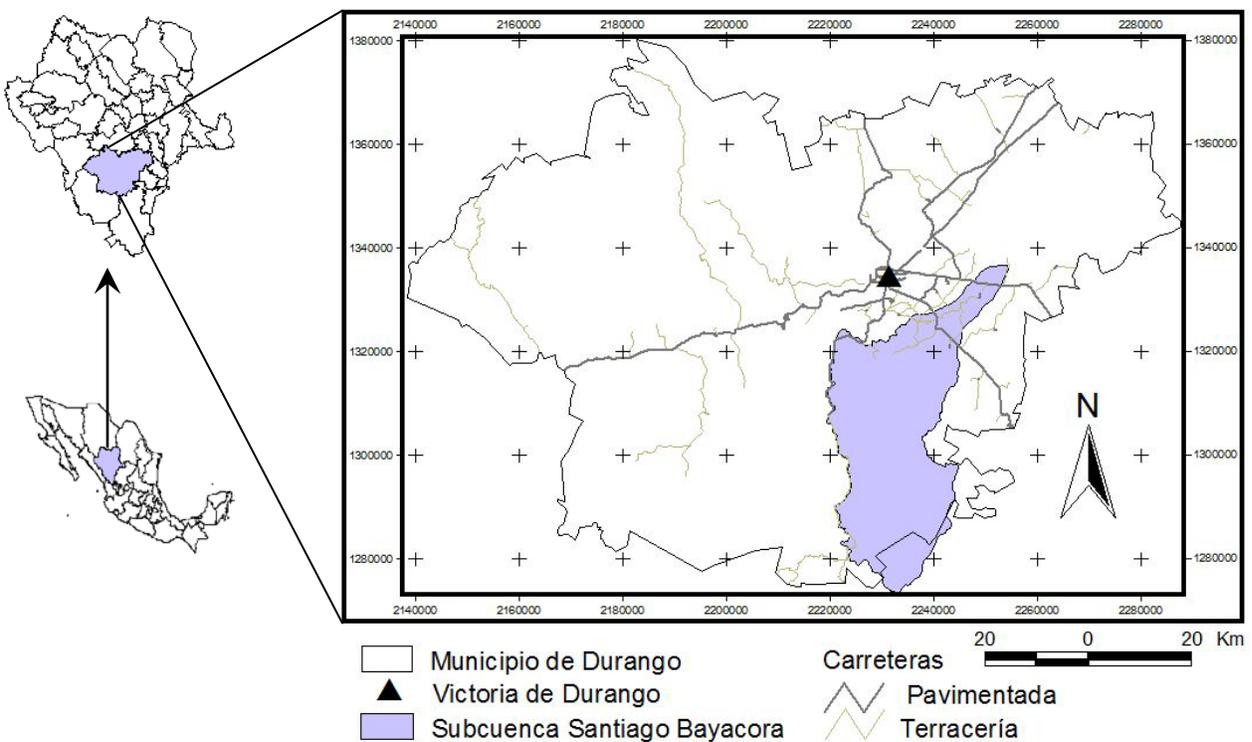


Figura 1. Localización del área de estudio.

Fuente: Conjunto de datos vectoriales, INEGI. Esc. 1:250 000.

5.1.2. Fisiografía

La subcuenca Santiago Bayacora se localiza en la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental, la cual es un sistema montañoso de origen ígneo que representa el 71.3 % de la superficie del estado de Durango; de las cuatro subprovincias en que se divide la Sierra, dos están representadas en el área de estudio. La mayor parte de ésta queda comprendida en la subprovincia Gran Meseta y Cañones Duranguenses (la cual incluye la mayor parte del macizo de la sierra y está orientada de noroeste a sureste); solamente las partes bajas quedan comprendidas en la subprovincia Sierras y Llanuras de Durango (la cual, abarca una amplia franja al oriente de la Sierra Madre Occidental, incluyendo las regiones de los Valles, los Llanos y la Breña o Malpaís), (Rzedowski, 2006).

Por otra parte, de acuerdo a las ecorregiones reconocidas por González *et al.* (2007), el área de estudio queda comprendida principalmente en la región de la sierra; y en menor proporción en la región del pie de monte y sierras al oriente así como en la región de los valles.

5.1.3. Geología

En la parte alta de la subcuenca se presentan rocas ígneas extrusivas. En menor cantidad suelo aluvial, conglomerado y toba ácida; mientras que en la parte baja es de formación aluvial, siendo su origen cuaternario, compuesto por el depósito reciente de arcilla, arena y grava, localmente se puede localizar estratificación graduada, variando en su espesor y en su contenido de materia orgánica. Morfológicamente forma terrazas y planos de inundación perennes en las planicies que se encuentran en el extremo noroeste del área, donde es mayor su distribución (Nájera, 1992 e INEGI, 2009 c).

5.1.4. Edafología

Los principales tipos de suelo desde la parte alta hasta la parte baja de la subcuenca con base en la clasificación de suelos FAO/UNESCO 1968, modificado por DETENAL en 1970, modificado, adoptado e interpretado por INEGI en 1973 (INEGI, 2008), son:

Regosol, Planosol, Castañozem, Cambisol y Litosol, los cuales se describen a continuación:

Regosol (R).- Este suelo es de alta representación en el área, abarca la mayor parte del cuerpo de la subcuenca, en la parte baja se localiza a partir del poblado Santiago Bayacora y otros poblados cercanos a éste y termina en la parte alta donde se encuentra el poblado La Flor. Estos suelos se encuentran en diversos tipos de climas, vegetación y relieve. Se caracterizan por ser suelos poco desarrollados, pobres en materia orgánica y frecuentemente someros con fertilidad variable.

Planosol (W).- Este tipo de suelo ocupa una porción pequeña que atraviesa la subcuenca de este a oeste sobre los poblados La Puerta de Santiago Bayacora, Puerta de la Cantera, Plan de Ayala, Ejido General Felipe Ángeles, entre otros. Estos suelos se desarrollan generalmente en relieves planos e inundables. Se caracterizan por presentar debajo de la capa más superficial una capa infértil y relativamente delgada de un material claro que generalmente es menos arcilloso que las capas que lo cubren y subyacen; debajo de esta capa se presenta un subsuelo muy arcilloso, o bien, roca o tepetate, todos impermeables.

Castañozem (k).- Este suelo se localiza a partir de los poblados La Puerta de Santiago Bayacora, Puerta de la Cantera, Mesa La Barreta, Tanque Puerto Rico, terminando en los poblados El Lucero, Santa Rosa y Villa Montemorelos. Estos suelos se encuentran en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos. Se caracterizan por presentar una capa superior de color pardo a rojizo oscuro, rica en materia orgánica y nutrientes con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo.

Cambisol (B).- Este suelo se localiza por la carretera Durango-La Flor, sobre el parteaguas, donde se encuentran las localidades de El Crucero de la Casita y El Reten de Oasis. Estos suelos se encuentran en cualquier tipo de clima excepto en zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios del tipo de roca subyacente, puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso.

Litosol (I).- Este suelo se localiza al oeste de la presa Santiago Bayacora, por la carretera pavimentada Durango-La Flor en gran parte del paraje conocido como los llanos del poblado La Ferreria. Estos suelos se encuentran en todos los climas con diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido.

5.1.5. Hidrología

La subcuenca Santiago Bayacora, pertenece a la Región Hidrológica No. 11 denominada Presidio-San Pedro, de la cuenca A “Rio San Pedro”; su clave general es RH11Aj. Su corriente principal es el río del mismo nombre, el cual nace en la Sierra Santa Elena (parte oriental de la Sierra Madre Occidental), corriendo de Sur a Norte a una altura de 3100 msnm., a partir de una serie de corrientes al descender por los flancos montañosos conforman una de las corrientes principales que es el arroyo del área. Esta corriente principal mantiene la tendencia de drenaje noroeste hasta encontrarse con un afluente derecho que tiene su origen en la Sierra Santiago Bayacora (arroyo La Baya), después de esta confluencia aguas abajo, en las proximidades de la serranía Cerros Altos de las Vacas, tiene como afluentes derecho un arroyo sin nombre de inmediato a esta confluencia, la corriente principal cambia el nombre a Tinajas, después se dirige a un estrecho cañón de 3 km de longitud recibiendo a la salida por el lado izquierdo al río Santiago Bayacora, en este punto se constituye uno de los cuerpos de agua más sobresalientes “La presa Santiago Bayacora” que corre en dirección Noreste; al pasar por el poblado Santiago Bayacora sale de los sistemas montañosos para entrar a su llanura aluvial donde su cruce se hace poco definido hasta su confluencia final con el río La Sauceda; en esta porción, el río capta las aportaciones de varias corrientes que bajan de las estibaciones de la Sierra Santiago Bayacora (Nájera, 1992 e INEGI, 2009d).

5.1.6. Clima

Por ser un área localizada en la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental, los vientos que predominan de noviembre a junio son de Oeste a Sureste y de Este a Noreste de Junio a Octubre, con velocidades de 16.4 y 23.2 Km/h. respectivamente.

Los climas dominantes varían de semiseco templado, en la parte baja de la subcuenca, a semifrío subhúmedo en la parte alta. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, modificado para México por García (1964), en el área de la subcuenca predominan cinco tipos de climas (Nájera, 1992 e INEGI, 2009^a) que se describen a continuación:

BS1Kw(w).- Clima semiseco o estepario templado con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvias invernales menores a 5 mm y verano cálido. Este tipo de clima lo encontramos en la parte Norte de la subcuenca.

C (E)(w1).- Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvias invernales entre 5 y 10.2 mm y humedad media. Este tipo de clima lo encontramos al Este, abarcando una pequeña área en la parte media de la subcuenca.

C (E)(w2).- Clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvias invernales entre 5 y 10.2 mm y humedad alta. Este tipo de clima lo encontramos en la parte Sur, abarcando la mayor superficie en la parte alta de la subcuenca.

C (w1).- Clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvias invernales entre 5 y 10.2 mm y humedad media. Este tipo de clima lo encontramos en la parte centro-sur de la subcuenca.

C (w0).- Clima templado subhúmedo con lluvias en verano, con un porcentaje de lluvias invernales entre 5 y 10.2 mm y humedad baja. Este tipo de clima lo encontramos en la parte centro de la subcuenca.

5.1.7. Vegetación

De acuerdo a los 14 tipos de vegetación que González *et al.* (2007) reconocen para Durango, cinco se encuentran en la subcuenca, los cuales, a su vez, son representativos de la vegetación de la Sierra Madre Occidental: chaparral, bosque bajo abierto, bosque de coníferas, bosque mixto (pino-encino) y bosque de encino.

Chaparral.- Son matorrales usualmente muy densos, de ramificación intrincada, de 0.5 a 2(4) metros de alto, perennifolios, esclerófilos (hojas coriáceas), dominados por

manzanita (*Arctostaphylos pungens*) y/o por charrasquillo (*Quercus depressipes*). Las especies dominantes tienen hojas perennes y endurecidas, al igual que otros arbustos acompañantes como *Garrya wrightii*, *Cercocarpus montanus*, *Comarostaphylis polifolia* y *Amelanchier* sp. Los chaparrales de Durango, se desarrollan en áreas de suelo somero, con fuerte afloramiento de roca de origen ígneo, sobre laderas o collados, entre los 2000 y 2500 metros, en clima semiseco templado con lluvias en verano.

Bosque bajo abierto.- Son asociaciones de árboles bajos (menores de 8 metros), por lo general muy espaciados. Las principales especies de árboles son el pino piñonero (*Pinus cembroides*) y encinos ya sea blancos (*Quercus grisea*) o rojos (*Q. eduardii*). Los encinos y otras latifoliadas son caducifolias. Hacia sus límites superiores de distribución pueden estar presentes también el pino chino (*P. chihuahuana*), encinos blancos (*Q. arizonica*) y madroños (*Arbutus arizonica*). A bajas elevaciones los elementos arbóreos son más espaciados y destaca más la cobertura herbácea.

El estrato arbustivo está compuesto, entre otras especies, por táscate (*Juniperus deppeana*), manzanita (*Arctostaphylos pungens*), charrasquillo (*Q. depressipes*), uña de gato (*Mimosa aculeaticarpa* y/o *M. dysocarpa*), sotol (*Dasyliirion*), nopales (*Opuntia* spp.). El huizache chino (*Acacia schaffneri*) es componente frecuente en zonas de ecotono con los matorrales

Bosque de coníferas.- Estos bosques permanecen siempre verdes a través de todo el año ya que cambian sus hojas de manera gradual. Aquí se incluyen los bosques dominados por especies de pino así como otros en los que los pinabetes (*Pseudotsuga*, *Abies* o *Picea*) son dominantes y también aquellos en los que predominan los cedros (*Cupressus* o *Juniperus*). Los bosques puros de coníferas se restringen por lo general a las partes altas.

Bosque mixto (pino-encino).- Estos bosques se presentan en ambientes muy diversos y por lo tanto están representados por diversas asociaciones. Los componentes más comunes en climas semifríos son: *Pinus teocote*, *P. cooperi*, *P. leiophylla*, *P. durangensis*, y/o *P. ayacahuite* con *Quercus rugosa*, *Q. rugosa* y/o *Q. crasifolia*. Como elementos acompañantes están los cedros (*Juniperus deppeana*) y los madroños

(*Arbutus arizonica*, *A. xalapensis*, *A. madrensis* y *A. tessellata*). En condiciones de mayor humedad ambiental se presentan ailes (*Alnus jurullensis* y *A. acuminata*), capulín (*Prunus serotina*) y alamillo (*Populus tremuloides*) y cahuites (*Pseudotsuga* y *Abies*). En el estrato arbustivo están el táscate (*J. deppeana*), la manzanita (*A. pungens*), el madroño enano (*Arbutus occidentalis*) y especies de *Ceanothus*, *Ribes*, *Rubus*, *Vaccinium* y *Pernettya*.

Bosque de encino.- Los bosques de encino están compuestos por un estrato arbóreo en el que domina el género *Quercus* y un estrato arbustivo donde son comunes las especies de *Arbutus* y *Arctostaphylos* (madroños y manzanitas). Entre las asociaciones en bosque de encino las especies más comunes son las siguientes: *Quercus rugosa*, *Q. sideroxila*, *Q. laeta*, *Q. durifolia*, entre otras.

5.2. Muestreo de vegetación

El muestreo de vegetación se realizó de Julio de 2010 a Enero de 2011; se diseñó un muestreo estratificado, tomando como base la altura sobre el nivel del mar y la posición topográfica relativa. Lo anterior, con el fin de cumplir con uno de los objetivos de este trabajo, relacionado con determinar las asociaciones vegetales que existen en el área de estudio y su relación con la altitud, y otras variables ambientales (como la profundidad del suelo, pendiente, exposición y perturbaciones). En seguida se describe con detalle el diseño del muestreo y el método de análisis de los datos.

5.2.1. Ubicación de sitios

Para la ubicación de los sitios se utilizó un muestreo estratificado (Matteucci y Colma, 1982), el cual consiste en dividir el área de estudio en estratos o sectores homogéneos con base en algún criterio vegetacional, geográfico, topográfico etc. Los estratos reconocidos se eligieron con base a la altitud sobre el nivel del mar en rangos de 200 metros en cada una de cuatro posiciones topográficas relativas en la subcuenca. Dado que ésta tiene predominantemente una orientación norte-sur se consideraron laderas con exposición Este y Oeste, así como dos áreas representativas: parteaguas y cañada. Parteaguas se define como la línea que divide a cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación (INEGI, 2008); para los efectos

de este estudio, el término de cañada se refiere a un terreno bajo entre dos alturas poco distantes entre sí (RAE, 2001) y que forma parte del área de transporte del agua desde la parte alta de la subcuenca hacia la boquilla de la misma. De este modo se ubicaron 24 sitios, en un diseño 6 x 4, donde seis son los rangos altitudinales (2000, 2200, 2400, 2600, 2800 y 3000 msnm) y cuatro las posiciones topográficas relativas de los sitios las cuales fueron consideradas como transectos a lo largo de la subcuenca (Cuadro 1).

La localización de los sitios se realizó en tres fases. La primera fase, para delimitar la subcuenca y tener un conocimiento general de la misma, consistió en revisión de literatura, cartas topográficas e imágenes de satélite. En la segunda fase se realizaron recorridos preliminares de campo; durante éstos, se detectaron las principales vías de acceso y áreas representativas, se observaron características físicas del terreno así como la distribución general de los principales tipos de vegetación y se realizaron colectas botánicas preliminares para conocer las especies leñosas predominantes; además, se platicó con algunos habitantes para confirmar la información de gabinete y conocer accesos a los sitios de interés. En la tercera fase, se ubicaron los 24 sitios de muestreo y las rutas de acceso a los mismos en un mapa, de acuerdo al diseño establecido (figura 2). En este proceso se utilizó el modelo digital de elevación de INEGI para el estado de Durango escala 1:250 000, Análisis visual a color de imágenes satelitales Landsat, Carta topográfica, F13B12 Escala 1:50, 000, Santiago Bayacora. Durango. (INEGI, 1999) y los programas IDRISI Andes 15.0 (Eastman J.R. 2006) y ArcView Gis 3.2a. (ESRI, Inc. 2002)

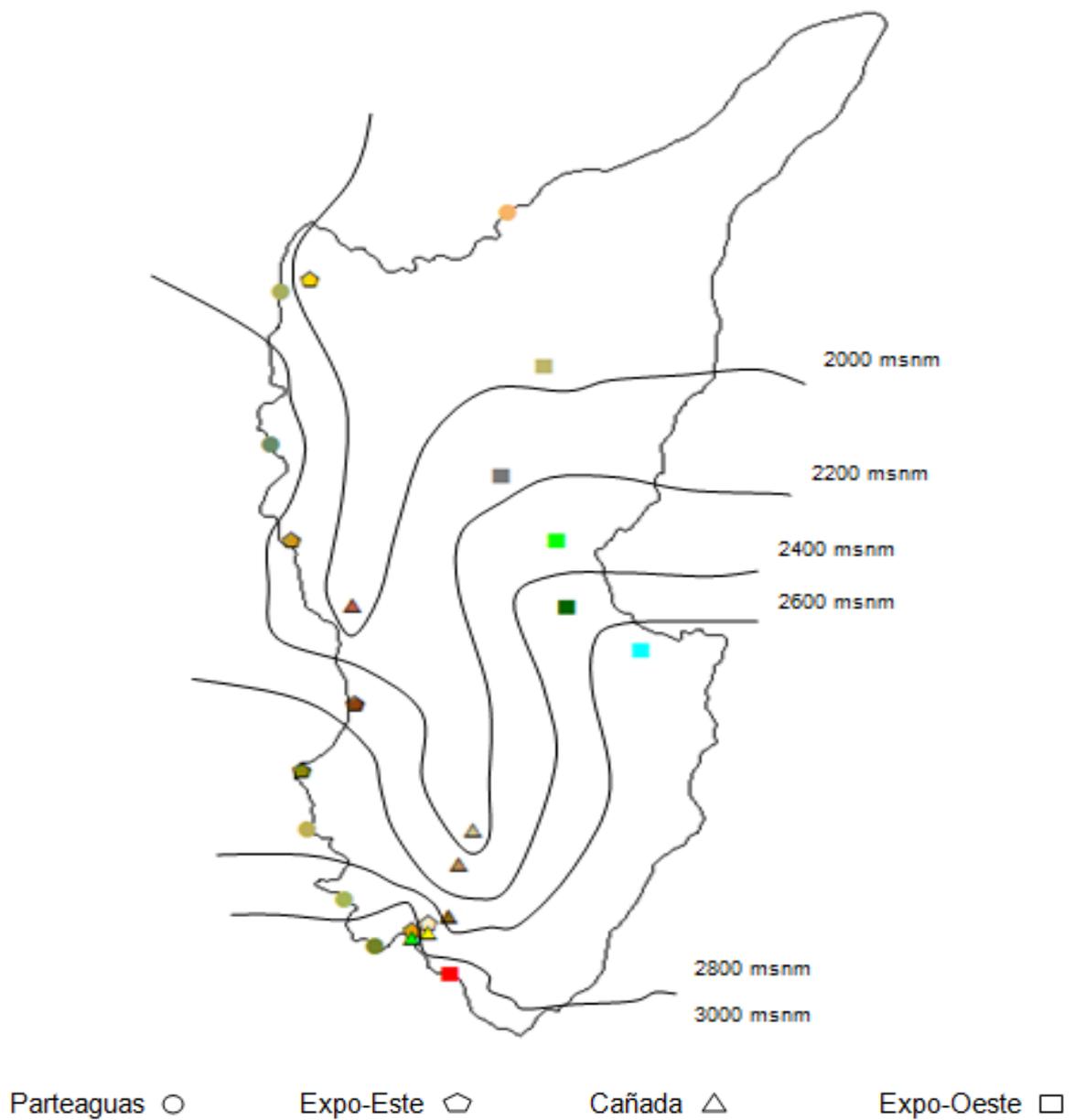


Figura 2. Ubicación de sitios.

Cuadro 1. Ubicación de los sitios en coordenadas (UTM 13N WGS84). Altitud y numeración consecutiva.

Sitios	Transecto	X	Y	Altitud (m)
1	Parteaguas (S1)	537186	2647025	2030
2	Parteaguas (S2)	524597	2642068	2270
3	Parteaguas (S3)	524081	2632530	2500
4	Parteaguas (S4)	526132	2608317	2750
5	Parteaguas (S5)	528091	2603992	2880
6	Parteaguas (S6)	529819	2600978	3000
7	Expo-este (S1)	526318	2642904	2170
8	Expo-este (S2)	525286	2626513	2350
9	Expo-este (S3)	528756	2616306	2580
10	Expo-este (S4)	525911	2612109	2650
11	Expo-este (S5)	532920	2602480	2900
12	Expo-este (S6)	532000	2601980	3075
13	Cañada (S1)	528625	2622487	2100
14	Cañada (S2)	535196	2608370	2350
15	Cañada (S3)	534415	2606236	2435
16	Cañada (S4)	533867	2602976	2700
17	Cañada (S5)	532765	2601872	2850
18	Cañada (S6)	531805	2601597	3100
19	Expo- oeste (S1)	539152	2637462	2100
20	Expo- oeste (S2)	536834	2630614	2360
21	Expo- oeste (S3)	540419	2622347	2550
22	Expo- oeste (S4)	544462	2619662	2700
23	Expo- oeste (S5)	539879	2626579	2885
24	Expo- oeste (S6)	533962	2599341	3080

5.2.2. Muestreo y registro de variables

En cada sitio se realizaron muestreos de árboles y arbustos mediante el método de cuadrantes centrados en un punto (Cottam y Curtis, 1956, descrito por Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974) para determinar los valores relativos de área basal (en árboles), cobertura aérea (en arbustos), densidad y frecuencia (en ambos estratos); así como el valor de importancia de cada especie. El muestreo se realizó trazando un transecto en dirección norte-sur con 20 puntos ubicados a una distancia mínima entre ellos de 20 metros. En cada punto se establecieron cuatro cuadrantes a través de una cruz formada por dos líneas (perpendicular y directriz), donde a partir del punto central se mide la distancia al individuo (en este caso al árbol y al arbusto) más cercano en cada uno de los cuadrantes (figura 3).



Figura 3. Método Cuadrantes Centrados en un Punto para el muestreo de la vegetación leñosa en cada uno de los sitios.

