



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E  
INVESTIGACIÓN EN SUELOS

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA  
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

DIVERSIDAD Y VALOR CULTURAL DE ESPECIES LEÑOSAS  
CON FINES DE CONSERVACIÓN DE UN BOSQUE MESÓFILO  
DE MONTAÑA

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL  
DESARROLLO SOSTENIBLE

Presenta:

ROCÍO MADENI ARÉVALO MADRIGAL

Bajo la supervisión de: Dra. Rosa María García Núñez

Dr. Saúl Ugalde Lezama



DIRECCION GENERAL ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Chapingo, Estado de México, enero de 2018

**DIVERSIDAD Y VALOR CULTURAL DE ESPECIES LEÑOSAS CON FINES  
DE CONSERVACIÓN DE UN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA**

Tesis realizada por **ROCÍO MADENI ARÉVALO MADRIGAL** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO  
SOSTENIBLE**

DIRECTOR:



DR. ROSA MARÍA GARCÍA NÚÑEZ

CODIRECTOR:



DR. SAÚL UGALDE LEZAMA

ASESOR:



DR. DAVID CRISTÓBAL ACEVEDO

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
ABREVIATURAS USADAS .....	ix
DEDICATORIA .....	x
AGRADECIMIENTOS .....	xi
DATOS BIOGRÁFICOS.....	xii
RESUMEN GENERAL .....	xii
GENERAL ABSTRACT .....	xiii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Índices ecológicos .....	4
2.1.1. Riqueza de especies .....	4
2.1.2 Abundancia de especies .....	4
2.1.3. Diversidad de especies .....	5
2.2. Valor cultural .....	6
2.2.1. Usos múltiples locales de los árboles leñosos .....	6
2.2.2. Índice de Valor de uso.....	6
2.3. Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) .....	7
2.3.1. Distribución del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) .....	7
2.3.2. Composición florística del bosque mesófilo de montaña.....	8
2.3.3. Problemática del Bosque Mesófilo de Montaña .....	8
2.4. Sistema de producción de ornamentales .....	9
2.4.1. Producción de Sistemas ornamentales en Xaltepuxtla, Puebla .....	10
2.5. Sistemas silvopastoril .....	11

2.5.1. Sistema silvopastoril en Xaltepuxtla, Puebla .....	12
2.6. Literatura citada .....	13
3. DIVERSIDAD DE ESPECIES LEÑOSAS EN REMANENTE DE BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA Y SISTEMAS ORNAMENTAL Y SIVOPASTORIL .....	17
3.1. Resumen.....	17
3.2. Abstract .....	18
3.3. Introducción .....	19
3.4. Materiales y métodos.....	20
3.4.1. Descripción del área de estudio.....	20
3.4.2. Diseño de muestreo.....	21
3.4.3. Sitios muestreados de la vegetación .....	22
3.4.4. Obtención de las variables evaluadas para cada sitio .....	23
3.4.5. Colecta e identificación de las especies arbóreas y arbustivas.....	25
3.4.6. Análisis de datos .....	26
3.5. Resultados y discusión .....	29
3.5.1. Frecuencia de Observación (Fo) .....	29
3.5.2. Riqueza de especies .....	32
3.5.3. Abundancia relativa .....	36
3.5.4. Diversidad de especies .....	38
3.5.5. Análisis estadístico.....	41
3.5.6. Especies de mayor valor ecológico.....	44
3.5.1 Propuesta de conservación en el RBMM con especies nativas de alto valor ecológico.....	47
3.5.3. Conclusiones .....	47
3.7. Literatura citada .....	48

4. VALOR DE USO DE LAS ESPECIES LEÑOSAS PARA SU INCLUSIÓN EN LOS SISTEMAS ORNAMENTAL Y SILVOPASTORIL .....	55
4.2. Abstract .....	56
4.3. Introducción .....	57
4.4. Materiales y métodos .....	58
4.4.1. Descripción del área de estudio.....	58
4.4.2. Obtención de la información.....	58
4.4.3. Valor cultural de las especies leñosas.....	59
4.4.4. Análisis de datos .....	60
4.5. Resultados y discusión .....	61
4.5.1. Índice de valor de uso .....	61
4.5.2. Análisis estadístico.....	64
4.5.1. Propuestas de inclusión de las especies con alto valor ecológico e interés para los productores .....	65
4.6. Conclusiones.....	65
4.7. Literatura citada .....	66