Una vez establecido el primer punto y el rumbo del transecto (brújula marca Suunto), se prosiguió a la toma de datos en formatos diseñados *ex profeso* para este estudio (anexo 5). Se registró la distancia al punto central de árboles ≥ 2 metros y arbustos ≥ 0.25 (cinta métrica marca Truper de 30 metros), altura (clinómetro marca Suunto), diámetro a la altura del pecho (DAP) en el caso de árboles (cinta diamétrica marca Suunto) y diámetro de copa en el caso de arbustos (cinta métrica marca Santul de 5 metros). Toda vez que fue posible cada individuo se identificó a nivel especie en

campo; de lo contrario, se colectó para su posterior identificación. Adicionalmente, en parcelas concéntricas a cada punto de muestreo (20 por sitio) se contabilizó la regeneración de árboles (≤ 2 metros) y de arbustos (≤ 0.25 metros) en parcelas de 5 x 5 metros; así mismo, se estimó visualmente (%) la cobertura de herbáceas en un cuadrante de 1 m².

En cada uno de los 24 sitios de muestreo, además de los datos anteriormente mencionados, se registraron las siguientes variables ambientales: ubicación geográfica en coordenadas (UTM) para el primero de los 20 puntos de muestreo; altitud promedio (geoposicionador map 60Cx marca Garmin); exposición predominante del sitio (brújula marca Suunto); pendiente (clinómetro marca Suunto); pedregosidad superficial (de modo visual) y profundidad del suelo (varilla calibrada). Cabe destacar que la ubicación, altitud y exposición se trabajaron previamente en gabinete y fueron parte del diseño de muestreo, en campo solamente se corroboró su valor o dominancia; para el registro del resto de las variables se consideró un valor promedio observado a través del recorrido en el que se levantaron los 20 puntos de muestreo de cada sitio.

Así mismo, con el fin de evaluar el estado de conservación-perturbación de la vegetación leñosa presentes en la subcuenca Santiago Bayacora, en cada sitio se registraron visualmente los disturbios como: evidencias de fuego, deforestación, pastoreo, extracción de leña, aprovechamiento, erosión antrópica, plagas y producción de carbón; considerando cuatro niveles de valoración: alto, medio, bajo y sin disturbio. Las características que se tomaron en cuenta para designar cada tipo de disturbio fueron:

Pastoreo: Sitios donde se observó ganado, o evidencia de su presencia (heces).

Evidencias de fuego: Sitios donde se observó que la vegetación tenía rastros de haberse quemado.

Extracción de leña: Sitios donde se observaron apilamientos de leña, ramas o árboles cortados; o incluso, la presencia de personas extrayendo leña.

Aprovechamiento forestal: Sitios donde se observó tala de árboles y/o presencia de tocones;

Producción de carbón: En las cercanías de algunos sitios de muestreo se observaron hornos que se utilizan para la producción de carbón vegetal.

Deforestación: Sitios donde se observó poca cobertura vegetal, presencia de tocones (principalmente viejos) y vegetación secundaria.

Erosión antrópica: Sitios donde se observaron suelos desnudos o con poca cobertura vegetal y deslavados.

Plagas: Sitios donde la vegetación, principalmente los árboles, presentaban un líquido viscoso en sus hojas, las cuales además presentaban decoloración o marchitez; tallos con ranuras en las que en algunas ocasiones se lograba observar agente causal (gusano).

5.2.3. Colecta e identificación de material botánico

En cada sitio se realizaron colectas botánicas de todas las plantas leñosas de las que se desconocía su identidad específica, para su posterior ubicación taxonómica. Se siguieron las técnicas básicas de campo para la colecta y procesamiento de especímenes para herbario (Lot y Chiang, 1986). La identificación se llevó a cabo en el herbario CIIDIR con claves taxonómicas diversas contenidas en floras regionales o monografías taxonómicas: Rzedowski, *et al.* (2005); García A. y González E. (2003); Spellenberg, *et al.* (1998); Standley, (1920-1926). Algunas especies se identificaron mediante consulta directa con especialistas y otras por comparación con ejemplares previamente depositados en el herbario. El primer juego de cada colecta se depositó en el Herbario CIIDIR, el resto será enviado como material de intercambio a otros herbarios nacionales.

5.3. Análisis de datos

5.3.1. Diversidad de especies

La diversidad biológica puede ser entendida simplemente como el número de especies presentes en un sitio o región (riqueza). Sin embargo, el número de especies por sí solo no considera el hecho de que algunas especies son muy abundantes y otras son raras. Los índices de diversidad, además de la riqueza, ponderan la abundancia de las diferentes especies; pero antes de su aplicación se debe establecer la escala geográfica, definir qué es local y qué es regional para asociarlas a las medidas de la diversidad alfa, beta y gamma (La diversidad alfa (α) es el número de especies y está referida a un nivel local y refleja la coexistencia de las especies en una comunidad; la diversidad beta (β) es la medida del grado de recambio o remplazo en la composición de especies entre diferentes comunidades en una región y refleja la respuesta de los organismos a la heterogeneidad espacial; la diversidad gamma (γ) se define como la riqueza total en una región (Krebs, 1999; Villarreal, 2006).

Para cada uno de los 24 sitios de muestreo se calculó diversidad alfa (α) con el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), el cual pondera en mayor grado la ocurrencia de las especies de baja abundancia (especies raras); de manera que entre mayor es H' la comunidad es más diversa (Magurran 1998), usando la fórmula:

$$H = -\sum (p_i) (\log p_i)$$

Donde p_i = proporción o abundancia relativa de cada especie en la población.

Por otra parte, con datos de presencia-ausencia de especies se calculó la diversidad β a través del gradiente de altitud así como entre los cuatro transectos o ambientes considerados (parteaguas, exposición este, exposición oeste y cañada). Se utilizó un valor de complementariedad (Colwell y Coddington, 1994 citados por Moreno, 2001) que varía de cero a uno: desde sitios con una composición florística idéntica (cero)

hasta completamente diferente (uno). Este valor puede expresarse como porcentaje (%) de especies complementarias entre sitios o ambientes diferentes.

$$C_{AB} = U_{AB} / S_{AB}$$

Donde:

C_{AB} Complementariedad de los ambientes A y B.

U_{AB} = Número de especies únicas a cualquiera de los dos ambientes.

S_{AB} = Riqueza total para ambos ambientes combinados.

5.3.2. Obtención de parámetros estructurales

La estructura de la vegetación se analizó con base en los valores relativos de área basal (en árboles) o cobertura aérea (en arbustos), densidad y frecuencia. Con base en la metodología de (Mueller- Dombois y Ellenberg 1974) estos tres valores relativos se combinaron para obtener el valor de importancia relativo (VIR) para cada especie, por sitio de muestreo, en donde:

Para calcular el valor de importancia relativo (VIR) de especies arbóreas se utilizó la siguiente fórmula:

–

El área basal (AB) fue calculada como:

Donde r es el radio del árbol =– DAP (diámetro a la altura del pecho)

En el caso de las especies arbustivas el VIR fue calculado con la siguiente fórmula:

–

La cobertura fue dada por la fórmula: —

Donde d_1 y d_2 son dos diámetros (mayor y menor) perpendiculares entre sí de la proyección vertical de la copa del arbusto.

La densidad se calculó como el número de individuos en 100 m^2 , tanto en árboles como en arbustos, y la frecuencia fue estimada como el porcentaje de subunidades de muestreo en que apareció cada especie (Matteucci y Colma, 1982).

En el anexo 2 se presenta, para cada uno de los 24 sitios de muestreo, la composición florística y los parámetros estructurales (valores absolutos y relativos de densidad, frecuencia y dominancia) y el valor de importancia relativo para cada especie.

Se exploraron posibles patrones relacionados con el gradiente altitud (en cuanto: densidad de árboles, densidad de arbustos, área basal de árboles, cobertura de arbustos y altura tanto de árboles como de arbustos) graficando los valores totales por sitio de dichas variables. Para analizar posibles tendencias en la cobertura herbácea se obtuvieron y graficaron los valores promedio (%) por sitio.

5.3.3. Elaboración de matrices

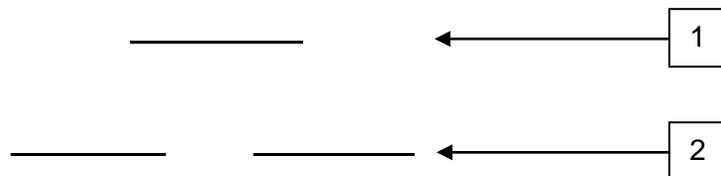
Se conformaron dos matrices de datos con el mismo número de muestras (24 sitios): la primera comprendió los valores de importancia relativa (VIR) de cada especie y la segunda los valores de cada variable ambiental. Con la primera se realizó la clasificación de la vegetación; con ambas se analizó la relación entre la vegetación y las variables ambientales (Anexos 3 y 4).

Matriz de vegetación.- Los datos obtenidos durante los muestreos de vegetación fueron procesados para obtener los valores relativos de densidad, dominancia y frecuencia así como el valor de importancia relativo (VIR) de cada una de las 80 especies que resultaron de los muestreos cuantitativos. De esta forma, la matriz resultante comprendió el VIR de éstas 80 especies (filas) en 24 sitios de muestreo (columnas), etiquetados del 1 al 6 (parteaguas) del 7 al 12 (exposición Este) del 13 al 18 (cañada) y del 19 al 24 (exposición Oeste) (Anexo 3).

Matriz de variables ambientales.- En cada sitio de muestreo se registró el promedio de altitud, pendiente, pedregosidad superficial, profundidad del suelo y exposición predominante; así como las ocho variables de perturbación descritas anteriormente las cuales se valoraron en cuatro niveles: alto, medio, bajo y sin perturbación. La matriz resultante comprendió 12 variables medioambientales (filas) en 24 sitios de muestreo (columnas) (Anexo 4).

5.3.4. Clasificación de la vegetación

Partiendo de la matriz de vegetación se realizó la clasificación de la vegetación, mediante un análisis de conglomerado (CA), el cual es una técnica jerárquica aglomerativa que analiza las muestras de forma individual para luego agruparlas sucesivamente en grupos de tamaño creciente diferentes entre sí. Para definir la similitud entre los grupos, se eligió el índice de Morisita (Krebs, 1999); este índice toma en cuenta tanto la similitud en la composición de especies como la semejanza en sus abundancias. Puede tomar valores de 0 a 1, donde 0 significa que no hay similitud entre dos sitios y 1 donde son similares por completo. Para este análisis se utilizó el software PAST versión 2.08 (Hammer *et al.*, 2001), con base en la siguiente fórmula:



Donde:

$C\lambda$ = índice Morista de similitud entre la muestra j y k

X_{ij}, X_{ik} = Número de individuos de especies i en muestra j y muestra k

$N_j = \sum X_{ij}$ = Número total de individuos en muestra j

$N_k = \sum X_{ik}$ = Número total de individuos en muestra k

Los resultados de este análisis se presentaron gráficamente en un dendrograma (sección de resultados, figura 13). Para determinar el número de grupos se eligió el criterio de regla variable (Herrera, 2000), donde cada grupo fue definido de acuerdo a

la(s) asociaciones vegetales, tomando en cuenta las especies con mayor valor de importancia relativa (VIR), tanto en el estrato arbóreo como en el arbustivo.

5.3.5. Relación vegetación-variables ambientales

Para analizar la relación de vegetación y variables ambientales, se utilizaron las dos matrices de datos (de vegetación y de variables ambientales), con las cuales se efectuó un análisis de correspondencia canónica (CCA) preliminar donde los ejes no fueron significativos (prueba de permutación Monte Carlo) por lo que no fue suficiente para explicar la relación entre la vegetación y las variables ambientales; sucedido lo anterior se optó por utilizar la opción “forward” del programa CANOCO la cual ayudó a inspeccionar el efecto independiente de cada variable ambiental en el análisis y de esta manera seleccionar solo las variables más correlacionadas con la composición de especies.

Solucionado lo anterior se prosiguió con el CCA, el cual es una técnica de ordenación multivariada que permite ordenar de manera directa especies y sitios a lo largo de gradientes ambientales, llevando a cabo regresiones iterativas entre los datos de las especies y los datos ambientales. Además, es apropiado cuando las especies muestran relación de tipo unimodal, dado que se encuentran en gradientes ambientales amplios, de más de 1000 metros de altitud (Austin, 1987; Velázquez, 1994; Palmer, 2003 citados por: Sánchez-González y López-Mata 2003).

La interpretación de este análisis se basa en diagramas de ordenación que muestran cuatro componentes importantes necesarios de conocer, denominados: ejes canónicos, variables ambientales, “site scores” y “species scores”, los cuales se describen brevemente a continuación.

Eje canónico.- Es el eje resultante de una ordenación y está restringido a combinaciones lineales de variables ambientales que contienen información sobre las especies. La importancia del eje está determinada por su eigenvalor, que puede ir de 0 hasta 1. El eigenvalor es una medida de separación de la distribución de las especies a lo largo del eje de ordenación.

Variables ambientales.- Se representan con flechas en el diagrama e indican la dirección de cambio máximo de tal variable en el diagrama. La longitud de la flecha es proporcional a la correlación entre la variable y el eje correspondiente.

Site scores.- Es la posición de cada punto de datos de especies + variables ambientales, en el eje de variación ambiental.

Species scores.- Al igual que los sites scores, se presentan como puntos en el diagrama. La posición de una especie en el diagrama, representa su máxima abundancia y las condiciones ambientales óptimas para la misma.

Para cada eje de ordenación, las correlaciones entre los promedios ponderados de los "site scores" y los "species scores" resultan de las correlaciones de especie-variables ambientales. El CCA también calcula la varianza de los datos de las especies (varianza de las especies) solos y de los datos de las especies y de las variables juntas (varianza de la relación especies ambiente). (Amancio, 2006; Leps and Smilauer, 2003).

Finalmente, se evaluó la significancia estadística de los resultados obtenidos en este análisis aplicando la prueba de permutaciones Monte Carlo, la cual permitió determinar si los valores de las raíces características de los primeros ejes de la ordenación y los valores de correlación entre las especies y las variables ambientales obtenidos con el CCA eran estadísticamente significativos ($P < 0.05$). Para realizar los análisis se utilizó el programa CANOCO versión 4.5 (ter Braak & Smilauer, 1998).

VI. RESULTADOS

6.1. Composición florística

Como resultado del trabajo de campo y laboratorio se identificaron para la subcuenca Santiago Bayacora un total de 27 familias, 47 géneros y 80 especies leñosas: 44 arbóreas y 36 arbustivas. Las familias más representativas fueron: Fagaceae (13 especies), Pinaceae (11 especies), Asteraceae (10 especies) y Ericaceae (9 especies). En el Anexo 1 se presenta el listado florístico completo.

La riqueza específica en los sitios de muestreo varió desde 5 hasta 19 especies en total; de 4 a 13 arbóreas y de una a 11 arbustivas. El sitio con mayor riqueza específica se localiza en cañada (2600 msnm.); el de menor riqueza específica se localiza en exposición Oeste (3000 msnm.). De las 80 especies, 47 (59%) se registraron solamente en uno o dos sitios; mientras que nueve (11%) tienen una amplia distribución en la subcuenca. Los seis árboles con más amplia distribución en la subcuenca son: *Arbutus arizonica* (10 sitios), *Arbutus bicolor* (12), *Juniperus deppeana* (18), *Pinus teocote* (11), *Quercus arizonica* (10), *Quercus sideroxyla* (17); los tres arbustos que se presentaron en más de 10 sitios son: *Arctostaphylos pungens* (presente en 20 de los 24 sitios), *Ceanothus depressus* (10 sitios) y *Havardia leptophylla* (11 sitios).

Otras especies con dominancia fisonómica en algunos sitios de muestreo son: *Acacia schaffneri*, (2000 msnm.) *Cupressus lusitánica* (2000 a 4000 msnm.), *Opuntia leucotricha* (2000 msnm.), *Pinus ayacahuite* (2200 a 3000 msnm.), *Pinus chihuahuana* (2000 a 2400 msnm.), *Pinus cooperi* (2600 a 3000 msnm.), *Pinus durangensis* (2400 a 3000 msnm.), *Pinus engelmannii* (2000 a 2800 msnm), *Pseudotsuga menziesii* (2600 a 3000 msnm.), *Quercus arizonica* x *Q. chihuahuensis* (2200 a 2600 msnm.), (*Quercus crassifolia* fase *xerica* (2400 a 2800 msnm), *Q. eduardii* (2000 a 2400 msnm.), *Q. grisea* (2000 a 2800 msnm.), *Q. sideroxyla* (2400 a 3000 msnm.), *Q. rugosa* (2200 a 2800 msnm.). Para complementar esta descripción a continuación se describe de forma grafica la variación del valor de importancia relativo (VIR) de las principales especies

con respecto a la altitud de cada transecto en la subcuenca Santiago Bayacora (figura 4 y 5).

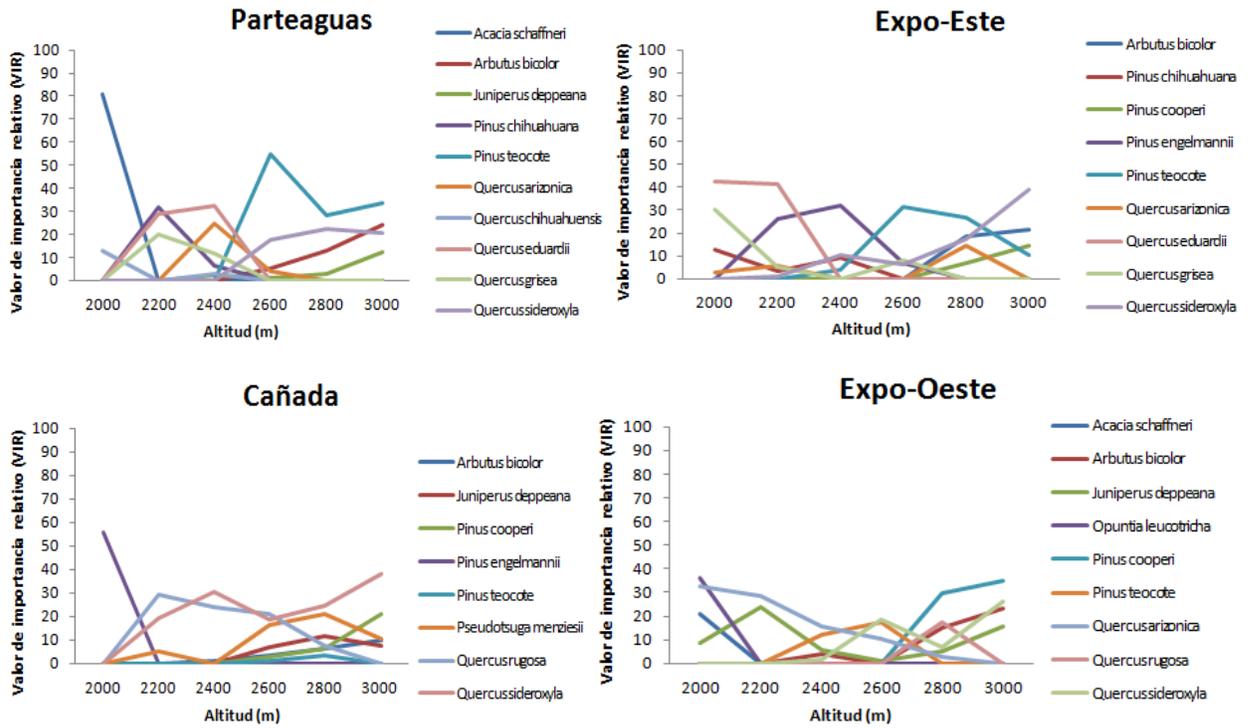
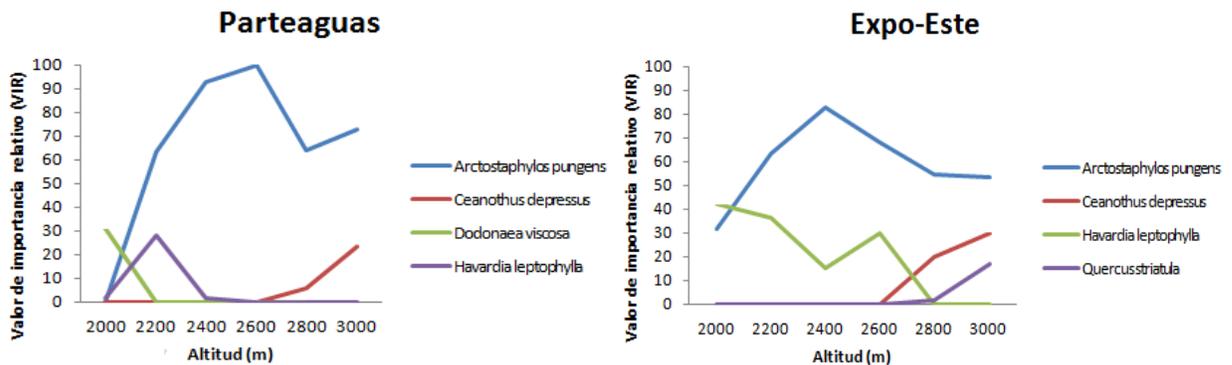


Figura 4. Variación del valor de importancia relativo (VIR) de las principales especies de árboles con respecto a la altitud de cada transecto.



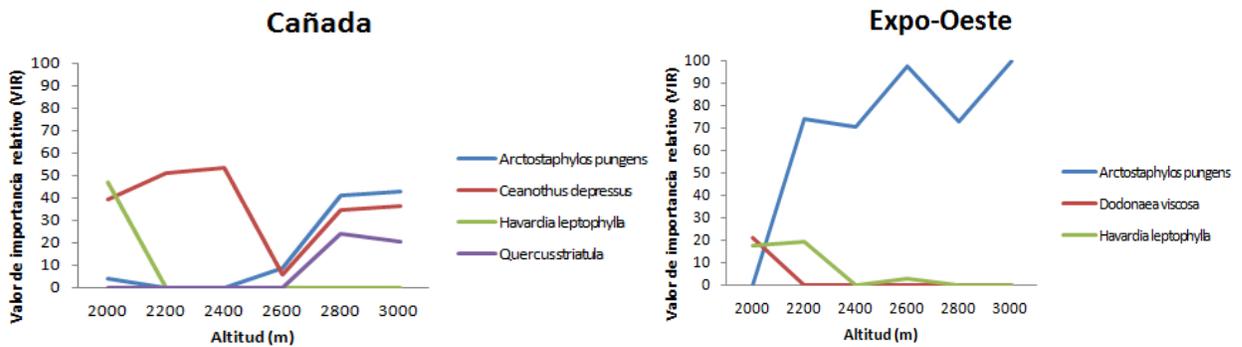


Figura 5. Variación del valor de importancia relativo (VIR) de las principales especies de arbustos con respecto a la altitud de cada transecto.

6.2. Diversidad

La distribución de la riqueza con respecto a la altitud en dos niveles taxonómicos (géneros y especies) es más o menos similar a través del gradiente de altitud (figura 6), con excepción de los extremos del gradiente. La riqueza genérica desde los 2200 a los 3000 msnm. va de 28 a 36 (media = 31) géneros, mientras que en la parte baja de la subcuenca se presenta una mayor riqueza (49 géneros); por el contrario, la riqueza específica desde los 2000 a los 2800 msnm. va de 46 a 57 (media = 52) especies, y a los 3000 msnm. la riqueza específica es mucho menor (37 especies).

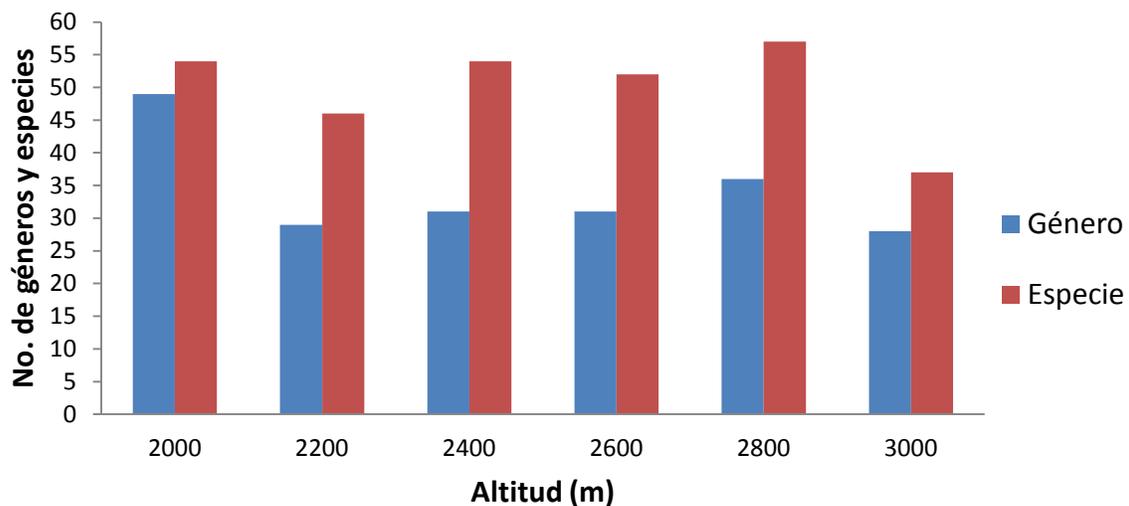


Figura 6. Número de géneros y especies a lo largo del gradiente altitudinal.

Los valores de índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), no parecen reflejar un patrón definido en el gradiente altitud. Al analizar estos valores entre los transectos o posiciones topográficas relativas, y considerando tanto los árboles como los arbustos (figura 4), se encuentran patrones contrastantes: la diversidad en cañada muestra una tendencia a aumentar con la altitud, con un punto de máxima diversidad a los 2600 msnm.; lo anterior parece estar determinado principalmente por el estrato arbóreo (figura 5 izq.). En contraste, la diversidad en parteaguas muestra una tendencia a disminuir con la altitud, con un punto de mínima diversidad, justo a los 2600 msnm. (figura 7), esto está claramente determinado por los arbustos, ya que la diversidad de árboles muestra un patrón diferente.

Considerando solamente la diversidad de árboles (figura 8 izq.), con excepción de la exposición Este, se encontró una mayor diversidad en elevaciones medias (2400 a 2800 metros). Por otra parte, considerando solamente la diversidad arbustiva; ésta, con excepción de la cañada, fue mayor en los sitios más bajos, disminuyendo paulatinamente hasta los 2600 metros en parteaguas y exposición Oeste; mientras que los la diversidad arbustiva en la exposición Este no muestra tendencia de cambio a partir de los 2200 metros (figura 8 der.).

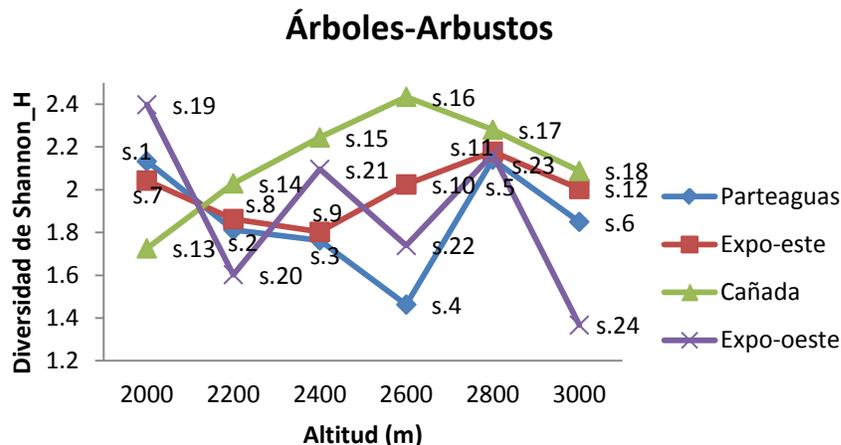


Figura 7. Diversidad de Shannon W. para árboles y arbustos juntos.

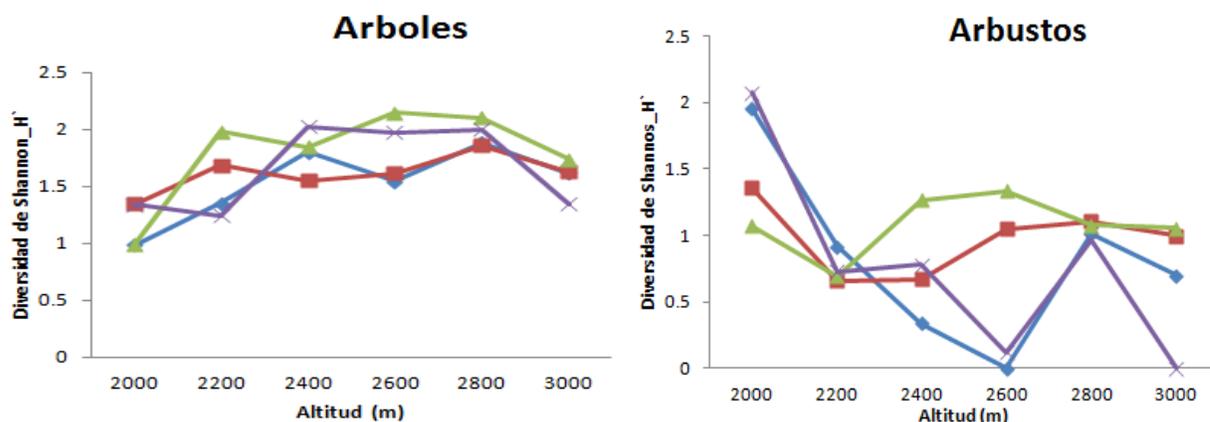


Figura 8. Diversidad de Shannon W. para árboles (izq.) y arbustos (der.).

Por otra parte, la diversidad β , medida como valores de complementariedad, indica un continuo recambio de especies a través del gradiente altitud (cuadro 2); de tal manera que de no ser por la presencia de tres de las especies de mayor distribución en la zona (*Juniperus deppeana*, *Arctostaphylos pungens* y *Ceanothus depressus*) los sitios de la parte más baja de la subcuenca son casi totalmente diferentes en composición florística que los sitios de la parte alta de la misma 97% de complementariedad en árboles, 91% en arbustos y 94% considerando ambos estratos. Así mismo, la diversidad β (complementariedad) indica diferencias marcadas entre la composición florística de los cuatro transectos considerados. En este sentido, la flora de la cañada es la que difiere más (65 a 74 %) de la del resto de los transectos. La composición florística de los ambientes de la exposición Este y Oeste son las que muestran una mayor semejanza entre sí, con un valor de complementariedad de 48% (cuadro 3).

Cuadro 2. Valores de diversidad β (complementariedad) en el gradiente altitudinal.

		Árboles y Arbustos					
Altitud		2000	2200	2400	2600	2800	3000
2000		0	0.71	0.76	0.87	0.88	0.94
2200			0	0.51	0.63	0.80	0.81
2400				0	0.60	0.57	0.80
2600					0	0.51	0.64
2800						0	0.6
3000							0

Cuadro 3. Valores de diversidad β (Complementariedad) entre transectos.

Árboles y Arbustos				
Transectos	Parteaguas	Expo-Este	Cañada	Expo-Oeste
Parteaguas	0	0.59	0.65	0.56
Este		0	0.70	0.48
Cañada			0	0.74
Oeste				0

6.3. Patrones generales en la estructura de la vegetación a través del gradiente altitudinal y entre posiciones topográficas relativas (transectos)

6.3.1. Densidad

En general, en los cuatro transectos la densidad arbórea aumenta con la altitud; aunque en el caso de las exposiciones Este y Oeste, se registran valores máximos (sobresalientes) a los 2600 metros. También parece evidente una diferencia en densidad entre las elevaciones de 2000 a 2400 metros de altitud por un lado (densidades menores) y de 2600 a 3000 metros (densidades mayores); así mismo, en las elevaciones mayores (2800 y 3000 metros), resulta evidente que la densidad arbórea en parteaguas y en cañada es mayor que en las exposiciones Este y Oeste. (figura 9 a).

Por otra parte, la densidad de arbustos no muestra un patrón de cambio con la altitud; a excepción del parteaguas y la exposición Este en donde la densidad muestra valores prominentemente más altos a los 2600 y 2800 metros; mientras que en la exposición Este existe una densidad muy alta de arbustos en las partes bajas del transecto. (figura 9 b).

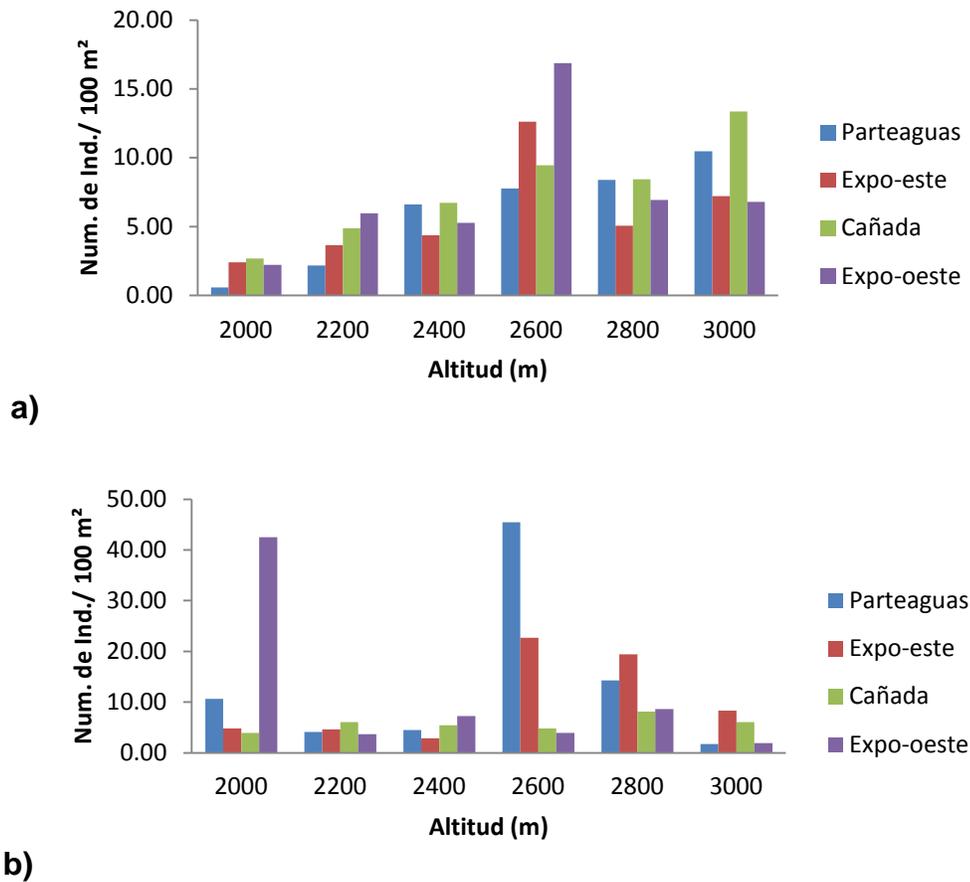


Figura 9. Densidad arbórea (a) y arbustiva (b) por transecto, a través del gradiente altitudinal.

6.3.2. Cobertura

En cuanto a la cobertura arbórea total (área basal) se detectan dos patrones diferentes. Por una parte, el transecto de la cañada muestra valores de cobertura muy por encima del resto de los transectos, tanto de los 2000 a los 2400 metros, como en las elevaciones más altas; así mismo, el área basal en la cañada sigue un patrón diferente (bimodal). Por otra parte, en los transectos este, oeste y parteaguas, al igual que en el caso de la densidad, parece evidente una diferencia en área basal entre las elevaciones de 2000 a 2400 metros de altitud por un lado (coberturas menores) y de 2600 a 3000 metros (coberturas mayores) (figura 10 a).

La cobertura de arbustos presenta una tendencia desigual en cada uno de los transectos; en el transecto cañada la cobertura arbustiva aumenta con la altitud hasta los 2600 metros y disminuye drásticamente hacia mayores elevaciones; en el transecto exposición Este disminuye con la altitud hasta los 2600 y 2800 metros, donde aumenta ligeramente; en el transecto cañada aumenta con la altitud hasta un punto de 2600 metros y a partir de aquí disminuye drásticamente; y finalmente, en el transecto exposición Oeste la cobertura arbustiva tiene un aumento importante a los 2000 metros y a partir de aquí va disminuyendo hasta los 2600 metros, aumenta ligeramente a los 2800 metros pero cae nuevamente a los 3000 metros (figura 10 b).

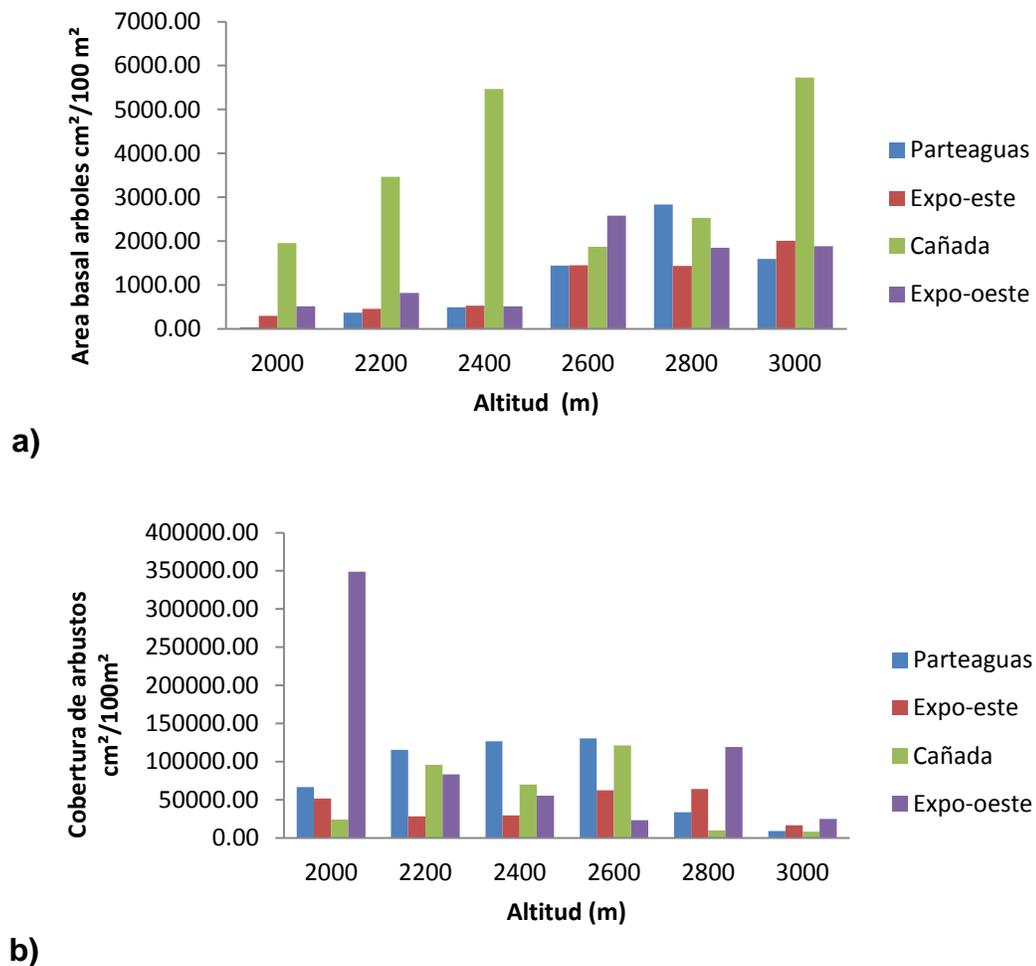


Figura 10. Área basal arbórea (a) y cobertura arbustiva (b), por transecto, a través del gradiente altitudinal.

6.3.3. Altura

Con excepción del transecto de cañada, en el área de estudio la altura de los árboles aumenta con la elevación. El mayor contraste en la altura promedio de los árboles con respecto a la altitud se presenta entre los transectos de parteaguas y cañada. En parteaguas, a una altitud de 2000 a 2400 metros los árboles mantienen una altura aproximada de cuatro metros, mientras que en cañada en este mismo rango de altitud la altura de los árboles está por arriba de los 10 metros; de los 2400 a 2800 msnm la altura de los árboles en los sitios de parteaguas mantiene una tendencia de aumento alcanzando alturas por arriba de los 16 metros; por el contrario, en cañada la altura de los árboles baja drásticamente a los 2600 msnm (en donde se presentan árboles de aproximadamente 6 metros); finalmente, en las partes altas del área de estudio, la altura de los árboles en parteaguas y cañada es similar (entre 10 y 12 metros). Los transectos expo-este y expo-oeste presentan casi la misma tendencia de aumento en la altura de los árboles conforme aumenta la altitud; a los 2000 msnm. Los árboles miden entre 2 y 6 metros, y a los 3000 msnm. entre 6 y 8 metros. En cuanto a la altura promedio de arbustos no parece existir una tendencia marcada, manteniéndose por debajo de 1.20 metros y disminuyendo ligeramente con la altitud; al igual que en el caso de la altura de los árboles, el transecto de cañada es el que presenta un patrón diferente y es en el que se presentan tanto los arbustos más bajos (menos de 0.40 m a 2800 msnm.), como los más altos (1.8 m a 3000 msnm.) (figura 11).

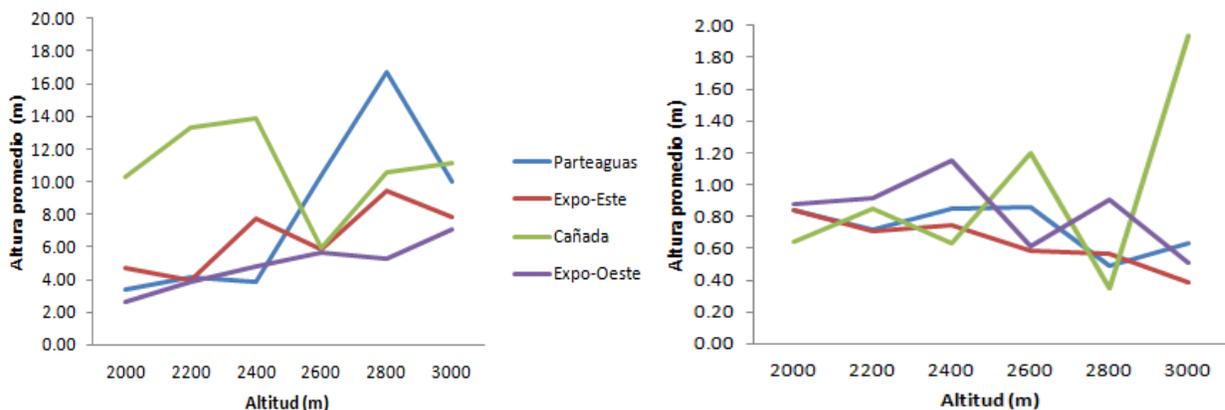


Figura 11. Altura promedio de árboles (der.) y arbustos (izq.) con respecto a la altitud.

6.3.4. Cobertura herbácea

Los resultados de promediar los valores de la estimación visual (%) de la cobertura herbácea en 20 parcelas de un m² en cada uno de los 24 sitios de muestreo indican la existencia de dos patrones en el gradiente altitudinal. En general existe mayor cobertura de hierbas en las partes bajas de la cuenca, contrastando con una cobertura de hierbas muy baja en las elevaciones por encima de los 2800 metros. Sin embargo, en los sitios con exposición Este, la tendencia de cambio es diferente al resto de los transectos, principalmente de los 2000 hasta 2400 metros de altitud, en donde la cobertura herbácea aumenta con la altitud (figura 12).

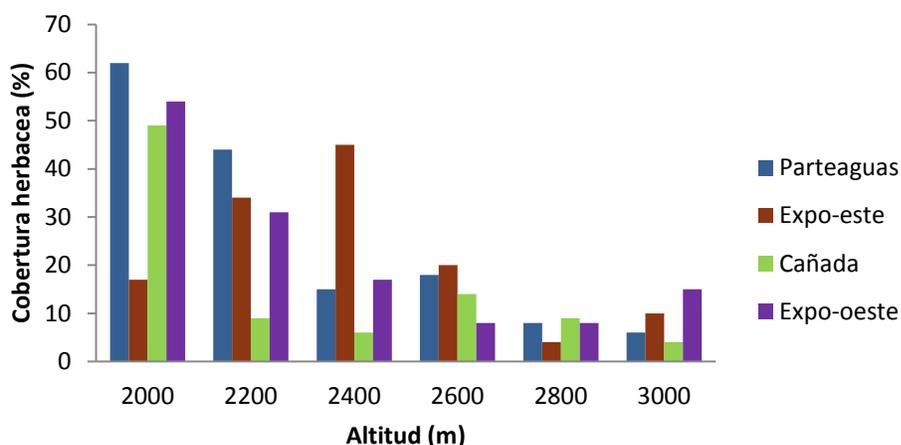


Figura 12. Cobertura herbácea, por transecto, a través del gradiente altitudinal.

6.3.5. Regeneración

Un análisis preliminar de los datos sobre regeneración obtenidos indican que casi todas las especies presentes en el estrato arbóreo como dominantes o codominantes, se encuentran también en el estrato de regeneración; con la evidente excepción de *Quercus* spp. en los bosques bajos abiertos de parteaguas y exposición Oeste con elevaciones de 2000 a 2200 metros, en donde en uno de los sitios predomina *Dodonaea viscosa* en el estrato arbustivo y en el de la regeneración.

6.4. Clasificación de la vegetación

En el análisis de conglomerados (cluster analysis) se distinguieron ocho grupos con diferentes niveles de similaridad (figura 13). Los primeros tres grupos son los que muestran mayores diferencias tanto internas (entre los sitios que los conforman) como con el resto de los grupos; están formados por los sitios 1 y 19 (grupo I); 13, 14 y 15 (grupo II) y el sitio 16 (grupo III). Por otra parte, el sitio 7, que conforma el grupo VIII, fue el más aislado del resto (Grupos IV a VII); los cuales muestran mayor similitud entre sí.

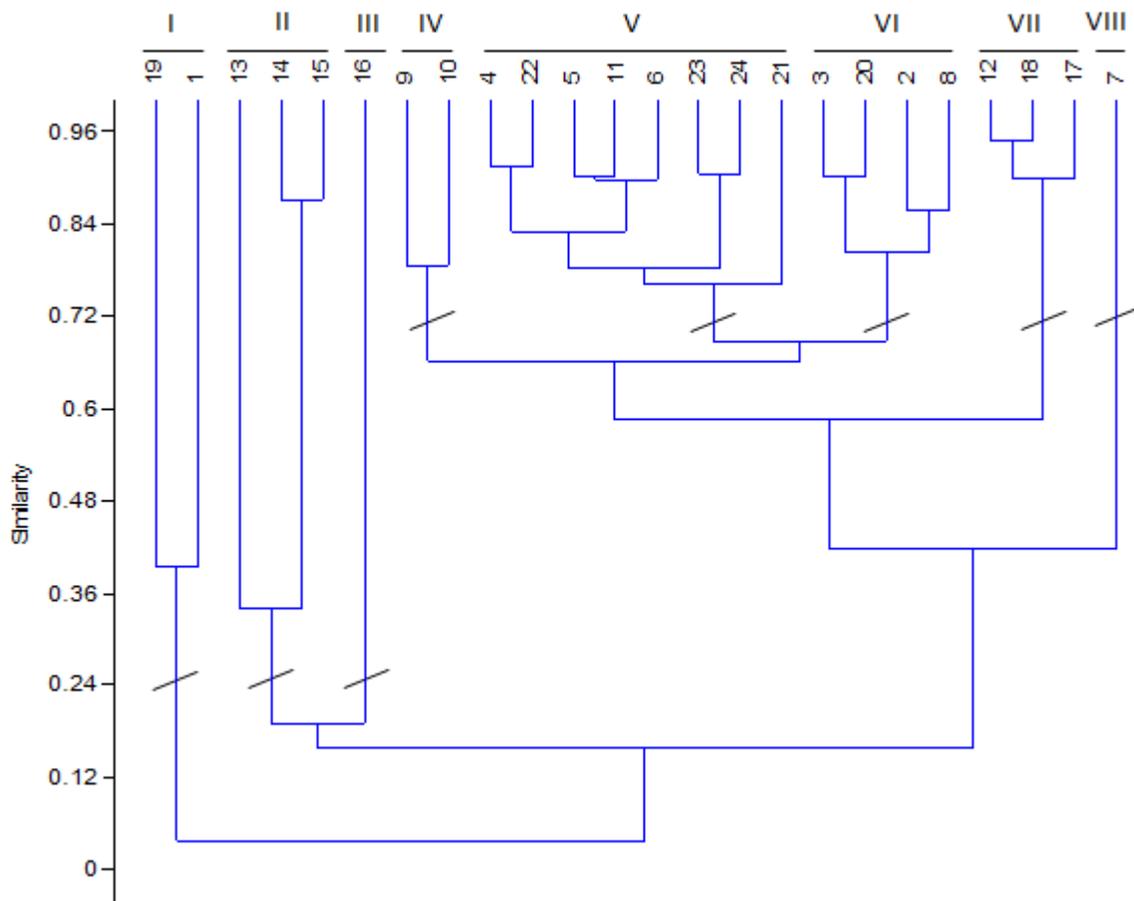


Figura 13. Dendrograma que muestra las relaciones entre los sitios de muestreo. (S1 a S24).