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Caracterización biofísica de los sistemas productivos de Xaltepuxtla, Puebla. .....	10
Cuadro 2. Lista de las especies registradas en Sistema Ornamental, Sistema Sivopastoril y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña.....	32
Cuadro 3. Prueba de Kruskal Wallis para riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas.....	41
Cuadro 4. Prueba de Chi cuadrada para riqueza, abundancia y diversidad de los 22 sitios. ....	44
Cuadro 5. Lista de las especies con alto valor ecológico, registradas en Sistemas Ornamental y Silvopastoril y RBMM en Xaltepuxtla, Puebla.....	45
Cuadro 6. Resultado del análisis de regresión <i>Poisson</i> para explicar el efecto de las variables sobre la abundancia de las especies.....	46

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diseño del arreglo de las tecnologías agroforestales dentro del sistema silvopastoril (Caamal, 2016).....	13
Figura 2. Ubicación del área bajo estudio, con las tres condiciones evaluadas: Sistema Ornamental, Sistema Silvopastoril y Remanente de Bosque Mesófilo De Montaña.....	20
Figura 3. Método de cuadrantes para los tres estratos encontrados: arbórea en sitios de 10m x 10m, arbustivas con cuatro cuadrantes de 4m x 4m cada uno y herbácea con cuatro cuadrantes de 1m x 1m cada uno.....	22
Figura 4. Variables dasométricas evaluadas para el estrato arbóreo, en sitios de 10m x 10m, en las tres condiciones bajo estudio.....	23
Figura 5. Variables dasométricas evaluadas en el estrato arbustivo, en cuatro cuadrantes, cada uno con 16 m <sup>2</sup> , evaluadas bajo las tres condiciones de estudio.....	24
Figura 6. Cobertura del estrato herbáceo registrada en cuatro cuadrantes, cada uno con 1m <sup>2</sup> , evaluados en las tres condiciones bajo estudio.....	24
Figura 7. Montado y secado de las especies vegetales para su debida identificación en el herbario.....	25
Figura 8. Frecuencia de observación de las especies leñosas.....	30
Figura 9. Frecuencia de observación de las especies leñosas en Sistema Ornamental, Sistema Silvopastoril y Remanente Bosque Mesófilo de Montaña.....	31
Figura 10. Rarefacción de la diversidad de especies leñosas en los 22 sitios de estudio.....	34
Figura 11. Rarefacción de la diversidad de especies leñosas en las tres condiciones de estudio 1) Sistema Ornamental (SO), 2) Sistema Silvopastoril (SS) y 3) Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña.....	35
Figura 12. Abundancia relativa de las especies registradas en los sitios de estudio.....	36
Figura 13. Abundancia relativa de las especies registradas en las tres condiciones de estudio.....	37
Figura 14. Diversidad de especies leñosas en cada uno de los sitios bajo estudio.....	39
Figura 15. Diversidad de especies leñosas en cada uno de las condiciones.....	40
Figura 16. Aplicación de cuestionarios a los productores de Xaltepuxtla, Puebla.....	59

Figura 17. Especies de mayor utilización para los productores de acuerdo a las estructuras y número de estructuras aprovechadas. ....	62
Figura 18. Asociación gráfica entre las estructuras y especies leñosas. ....	64

## ABREVIATURAS USADAS

Bosque Mesófilo de Montaña	BMM
Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña	RBMM
Sistema Silvopastoril	SS
Sistema Ornamental	SO
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad	CONABIO
Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas	CONANP
Servicio Meteorológico Nacional	SMN
Valor de uso	PPV
Estructura de la planta	RU
Frecuencia de Observación	FO
Índice de Abundancia Relativa	IAR
Unidades de Estudio	UEs
Unidades de Elección	UEI
Java Memory Profiler	JMP

## **DEDICATORIA**

A Ramón Hernández Correa, mi primer amigo Chapinguero, mi compañero de casi toda la Maestría, el que me apoyaba con tareas, me aconsejaba, me escuchaba y me brindaba su apoyo en cada momento. Sé que a pesar de que tu presencia ya no sea visible en este mundo, estas compartiendo esta felicidad conmigo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Por demostrarme que tus planes son más perfectos que los míos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento otorgado durante mi estancia en la Maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo por aceptarme en el programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.

A mis maestros Dra. Rosa María García Núñez, por sus consejos, apoyo moral y académico, por su exigencia para terminar en tiempo y forma esta tesis. Al Dr. Saúl Ugalde Lezama quiero hacerle extensivo mi agradecimiento, por haberme brindado su apoyo en el escrito de la tesis, por su tiempo que fueron meses para dejar lo más digno posible el escrito, por su paciencia y cordialidad con la que revisaba mi tesis, pero principalmente quiero agradecerle su amistad y confianza. Al Dr. David Cristóbal Acebedo por revisar mi tesis dedicándole un tiempo de calidad.

A mis padres Magnolia Madrigal Pérez y Elio Arévalo Hernández por ser mi fuerza en cada momento, por demostrarme con su ejemplo de vida, que la sencillez y la humildad debe verse reflejada en cada acción que realicemos, independientemente del grado académico que tengamos.

A mis hermanos por esa unión que siempre me ha impulsado a llegar a cada meta propuesta, principalmente quiero agradecer a mi hermanita y princesa KARYME por su amor y ternura que me motivaba a diario a seguir adelante, por sus consejos acertados a pesar de ser una niña.

A mis sobrinas-Hermanas: Brenda y Cristeli por ese cariño de hermanas, por sus sabios consejos que me ayudaron a ser mejor persona.

A Daniel Mendoza Tirzo por formar mi carácter rebelde con respecto a la justicia, por enseñarme que nunca hay que olvidar de dónde venimos, y que por esa misma razón seamos capaces de sentir el dolor de los que no tienen nada.

A mis compañeros Mirian, Raúl y Ramón, por su compañerismo, paciencia y amistad

## **DATOS BIOGRÁFICOS**

### **Datos personales**

Nombre	Rocío Madeni Arévalo Madrigal
Fecha de nacimiento	19 de mayo de 1991
Lugar de nacimiento	Ejido la fraylesca, Villacorzo, Chiapas
CURP	AEMR910519MCSRDC11
Profesión	Ingeniero Forestal

### **Desarrollo Académico**

Bachillerato	Telebachillerato No. 66 “25 de marzo” Ejido Monterrey, Villacorzo, Chiapas.
Licenciatura	Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Campus: Saltillo. Saltillo, Coahuila, México

## RESUMEN GENERAL

### DIVERSIDAD Y VALOR CULTURAL DE ESPECIES LEÑOSAS CON FINES DE CONSERVACIÓN DE UN BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA

Las investigaciones en donde se consideren a los índices de diversidad y cultural como medio de conservación de un bosque mesófilo de montaña degradado son escasas. El estudio se realizó en Xaltepuxtla, Puebla, con la finalidad de determinar la diversidad y el valor cultural de las especies leñosas, en tres condiciones: Sistema Ornamental, Sistema Silvopastoril y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña para proponer mejoras en ellas, que ayuden a la conservación del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM). Se utilizó un diseño de muestreo sistemático. Cada sitio fue muestreado utilizando el método de cuadrantes con punto central para vegetación arbórea en sitios de 100 m<sup>2</sup>, para la vegetación arbustiva y herbácea se utilizaron cuadros empotrados. Para el análisis se emplearon los siguientes índices ecológicos: Jackknife 1, índice de abundancia relativa (IAR) y índice de Shannon-Wiener. Se encontraron 19 especies vegetales pertenecientes a 15 familias y 18 géneros. Las especies de mayor abundancia relativa por sitio fueron: *Chamaecyparis lawsoniana* (IAR=0.96), *Rhododendron simssi* (IAR=0.46) y *Ch. thyoides*. (IAR=0.25), sin embargo, por condición la más representativa fue *Ch. lawsoniana* con un IAR de 0.96 para el sistema ornamental, seguido por uno de 1.86 para el silvopastoril y finalmente uno de 1.09 para el remanente de bosque mesófilo de Montaña. Los sitios con mayor diversidad fueron: el 22 con un índice de diversidad de 2.54, y el 20 y 21 con índices de 2.53 respectivamente. La mayor diversidad por condición lo obtuvo el RBMM con un índice de 2.92. Se obtuvieron 16 especies de mayor valor ecológico, las cuales fueron la base para realizar encuestas a las personas que tienen el uso del bosque y se obtuvo el índice de valor de uso. Se encontró que las especies más utilizadas son: *Bejaria aestuans*, de la cual solo se utilizan las flores y *Amphipterygium adstringens* con aprovechamiento de la corteza, sin embargo, *Buxus sempervirens* fue la especie que presentó el mayor uso de estructuras aprovechadas. Se logró conocer de una forma parcial la diversidad, así como las especies de mayor interés para los productores.

**Palabras clave:** Bosque Mesófilo de Montaña, diversidad, índices ecológicos, valor de uso<sup>1</sup>.

---

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Rocío Madeni Arévalo Madrigal. Directora: Dra. Rosa María García Núñez.