6.4.1. Descripción de los grupos de vegetación

Para describir los grupos se consideraron las asociaciones vegetales incluidas en cada uno de ellos (Cuadro 4, pag. 51), las cuales están determinadas por las especies con

mayores valores de importancia en cada sitio. Para la nomenclatura con respecto a los tipos de vegetación generales a los que corresponden las asociaciones de cada grupo se sigue la propuesta de González *et al.* (2007) para la vegetación de Durango.

Grupo I. Está conformado por los sitios 1 y 19 con un nivel de similaridad entre sí de aproximadamente 40% y completamente diferentes del resto de los grupos. La vegetación que incluye los sitios se caracteriza por la presencia de *Acacia schaffneri* y/o *Opuntia* spp., como especies dominantes o codominantes en el estrato arbóreo y por una riqueza específica de arbustos relativamente alta, en donde destaca *Dodonaea viscosa*. Las asociaciones vegetales que conforman este grupo corresponden a Matorral de clima templado, espinoso y crasicaule respectivamente. Ocupan sitios con elevaciones medias de 2000 msnm. (en parteaguas y exposición Oeste), se presentó principalmente en piedemonte, laderas suaves y pronunciadas. Las especies con mayores valores de importancia relativo (VIR) en el estrato arbóreo fueron: *Acacia schaffneri*, *Opuntia leucotricha* y *Quercus arizonica*; en el estrato arbustivo la especie con mayor VIR fue *D. viscosa* seguida por varias especies de Compositae y Leguminosae, y de *Agave durangensis* en uno de los dos sitios (figura 14).



Figura 14. Vegetación del grupo I. Asociación de *Acacia schaffneri* y *Opuntia leucotricha* (*der.*) con *Dodonaea viscosa* en el estrato arbustivo (*izq.*); vegetación representativa de parteaguas y exposición Oeste a los 2000 msnm, (sitios 1 y 19).

Grupo II. Conformado por los sitios 13, 14 y 15 con un nivel de similitud entre sí de 35%, y menos de 20% con otros grupos. Se caracteriza por la dominancia de diversas especies de encino (en los sitios 14 y 15, con un nivel de similitud entre sí de 85%) y de *Pinus engelmannii* en el sitio 13. El factor común entre los tres sitios que conforman este grupo es la presencia de *Cupressus lusitanica* en el estrato arbóreo y *Ceanothus depressus* como dominante o codominante en el estrato arbustivo. Las asociaciones vegetales que conforman este grupo tienen afinidad con los bosques mixtos de coníferas y encino. Ocupan sitios en cañada, con alturas de 2000 a 2400 msnm. Las especies con mayor valor de importancia relativo en el estrato arbóreo fueron: *Pinus engelmannii*, *Juniperus deppeana* y *Cupressus lusitanica* en el sitio 13; el cual difiere considerablemente de los otros dos sitios que conforman el grupo; en los cuales tres especies de encino (*Quercus rugosa*, *Quercus sideroxyla* y *Q. durifolia*) suman entre 60 y 65 % del valor de importancia (figura 15).



Figura 15. Vegetación del grupo II. Asociación de *Pinus engelmannii* con *Juniperus deppeana* y *Cupressus lusitanica* (izq.) y asociación de *Quercus* spp. con *Pinus ayacahuite*, *Pseudotsuga* y *Cupressus lusitanica* (der.). Vegetación característica de cañada a 2000 y 2400 metros respectivamente.

Grupo III. Conformado únicamente por el sitio 16; es el más diferente del resto de los grupos, con un nivel de similaridad de 20%, el más bajo del análisis. La dominancia en el estrato arbóreo está compartida entre especies de encino (*Quercus rugosa* y *Q. sideroxylla*), pino (*P. ayacahuite* y otras cuatro especies) y *Pseudotsuga menziesii*. En el estrato arbustivo predomina *Cornus stolonifera*. Esta asociación se encontró en cañada, en un sitio a una altitud de 2600 metros. Por su composición florística, corresponde a un típico Bosque mixto de coníferas (*Pinus – Pseudotsuga*) y encino (figura 16).



Figura 16. Vegetación representativa del grupo III. Asociación de *Q. rugosa* y *Q. sideroxylla* con *Cornus stolonifera* en el estrato arbustivo; sitio 16 cañada a 2600 msnm.

Grupo IV. Conformado por los sitios 9 y 10 con un nivel de similaridad aproximado de 75%. Corresponde a bosques de pino – encino en los que *Quercus arizonica* x *Quercus chihuahuensis* se asocia con *P. engelmannii* (sitio 9) ó con *P. teocote* (sitio 10) acompañados en el estrato arbustivo por *Arctostaphylos pungens* y *Havardia leptophylla*. Estas asociaciones se encontraron en laderas con exposición Este, en sitios con altitudes de 2400 a 2600 metros (figura 17).



Figura 17. Vegetación del grupo IV. Asociación de *Quercus arizonica* x *Q. chihuahuensis* y *Pinus* spp. con *Arctostaphylos pungens* en el estrato arbustivo; vegetación representativa de exposición este de 2400 a 2600 msnm., sitio 9 a 2400 msnm. (der.) y sitio 10 a 2600 msnm. (izq.)

Grupo V. Conformado por 8 de los 24 sitios de muestreo (4, 5, 6, 11, 21, 22, 23 y 24), con un nivel de similaridad aproximado de 70%. Los sitios que conforman este grupo se ubican principalmente en laderas con exposición Oeste y en parteaguas, desde los 2400 hasta 3000 msnm. Aquí se agrupan sitios con ambientes muy diversos y alta heterogeneidad ambiental, lo que se refleja también en la estructura y composición de las asociaciones vegetales. En elevaciones medias y altas (2600 a 3000 msnm.) se presentan Bosques de pino – encino, con *Pinus teocote*, *P. cooperi* y/o *P. durangensis* con diversas especies de *Quercus*, predominando *Q. sideroxyla*, *Q. rugosa* y *Q. crassifolia* fase xérica. El sitio 21 es el más aislado de los ocho que conforman el grupo; se ubica a una menor elevación (2400 msnm.) y corresponde a un Bosque de encino – pino en donde *Quercus crassifolia* comparte dominancia con *Pinus teocote* y *Juniperus durangensis*. En el estrato arbustivo predomina *Arctostaphylos pungens*; *Garrya wrightii* se presenta con valores de importancia medios en el sitio 21 y *Ceanothus depressus* en los sitios 6 y 11 (figura 18).



Figura 18. Vegetación del grupo V. Asociación de *Pinus* spp. y *Quercus* spp. con *Arctostaphylos pungens* en el estrato arbustivo. Vegetación representativa de exposición oeste a 2600 msnm. (izq.) y 2400 msnm. (der.)

Grupo VI. Conformado por cuatro de los 24 sitios (2, 3, 8 y 20) con un nivel de similaridad aproximado de 75%. En elevaciones bajas (2200 a 2400 msnm.); sobre parteaguas y laderas suaves con exposición Este y Oeste. Corresponde a bosques bajos abiertos de encino – pino en los que destaca la presencia en el estrato arbóreo de *Quercus eduardii* y/o *Q. arizonica* compartiendo la dominancia con una especie de pinos (*Pinus cembroides*, *P. chihuahuana* o *P. engelmannii*). En el estrato arbustivo domina *Arctostaphylos pungens*, en algunos sitios compartiendo dominancia con *Havardia leptophylla* (figura 19).



Figura 19. Vegetación del grupo VI. Asociación de *Quercus eduardii* y/o *Q. arizonica* y *Pinus* spp. con *Arctostaphylos pungens* en el estrato arbustivo; vegetación representativa de parteaguas y exposición este de 2200 a 2400 msnm., sitio 3 a 2400 msnm. (der.) y sitio 8 a 2200 msnm. (izq.)

Grupo VII. Este grupo quedó conformado por los sitios 12, 17 y 18 con un nivel de similaridad aproximado de 85%. En exposición Este, corresponde a bosques de encino-pino con abundancia de *Arbutus* (sitio 12) y a bosques mixtos de coníferas con *Quercus* (sitios 17 y 18) en cañada. Se presenta en sitios con altitudes de 2800 a 3000 metros. En el estrato arbóreo de los tres sitios destaca *Quercus sideroxylla*, en asociación con *Pseudotsuga menziesii*, *Arbutus bicolor* y/o *Pinus cooperi*; en el estrato arbustivo de los tres sitios comparten la dominancia: *Arctostaphylos pungens*, *Ceanothus depressus* y *Quercus striatula* (figura 20).



Figura 20. Vegetación del grupo VII. Asociación de *Quercus sideroxyla* y *Arbutus sp.* con *A. pungens* en el estrato arbustivo; vegetación representativa de cañada y exposición este de 1800 a 3000 msnm. Der: sitio 18 (3000 msnm.); lzq: sitio 5 (2800 msnm.) alterado por incendio.

Grupo VIII. Conformado únicamente por el sitio 7, con un nivel de similitud aproximado de 45 %. Corresponde a un bosque bajo abierto de encino – pino; con *Quercus eduardii* y *Q. grisea* compartiendo dominancia en el estrato arbóreo, seguidos por *Pinus chihuahuana*; en el estrato arbustivo el mayor valor de importancia corresponde a *Havardia leptophylla*, seguida por *Arctostaphylos pungens*. Esta asociación se encontró en un sitio con altura de 2000 msnm., en piedemonte, sobre laderas suaves con exposición Este (figura 21).



Figura 21. Vegetación representativa del grupo VIII. Asociación de *Quercus eduardii* y *Q. grisea* con *Havardia leptophylla* en el estrato arbustivo; sitio 7 exposición Este a 2000 msnm.

Cuadro 4. Asociaciones encontradas por grupo de vegetación y la altitud de ubicación.

Grupo	Altitud/Transecto	Asociaciones vegetales
I	2000 Parteaguas	<i>Acacia schaffneri</i> con <i>Quercus chihuahuensis</i> y <i>Dodonaea viscosa</i> (s1)
	2000 Expo-Oeste	<i>Opuntia leucotricha</i> y <i>Quercus arizonica</i> con <i>D. viscosa</i> (s19)
II	2000 Cañada	<i>Pinus engelmannii</i> y <i>Cupressus lusitanica</i> con <i>Havardia leptophylla</i> (s13)
	2200 Cañada	<i>Arbutus sp.</i> y <i>Quercus rugosa</i> con <i>Ceanothus depressus</i> (s14)
	2400 Cañada	<i>Quercus sideroxyla</i> y <i>Q. rugosa</i> con <i>C. depressus</i> (s15)
III	2600 Cañada	<i>Q. rugosa</i> y <i>Q. sideroxyla</i> con <i>Cornus stolonifera</i> (s16)
IV	2400 Expo-Este	<i>Q. arizonica</i> X <i>Q. chihuahuensis</i> y <i>Pinus engelmannii</i> con <i>Arctostaphylos pungens</i> (s9)
	2600 Expo-Este	<i>Q. arizonica</i> X <i>Q. chihuahuensis</i> y <i>Pinus teocote</i> con <i>A. pungens</i> (s10)
V	2600 Parteaguas	<i>P. teocote</i> y <i>Q. sideroxyla</i> con <i>A. pungens</i> (s4)
	2800 Parteaguas	<i>P. teocote</i> y <i>Q. sideroxyla</i> con <i>A. pungens</i> (s5)
	3000 Parteaguas	<i>P. teocote</i> y <i>Arbutus bicolor</i> con <i>A. pungens</i> y <i>C. depressus</i> (s6)
	2800 Expo-Este	<i>P. teocote</i> y <i>A. bicolor</i> con <i>A. pungens</i> y <i>C. depressus</i> (s11)
	2400 Expo-Oeste	<i>Quercus crassifolia</i> f. <i>xérica</i> y <i>Juniperus durangensis</i> con <i>A. pungens</i> y <i>Garrya wrightii</i> (s21)
	2600 Expo-Oeste	<i>Q. crassifolia</i> f. <i>xérica</i> y <i>Q. sideroxyla</i> con <i>A. pungens</i> (s22)
	2800 Expo-Oeste	<i>Pinus cooperi</i> y <i>Q. rugosa</i> con <i>A. pungens</i> (s23)
3000 Expo-Oeste	<i>P. cooperi</i> y <i>Q. sideroxyla</i> con <i>A. pungens</i> (s24)	
VI	2200 Parteaguas	<i>Pinus chihuahuana</i> y <i>Quercus eduardii</i> con <i>A. pungens</i> y <i>H. leptophylla</i> (s2)
	2400 Parteaguas	<i>Q. eduardii</i> y <i>Quercus arizonica</i> con <i>A. pungens</i> y <i>H. leptophylla</i> (s3)
	2200 Expo-Este	<i>Q. eduardii</i> y <i>P. engelmannii</i> con <i>A. pungens</i> (s8)
	2200 Expo-Oeste	<i>Q. arizonica</i> y <i>Juniperus deppeana</i> con <i>A. pungens</i> (s20)
VII	3000 Expo-Este	<i>Q. sideroxyla</i> y <i>A. bicolor</i> con <i>A. pungens</i> , <i>C. depressus</i> y <i>Q. striatula</i> (s12)
	2800 Cañada	<i>Q. sideroxyla</i> y <i>Pseudotsuga menziesii</i> con <i>A. pungens</i> , <i>C. depressus</i> y <i>Q. striatula</i> (s17)
	3000 Cañada	<i>Q. sideroxyla</i> y <i>P. cooperi</i> con <i>A. pungens</i> , <i>C. depressus</i> y <i>Q. striatula</i> (s18)
VIII	2000 Expo-Este	<i>Q. eduardii</i> y <i>Quercus grisea</i> con <i>H. leptophylla</i> (s7)

6.5. Relación vegetación-variables ambientales

Los resultados del análisis de correspondencia canónica (CCA), aplicando la opción “forward” con las doce variables en estudio refleja que algunas de ellas no muestran una correlación importante con la vegetación (cuadro 5), afectando de esta manera la significancia del análisis; por tal motivo, se prosiguió a seleccionar solamente las ocho variables que mostraron las mayores correlaciones con la composición de especies (cuadro 6).

Cuadro 5. Efectos marginales y condicionales obtenidos de la suma de selección “forward” con las 12 variables consideradas inicialmente.

Efectos marginales			Efectos condicionales				
Variable	Var. N	Lambda1	Variable	Var. N	Lambda A	P	F
Alti	1	0.58	Alti	1	0.58	0.001	3.16
Past	7	0.47	Prsu	3	0.36	0.007	2.01
Prsu	3	0.46	Extr	8	0.35	0.033	2.07
Extr	8	0.39	Plag	10	0.22	0.181	1.34
Pedr	4	0.37	Pend	2	0.21	0.215	1.30
Eros	9	0.33	Past	7	0.15	0.516	0.93
Pend	2	0.26	Pedr	4	0.14	0.627	0.85
Plag	10	0.26	Defo	6	0.12	0.822	0.67
Defo	6	0.18	Fueg	5	0.14	0.650	0.80
Prca	12	0.15	Apro	11	0.10	0.771	0.61
Fueg	5	0.13	Prca	12	0.11	0.849	0.57
Apro	11	0.13	Eros	9	0.09	0.906	0.50

Cuadro 6. Efectos marginales y condicionales obtenidos de la suma de selección “forward” con las 8 variables de mayor correlación.

Efectos marginales			Efectos condicionales				
Variable	Var.N	Lambda1	Variable	Var.N	Lambda A	P	F
Alti	1	0.58	Alti	1	0.58	0.001	3.16
Past	7	0.47	Prsu	3	0.36	0.001	2.01
Prsu	3	0.46	Extr	8	0.35	0.030	2.07
Extr	8	0.39	Pend	2	0.21	0.092	1.24
Pedr	4	0.37	Pedr	4	0.20	0.121	1.25
Pend	2	0.26	Past	7	0.16	0.348	0.95
Defo	6	0.18	Defo	6	0.11	0.868	0.68
Fueg	5	0.13	Fueg	5	0.15	0.641	0.84

En el cuadro 6 (sección de efectos marginales) cada variable de la lista explica su varianza por separado; es decir, cuando esa variable en particular es utilizada como la única variable explicativa (lambda-1). Aquí se muestra que la altitud (Alti) es la variable más influyente, seguida por el pastoreo (Past) y la profundidad del suelo (Prsu).

Por otra parte, en el mismo cuadro 5, pero en la sección de efectos condicionales, se muestran las variables ambientales como se incluyeron en el análisis, junto con su variación adicional, cada variable explica a su vez que se incluyó (lambda-A) y su importancia en ese momento (P-valor). En este caso la altitud (Alti) es la variable que se seleccionó en primer lugar. Con la altitud en el análisis se agrega la mayoría de la varianza, pero al adicionar la profundidad del suelo mejora significativamente el análisis (P=0.001), la tercera variable seleccionada fue extracción de leña (Extr) la cual

contribuye muy poco a la significancia del análisis ($P=0.046$), mientras que las cinco variables restantes no contribuyen; sin embargo, se sigue manteniendo la significancia del análisis ($P= 0.0010$).

Este es un análisis sencillo donde se observa que la composición de las especies es explicada principalmente por la altitud y la profundidad del suelo. Concluido el análisis anterior donde se logró un buen ajuste, se prosiguió con el análisis de correlación canónico (CCA) el cual se detalla en seguida:

La correlación canónica especie-ambiente fue de 0.94 para el primer eje y de 0.90 para el segundo. El primer eje explica el 14.2% del total de la variabilidad en la composición de especies, el segundo el 9.2% mientras que juntos explican el 23.4%. Para la variación debida a la relación entre especies y variables ambientales el primer eje explicó el 31.2 % y el segundo 20.2 % y juntos el 51.4 %.

La prueba de permutación Monte Carlo indica que tanto los valores de las raíces características de los primeros dos ejes; como los valores de correlación entre las especies y las variables ambientales son significativos ($P<0.001$) lo que sugiere que los valores obtenidos con el CCA no se deben al azar y el diagrama de ordenación proporciona una respuesta significativa de la distribución de las comunidades vegetales y las variables ambientales. Así mismo, la correlación de todos los ejes fue significativa (cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados del análisis de correlación canónica entre especies vegetales y variables medioambientales. Prueba de permutación Monte Carlo.

Ejes	1	2	Prueba de significancia
Eigenvalues:	0.659	0.428	primer eje
Correlaciones especies- ambiente:	0.949	0.901	Eigenvalue = 0.659
			F-ratio = 2.474
			P-value = 0.0010
Porcentaje de varianza acumulativa	1	2	todos los ejes
-de las especies:	14.2	23.4	F-ratio = 1.560
-de la relación especies-ambiente:	31.2	51.4	P-value = 0.0010

En el cuadro 7 se muestran los valores de CCA de las variables medioambientales para los primeros dos ejes de ordenación. Para presentar con mayor claridad estas correlaciones, junto con los “scores” de las especies y las de los sitios, se incluyen dos gráficos, uno con sitios y variables ambientales (figura 22) y otro con especies y variables ambientales (figura 23).

Correlaciones canónicas.- Para el primer eje las correlaciones que lo determinaron fueron de -0.8289 para la altitud (Alti), de -0.5727 para la profundidad de suelo (Prsu), en sentido negativo; y en sentido positivo, de 0.7527 para el pastoreo (Past) y de 0.5429 para pedregosidad superficial del suelo (Pedr). Este eje refleja un gradiente de altitud acompañado por disturbios.

Para el segundo eje las correlaciones que lo determinaron resultaron ser, en el sentido negativo, de -0.4583 para la deforestación (Defo) y de -0.2720 para la pendiente (Pend); en sentido positivo de 0.5839 para la profundidad del suelo (Prsu) y de 0.3451 para la pedregosidad superficial del suelo (Pedr). Este eje refleja un gradiente complejo donde interactúa en mayor proporción la profundidad del suelo y en menor proporción deforestación, evidencia de fuego y pendiente. El cuadro 8 muestra la correlación entre los dos primeros ejes de ordenación y las ocho variables ambientales elegidas con la opción “forward”. Las variables más correlacionadas están resaltadas con negritas y la información entre paréntesis sirve de referencia para las abreviaturas de las variables ambientales que se encuentran en las figuras 22 y 23.

Cuadro 8. Correlación entre los dos primeros ejes de ordenación con las ocho variables ambientales.

Variable	Eje 1	Eje 2
Altitud (Alti)	-0.8289	-0.1052
Pendiente (Pend)	0.1795	-0.2720
Profundidad del suelo (Prsu)	-0.5727	0.5839
Pedregosidad superficial del suelo (Pedr)	0.5429	0.3451
Evidencia de fuego (fueg)	-0.1142	-0.2788
Deforestación (Defo)	-0.0207	-0.4583
Pastoreo (Past)	0.7527	-0.0777
Extracción de leña (Extr)	0.5173	0.0044

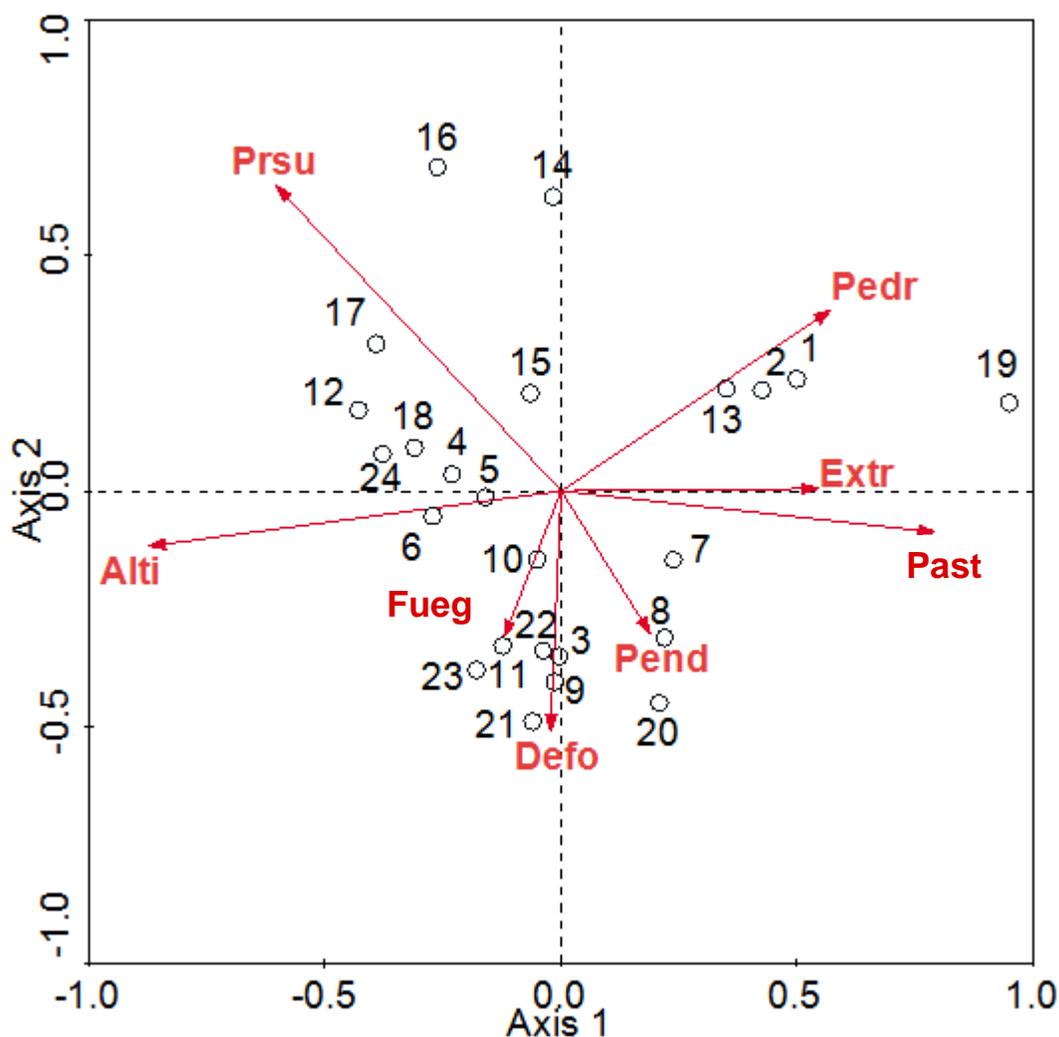


Figura 22. Ordenación de sitios (símbolos y números) y variables medioambientales (flechas). La posición de los sitios es un promedio ponderado de los “scores” de las especies. Las puntas de las flechas están dadas por las correlaciones de las variables medioambientales, con los ejes (cuadro 8.).

En general las especies vegetales forman tres grupos a lo largo del segundo eje canónico. En el primer grupo se encuentran las especies exclusivas de las partes bajas como *Dodonaea viscosa* y *Acacia schaffneri*; en el segundo grupo, concéntrico a los dos ejes, aparecen las especies de las partes intermedias y altas con una alta

6.6. Evaluación del estado de conservación-perturbación de la vegetación

Se evaluaron ocho tipos de disturbios de la vegetación: Evidencia de fuego, Deforestación, Pastoreo, Extracción de leña, Erosión antrópica, Plagas, Aprovechamiento maderable y Producción de carbón. De éstos, el pastoreo fue el de mayor frecuencia en los sitios estudiados con un 30%, seguido de sitios en donde se observó deforestación 22% y extracción de leña 20%. Por otro lado, el porcentaje de sitios donde se observaron áreas con evidencias de fuego fue de 8% al igual que producción de carbón 8 % y erosión antrópica 7%; finalmente los tipos de disturbios menos frecuentes fueron plagas 4% y aprovechamiento maderable 1%. Este último solamente se observó en las partes altas de la subcuenca; sin embargo, no se descarta la posibilidad de que existan otras áreas en aprovechamiento; lo mismo pasa con la producción de carbón; sin embargo, en ese caso es más probable que sea una actividad poco común en la actualidad dado que ya no se considera redituable (figura 24).

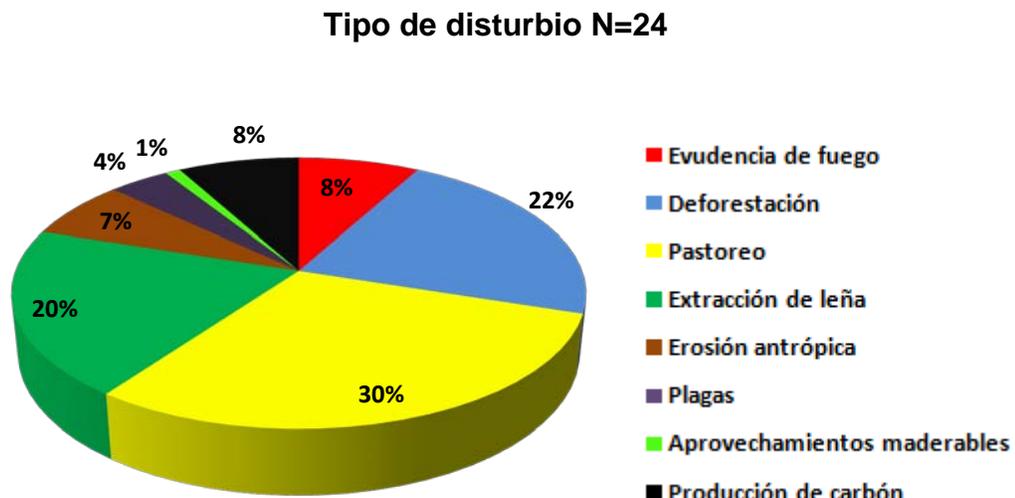


Figura 24. Disturbios en la vegetación dentro de la subcuenca Santiago Bayacora.

Dependiendo del tipo de vegetación, se observaron diferentes tipos de disturbios. La vegetación de los sitios que componen el grupo V presentó el mayor número de

disturbios (siete de los ocho considerados); de los cuales el más importante fue la deforestación (23%), seguido del pastoreo y la extracción de leña con 20 % cada uno; mientras que los disturbios menos importantes fueron la producción de carbón 17 %, erosión antrópica 10 % y aprovechamiento maderable 3 %, este último no se observó en ningún otro grupo (figura 25 f). Cabe destacar que este grupo de vegetación incluye 8 de los 24 sitios y presenta ambientes muy diversos y alta heterogeneidad ambiental, lo que se refleja también en la estructura y composición de las asociaciones vegetales, y por lo tanto, en la diversidad de disturbios detectados.

El resto de los grupos está compuesto por menos sitios (1 a 4) y por lo tanto, los disturbios registrados en cada grupo son menos. En conjunto, en los grupos I, II y IV, que incluye en total 7 sitios de muestreo y una amplia diversidad de unidades de vegetación (matorrales de clima templado, bosques de encino y de pino – encino) se encontraron siete tipos de disturbio, destacando el pastoreo, seguido de la extracción de leña y la evidencia de fuego; mientras que en los grupos VI y VII, en donde se incluyen un total de 7 sitios con ambientes muy diferentes en uno y otro grupo (bosques bajos abiertos de encino – pino en elevaciones bajas y bosques mixtos de coníferas y *Quercus* en elevaciones altas respectivamente) se repite el patrón de disturbios principales registrado para el grupo V, en donde destacan la deforestación, el pastoreo y la extracción de leña. El grupo 8, compuesto por un solo sitio con bosque bajo abierto se registró en igual proporción pastoreo, erosión antropica y plagas. Finalmente el grupo III -sitio 16, a 2600 msnm., en cañada, con una asociación de *Q. rugosa* y *Q. sideroxylla con Cornus stolonifera* en el estrato arbustivo estuvo libre de cualquier tipo de disturbio.

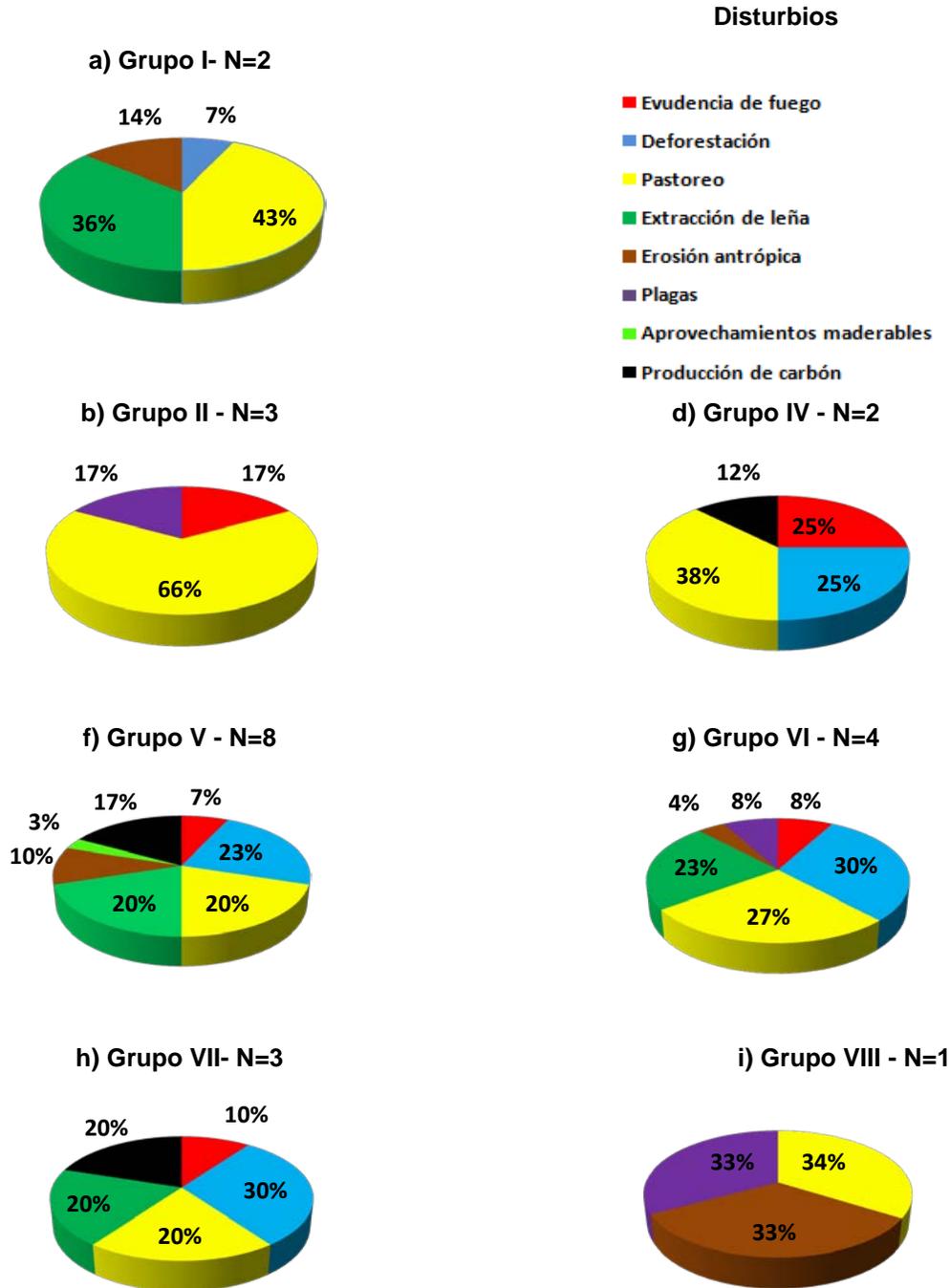


Figura 25. Tipos de disturbio que se registraron en los grupos de vegetación en la subcuenca Santiago Bayacora. N = número de sitios en cada grupo.

VII. DISCUSIÓN

Las regiones montañosas de México, en especial la Sierra Madre Occidental se caracterizan por un alto grado de heterogeneidad ambiental originada por una gran diversidad fisiográfica y climática (Challenger, 1998; Rzedowski, 2006). La Subcuenca Santiago Bayacora no es la excepción, su topografía accidentada determina la existencia de varios tipos de microambientes. Este tipo de condiciones se reportan para otros sitios de Durango por ejemplo en el rancho el Duranguense, municipio de Canatlán (Aragón-Piña *et al.* 2010). La heterogeneidad ambiental, resultante de la variación de los factores abióticos, se refleja en los patrones de distribución y abundancia de las especies vegetales (Stewart *et al.* 2000 citado por Santibañez-Andrade *et al.* 2009, González *et al.* 2007) y en la composición y estructura de la vegetación (Mazzola, 2008).

Los resultados del presente estudio coinciden con dichas observaciones; es decir, las variaciones ambientales, en especial la altitud, determinan el cambio de la estructura y composición de la vegetación, lo que corrobora la hipótesis planteada.

En el análisis de CCA se observa que la composición de las especies es explicada principalmente por la altitud y la profundidad del suelo; otras variables como la extracción de leña y la pendiente, contribuyeron a mejorar la explicación de la composición pero contribuyeron poco a la significancia total del análisis. El efecto de la altitud es más notable en cañadas y laderas con exposición Este, lo que no sucede en parteaguas y laderas con exposición Oeste, donde la altitud tiene un efecto un poco menos importante y al parecer otros factores, como las perturbaciones, tienen mayor relevancia. En bosques templados del Eje Volcánico transversal, Sánchez-González y López Mata, (2003) encuentran el mismo efecto de la altitud sobre la estructura y composición de la vegetación en un gradiente de 2750 a 4100 msnm; así como Zacarías (2009) lo encuentra al Sur de la Sierra Madre Oriental en un gradiente altitudinal similar al del presente estudio. Sin embargo, en el presente estudio, en partes bajas de exposición Oeste y parteaguas se encuentra la asociación de *Acacia schaffneri* - *Dodonaea viscosa* la cual no parece reflejar una relación clara con la altitud

sino con factores edáficos, topográficos y de disturbio, parecido a lo que reporta Santibáñez-Andrade (2009) en un matorral xerófilo, resultando ser la profundidad del suelo y la pendiente los factores de mayor correlación.

De igual forma, los resultados del análisis de diversidad muestran el efecto de la altitud, sin embargo, la diversidad alfa que se representa en cada uno de los transectos no parece reflejar una tendencia clara. Considerando árboles y arbustos se encuentran patrones contrastantes, la diversidad en cañada aumenta con la altitud, mientras que en parteaguas disminuye (máximo y mínimo, respectivamente a 2600 msnm.). En términos generales, a mayor altitud mayor diversidad de árboles y menor diversidad de arbustos. Esta tendencia de distribución de árboles y arbustos también concuerda con las reportadas por Zacarías (2009), Sánchez-González y López-Mata (2003) en bosques templados de México y con lo reportado por González *et al.* (1993 y 2007) en bosques templados de Durango.

La diversidad β , indica diferencias marcadas entre la composición florística de los cuatro transectos considerados, donde la flora de cañada es la que difiere más del resto de los transectos. También en lo referente a la altitud la mayor diferencia se encuentra en altitudes bajas; esta diferencia también la encuentra Zacarías (2009) para el sitio el Reynoso al sur de la Sierra Madre Oriental a una altitud de 2145 msnm.

Los parámetros estructurales parecen reflejar la misma tendencia con respecto a la altitud. En general la densidad y área basal arbórea aumentaron con la altitud, registrándose densidades menores de los 2000 a 2400 msnm. y mayores de 2600 a 3000 msnm, con valores máximos en exposiciones Este y Oeste a 2600 msnm; mientras que la dominancia en los cuatro transectos fue aumentando conforme aumento la altitud sobresaliendo en transecto cañadas. La densidad y cobertura arbustiva no tiene un patrón bien definido; sin embargo, en general se observa una disminución de ambas conforme aumenta la altitud, donde los valores más altos de densidad se encuentran en exposición Oeste a 2000 msnm. (aunque dos sitios también con valores altos de densidad son en parteaguas y exposición Este de 2600 a 2800 msnm.). Los valores de dominancia son mayores a los 2000 msnm en exposición

Oeste, al aumentar la elevación se mantienen los valores en los cuatro transectos, pero caen drásticamente a los 3000 msnm. Esto puede estar relacionado con la topografía local la cual marca diferencias con respecto a la exposición de las superficies con pendiente; así como también el efecto de la exposición norte-sur el cual se acentúa hacia latitudes menores, donde las laderas expuestas al norte exhiben condiciones más xéricas mientras que las polares son más umbrías, aquí la latitud juega un papel importante (Baldini y Pancel, 2002). Así mismo, esta tendencia además puede estar relacionada con el tipo de vegetación presente en cada piso altitudinal como a la incidencia de disturbios. La cobertura herbácea muestra un patrón opuesto, es mayor en partes bajas, dado principalmente por gramíneas, y menor en partes altas predominando las herbáceas dicotiledóneas. Esta tendencia puede estar relacionada con la apertura del dosel (dada por densidad y cobertura); en las partes bajas se presentan bosques más o menos abiertos mientras que en las partes medias y altas predominan los bosques densos, así como también las características propias del sitio y del transecto.

Se encontraron diferencias en la composición florística y un evidente recambio de especies (diversidad β) a través gradiente altitudinal y en las diferentes posiciones topográficas, dominando principalmente las familias Fagaceae, Pinaceae y Ericaceae, estas familias son las más frecuentes y las que mayor número de especies se reportan en otros estudios de bosques templados, en especial lo reportado por autores que han estudiado la flora de la Sierra Madre Occidental (González *et al.* 1993 y 2007; Márquez y González, 1998; Aragón-Piña, 2010, entre otros). Esta representatividad quizá deba a que los encinos (*Quercus*, Fagaceae) es el principal componente de los bosques de clima templado seco y el segundo después de los pinos (*Pinus*, Pinaceae) en bosques de clima templado húmedo de México (Spellenberg, *et al.* 1998); sin embargo su dominancia varía con la altitud. En lo referente a la familia Ericaceae se le atribuye algo parecido, teniendo una amplia distribución en regiones de clima templado (Rzedowski, *et al.* 2005).

La clasificación de la vegetación de los diferentes sitios en grupos relativamente homogéneos, es importante porque permite conformar patrones generales y hacer

predicciones acerca de procesos a nivel de comunidad en cualquier sitio de estudio (Swaine y Whitmore, 1988 citados por Santibañez-Andrade *et al.* 2009). Los resultados del análisis de conglomerados indican la presencia en el área de estudio de ocho grupos de vegetación, algunos con similitudes muy bajas, especialmente los conformados por los sitios de las partes bajas (Grupo I, II y VIII) donde la vegetación presentó mayor variación en su composición florística y condiciones ambientales (principalmente disturbios). La vegetación de los dos sitios que conforman el grupo I es muy diferente a la del resto del área de estudio, con la que comparte solamente tres especies de amplia distribución en el área (*Juniperus deppeana*, *Arctostaphylos pungens* y *Ceanothus depressus*), los cuales representan elementos de comunidades de clima templado que se localizan en las zonas de ecotonía con los matorrales. También la vegetación de las partes más altas fue diferenciada por el análisis de conglomerados (Grupo VII); mientras que 14 de los 24 sitios (partes medias del gradiente de altitud) quedaron ordenados en solamente tres de los ocho grupos (IV, V, y VI). Tan solo uno de estos grupos incluye la tercera parte de los sitios de muestreo con un 70 de similitud y un 65 de similitud con respecto a los grupos IV y VI.

Estos grupos son representativos de varios de los tipos de vegetación de Durango de acuerdo a la clasificación de Rzedowski (1978), adaptada para Durango por González *et al.* (2007): Matorral xerófilo de clima templado (Grupo I), Bosque de coníferas y encino (Grupos II, III y VII), Bosque de pino-encino (Grupos IV y V), Bosque de encino-pino (Grupos V y VII), Bosques bajos abiertos de encino-pino (Grupos VI y VIII).

Las comunidades vegetales de la subcuenca están sujetas a varios tipos de disturbios, tales como: pastoreo, deforestación, extracción de leña, fuego, producción de carbón, erosión antrópica, plagas y aprovechamientos maderables.

El pastoreo, la deforestación y la extracción de leña fueron los tipos de disturbio con mayor frecuencia en los sitios de estudio, lo que indica que la mayoría de las asociaciones vegetales están sometidas a este tipo de disturbios, los cuales pueden repercutir en la disminución de diversidad y densidad de especies ya que estas prácticas afectan la regeneración, la producción de meristemos, y por ende, la

disminución de semillas, entre otros impactos al ecosistema; en particular el pastoreo, el cual propicia la invasión de algunas plantas leñosas y de elementos poco o nada palatables para el ganado disminuyendo su valor, además de impactar negativamente al suelo causando compactación, erosión y pérdida de cubierta vegetal (Rzedowski, 2006; González *et al.* 2007).

Por otro lado, la evidencia de fuego, la producción de carbón y la erosión antropica son otros factores que se unen a la perturbación de la vegetación en la subcuenca. Cabe destacar aquí, que el fuego puede ser provocado o natural, este tipo de factores de deterioro inciden con mayor frecuencia en sitios de las partes medias y altas, debido quizá a que en estas alturas se concentra la mayor parte de especies aprovechables (encinos) para la producción de carbón; así mismo, dicha actividad puede estar ligada a la presencia de fuego por los desperdicios de material muerto que sobra de las especies que se aprovechan y en menor proporción; la erosión antrópica que se provoca al retirar la cobertura vegetal y el movimiento de tierra que se utiliza para construir los hornos del carbón. Es importante mencionar que la producción de carbón en un tiempo fue una actividad muy redituable afectando principalmente las masas de encinos cercanas a los poblados de las partes bajas.

Las plagas y el aprovechamiento maderable resultaron ser los disturbios menos observados, el deterioro por plagas fue más frecuente en altitudes de 2000 a 2400 metros, mientras que el aprovechamiento solo fue observado en las partes altas. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que existan otros sitios en aprovechamiento. Este tipo de disturbios se registra también para la reserva de la biosfera “La Michilía” por González *et al.* (1993), quienes enfatizan los disturbios provocados por la explotación de la madera y el sobrepastoreo. Es importante destacar que el área mejor conservada en la subcuenca Santiago Bayacora corresponde a las cañadas, en elevaciones de 2600 a 2800 metros (sitios 16 y 17); mientras que las más deterioradas corresponden a las partes bajas de parteaguas y exposición oeste (sitios 1, 19 y 20).

La presencia en el estrato de regeneración arbórea de las especies dominantes o codominantes en los sitios de muestreo, permite suponer un estado más o menos

estable en la sucesión; salvo los bosques bajos abiertos de encino en las partes bajas de parteaguas y exposición Este, en donde los resultados del análisis preliminar de los datos de regeneración coinciden con lo reportado por Casas *et al.* (1993), Márquez *et al.* (2006) y González *et al.* (1991, 2003, 2004 y 2005^a) sobre cambios en la estructura de la vegetación, en los bosques que están siendo reemplazados por matorrales. La misma tendencia se registra a partir de observaciones de campo en diversas áreas del estado de Durango, particularmente en El Mezquital, como: La Candelaria, Laguna del Chivo La Muralla, Xoconoxtle (González 2011, com. pers.).

En lo que respecta a composición florística y fisonomía de la vegetación en el área de estudio, es relevante mencionar que, además de las 80 especies leñosas incluidas en los muestreos cuantitativos, durante los traslados a los sitios de muestreo se observaron algunas asociaciones vegetales con fisonomía muy diferente a las registradas mediante los muestreos en los sitios previamente seleccionados. Se observaron, por ejemplo, áreas en donde el dominante fisonómico es *Pinus lumholtzii* y otras en donde predominan *Juniperus flaccida*. Así mismo, no puede dejar de mencionarse el sitio conocido como Bajíos de Don Víctor, el cual no quedó seleccionado para realizar muestreos cuantitativos pero es uno de los pocos lugares en los que se presenta *Picea chihuahuana*. Por lo anterior, no se descarta la existencia en el área de estudio de otras especies leñosas que pueden incluso ser dominantes o codominantes en sitios particulares ya que existen sitios de muy difícil acceso que no pudieron visitarse durante el desarrollo de este trabajo.