## GENERAL ABSTRACT

### DIVERSITY AND CULTURAL VALUE OF WOODY SPECIES FOR THE PURPOSE OF CONSERVATION OF A MOUNTAIN MESOPHILUS FOREST

Investigations where the indices of diversity and culture as a means of preservation of a forest gradient mountain cloud are scarce. The study was conducted in Xaltepuxtla, Puebla. The objective was to determine the diversity and the cultural value of woody species under three conditions: ornamental system, forestry system and forest remnant mountain Mesophyl to propose improvements in them, which help in the conservation of the mountain cloud forest. Design of systematic sampling with predetermined distances and in accordance to way was made by squares. Each site was sampled using methods of quadrants with central point for trees with sites of 100 m<sup>2</sup> and embedded pictures for shrub and herbaceous vegetation. The richness, abundance and diversity of woody species with estimates of Jackknife 1, index of relative abundance (IAR) and Shannon-Wiener index was obtained. 19 plant species were founded; spread over 15 families and 18 genera. The species of greatest relative abundance per site were: *Chamaecyparis lawsoniana* (IAR = 0.96), *Rhododendron simssi* (IAR = 0.46) and *ch. thyoides*. (IAR = 0.25). However, for the condition the most representative was *ch. lawsoniana* with a IAR of 0.96 for ornamental system, followed by one of 1.86 for the forestry and finally one 1.09 for the remnant of Mountain cloud forest. The sites with high biodiversity were: 22 with a 2.54 diversity index, and 20 and 21 with indices of 2.53 respectively. Highest diversity by condition was obtained with a rate of 2.92 in the RBMM. 16 species of greatest ecological value, were used for conducting surveys to people who have the use of the forest and use value index was obtained. The most commonly used species are: *Melolera aestuans*, of which only are used the flowers and *Amphipterygium adstringens* with use is for the crust. However, *Buxus sempervirens* was the species that presented the greater use of used structures. We know a partial ecological diversity, as well as species of greatest interest to producers.

**Key words:** Mountain Mesophyl forest, diversity, ecological indexes, use value<sup>2</sup>.

---

Thesis Master's Degree in Agroforestry for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Rocío Madeni Arévalo Madrigal. Advisor: Dra. Rosa María García Núñez.

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El bosque mesófilo de montaña (BMM) alberga entre 2500 a 3000 especies de plantas vasculares en una superficie muy reducida, es por esta razón que su biodiversidad supera a cualquier otro tipo de vegetación, se dice que cubre aproximadamente entre 0.5 y 1% del territorio de la República Mexicana (Rzedowski, 1996).

Uno de los factores por los que ha sido gravemente afectado, es la deforestación, resultado de cambios en el uso del suelo y el crecimiento demográfico, lo cual se ve reflejado no solo en la fragmentación y reducción de su superficie, sino en la pérdida y/o disminución de poblaciones de especies de flora y fauna, componentes claves del funcionamiento del ecosistema; de igual forma el establecimiento de especies exóticas, cambios en los patrones climáticos, parecen tener un efecto adverso, diezmando poblaciones naturales de diversas especies vegetales (García, Ramos, Isaías, Alejandra, & Hernández, 2014).

La extracción en el bosque de los productos no maderables, la sobreexplotación de leña y el cambio de uso de suelo son problemáticas que tienen que atenderse, ya que los espacios del BMM se reducen drásticamente (CONABIO, 2010). Es aquí donde el análisis del valor de importancia de las especies adquiere sentido, debido a que el propósito de medir la diversidad biológica es, además de aportar conocimientos a la teoría ecológica, contar con parámetros que nos permitan tomar decisiones o dar recomendaciones en favor de la conservación de taxa o área amenazada, o bien monitorear el efecto de las perturbaciones en el ambiente (Magurran, 1988).

La Agroforestería desarrolla un papel significativo dentro de la conservación de la diversidad biológica en las áreas desprovistas y fraccionadas, asociando los cultivos con la vegetación leñosa (Mendieta & Rocha, 2007). En los sistemas agroforestales es de suma importancia considerar el valor cultural de las especies para lograr la adopción de alguna de ellas.

El valor cultural de las especies está representado en parte, por los valores de uso, debido a que en este concepto intervienen costumbres, conocimientos y cosmovisión (Toledo & Barrera-Bassols, 2008). Los elementos culturales antes mencionados contribuyen a la asignación del valor de uso y, al mismo tiempo, a la cuantificación del valor cultural de las especies (Sotelo-Barrera, García-Moya, Romero-Manzanares, Monroy & Luna-Cavazos, 2017).