VIII. CONCLUSIONES

Se identificaron para la subcuenca Santiago Bayacora un total de 27 familias, 52 géneros y 94 (80 en los muestreos cuantitativos) especies leñosas: 50 arbóreas y 45 arbustivas. Las familias más representativas fueron: Fagaceae (13 especies), Pinaceae (13 especies), Asteraceae (12 especies) y Ericaceae (9 especies).

La técnica de clasificación permitió definir ocho grupos de vegetación; cada uno de los cuales incluye una o más asociaciones vegetales. Varios de estos grupos se relacionan con el gradiente altitudinal y/o con alguno de los cuatro “transectos” sobre los que se levantaron los muestreos. Grupo I) Asociación de *Acacia schaffneri* con *Quercus chihuahuensis* y *Dodonaea viscosa*; asociación de *Opuntia leucotricha* y *Quercus arizonica* con *D. viscosa*. Grupo II) Asociación de *Pinus engelmannii* y *Cupressus lusitanica* con *Havardia leptophylla*; asociación de *Arbutus sp.* y *Quercus rugosa* con *Ceanothus depressus*; asociación de *Quercus sideroxyla* y *Q. rugosa* con *C. depressus*. Grupo III) Asociación de *Q. rugosa* y *Q. sideroxyla* con *Cornus stolonifera*. Grupo IV) Asociación de *Quercus arizonica* x *Q. chihuahuensis* y *Pinus spp.* con *Arctostaphylos pungens*. Grupo V) Asociaciones de *Pinus spp.* y *Quercus spp.* con *Arctostaphylos pungens*; asociaciones de *Pinus spp.* *Arbutus spp.* con *Arctostaphylos ssp.* y *Ceanothus spp.*; asociación de *Quercus crassifolia f. xérica* y *Juniperus durangensis* con *A. pungens* y *Garrya wrightii* y asociación de *Q. crassifolia f. xérica* y *Q. sideroxyla* con *A. pungens*. Grupo VI) Asociación de *Pinus chihuahuana* y *Quercus eduardii* con *A. pungens* y *H. leptophylla*; asociación de *Q. eduardii* y *Quercus arizonica* con *A. pungens* y *H. leptophylla*; asociación de *Q. eduardii* y *P. engelmannii* con *A. pungens*; asociación *Q. arizonica* y *Juniperus deppeana* con *A. pungens*. Grupo VII) Asociación de *Q. sideroxyla* y *A. bicolor* con *A. pungens*, *C. depressus* y *Q. striatula*; asociación de *Q. sideroxyla* y *Pseudotsuga menziesii* con *A. pungens*, *C. depressus* y *Q. striatula*; asociación *Q. sideroxyla* y *P. cooperi* con *A. pungens*, *C. depressus* y *Q. striatula*. Grupo VIII) Asociación de *Quercus eduardii* y *Q. grisea* con *Havardia leptophylla*.

La técnica de ordenación utilizada (CCA), indica que la altitud y la profundidad del suelo son los principales factores que influyen en el cambio de la estructura y composición de

árboles y arbustos a lo largo del gradiente altitudinal que presenta la subcuenca Santiago Bayacora, mientras las de menor o nula relación fueron: erosión antrópica, plagas, producción de carbón y aprovechamiento; la poca o nula relación de estas últimas variables, quizá se deba a que fueron muy localizadas. Las diferencias en la composición, estructura y distribución de las asociaciones identificadas en este trabajo con respecto a otras investigaciones realizadas principalmente en bosques templados de la Faja Volcánica Transmexicana son reflejo de una combinación diferente de variables ambientales y de la longitud del gradiente estudiado en cada zona. Sin embargo, para corroborar esta hipótesis, se requieren más estudios exploratorios, o incluso, de carácter experimental sobre las relaciones entre la vegetación y el ambiente para las zonas templadas de México.

La diversidad arbórea estimada con el índice de Shannon W. muestra una tendencia a la alza conforme aumenta la altitud con un máximo a los 2600 msnm., esta tendencia se refleja más en el transecto cañada. La diversidad arbustiva fue mayor a una altitud de 2000 msnm., a partir de la cual los transectos cañada y exposición Este mantienen una tendencia relativamente constante conforme aumenta la altitud, mientras los transectos de exposición Oeste y parteaguas caen drásticamente cuando aumenta la altitud, principalmente de 2600 a 3000 msnm.

El análisis visual de los datos de densidad y dominancia arbórea, la tendencia observada en los mismos; así como el continuo y paulatino recambio de especies a través del gradiente altitudinal y entre las cuatro posiciones topográficas relativas consideradas, muestra que el diseño de muestreo fue adecuado para estudiar la vegetación del área.

IX. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Los resultados obtenidos, las observaciones realizadas durante el trabajo de campo y los diversos problemas enfrentados durante el desarrollo de la investigación permiten hacer las siguientes recomendaciones y sugerencias:

Dado que los impactos ambientales de las actividades antrópicas en el área de estudio afectan la producción de agua; es recomendable buscar alternativas sostenibles de financiamiento que involucren a los principales usuarios del agua, así como a las comunidades asentadas en la subcuenca para la protección de áreas conservadas (cañada) con el fin de mantener el flujo hidrológico.

Así mismo, en sitios impactados por el pastoreo y otras actividades de deterioro, es necesario poner en práctica las recomendaciones que hace la CONAFOR para el cuidado y conservación de los bosques, principalmente el apartado que trata sobre servicios ambientales hidrológicos, el cual busca hacer obras para la captación e infiltración de la precipitación. Se recomienda llevar a cabo actividades de restauración de bosques bajos abiertos de encino en las partes bajas y a lo largo de parteaguas, exposición Este y Oeste.

Se sugiere una mayor exploración florística en las diferentes cañadas que comprende la subcuenca, ya que, como se pudo constatar durante este estudio, en el área de la subcuenca Santiago Bayacora existen especies, tanto vegetales como animales, de distribución restringida (Ej. *Picea chihuahuana*). Así mismo, se sugiere realizar inventarios florísticos en toda el área para contar con mejores elementos en el cuidado y/o conservación de las especies involucradas y contribuir al conocimiento de la vegetación y flora regional.

Adicionalmente se sugiere realizar estudios sobre la dinámica y regeneración de la vegetación para conocer el estado de conservación y/o deterioro de la cubierta vegetal presente en la subcuenca.

Se sugiere que en estudios posteriores se tomen en cuenta el papel que juega la fauna silvestre y el ganado, ya que especies de aves como la guacamaya verde (*Ara militaris*)

fueron constantemente observadas en los muestreos de vegetación, particularmente en las partes altas; además, se practica la ganadería extensiva en la mayor parte de la subcuenca y no se tiene conocimiento directo del impacto que ésta está causando en el área.

Se sugiere establecer puntos de control permanentes, principalmente en las partes altas, que sobrepasan los 3000 msnm. para obtener información sobre la dinámica espacial y temporal de la vegetación y otros factores involucrados.

X. LITERATURA CITADA

Álvarez C., R. 1995. Estadística multivariante y no paramétrica con SPSS. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Juan Bravo, 3A. 28006 Madrid España, 254 pp. Disponible en: <http://books.google.com.mx>

Amancio Rosas G. 2006. Relaciones entre la estructura del hábitat y la biodiversidad de aves en dos sitios en la reserva de la biosfera la "Michilía". Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, CIIDIR-IPN. Durango, México. 80 pp.

Aragón-Piña E., Garza-Herrera A., González-Elizondo M.S., Luna-Vega I. 2010. Composición y estructura de las comunidades vegetales del Rancho El Duranguense en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 81: 771-787 pp.

Baldini, A. y L. Pancel. 2002. Agentes de daño en el bosque nativo. 1ª edición. Editorial Universitaria, S. A., Santiago de Chile. 408 pp. Disponible en: <http://books.google.com.mx>

Begon, M., J.L. Harper y C. R. Townsend. 1999. Ecología. Tercera Edición. Editorial OMEGA, S. A., Barcelona. 1148 pp.

Casas S.R. 1993. Tendencia sucesional de tres comunidades vegetales de clima templado semi-seco del Estado de Durango. Tesis de licenciatura Escuela de Ciencias Forestales, UJED. Durango, México. 53 pp.

Casas S.R., S. González E. y J. A. Tena F. 1995. Estructura y tendencias sucesionales en vegetación de clima templado semi-seco en Durango, México. Madroño 42 (4): 501-515 pp.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología de la UNAM y Agrupación Sierra Madre S.C., México.

- Eastman J.R. 2006. Idrisi Andes. Guide to GIS and Image Processing. Manual Version 15.0. Clark Labs, Clark University. Archivo pdf, 328 p
- Eddy van der Maarel. 2005. Vegetation Ecology. Blackwell Science Ltd. 395 pp.
- Environmental Systems Research Institute, Inc. 2000. ArcView Gis 3.2 a
- García Arévalo, A. y M.S. González Elizondo. 2003. Pináceas de Durango. CONAFOR e Instituto de Ecología, A.C. 2ª edición. México, D.F. 246 pp.
- Gentry, H. S. 1957. Los pastizales de Durango. Edic. Inst. Mex. Rec. Nat. Renov. México, D.F. 361 pp.
- González-Elizondo, M.S, M. González-Elizondo y M.A. Márquez Linares. 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango. Plaza y Valdez, México, D.F. 220 pp.
- González-Elizondo, S., M. González- Elizondo y A. Cortes Ortiz. 1993. Vegetación de la Reserva de la Biosfera “La Michilia”, Durango, México. Acta Botánica Mexicana 22: 1-104.
- González-Medrano, F. 2003. Las comunidades vegetales de México: Propuesta para la unificación de la clasificación y nomenclatura de la vegetación de México. 2ª edición. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), México D.F. 82 pp.
- Gordon, A. G. 1968. Ecology of *Picea chihuahuana* Martinez. Ecology 49: 880-896
- Granados Sánchez D. y R. Tapia Vargas. 2002. Comunidades Vegetales. Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. 234 pp.
- Hammer, O., Harper, D.A.T. and Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electrónica 4 (1):9 pp. Disponible en: <http://folk.uio.no/ohammer/past>
- Herrera, A. 2000. La clasificación numérica y su aplicación a la ecología. Universidad INTEC/Programa EcoMar, Inc. Editorial Sanmenycar, Santo Domingo, 121 pp.

- INEGI. 1999. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Carta topográfica, F13B12 Escala 1:50, 000, Santiago Bayacora. Durango.
- INEGI. 2008. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags. México. Guía para la interpretación de Cartografía. Edafología. 28 pp.
- INEGI. 2009a. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags. México. Guía para la interpretación de Cartografía. Climatológica. 45 pp.
- INEGI. 2009b. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags. México. Guía para la interpretación Cartográfica. Topográfica. 21 pp.
- INEGI. 2009c. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags. México. Guía para la interpretación Cartográfica. Geología. 26 pp.
- INEGI. 2009d. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags. México. Guía para la interpretación Cartográfica. Hidrología. 25 pp.
- Krebs, C. J. 1985. Ecología. Estudio de la distribución y la abundancia. Editorial Harla. México. 753 pp.
- Krebs, C. J. 1999. Ecological methodology. 2a. Edicion. Addison Wesley & Benjamin Cummings. Menlo Park, EUA. 620 pp.
- Lepš, J. and Šmilauer, P. 2003. Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO. Cambridge University Press. Cambridge. 269 pp.
- Lot, A. y F. Chiang (comp.). 1986. Manual de herbario. Consejo Nacional de la Flora de México. México.
- Louman, B. 2001. Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con énfasis en América Central. Disponible en: <http://books.google.es/books>
- Maciel Nájera J.F. 2010. Composición y Estructura de la Sierra el Registro, Durango. Tesis de maestria. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad-Durango, IPN. Durango, México. 108 pp.

- Madrigal, X. 1977. Características generales de la Vegetación del estado de Durango. *Ciencia Forestal II* (7): 30-58 pp.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University; Princeton, New Jersey, U.S.A.
- Márquez Linares M. A. 2004. Distribución, germinación y estructura de poblaciones de *Arctostaphylos pungens* HBK, y su relación con el fuego en Durango, México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 103 pp.
- Márquez Linares, M.A. y M.S. González Elizondo. 1998. Composición y estructura del estrato arbóreo de un bosque de pino-encino en Durango, México. *Agrociencia* 32(4): 413-419 pp.
- Matteucci, S., A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Ed. OEA. Washington, D.C., E.U.A. 168 pp.
- Maysilles, J. H. 1959. Floral relationships of the pine forests of western Durango, Mexico. Tesis doctoral. University of Michigan. Ann Arbor. 165 p.
- Mazzola M.B., Kin A.G., Morici E.F., Babinec F.J. y Tamborini G. 2008. Efecto del gradiente altitudinal sobre la vegetación de las Sierras de Lihue Calel (La Pampa, Argentina). *Bol. Soc. Argent. Bot.* 43 (1-2): 103-119 pp.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. *Ecosystems and human well-being: A framework for assessment*. Island Press, Washington, D.C. 137 pp. Disponible en: <http://www.maweb.org/es/Framework.aspx>
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*, Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation Ecology*. John Wiley and Sons, New York, 547 pp.

Nájera Calderón, N.L. 1992. Estudio de clasificación ambiental del río Santiago Bayacora como cuerpo receptor. Tesis de ingeniería. Instituto Tecnológico de Durango, ITD. Durango, México. 80 pp.

Nieves Hernández, G., J. A. Vázquez García, Y. L. Vargas Rodríguez, M. Vázquez García y J. G. González Gallegos. 2009. Small-scale environmental gradients in a pine-oak forest community in Nueva Colonia, Mezquitic, Jalisco, Mexico. *Polibotánica*. No. 27. 31-52 pp.

Quiñones-Vera, J.J., Gutiérrez-Guzmán, U.N., Valencia-Castro, C.M., Martínez-Ríos, J.J. y Castellanos-Pérez, E. 2004. Variables que definen los grados de condición en una sabana de *Prosopis-Sporobolus* al Noreste del estado de Durango, México: (con 4 cuadros y 6 figuras) *Phyton (B. Aires) [online]*. vol. 73, 301-318 pp.

Raya Ruz, J. 2008. Análisis de la variabilidad de la vegetación en Sierra Morena (España). Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba, Dep. de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal. Córdoba España. ISBN-13: 978-84-7801-919-9. 156 pp.

Real Academia Española. 2001. Diccionario de la lengua española. (22.^a ed.). Disponible en: <http://www.rae.es/rae.html>

Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología. A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán.

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

Sánchez-González A., Granados-Sánchez D. 2003. Ordenación de la vegetación de la Sierra de Catorce, San Luis Potosí, a lo largo de gradientes ambientales. *Terra Latinoamericana*, Vol.21, Núm. 3 Universidad Autónoma Chapingo México. 311-319 pp.

Sánchez-González A., López-Mata L. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 74(1): 47-71.

Santibáñez-Andrade, G., Catillo-Agüero, S., Zavala-Hurtado, J. A., Martínez Orea, Y., Hernández Apolinar, M. 2009. La Heterogeneidad Ambiental en un Matorral xerófilo. Boletín de la Sociedad Botánica de México. (85) 71-79 pp. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/artpdfRed.jsp?jCve=57712090007>

Smith, R.L. y T.M. Smith. 2001. Ecología. 4^a. Ed. Pearson Educación S. A. Madrid. 664 pp.

Spellenberg, R., J. R. Bacon y M.S. González Elizondo. 1998. Los encinos (Quercus-Fagaceae) en un transecto sobre la Sierra Madre Occidental. Bol. Inst. Bot. U. Guad. 5: 357-387.

Standley, P.C. 1920-1926. Trees and shrubs of Mexico. Contr. U. S. Nat. Herb. 23 1-1721.

Steubing Lore, Godoy Roberto y Alberdi Miren. 2002. Métodos de ecología vegetal (monografías). Editorial Universitaria, S. A. Maria Luisa Santander 044. Santiago de Chile. 339 pp.

ter Braak, C. J. F. and Šmilauer, P. 1997-2006 CANOCO for windows version 4.54 Biometrics-Plant Research International, Wageningen, The Netherlands.

ter Braak, C.J.F. & Šmilauer, P. 2002. *CANOCO Reference manual and Canodraw for Windows user's guide: Software for Canonical Community Ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA. 500 pp.

Unzueta A., E. 1994. Análisis geomorfológico y de la vegetación de la microcuenca Arroyo Santiago Bayacora, Durango. Tesis de licenciatura. Escuela de Ciencias Forestales, UJED. Durango, México. 79 pp.

Villarreal H., M. Álvarez, S. Cordoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Segunda edición. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.

Visauta Vinacua B. 1998."Análisis estadístico con SPSS para Windows, volumen II: Estadística multivariante". McGraw Hill.

Zacarías Eslava, Y. 2009. Composición y estructura del bosque templado de Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca, a lo largo de un gradiente altitudinal. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad-Oaxaca, IPN. Oaxaca, México. 61 pp.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme otorgado una beca para continuar con mis estudios de posgrado y al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional por abrirme las puertas para realizarlo.

Agradezco a los miembros de mi comité tutorial, la Dra. Martha González Elizondo., el Dr. Marco A. Márquez Linares., el Dr. Armando Cortez Ortiz., la Dra. María del Socorro González Elizondo y el Dr. Gustavo Pérez Verdín.

A la Dra. Martha González Elizondo y al Dr. Marco A. Márquez Linares por ser mis guías en mi trabajo profesional, por sus enseñanzas y por su confianza en mí, muchas gracias.

Al Dr. Armando Cortez Ortiz, a la Dra. María del Socorro González Elizondo y al Dr. Gustavo Pérez Verdín, agradezco sus valiosos comentarios, observaciones y apoyo en la realización de esta tesis.

A si mismo agradezco al Dr. Isaías Chairez Hernández y a la Dra. Celia López González, por su disposición y ayuda en el análisis e interpretación de los datos numéricos.

Muchas gracias por su participación y hospitalidad a los habitantes de los poblados Santiago Bayacora, La Casita y La Flor en especial a la familia Ríos Salas por su ayuda en la toma de datos de campo, si ellos no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

A mis compañeros de generación por su amistad y compañerismo.

Doy un agradecimiento general a todas aquellas personas que directa o indirectamente me apoyaron durante mi estancia en la Maestría.

Anexo 1

Relación de plantas vasculares registradas en la Subcuenca Santiago Bayacora, Durango

PLANTAS REGISTRADAS

FAMILIA, NOMBRE CIENTIFICO Y AUTORES (Las especies marcadas con un asterisco forman parte de las comunidades muestreadas; sin embargo, no se incluyeron en los análisis ya que no aparecieron en los muestreos cuantitativos y las especies con dos asteriscos no aparecieron en los sitios de muestreo pero se encuentran en algunas áreas de la subcuenca).

AGAVACEAE	<i>Agave durangensis s.l.</i> Gentry
	<i>Yucca sp.</i>
ASCLEPIADACEAE	<i>Asclepias linaria</i> Cav.
ASTERACEAE	<i>Ageratina palmeri</i> (A. Gray) Gage.
	<i>Ageratina petiolaris</i> (Moc. y Sesse ex DC.)
	<i>Ageratina sp.</i>
	<i>Ageratina wrightii</i> (A. Gray)
	<i>Baccharis pteronioides</i> DC.
	<i>Brickellia veronicifolia</i> (HBK.) SA. Gray
	<i>Eupatorium aff. vernicosum</i> Sch. Bip.*
	<i>Eupatorium espinosarum</i> (A. Gray)*
	<i>Perymenium mendezii</i> DC.
	<i>Senecio sp.</i>
	<i>Stevia lucida</i> Lag. var. <i>lucida</i>
	<i>Trixis angustifolia</i> DC.
BETULACEAE	<i>Alnus jorullensis</i> H.B.K.
BIGNONIACEAE	<i>Tecoma stans</i> (L.) HBK
BURSERACEAE	<i>Bursera palmeri</i> S. Watson
CACTACEAE	<i>Opuntia durangensis</i> Britton y Rose
	<i>Opuntia leucotricha</i> DC.
	<i>Opuntia robusta</i> H. L. Wendl. ex. Pfeiff.

CISTACEAE	<i>Halimium glomeratum</i> (Lag.)
CORNACEAE	<i>Cornus stolonifera</i> Michx.
CUPRESSACEAE	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill.
	<i>Juniperus deppeana</i> Steud.
	<i>Juniperus durangensis</i> Martinez
	<i>Juniperus flaccida</i> Schltl.**
ERICACEAE	<i>Arbutus aff. xalapensis</i> HBK. x <i>A. occidentalis</i> McVaugh y Rosatii
	<i>Arbutus arizonica</i> (A. Gray) Sarg.
	<i>Arbutus madrensis</i> S. González
	<i>Arbutus tessellata</i> P. D. Sorensen
	<i>Arbutus bicolor</i> S. González, M. Gonzalez et. PD. Sorensen
	<i>Arbutus occidentalis</i> McVaugh y Rosatti
	<i>Arbutus</i> sp.
	<i>Arctostaphylos pungens</i> HBK.
	<i>Vaccinium caespitosum</i> Michx.
EUPHORBIACEAE	<i>Croton morifolius</i> Willd.*
	<i>Jatropha dioica</i> Cerv. var <i>dioica</i>
FAGACEAE	<i>Quercus aff. aristata</i> Hook. y Arn.
	<i>Quercus arizonica</i> Sarg.
	<i>Quercus arizonica</i> Sarg. X <i>Quercus chihuahuensis</i> Trel.
	<i>Quercus chihuahuensis</i> Trel.
	<i>Quercus crassifolia</i> fase xérica Humb. & Bonpl.
	<i>Quercus durifolia</i> Seem.
	<i>Quercus eduardii</i> Trel.
	<i>Quercus grisea</i> Liebm.
	<i>Quercus jonesii</i> Trel.
	<i>Quercus potosina</i> Trel.
	<i>Quercus rugosa</i> Nèe
	<i>Quercus sideroxyla</i> Humb y Bonpl.
	<i>Quercus striatula</i> Trel.
	<i>Quercus depressipes</i> Trel.*
	<i>Quercus konzatti</i> Trel.*
GARRYACEAE	<i>Garrya wrightii</i> Torr.
GROSSULARIACEAE	<i>Ribes affine</i> HBK.
LAMIACEAE	<i>Salvia</i> sp.

LEGUMINOSAE	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd
	<i>Acacia interior</i> (Brittan & Rose)*
	<i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F. J Herm.
	<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl.
	<i>Dalea versicolor</i> Zucc.*
	<i>Erythrina montana</i> Rose & Stand*
	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.
	<i>Havardia leptophylla</i> (BC.) L. Rico
	<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) M. C. Johnst.
PINACEAE	<i>Abies durangensis</i> Martínez
	<i>Picea chihuahuana</i> Martínez **
	<i>Pinus arizonica</i> Engelma.
	<i>Pinus ayacahuite</i> K. Ehrenb.
	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.
	<i>Pinus chihuahuana</i> Engelma.
	<i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco
	<i>Pinus durangensis</i> Martínez
	<i>Pinus engelmannii</i> Carr.
	<i>Pinus leiophylla</i> Schltld. y Cham.
	<i>Pinus lumholtzii</i> Rob. y Fern. **
	<i>Pinus teocote</i> Schltld. y Cham.
	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco
OLACACEAE	<i>Forestiera phillyreoides</i> (Benth)
OLEACEAE	<i>Fraxinus aff. uhdei</i> (Wenzig)
RHAMNACEAE	<i>Ceanothus depressus</i> Benth.
	<i>Condalia aff. correlli</i> M.C. Johnst*
	<i>Ceanothus coeruleus</i> Lag.*
ROSACEAE	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.
	<i>Holodiscus argenteus</i> (L.) Maxim.

RUBIACEAE	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlttdl.
	<i>Bouvardia</i> sp.
SALICACEAE	<i>Populus tremuloides</i> Michx.
	<i>Salix jaliscana</i> M. E. Jones
SAPINDACEAE	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.
ULMACEAE	<i>Celtis reticulata</i> Torr.
VERBENACEAE	<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies y Hook.) Tronc.
	<i>Lantana camara</i> L.*
	<i>Lippia curtisiana</i> Moldenke*

Anexo 2

**Parámetros de la estructura cuantitativa de la vegetación leñosa en cada sitio de
muestra de la subcuenca Santiago Bayacora Durango**

Sitio 1: Parteaguas. S 1		2030 msnm.		Coordenadas (UTM)		537186	2647025	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Acacia schaffneri</i>	2.64	0.52	100	28.99	88.46	71.43	82.20	80.70
<i>Bursera palmeri</i>	2.00	0.01	5	0.09	1.28	3.57	0.27	1.71
<i>Celtis reticulata</i>	5.00	0.01	5	0.21	1.28	3.57	0.60	1.82
<i>Opuntia durangensis</i>	4.25	0.02	10	3.62	2.56	7.14	10.28	6.66
<i>Prosopis laevigata</i>	3.18	0.04	20	2.34	6.41	14.29	6.65	9.11
Total	3.41	0.59	140	35.27	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Aloysia gratissima</i>	1.93	0.40	15	17597.06	3.80	5.77	26.44	12.00
<i>Asclepias linaria</i>	0.70	0.13	5	765.78	1.27	1.92	1.15	1.45
<i>Baccharis pteronioides</i>	0.41	1.62	45	3312.20	15.19	17.31	4.98	12.49
<i>Bouvardia sp.</i>	0.40	0.13	5	95.39	1.27	1.92	0.14	1.11
<i>Brickellia veronicifolia</i>	0.42	1.62	35	4250.22	15.19	13.46	6.39	11.68
<i>Dalea bicolor</i>	0.33	1.35	35	1475.92	12.66	13.46	2.22	9.45
<i>Dodonaea viscosa</i>	1.18	3.64	60	23749.81	34.18	23.08	35.68	30.98
<i>Forestiera phillyreoides</i>	1.30	0.13	5	1791.24	1.27	1.92	2.69	1.96
<i>Opuntia robusta</i>	0.80	0.13	5	721.40	1.27	1.92	1.08	1.42
<i>Havardia leptophylla</i>	1.00	0.13	5	858.52	1.27	1.92	1.29	1.49
<i>Trixis angustifolia</i>	0.78	1.35	45	11937.17	12.66	17.31	17.94	15.97
Total	0.84	10.66	260	66554.72	100	100	100	100

Sitio 2: Parteaguas. S2		2270 msnm.		Coordenadas (UTM)		524597	2642068	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Pinus cembroides</i>	5.50	0.03	5	5.86	1.27	2.22	1.57	1.69
<i>Pinus chihuahuana</i>	5.55	0.60	65	147.66	27.85	28.89	39.56	32.10
<i>Quercus chihuahuensis</i>	3.50	0.27	35	36.64	12.66	15.56	9.81	12.68
<i>Quercus durifolia</i>	4.60	0.05	10	5.46	2.53	4.44	1.46	2.81
<i>Quercus eduardii</i>	4.12	0.66	65	99.54	30.38	28.89	26.67	28.64
<i>Quercus grisea</i>	3.06	0.52	40	64.66	24.05	17.78	17.32	19.72
<i>Yucca sp.</i>	2.80	0.03	5	13.46	1.27	2.22	3.61	2.36
Total	4.16	2.17	225	373.29	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.86	45.42	100	130336.01	100.00	100.00	100.00	100.00
Total	0.86	45.42	100	130336.01	100	100	100	100

Sitio 5: Parteaguas. S5		2880 msnm.		Coordenadas (UTM)	528091	2603992		
--------------------------------	--	-------------------	--	--------------------------	---------------	----------------	--	--

ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arbutus arizonica</i>	7.75	0.21	10	37.03	2.50	3.45	1.31	2.42
<i>Arbutus bicolor</i>	8.33	1.26	45	234.59	15.00	15.52	8.28	12.93
<i>Juniperus deppeana</i>	5.27	0.32	15	12.66	3.75	5.17	0.45	3.12
<i>Pinus arizonica</i>	26.33	0.63	25	337.33	7.50	8.62	11.90	9.34
<i>Pinus ayacahuite</i>	23.00	0.11	5	32.99	1.25	1.72	1.16	1.38
<i>Pinus durangensis</i>	23.13	1.26	35	505.17	15.00	12.07	17.82	14.96
<i>Pinus teocote</i>	24.00	1.89	60	1159.02	22.50	20.69	40.89	28.03
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	25.50	0.42	20	148.39	5.00	6.90	5.23	5.71
<i>Quercus sideroxyla</i>	7.30	2.31	75	367.49	27.50	25.86	12.96	22.11
Total	16.73	8.40	290	2834.66	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.71	8.73	85	26385.91	61.25	51.52	78.27	63.68
<i>Ceanothus depressus</i>	0.32	0.89	15	393.41	6.25	9.09	1.17	5.50
<i>Halimium alomeratum</i>	0.41	1.96	30	1220.37	13.75	18.18	3.62	11.85
<i>Stevia lucida var. lucida</i>	0.53	2.67	35	5713.55	18.75	21.21	16.95	18.97
Total	0.49	14.25	165	33713.24	100	100	100	100

Sitio 6: Parteaguas. S6		3000 msnm.		Coordenadas (UTM)	529819	2600978		
--------------------------------	--	-------------------	--	--------------------------	---------------	----------------	--	--

ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Alnus sp.</i>	3.50	0.13	5	0.93	1.25	1.89	0.06	1.06
<i>Arbutus bicolor</i>	8.35	2.36	55	464.31	22.50	20.75	29.10	24.12
<i>Juniperus deppeana</i>	4.27	1.70	45	66.59	16.25	16.98	4.17	12.47
<i>Pinus ayacahuite</i>	13.63	0.52	20	30.00	5.00	7.55	1.88	4.81
<i>Pinus durangensis</i>	16.00	0.13	5	37.12	1.25	1.89	2.33	1.82
<i>Pinus teocote</i>	20.50	2.62	60	859.83	25.00	22.64	53.88	33.84
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	7.50	0.13	5	2.57	1.25	1.89	0.16	1.10
<i>Quercus sideroxyla</i>	5.94	2.88	70	134.33	27.50	26.42	8.42	20.78
Total	9.96	10.47	265	1595.69	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arbutus occidentalis</i>	0.68	0.05	10	124.11	2.99	7.69	1.36	4.01
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.78	1.23	85	7365.69	71.64	65.38	80.69	72.57
<i>Ceanothus depressus</i>	0.42	0.43	35	1638.78	25.37	26.92	17.95	23.42
Total	0.63	1.71	130	9128.58	100	100	100	100

Sitio 1: Expo-Este. S7		2175 msnm.		Coordenadas (UTM)		526318	2642904	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Pinus chihuahuana</i>	7.71	0.21	30	49.14	8.75	13.04	16.59	12.79
<i>Quercus arizonica</i>	2.67	0.09	10	3.12	3.75	4.35	1.05	3.05
<i>Quercus chihuahuensis</i>	4.22	0.27	35	24.05	11.25	15.22	8.12	11.53
<i>Quercus eduardii</i>	5.01	1.11	90	125.57	46.25	39.13	42.39	42.59
<i>Quercus grisea</i>	3.79	0.72	65	94.36	30.00	28.26	31.85	30.04
Total	4.68	2.40	230	296.24	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Ageratina sp.</i>	0.71	0.20	10	449.23	4.17	4.65	0.87	3.23
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1.89	0.67	40	32034.83	13.89	18.60	61.78	31.43
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0.84	0.33	20	754.32	6.94	9.30	1.45	5.90
<i>Opuntia robusta</i>	0.50	0.07	5	106.45	1.39	2.33	0.21	1.31
<i>Havardia leptophylla</i>	0.51	2.68	85	16228.90	55.56	39.53	31.30	42.13
<i>Perymenium mendezii</i>	0.61	0.87	55	2276.22	18.06	25.58	4.39	16.01
Total	0.84	4.82	215	51849.95	100	100	100	100

Sitio 2: Expo-Este. S8		2350 msnm.		Coordenadas (UTM)		525286	2626513	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arbutus arizonica</i>	4.50	0.05	5	2.59	1.25	1.92	0.56	1.25
<i>Juniperus deppeana</i>	2.80	0.18	15	21.27	5.00	5.77	4.61	5.13
<i>Pinus chihuahuana</i>	2.33	0.14	15	1.66	3.75	5.77	0.36	3.29
<i>Pinus engelmannii</i>	8.66	0.50	40	225.68	13.75	15.38	48.89	26.01
<i>Quercus arizonica</i>	3.24	0.32	15	15.11	8.75	5.77	3.27	5.93
<i>Quercus arizonica X Q. chihuahuensis</i>	3.46	0.37	40	22.35	10.00	15.38	4.84	10.08
<i>Quercus durifolia</i>	4.00	0.05	5	0.90	1.25	1.92	0.19	1.12
<i>Quercus eduardii</i>	3.98	1.83	100	161.23	50.00	38.46	34.93	41.13
<i>Quercus grisea</i>	3.25	0.18	20	9.87	5.00	7.69	2.14	4.94
<i>Quercus sideroxyla</i>	3.30	0.05	5	0.90	1.25	1.92	0.19	1.12
Total	3.95	3.66	260	461.57	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1.07	2.42	90	24628.37	52.50	51.43	86.29	63.41
<i>Havardia leptophylla</i>	0.35	2.19	85	3913.70	47.50	48.57	13.71	36.59
Total general	0.71	4.61	175	28542.07	100	100	100	100

Sitio 3: Expo-Este. S9		2580 msnm.		Coordenadas (UTM)	528756	2616306		
-------------------------------	--	-------------------	--	--------------------------	---------------	----------------	--	--

ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Juniperus deppeana</i>	3.26	0.44	25	47.90	10.00	11.63	9.05	10.23
<i>Pinus chihuahuana</i>	8.00	0.27	20	66.69	6.25	9.30	12.60	9.38
<i>Pinus engelmannii</i>	10.80	0.66	45	318.12	15.00	20.93	60.11	32.01
<i>Pinus teocote</i>	18.00	0.05	5	44.06	1.25	2.33	8.32	3.97
<i>Quercus arizonica X Q. chihuahuensis</i>	2.83	2.41	85	39.77	55.00	39.53	7.51	34.02
<i>Quercus sideroxyla</i>	3.74	0.55	35	12.72	12.50	16.28	2.40	10.39
Total	7.77	4.38	215	529.24	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1.09	2.30	100	28881.25	79.75	71.43	97.18	82.78
<i>Baccharis pteronioides</i>	0.80	0.04	5	176.87	1.27	3.57	0.60	1.81
<i>Havardia leptophylla</i>	0.33	0.55	35	661.38	18.99	25.00	2.23	15.40
Total	0.74	2.89	140	29719.50	100	100	100	100

Sitio 4: Expo-Este. S10		2650 msnm.		Coordenadas (UTM)	525911	2612109		
--------------------------------	--	-------------------	--	--------------------------	---------------	----------------	--	--

ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arbutus tessellata</i>	4.00	0.47	15	38.20	3.75	6.82	2.63	4.40
<i>Juniperus deppeana</i>	5.00	0.16	5	44.70	1.25	2.27	3.08	2.20
<i>Pinus engelmannii</i>	12.00	0.32	10	193.77	2.50	4.55	13.34	6.79
<i>Pinus teocote</i>	12.75	1.89	35	926.26	15.00	15.91	63.76	31.56
<i>Quercus arizonica X Q. chihuahuensis</i>	2.67	7.57	95	149.38	60.00	43.18	10.28	37.82
<i>Quercus grisea</i>	2.74	1.10	25	52.65	8.75	11.36	3.62	7.91
<i>Quercus jonesii</i>	4.00	0.32	10	24.30	2.50	4.55	1.67	2.91
<i>Quercus sideroxyla</i>	3.30	0.79	25	23.49	6.25	11.36	1.62	6.41
Total	5.81	12.61	220	1452.76	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.84	15.04	85	50199.06	66.25	58.62	80.13	68.33
<i>Havardia leptophylla</i>	0.38	7.38	55	11985.38	32.50	37.93	19.13	29.85
<i>Stevia lucida var. lucida</i>	0.52	0.28	5	461.43	1.25	3.45	0.74	1.81
Total	0.58	22.70	145	62645.87	100	100	100	100

Sitio 5: Expo-Este. S11		2900 msnm.	Coordenadas (UTM)		532920	2602480			
ÁRBOLES									
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo	
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arbutus arizonica</i>	3.62	0.71	40	62.90	13.92	14.29	4.38	10.86	
<i>Arbutus bicolor</i>	5.04	1.22	65	118.67	24.05	23.21	8.27	18.51	
<i>Juniperus deppeana</i>	4.50	0.06	5	20.13	1.27	1.79	1.40	1.48	
<i>Pinus cooperi</i>	21.67	0.19	15	153.59	3.80	5.36	10.70	6.62	
<i>Pinus teocote</i>	19.85	0.83	40	703.73	16.46	14.29	49.02	26.59	
<i>Quercus arizonica</i>	3.08	1.09	50	57.75	21.52	17.86	4.02	14.47	
<i>Quercus rugosa</i>	10.75	0.13	10	83.01	2.53	3.57	5.78	3.96	
<i>Quercus sideroxyla</i>	6.86	0.83	55	235.96	16.46	19.64	16.43	17.51	
Total	9.42	5.06	280	1435.74	100	100	100	100	

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Ageratina wrightii</i>	0.80	0.25	5	204.06	1.27	2.86	0.32	1.48
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.71	10.09	75	44587.13	51.90	42.86	69.65	54.80
<i>Ceanothus depressus</i>	0.43	4.43	45	7353.69	22.78	25.71	11.49	20.00
<i>Quercus striatula</i>	0.35	0.25	5	52.60	1.27	2.86	0.08	1.40
<i>Stevia lucida var. lucida</i>	0.53	4.43	45	11816.22	22.78	25.71	18.46	22.32
Total	0.56	19.43	175	64013.70	100	100	100	100

Sitio 6: Expo-Este. S12		2075 msnm.	Coordenadas (UTM)		532000	2601980			
ÁRBOLES									
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo	
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arbutus arizonica</i>	4.13	0.36	20	47.54	5.00	8.89	2.37	5.42	
<i>Arbutus tessellata</i>	4.00	0.09	5	10.20	1.25	2.22	0.51	1.33	
<i>Arbutus bicolor</i>	5.18	1.80	55	290.77	25.00	24.44	14.47	21.30	
<i>Juniperus deppeana</i>	4.31	0.72	25	46.43	10.00	11.11	2.31	7.81	
<i>Pinus cooperi</i>	18.83	0.81	25	429.99	11.25	11.11	21.39	14.58	
<i>Pinus teocote</i>	11.75	0.54	20	292.87	7.50	8.89	14.57	10.32	
<i>Quercus sideroxyla</i>	6.54	2.89	75	892.36	40.00	33.33	44.39	39.24	
Total	7.82	7.21	225	2010.17	100	100	100	100	

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.612962963	3.73056188	65	12491.0614	45	40.625	74.868491	53.49783034
<i>Ceanothus depressus</i>	0.3115	2.76337917	55	3525.44815	33.33333333	34.375	21.130709	29.6130141
<i>Quercus striatula</i>	0.234615385	1.79619646	40	667.493603	21.66666667	25	4.00080003	16.88915557
Total	0.39	8.29013751	160	16684.0031	100	100	100	100

Sitio 1: Cañada. S13	2100 msnm.	Coordenadas (UTM)		528625	2622487			
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Alnus jorullensis</i>	12.67	0.10	15	128.35	3.75	8.33	6.54	6.21
<i>Cupressus lusitanica</i>	10.67	0.20	20	375.73	7.50	11.11	19.15	12.59
<i>Fraxinus aff. uhdei</i>	8.00	0.03	5	14.58	1.25	2.78	0.74	1.59
<i>Juniperus deppeana</i>	3.74	0.77	50	94.47	28.75	27.78	4.82	20.45
<i>Pinus engelmannii</i>	14.75	1.51	80	1287.96	56.25	44.44	65.66	55.45
<i>Quercus durifolia</i>	7.50	0.03	5	13.96	1.25	2.78	0.71	1.58
<i>Salix jaliscana</i>	15.00	0.03	5	46.57	1.25	2.78	2.37	2.13
Total	10.33	2.69	180	1961.61	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Agave durangensis s.l.</i>	0.55	0.34	10	1873.84	8.70	13.33	7.78	9.94
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.25	0.17	5	45.80	4.35	6.67	0.19	3.73
<i>Ceanothus depressus</i>	1.08	1.19	25	13094.83	30.43	33.33	54.35	39.37
<i>Havardia leptophylla</i>	0.71	2.21	35	9078.19	56.52	46.67	37.68	46.96
Total	0.65	3.92	75	24092.65	100	100	100	100

Sitio 2: Cañada. S14		2350 msnm.		Coordenadas (UTM)		535196	2608370	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Abies durangensis</i>	27.00	0.06	5	62.12	1.25	1.56	1.79	1.53
<i>Alnus jorullensis</i>	7.25	0.12	10	19.76	2.50	3.13	0.57	2.06
<i>Arbutus arizonica</i>	3.00	0.06	5	1.73	1.25	1.56	0.05	0.95
<i>Arbutus madrensis</i>	5.50	0.18	15	14.98	3.75	4.69	0.43	2.96
<i>Cupressus lusitanica</i>	14.32	0.67	50	446.96	13.75	15.63	12.88	14.09
<i>Fraxinus aff. uhdei</i>	18.00	0.24	20	158.25	5.00	6.25	4.56	5.27
<i>Pinus ayacahuite</i>	8.00	0.06	5	11.52	1.25	1.56	0.33	1.05
<i>Pinus leiophylla</i>	15.50	0.12	10	43.74	2.50	3.13	1.26	2.30
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	19.83	0.18	15	228.42	3.75	4.69	6.58	5.01
<i>Quercus durifolia</i>	16.04	0.79	45	629.03	16.25	14.06	18.13	16.15
<i>Quercus rugosa</i>	10.08	1.59	80	1042.07	32.50	25.00	30.03	29.18
<i>Quercus sideroxyla</i>	15.62	0.79	60	811.51	16.25	18.75	23.39	19.46
Total	13.34	4.88	320	3470.09	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arbutus sp.</i>	0.71	3.26	80	43324.13	53.95	48.48	45.15	49.19
<i>Ceanothus depressus</i>	0.99	2.78	85	52633.84	46.05	51.52	54.85	50.81
Total	0.85	6.04	165	95957.98	100	100	100	100

Sitio 3: Cañada. S15		2435 msnm.		Coordenadas (UTM)		534415	2606236	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arbutus arizonica</i>	3.50	0.42	25	14.59	6.25	8.62	0.27	5.05
<i>Arbutus madrensis</i>	4.43	0.25	15	31.76	3.75	5.17	0.58	3.17
<i>Arbutus bicolor</i>	4.00	0.08	5	2.79	1.25	1.72	0.05	1.01
<i>Cupressus lusitanica</i>	18.98	1.09	40	967.87	16.25	13.79	17.69	15.91
<i>Fraxinus aff. uhdei</i>	13.00	0.08	5	59.49	1.25	1.72	1.09	1.35
<i>Pinus ayacahuite</i>	13.25	0.34	20	101.59	5.00	6.90	1.86	4.58
<i>Pinus durangensis</i>	31.00	0.17	10	623.44	2.50	3.45	11.40	5.78
<i>Pinus leiophylla</i>	21.83	0.25	15	294.00	3.75	5.17	5.37	4.77
<i>Quercus durifolia</i>	15.00	0.25	15	136.98	3.75	5.17	2.50	3.81
<i>Quercus rugosa</i>	12.86	1.60	75	1202.47	23.75	25.86	21.98	23.87
<i>Quercus sideroxyla</i>	14.48	2.19	65	2034.89	32.50	22.41	37.20	30.71
Total	13.85	6.73	290	5469.87	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Ageratina palmeri</i>	0.61	0.70	35	4721.58	12.99	17.95	6.76	12.56
<i>Ageratina wrigthii</i>	0.35	0.07	5	12.44	1.30	2.56	0.02	1.29
<i>Arbutus sp.</i>	0.67	0.92	45	16289.55	16.88	23.08	23.31	21.09
<i>Ceanothus depressus</i>	0.90	2.96	75	47265.67	54.55	38.46	67.63	53.55
<i>Senecio sp.</i>	0.61	0.70	30	1565.76	12.99	15.38	2.24	10.20
<i>Stevia lucida var. lucida</i>	0.65	0.07	5	34.56	1.30	2.56	0.05	1.30
Total	0.63	5.42	195	69889.57	100	100	100	100

Sitio 4: Cañada. S16	2700 msnm.	Coordenadas (UTM)	533867	2602976
-----------------------------	-------------------	--------------------------	---------------	----------------

ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arbutus arizonica</i>	2.30	0.24	10	6.70	2.50	2.78	0.36	1.88
<i>Arbutus bicolor</i>	2.20	0.47	20	9.05	5.00	5.56	0.48	3.68
<i>Juniperus deppeana</i>	5.10	0.71	30	83.41	7.50	8.33	4.46	6.76
<i>Pinus ayacahuite</i>	7.96	1.65	65	224.98	17.50	18.06	12.03	15.86
<i>Pinus cooperi</i>	2.67	0.35	15	5.89	3.75	4.17	0.32	2.74
<i>Pinus durangensis</i>	10.83	0.47	20	118.89	5.00	5.56	6.36	5.64
<i>Pinus leiophylla</i>	9.00	0.47	15	86.07	5.00	4.17	4.60	4.59
<i>Pinus teocote</i>	2.50	0.12	5	3.34	1.25	1.39	0.18	0.94
<i>Prunus serotina</i>	7.00	0.12	5	13.36	1.25	1.39	0.71	1.12
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	12.24	1.18	50	425.44	12.50	13.89	22.75	16.38
<i>Quercus rugosa</i>	6.52	1.77	60	513.23	18.75	16.67	27.45	20.95
<i>Quercus sideroxyla</i>	5.99	1.77	60	376.85	18.75	16.67	20.15	18.52
<i>Salix jaliscana</i>	3.50	0.12	5	2.81	1.25	1.39	0.15	0.93
Total	5.98	9.45	360	1870.03	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio	Densidad absoluta	Frecuencia absoluta	Dominancia absoluta	Densidad relativa	Frecuencia relativa	Dominancia relativa	Valor de imp. relativo
	(m)	(ind/100 m ²)	(%)	(cm ²)	(%)	(%)	(%)	(%)
<i>Arbutus mollis</i>	0.51	0.90	30	3178.34	18.64	17.65	2.62	12.97
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.90	0.65	15	3575.98	13.56	8.82	2.95	8.44
<i>Ceanothus depresus</i>	0.53	0.33	15	1783.64	6.78	8.82	1.47	5.69
<i>Cornus stolonifera</i>	1.35	2.21	85	81442.64	45.76	50.00	67.21	54.32
<i>Holodiscus argenteus</i>	2.32	0.65	20	30680.63	13.56	11.76	25.32	16.88
<i>Ribes affine</i>	1.60	0.08	5	519.98	1.69	2.94	0.43	1.69
Total	1.20	4.82	170	121181.21	100	100	100	100