Considerar el valor cultural de las especies dentro de los sistemas agroforestales ha dado la pauta para ver a dichos sistemas como una alternativa para la conservación de los bosques, de esta forma ha despertado el interés de algunos investigadores en realizar estudios en BMM, como es el caso de Sánchez-Velásquez, Ramírez-Bamonde, Andrade-Torres, & Rodríguez-Torres (2008) quienes, a partir de una revisión de trabajos botánicos en el BMM, reportan 414 especies de plantas con al menos un uso. Así mismo López (2004) realizó un trabajo en Veracruz en cafetales bajo sombra, como reservorio de la biodiversidad de plantas leñosas del bosque mesófilo de montaña, evaluando la estructura de la vegetación, así como la riqueza de las especies leñosas.

Si bien, dichos trabajos abordaron la problemática que presenta este tipo de vegetación, la aportación científica que ha incluido la Agroforestería como medio de conservación de la diversidad de comunidades vegetales en el BMM, sigue siendo escasa y más aún aquellas aportaciones donde consideren parámetros secundarios que caracterizan a las comunidades vegetales, en términos de riqueza, abundancia y diversidad. Adicionalmente, es importante conocer las especies nativas de mayor valor ecológico, sin dejar a un lado el valor cultural que tienen éstas para los productores. Esto nos permitirá proponer la inclusión de las especies, logrando al mismo tiempo la valoración de las mismas. Es por esta razón que el presente estudio tuvo por objetivo determinar la diversidad y el valor cultural de las especies leñosas, en tres condiciones con la finalidad de proponer mejoras en cada condición, que ayuden a la conservación del BMM.

## **OBJETIVOS**

### **General:**

Determinar la diversidad y el valor cultural de las especies leñosas, en Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña, sistemas silvopastoril y Ornamental, mediante la utilización de índices ecológicos y valor de uso para proponer mejoras en cada zona, que ayuden a la conservación del Bosque mesófilo de montaña.

### **Específicos:**

Obtener la riqueza, abundancia y diversidad de las especies leñosas en remanente de bosque mesófilo de montaña, sistemas silvopastoril y ornamental, mediante índices ecológicos para conocer las especies de mayor valor ecológico.

Identificar los usos múltiples locales de las especies leñosas con mayor valor ecológico a través del índice de valor de uso, con la finalidad de conocer las especies de mayor interés para los productores.

Proponer la inclusión de las especies de mayor interés para los productores en los sistemas silvopastoril y ornamental para su conservación y fuente de ingreso.

Proponer obras de conservación en el remanente de bosque mesófilo de montaña con especies de alto valor ecológico para el mejoramiento y conservación de las condiciones ecológicas del bosque.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Índices ecológicos**

La mayoría de los índices tienen el propósito de estimar la cantidad de especies que existen en una localidad o evaluar cómo se encuentran repartidas el recurso entre las especies distintas de lo que normalmente es conocida como una comunidad. Los índices son considerados como una herramienta metodológica que son utilizadas para el estudio de conjuntos de organismos similares colectados en una serie de localidades que van a diferir en alguna característica ambiental. Los índices sirven para hacer comparaciones entre agrupaciones biológicas de diferentes localidades o fase temporal. Por lo que respecta a los índices de diversidad que sirven para explicar la distribución del número de especies en clases de abundancias, la utilización de estas medidas se hace dentro de un contexto funcional (Moreno, 2001).

#### **2.1.1. Riqueza de especies**

La riqueza de especie ha sido utilizada como un parámetro de medida de la biodiversidad, de este modo con el índice de riqueza de especie podemos hacer comparación entre la abundancia de especies en diferentes zonas, siendo este una medida fácil de cálculo. De manera general, se considera que la riqueza varietal es mayor en los trópicos húmedos, que en las zonas templadas y en las zonas secas (Roa & Lozada, 2008).

#### **2.1.2 Abundancia de especies**

Los modelos matemáticos de distribución de abundancia sirven para describir la estructura de las comunidades, los cuales describen gráficamente la relación del valor de abundancia de las especies (en escala logarítmica) en función de un arreglo secuencial (por intervalos) de las mismas, es decir, de la más a la menos abundante (Magurran, 1988).

### **2.1.3. Diversidad de especies**

A Finales de los 80 se recalcó el término biodiversidad y describiendo su significado se considera a la biodiversidad como la diversidad o variedad biológica. Actualmente la diversidad biológica está considerada como el resultado de un complejo e irreplicable proceso evolutivo que trasciende el marco de estudio general de la Ecología (Moreno, 2001).

Por otro lado, Mendoza (2013) define a la Biodiversidad como la riqueza biológica de un área geográfica y menciona que uno de los aspectos de mayor importancia y de fácil observación es la vegetación, toda esta cubierta vegetal posee su propia composición florística, estructura y diversidad que la caracterizan y origina su nombre. Los estudios de la flora son el referente más importante de la diversidad florística, a partir de éstos se conoce su densidad, abundancia, dominancia, diversidad, importancia ecológica y el potencial de las especies útiles para medicinas, fibras, ornamentales, alimentos para la humanidad, etc.

En las comunidades que son naturales y modificadas (diversidad alfa), la diversidad biológica, nos cederá monitorear el resultado o efecto de los cambios en el ambiente, así mismo la tasa de cambio en la biodiversidad entre diferentes comunidades (diversidad beta), para conocer su aportación al nivel regional (diversidad gamma) y de esta forma diseñar estrategias de conservación y poder llevar a cabo acciones concretas a escala local (Moreno, 2001).

Villareal et al. (2006) considera a la diversidad alfa como la riqueza de especies de una determinada comunidad y que ésta es considerada homogénea, ´por lo tanto, es a un nivel local. La comunidad es dependiente de los objetivos y por supuesto también de escala de trabajo, en cambio la diversidad beta es considerada como el grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre las comunidades que se encuentran en un área mayor y, por último, la diversidad gamma es la riqueza total de especies que pueden existir en un área mayor.

## **2.2. Valor cultural**

La valoración cultural no se encuentra dentro del contexto netamente del mercado o un convenio monetario, el valor cultural más bien se vale de la identificación del uso e importancia de acuerdo a las preferencias relativas y de conocimientos locales que no pueden expresarse como un precio. La comunidad sabe lo que es importante para ella y el esclarecimiento de esa importancia es relativa y subjetiva, esto va a depender de los conocimientos, experiencias, necesidades y hasta de la relación de los costos/beneficios visibles (Londoño-Betancourth, 2009).

### **2.2.1. Usos múltiples locales de los árboles leñosos**

Muchas de las especies leñosas son utilizadas con propósitos múltiples en los sistemas de producción, pueden ser utilizados como alimento para los animales o para el humano, leña, madera, medicinales o para conservar los suelos; también tienen un amplio rango de características agronómicas que permiten su establecimiento y crecimiento en diferentes zonas agroecológicas del mundo (Pinto-Ruiz et al., 2005).

Por otro lado, Egremy, Gómez, León, Bueno & Lozano (2016) mencionan que la introducción de plantas leñosas perennes (árboles y arbustos) en los sistemas de producción pecuaria es una estrategia que contribuye a contrarrestar los impactos ambientales negativos, diversifica la empresa pecuaria, genera nuevos productos e ingresos, y reduce la dependencia de insumos externos, intensificando el uso del recurso suelo.

### **2.2.2. Índice de Valor de uso**

El índice de valor de uso de las especies consiste en conocer las estructuras vegetales de mayor preferencia para las personas, las cuales pueden estar enfocadas en las hojas, tallos, frutos, ramas, etc. (Gómez-Beloz, 2002). Este mismo autor propone la siguiente Ecuación:  $PPV = RU / \sum RU$  donde: PPV= Valor de uso y RU= estructura de la planta. Las partes más preferidas por las

personas nos da la pauta para conocer cuáles pueden ser las de mayor interés para los productores y proponer un manejo de acuerdo a su aprovechamiento.

### **2.3. Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)**

El bosque mesófilo de montaña puede presentar formas muy diversas de asociación, algunos factores que contribuyen a dicho fenómeno es la altura, la fenología, pero sobre todo la presencia de especies dominantes. Las últimas van a variar de una ladera a otra y de una cañada a otra, conformando el conjunto de una unidad bastante heterogénea, pero todas las asociaciones señalan ligas florísticas y ecológicas entre sí (Rzedowski, 2006).

#### **2.3.1. Distribución del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM)**

Entre las altitudes de 1,000 y 3,000 metros, se encuentran las regiones montañosas de México, en estas regiones se tienen zonas con alta humedad, esto se debe a que durante casi todo el año hay presencia de lluvia. También se le atribuye a la niebla, la humedad presente en estas zonas. Es allí donde prosperan comunidades vegetales muy exuberantes que han recibido diversos nombres, pero que por lo general se les conoce en el país como “bosques mesófilo de montaña” o “bosques de neblina” (Villaseñor, 2010).