Sitio 5: Cañada. S17		2850 msnm.			Coordenadas (UTM)		532765	2601872
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arbutus bicolor</i>	3.28	0.63	30	22.73	7.50	10.17	0.90	6.19
<i>Juniperus deppeana</i>	5.93	1.27	40	169.08	15.00	13.56	6.67	11.74
<i>Pinus arizonica</i>	18.70	1.05	30	179.89	12.50	10.17	7.10	9.92
<i>Pinus ayacahuite</i>	11.03	0.63	30	135.21	7.50	10.17	5.33	7.67
<i>Pinus cooperi</i>	18.00	0.42	15	236.72	5.00	5.08	9.34	6.47
<i>Pinus durangensis</i>	8.50	0.11	5	6.71	1.25	1.69	0.26	1.07
<i>Pinus teocote</i>	14.50	0.32	10	61.32	3.75	3.39	2.42	3.19
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	14.52	1.58	55	634.43	18.75	18.64	25.03	20.81
<i>Quercus rugosa</i>	9.43	0.42	20	276.88	5.00	6.78	10.92	7.57
<i>Quercus sideroxyla</i>	9.53	1.90	55	806.76	22.50	18.64	31.82	24.32
<i>Salix jaliscana</i>	2.50	0.11	5	5.30	1.25	1.69	0.21	1.05
Total	10.54	8.44	295	2535.03	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.47	3.04	30	4816.86	37.50	37.50	47.66	40.89
<i>Ceanothus depresus</i>	0.33	2.70	30	3403.41	33.33	37.50	33.68	34.84
<i>Quercus striatula</i>	0.25	2.37	20	1886.27	29.17	25.00	18.66	24.28
Total	0.35	8.11	80	10106.54	100	100	100	100

Sitio 6: Cañada. S18		3100 msnm.			Coordenadas (UTM)		531805	2601597
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arbutus arizonica</i>	7.00	0.17	5	27.55	1.25	2.17	0.48	1.30
<i>Arbutus bicolor</i>	6.65	1.33	35	291.70	10.00	15.22	5.09	10.10
<i>Juniperus deppeana</i>	8.42	1.00	25	257.79	7.50	10.87	4.50	7.62
<i>Pinus ayacahuite</i>	8.14	1.17	25	120.26	8.75	10.87	2.10	7.24
<i>Pinus cooperi</i>	16.00	2.67	40	1481.30	20.00	17.39	25.86	21.08
<i>Populus tremuloides</i>	16.50	0.83	10	76.63	6.25	4.35	1.34	3.98
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	16.90	1.67	25	465.56	12.50	10.87	8.13	10.50
<i>Quercus sideroxyla</i>	9.19	4.50	65	3007.75	33.75	28.26	52.50	38.17
Total	11.10	13.35	230	5728.55	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	5.25	2.50	20	4841.96	41.18	30.77	56.94	42.96
<i>Ceanothus depresus</i>	0.31	2.14	25	3065.36	35.29	38.46	36.05	36.60
<i>Quercus striatula</i>	0.26	1.43	20	596.64	23.53	30.77	7.02	20.44
Total	1.94	6.07	65	8503.96	100	100	100	100

Sitio 1: Expo-Oeste. S19		2100 msnm.		Coordenadas (UTM)		539152	2637462	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Acacia farnesiana</i>	2.38	0.06	5	0.41	2.60	2.44	0.08	1.71
<i>Acacia schaffneri</i>	2.32	0.63	60	23.05	28.57	29.27	4.49	20.78
<i>Juniperus deppeana</i>	2.83	0.23	25	17.27	10.39	12.20	3.36	8.65
<i>Opuntia leucotricha</i>	2.85	0.75	60	236.32	33.77	29.27	46.03	36.36
<i>Quercus arizonica</i>	2.99	0.55	55	236.32	24.68	26.83	46.03	32.51
Total	2.67	2.22	205	513.37	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Agave durangensis s.l.</i>	0.74	5.91	45	36271.55	13.92	18.37	10.40	14.23
<i>Ageratina petiolaris</i>	1.19	6.45	25	50133.32	15.19	10.20	14.37	13.26
<i>Dalea bicolor</i>	0.90	0.54	5	51729.33	1.27	2.04	14.83	6.05
<i>Dodonaea viscosa</i>	1.50	8.06	40	99545.92	18.99	16.33	28.54	21.29
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	0.60	6.45	45	8453.00	15.19	18.37	2.42	11.99
<i>Forestiera phillyreoides</i>	0.90	0.54	5	4879.98	1.27	2.04	1.40	1.57
<i>Jatropha dioica var. dioica</i>	0.92	2.69	15	11848.97	6.33	6.12	3.40	5.28
<i>Opuntia robusta</i>	0.46	0.54	5	319.35	1.27	2.04	0.09	1.13
<i>Havardía leptophylla</i>	0.98	7.53	35	71470.93	17.72	14.29	20.49	17.50
<i>Tecoma stans</i>	0.69	2.69	15	9093.91	6.33	6.12	2.61	5.02
<i>Trixis angustifolia</i>	0.78	1.08	10	5017.22	2.53	4.08	1.44	2.68
Total	0.88	42.48	245	348763.48	100	100	100	100

Sitio 2: Expo-Oeste. S20		2360 msnm.		Coordenadas (UTM)		536834	2630614	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Juniperus deppeana</i>	3.50	1.34	70	160.05	22.50	29.79	19.41	23.90
<i>Pinus cembroides</i>	4.80	3.50	100	6.67	58.75	42.55	0.81	34.04
<i>Pinus chihuahuana</i>	7.00	0.07	5	6.98	1.25	2.13	0.85	1.41
<i>Quercus arizonica</i>	2.71	0.30	15	606.88	5.00	6.38	73.61	28.33
<i>Quercus eduardii</i>	3.00	0.52	30	32.31	8.75	12.77	3.92	8.48
<i>Quercus grisea</i>	2.32	0.22	15	11.57	3.75	6.38	1.40	3.85
Total	3.89	5.96	235	824.46	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1.90	2.63	90	78161.23	72.00	56.25	93.57	73.94
<i>Opuntia robusta</i>	0.36	0.29	20	371.75	8.00	12.50	0.45	6.98
<i>Havardía leptophylla</i>	0.51	0.73	50	5000.06	20.00	31.25	5.99	19.08
Total	0.92	3.65	160	83533.04	100	100	100	100

Sitio 3: Expo-Oeste. S21		2550 msnm.		Coordenadas (UTM)		540419	2622347	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arbutus bicolor</i>	3.58	0.26	10	17.05	5.00	4.35	3.29	4.21
<i>Juniperus deppeana</i>	4.33	0.20	10	46.60	3.75	4.35	9.00	5.70
<i>Juniperus durangensis</i>	3.45	0.66	30	111.13	12.50	13.04	21.46	15.67
<i>Pinus cembroides</i>	4.25	0.26	10	15.58	5.00	4.35	3.01	4.12
<i>Pinus chihuahuana</i>	12.25	0.13	10	58.32	2.50	4.35	11.26	6.04
<i>Pinus teocote</i>	8.80	0.33	20	109.49	6.25	8.70	21.14	12.03
<i>Quercus aristata</i>	2.65	0.13	10	2.20	2.50	4.35	0.42	2.42
<i>Quercus arizonica</i>	2.42	1.05	50	25.57	20.00	21.74	4.94	15.56
<i>Quercus crassifolia fase xerica</i>	3.45	2.04	70	119.48	38.75	30.43	23.07	30.75
<i>Quercus eduardii</i>	3.40	0.13	5	7.90	2.50	2.17	1.53	2.07
<i>Quercus sideroxyla</i>	4.00	0.07	5	4.66	1.25	2.17	0.90	1.44
Total	4.78	5.26	230	517.98	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1.14	5.06	95	46760.41	69.62	57.58	84.03	70.41
<i>Garrya wrightii</i>	1.05	1.84	55	7931.30	25.32	33.33	14.25	24.30
<i>Salvia sp.</i>	1.33	0.28	10	598.93	3.80	6.06	1.08	3.64
<i>Stevia lucida var. lucida</i>	1.10	0.09	5	354.38	1.27	3.03	0.64	1.64
Total	1.16	7.27	165	55645.03	100	100	100	100

Sitio 4: Expo-Oeste. S22		2700 msnm.		Coordenadas (UTM)		544462	2619662	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arbutus arizonica</i>	3.23	0.63	15	50.54	3.75	5.56	1.96	3.75
<i>Arbutus tessellata</i>	4.08	1.26	30	172.95	7.50	11.11	6.69	8.43
<i>Juniperus deppeana</i>	3.30	0.21	5	10.60	1.25	1.85	0.41	1.17
<i>Pinus durangensis</i>	8.63	1.90	35	595.83	11.25	12.96	23.06	15.76
<i>Pinus engelmannii</i>	9.00	0.21	5	180.31	1.25	1.85	6.98	3.36
<i>Pinus teocote</i>	10.04	1.69	30	803.59	10.00	11.11	31.09	17.40
<i>Quercus arizonica</i>	4.09	2.53	30	139.38	15.00	11.11	5.39	10.50
<i>Quercus crassifolia fase xerica</i>	4.08	4.64	60	324.16	27.50	22.22	12.54	20.76
<i>Quercus sideroxyla</i>	4.46	3.79	60	307.02	22.50	22.22	11.88	18.87
Total	5.66	16.87	270	2584.38	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.90	3.83	100	23465.80	97.22	95.24	99.76	97.41
<i>Havardia leptophylla</i>	0.33	0.11	5	57.21	2.78	4.76	0.24	2.59
Total	0.61	3.94	105	23523.01	100	100	100	100

Sitio 5: Expo-Oeste. S23		2885 msnm.		Coordenadas (UTM)		539879	2626579	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arbutus arizonica</i>	5.00	0.17	10	44.20	2.50	3.51	2.38	2.80
<i>Arbutus bicolor</i>	4.33	1.39	45	162.82	20.00	15.79	8.78	14.86
<i>Juniperus deppeana</i>	2.39	0.52	20	18.91	7.50	7.02	1.02	5.18
<i>Juniperus durangensis</i>	4.50	0.17	10	40.65	2.50	3.51	2.19	2.73
<i>Pinus cooperi</i>	9.38	1.13	55	997.25	16.25	19.30	53.79	29.78
<i>Pinus engelmannii</i>	14.50	0.17	10	145.77	2.50	3.51	7.86	4.62
<i>Quercus arizonica</i>	2.50	0.35	10	9.53	5.00	3.51	0.51	3.01
<i>Quercus crassifolia fase xerica</i>	4.24	0.96	30	72.61	13.75	10.53	3.92	9.40
<i>Quercus grisea</i>	3.38	0.35	15	17.55	5.00	5.26	0.95	3.74
<i>Quercus rugosa</i>	3.63	1.13	55	301.33	16.25	19.30	16.25	17.27
<i>Quercus sideroxyla</i>	4.49	0.61	25	43.20	8.75	8.77	2.33	6.62
Total	5.30	6.95	285	1853.83	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Ageratina wrightii</i>	0.81	1.10	30	4263.20	12.66	17.65	3.58	11.29
<i>Arctostaphylos pungens</i>	1.45	6.25	95	108053.78	72.15	55.88	90.64	72.89
<i>Garrya wrightii</i>	1.17	0.22	10	2009.00	2.53	5.88	1.69	3.37
<i>Salvia sp.</i>	1.07	0.66	20	4613.15	7.59	11.76	3.87	7.74
<i>Stevia lucida var. lucida</i>	0.58	0.11	5	43.57	1.27	2.94	0.04	1.41
<i>Vaccinium caespitosum</i>	0.37	0.33	10	230.05	3.80	5.88	0.19	3.29
Total	0.91	8.66	170	119212.75	100	100	100	100

Sitio 6: Expo-Oeste. S24		3080 msnm.		Coordenadas (UTM)		533962	2599341	
ÁRBOLES								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arbutus bicolor</i>	5.57	1.53	60	400.69	22.50	25.53	21.20	23.08
<i>Juniperus deppeana</i>	6.33	0.60	35	440.45	8.75	14.89	23.30	15.65
<i>Pinus cooperi</i>	9.79	2.89	70	607.45	42.50	29.79	32.14	34.81
<i>Quercus sideroxyla</i>	6.57	1.79	70	441.52	26.25	29.79	23.36	26.47
Total	7.06	6.80	235	1890.11	100	100	100	100

ARBUSTOS								
Especies	Altura promedio (m)	Densidad absoluta (ind/100 m ²)	Frecuencia absoluta (%)	Dominancia absoluta (cm ²)	Densidad relativa (%)	Frecuencia relativa (%)	Dominancia relativa (%)	Valor de imp. relativo (%)
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0.51	1.89	65	25193.95	100.00	100.00	100.00	100.00
Total	0.51	1.89	65	25193.95	100	100	100	100

Anexo 3

Matriz de vegetación (VI de 80 especies)

Sitios de muestreo	Clave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>Abies durangensis</i>	Abdu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Acacia farnesiana</i>	Acfa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.71	0	0	0	0	0
<i>Acacia schaffneri</i>	Acsc	80.70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20.78	0	0	0	0	0
<i>Alnus jorullensis</i>	Aljo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.21	2.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arbutus aff. xalapensis x A. occidentalis</i>	Aaxo	0	0	0	0	1.06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arbutus arizonica</i>	Arar	0	0	0	4.73	2.42	0	0	1.25	0	0	10.86	5.42	0	0.95	5.05	1.88	0	1.30	0	0	0	0	3.75	0
<i>Arbutus madrensis</i>	Arma	0	0	0	5.08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.96	3.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arbutus tessellata</i>	Arte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.40	0	1.33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.43	0
<i>Arbutus bicolor</i>	Arxa	0	0	0	5.08	12.93	24.12	0	0	0	0	18.51	21.30	0	0	1.01	3.68	6.19	10.10	0	0	4.21	0	14.86	23.08
<i>Bursera palmeri</i>	Bupa	1.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Celtis reticulata</i>	Cere	1.82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cupressus lusitanica</i>	Culu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.59	14.09	15.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Fraxinus aff. uhdei</i>	Fruh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.59	5.27	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Juniperus deppeana</i>	Jude	0	0	2.28	1.09	3.12	12.47	0	5.13	10.23	2.20	1.48	7.81	0	0	0	6.76	11.74	7.62	8.65	23.90	5.70	1.17	5.18	15.65
<i>Juniperus durangensis</i>	Judu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.67	0	2.73	0
<i>Opuntia durangensis</i>	Opdu	6.66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Opuntia leucotricha</i>	Ople	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus arizonica</i>	Piar	0	0	0	0	9.34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.92	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus ayacahuite</i>	Piay	0	0	0	0	1.38	4.81	0	0	0	0	0	0	0	1.05	4.58	15.86	7.67	7.24	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus cembroides</i>	Pice	0	1.69	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.12	0	0	0

Sitios de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Clave																									
<i>Pinus chihuahuana</i>	Pich	0	32.10	6.65	0	0	12.79	3.29	9.38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.41	6.04	0	0	0	0
<i>Pinus cooperi</i>	Pico	0	0	0	2.86	0	0	0	0	0	6.62	14.58	0	0	0	2.74	6.47	21.08	0	0	0	0	0	29.78	34.81
<i>Pinus durangensis</i>	Pidu	0	0	0	3.85	14.96	1.82	0	0	0	0	0	0	0	5.78	5.64	1.07	0	0	0	0	0	15.76	0	0
<i>Pinus engelmannii</i>	Pien	0	0	3.85	0	0	0	26.01	32.01	6.79	0	0	55.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.36	4.62	0
<i>Pinus leiophylla</i>	Pile	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.30	4.77	4.59	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinus teocote</i>	Pite	0	0	0	54.59	28.03	33.84	0	0	3.97	31.56	26.59	10.32	0	0	0.94	3.19	0	0	0	0	12.03	17.40	0	0
<i>Populus tremuloides</i>	Potr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.98	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prosopis laevigata</i>	Prla	9.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Prunus serotina</i>	Prse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	Psme	0	0	0	0	5.71	1.10	0	0	0	0	0	0	5.01	0	16.38	20.81	10.50	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus aristata</i>	Quar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.42	0	0	0	0
<i>Quercus arizonica</i>	Quari	0	0	24.76	4.15	0	0	3.05	5.93	0	14.47	0	0	0	0	0	0	0	0	32.51	28.33	15.56	10.50	3.01	0
<i>Quercus arizonica X Q. chihuahuensis</i>	Quxq	0	0	0	0	0	0	10.08	34.02	37.82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus chihuahuensis</i>	Quch	12.68	0	2.69	0	0	11.53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus crassifolia fase xerica</i>	Qucr	0	0	0	1.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30.75	20.76	9.40	0	0
<i>Quercus durifolia</i>	Qudu	0	2.81	13.85	0	0	0	1.12	0	0	0	0	1.58	16.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus eduardii</i>	Qued	0	28.64	32.12	0	0	42.59	41.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.48	2.07	0	0	0	0
<i>Quercus grisea</i>	Qugr	0	19.72	11.90	0	0	30.04	4.94	0	7.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.85	0	0	0	3.74	0
<i>Quercus jonesii</i>	Qujo	0	0	0	0	0	0	0	0	2.91	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus potosina</i>	Qupo	0	0	1.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sitios de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Clave																								
<i>Quercus rugosa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.96	0	0	29.18	23.87	20.95	7.57	0	0	0	0	0	17.27	0
<i>Quercus sideroxyla</i>	0	0	0	17.46	22.11	20.78	0	1.12	10.39	6.41	17.51	39.24	0	19.46	30.71	18.52	24.32	38.17	0	0	1.44	18.87	6.62	26.5
<i>Salix jaliscana</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.13	0	0	0.93	1.05	0	0	0	0	0	0	0
<i>Yucca sp.</i>	0	2.36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Agave durangensis s.l.</i>	0	2.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.94	0	0	0	0	0	14.23	0	0	0	0	0
<i>Ageratina palmeri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ageratina petiolaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.26	0	0	0	0	0
<i>Ageratina sp.</i>	0	0	0	0	0	0	3.23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ageratina wrightii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.48	0	0	0	1.29	0	0	0	0	0	0	0	11.29	0
<i>Aloysia gratissima</i>	12.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arbutus occidentalis x A. bicolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12.97	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arbutus occidentalis</i>	0	0	0	0	0	4.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arbutus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49.19	21.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Arctostaphylos pungens</i>	0	63.10	92.67	100	63.68	72.57	31.43	63.41	82.78	68.33	54.80	53.50	3.73	0	8.44	40.89	42.96	0	73.94	70.41	97.41	72.89	100	100
<i>Asclepias linaria</i>	1.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis pteronioides</i>	12.49	0	0	0	0	0	0	0	1.81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bouvardia sp.</i>	1.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bouvardia ternifolia</i>	0	0	0	0	0	0	5.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Brickellia veronicifolia</i>	11.68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ceanothus depressus</i>	0	0	0	0	5.50	23.42	0	0	0	0	20.00	29.61	39.37	50.81	53.55	5.69	34.84	36.60	0	0	0	0	0	0

Sitios de muestreo	Clave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<i>Comus stolonifera</i>	Cost	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54.32	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dalea bicolor</i>	Dabi	9.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.05	0	0	0	0	0
<i>Dodonaea viscosa</i>	Dovi	30.98	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.29	0	0	0	0	0
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Eypo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.99	0	0	0	0	0
<i>Forestiera phillyreoides</i>	Foph	1.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Garrya wrightii</i>	Gawr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24.30	0	3.37	0
<i>Halimium glomeratum</i>	Haglo	0	0	0	11.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Holodiscus argenteus</i>	Hoar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.88	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Jatropha dioica var. dioica</i>	Jadi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.28	0	0	0	0	0
<i>Opuntia robusta</i>	Opro	1.42	6.40	0	0	0	0	1.31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.13	6.98	0	0	0	0
<i>Hovardia leptophylla</i>	Pale	1.49	27.93	1.81	0	0	0	42.13	36.59	15.40	29.85	0	46.96	0	0	0	0	0	0	17.50	19.08	0	2.59	0	0
<i>Perymenium mendezii</i>	Peme	0	0	3.63	0	0	0	16.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Quercus striatula</i>	Qust	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.40	16.89	0	0	0	0	0	24.28	20.44	0	0	0	0	0	0
<i>Ribes affine</i>	Riaf	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.69	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salvia sp.</i>	Sasp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.64	0	7.74	0
<i>Senecio sp.</i>	Sesp	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10.20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stevia lucida var. lucida</i>	Stlu	0	0	1.90	0	18.97	0	0	0	0	1.81	22.32	0	0	0	1.30	0	0	0	0	0	1.64	0	1.41	0
<i>Tecoma stans</i>	Test	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.02	0	0	0	0	0
<i>Trixis angustifolia</i>	Tran	15.97	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.68	0	0	0	0	0
<i>Vaccinium caespitosum</i>	Vaca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.29	0

Anexo 4

Matriz de variables ambientales y disturbios

Sitios		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Variables	Clave												
Altitud	Alti	2030	2270	2500	2750	2880	3000	2175	2350	2580	2650	2900	3075
Pendiente	Pend	2	3	3	5.5	12.5	4.5	25	4	25	15.5	20	17
Profundidad del suelo	Prsu	1	1	4	6	5.5	5.5	4	2.5	1.5	10	5	15
Pedregosidad	Pedr	90	75	15	1	40	30	30	42.5	6.5	40	60	35
Evidencia de fuego	Fueg	0	0	0	25	0	0	0	0	25	25	0	25
Deforestación	Defo	0	0	50	0	25	25	0	50	0	50	50	50
Pastoreo	Past	50	50	25	0	0	0	25	50	25	50	25	0
Extracción de leña	Extr	25	50	25	25	50	50	0	25	0	0	25	25
Erosión antrópica	Eros	0	0	25	25	25	0	25	0	0	0	25	0
Plagas	Plag	0	0	25	0	0	0	25	25	0	0	0	0
Aprovechamiento maderable	Apro	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0	0
Producción de carbón	Prca	0	0	0	0	0	100	0	0	0	25	0	0

Sitios (continuación)		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Variables	Clave												
Altitud	Alti	2100	2350	2435	2700	2850	3100	2100	2360	2550	2700	2885	3080
Pendiente	Pend	5	5	3	7.5	16	14	35	7.5	15	27.5	20	6.5
Profundidad del suelo	Prsu	5	17.5	10	17.5	17.5	17.5	3	3	3	3	3	17
Pedregosidad	Pedr	80	40	10	70	10	5	75	0	20	40	35	25
Evidencia de fuego	Fueg	0	0	25	0	0	0	0	50	25	0	0	0
Deforestación	Defo	0	0	0	0	0	25	25	100	50	0	0	25
Pastoreo	Past	50	25	25	0	0	50	100	50	25	25	25	50
Extracción de leña	Extr	0	0	0	0	0	25	100	50	0	0	0	0
Erosión antrópica	Eros	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0	0
Plagas	Plag	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aprovechamiento maderable	Apro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Producción de carbón	Prca	0	0	0	0	0	50	0	0	25	0	0	0

Anexo 5. Formato para la toma de datos de vegetación y de variables ambientales

SITIO 1 de 6 (2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000) (ESTE, OESTE, PARTEAGUAS, CAÑADA)

Lugar de muestreo _____ Fecha _____

Ubicación geográfica (UTM) _____ Altitud _____

Pendiente _____ Profundidad de suelo _____ Pedregosidad de suelo _____

ASOCIACIONES VEGETALES

Arbóreas _____

Arbustos _____

DISTURBIOS

E. fuego Deforestación Pastoreo E. de leña P. de carbón E. entrópica Plagas A. forestal

Alto
 Medio
 Bajo

Observaciones: _____

SITIO 1 de 6 (2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000) (ESTE, OESTE, PARTEAGUAS, CAÑADA)							
Arboles mayores de 2 metros							
Punto	Cuadrante	Especie	Dist. (m)	DAP (cm)	AB (cm ²)	Altura (m)	DDC (m)
Arbustos mayores de 0.25 metros							
Punto	Cuadrante	Especie	Dist. (m)	Altura (m)	D1 (cm ²)	D 2 (m)	DDC (m)

SITIO 1 de 6 (2000, 2200, 2400, 2600, 2800, 3000) (ESTE, OESTE, PARTEAGUAS, CAÑADA)				
Regeneración arboles menores de 2 m y arbustos menores de .25 m				Cubierta herbácea (%)
Punto	Cuadrante	Especie	Número de individuos	