El BMM posee una distribución geográfica enmarcada como una franja reducida y más o menos continua, esta inicia en la región de Xilitla, ubicada al sureste de San Luis Potosí y continúa a lo largo de las laderas de barlovento de la Sierra Madre Oriental hasta llegar al centro de Veracruz, de ahí hasta las sierras norte y del noreste del estado de Oaxaca. Existiendo un área aislada en el suroeste de Tamaulipas, así como algunas áreas menores en el centro del mismo estado y en el este de Nuevo León. Del otro lado del Istmo de Tehuantepec, la vegetación reaparece en forma de varios manchones de tamaños diversos en los macizos montañosos de Chiapas (Rzedowski, 1996).

En su distribución altitudinal se localiza en sus límites inferiores la selvas bajas y medianas y con bosques de encinos; y en sus límites superiores se relaciona

con bosques de pino-encino y oyamel, de tal manera que en su gradiente altitudinal los componentes del Bosque Mesófilo de Montaña exhiben similitud florística con las condiciones y los componentes del microhábitat colindante (Valdez, Foroughbakhch & Alanís, 2003).

### **2.3.2. Composición florística del bosque mesófilo de montaña**

Algunas especies características de estos bosques son los helechos arborescentes (*Cyathea salvinii*), frecuentemente utilizados para elaborar maquique o xaxim (*Alsophila firma*, *Cyathea fulva*, *Dicksonia gigantea*) y la abundancia de epífitas como bromelias, también conocidas como tencho (*Tillandsia eizii*, *T. ponderosa*, *T. imperialis*), helechos (de los géneros *Elaphoglossum*, *Polypodium*, *Psilotum*), orquídeas (sobresalen las del género *Encyclia*) y musgos (CONABIO, 2010) entre otros.

### **2.3.3. Problemática del Bosque Mesófilo de Montaña**

Conjuntamente con la deforestación, una de las problemáticas más serias del país, y especialmente en el Bosque Mesófilo de Montaña es la tala ilegal, que afecta tanto áreas de propiedad comunal, ejidal y privadas como áreas naturales protegidas. La extracción de productos no maderables del bosque, la sobreexplotación de leña y el cambio de uso de suelo son algunos de los problemas que tienen que atenderse ya que los espacios del BMM se reducen drásticamente” (CONABIO, 2010).

La aceleración incontrolable o excesiva en la que se están deteriorando las comunidades vegetales en los últimos años nos permite ver que es urgente que se realicen estudios detallados, sobre todo en áreas poco conocidas. Las investigaciones deben orientarse hacia el conocimiento de la composición florística, el inventario de las asociaciones del bosque, la distribución de especies exclusivas/o diagnósticas; y en enfatizar la importancia de la dinámica, la estructura y las variables que le proporcionan sus peculiares rasgos fisonómicos (Ruiz-Jiménez, Téllez-Valdés & Luna-Vega, 2012).

El BMM que se desarrolla en la región de Xaltepuxtla, ha estado sujeto a una gran cantidad de impactos humanos por lo que está y perturbado y fraccionado, y por ende concentra una baja riqueza biológica, sin embargo, todavía se encuentran algunas especies endémicas. Las áreas aisladas con remanente de bosque están fuertemente amenazadas, especialmente por el impacto del crecimiento poblacional, que se encuentra invadiendo el bosque y también algunas áreas de influencia, esto trae como consecuencia una sobreexplotación de los recursos encontrados en el bosque ocasionando un cambio de uso de suelo principalmente dedicadas a la ganadería y a la agricultura (López, 2013).

#### **2.4. Sistema de producción de ornamentales**

Actualmente en México se cultivan con flores 14,400 hectáreas, es decir que la superficie antes mencionada es dedicada a la floricultura, La horticultura ornamental hace más énfasis a la producción de flores, plantas y árboles en contenedor (maceta o bolsa) o en plantación al suelo, consideradas en alguna de las modalidades siguientes: invernadero, bajo malla sombra ó a cielo abierto (Medina, 2004).

Flores-Almaraz & Lagunes-Tejeda (1998) aseguran que la actividad más rentable económicamente es la Horticultura Ornamental, dentro del sector agrícola. El valor de la producción de cultivos ornamentales por unidad de superficie es el más alto comparados con otros grupos de cultivos.

En el país se cuentan con condiciones aptas para estimular la horticultura ornamental; además, se tiene una diversidad de climas naturales, bajos costos de mano de obra comparados con los demás países, tratados de libre comercio y facilidad por la cercanía con mercados con potencial como es el caso de Canadá y Estados Unidos para la exportación de sus productos (Flores-Almaraz & Lagunes-Tejeda, 1998).

La comunidad de Tenango de las flores dedica un porcentaje muy elevado a la producción de plantas ornamentales y flores, las cuales representan la principal

fuente de ingresos para muchas de las familias. Hernández, Zapata, Alberti, Vázquez (2004) encontraron que, en dicho lugar la producción y venta de plantas ornamentales fue y es una alternativa para obtener recursos que permitan sobrevivir a la población. El proceso productivo de plantas está en manos de jefas de familia que alternan el trabajo en el hogar con la producción, comercialización, la escuela y otros trabajos asalariados.

#### 2.4.1. Producción de Sistemas ornamentales en Xaltepuxtla, Puebla

En Xaltepuxtla, Puebla después de la década de los cuarenta, con la apertura de la carretera México – Tuxpan se comenzó a reconvertir la producción de maíz, chile, frijol y cítricos a las plantas de ornato. Actualmente un gran sector de la población de Xaltepuxtla, se dedica a la producción de plantas de ornato como *Buxus sempervirens* (arrayanes), *Juniperus sp.* (cedrelas), *Chamaecyparis lawsoniana* (chimas), *Rhododendron simssi* (azaleas), *Camellia japonica* (gardenias), *Thuja occidentalis* (Tulia) (López, 2013).

Ruiz (2016) describe que en la zona del presente estudio identificaron 11 sistemas productivos de ornamentales (Cuadro 1) y un relicto de bosque mesófilo fragmentado.

Cuadro 1 Caracterización biofísica de los sistemas productivos de Xaltepuxtla, Puebla.

Sistema de producción	Topografía	Pendientes	Clima
Sistema Guayabo	Valle con zona inundable	2-8%	(A)Cb(fm)(i')gw"
Silvopastoril	Valle con zona inundable	2-8%	(A)Cb(fm)(i')gw"
Azalea-Chima	Laderas con pendiente	8-15%	(A)Cb(fm)(i')gw"
Semilleros	Zona inundable	2-8%	(A)Cb(fm)(i')gw"
Arrayán	Zona inundable, laderas	8-15%	(A)Cb(fm)(i')gw"

---

con pendiente			
Chima J.L.	Zona inundable, cañada, cauce de río, meseta y valle con zona inundable	15-40 %	(A)Cb(fm)(i')gw"
Azalea-Chima Rodolfo	Meseta y laderas con pendiente	15-40%	(A)Cb(fm)(i')gw"
Azalea-Rodolfo	Meseta y laderas con pendiente	15-40%	(A)Cb(fm)(i')gw"
CH-CE-Rodolfo	Meseta y laderas con pendiente,	15-40 %	(A)Cb(fm)(i')gw"
Mixto-Alicia	Cañada	15-40 %	(A)Cb(fm)(i')gw"
Chima-Alicia	Laderas escarpadas	> 40 %	(A)Cb(fm)(i')gw"
Relicto bosque mesófilo de montaña	Aparato volcánico, laderas escarpadas, valle con zona inundable	> 40 %	(A)Cb(fm)(i')gw"

---

Obtenidas de Ruiz (2016).

## 2.5. Sistemas silvopastoril

Actualmente las condiciones para el desarrollo de la ganadería en nuestro país nos orillan a buscar sistemas que aprueben la alimentación del ganado a base de pastizales, que logren cubrir los requerimientos de los animales a partir de sus propias potencialidades nutritivas. Así pues, los ganaderos se han interesado en el manejo de los árboles en las pasturas, debido a su capacidad para abastecer de alimento de alto valor nutritivo, especialmente en aquellas épocas de estiaje (Sánchez, Simón, Lamela y López, 2006)

Los sistemas silvopastoriles son una alternativa para la situación anterior, estos son conocidos como sistemas de uso de la tierra, donde conviven en una misma unidad productiva: la ganadería y la actividad forestal, beneficiándose de las interacciones positivas y mermando las negativas que se tienen entre los componentes animal, vegetal y el suelo (Carranza & Ledesma, 2009).

En los sistemas silvopastoriles se desarrollan armónicamente árboles o arbustos, pastos y animales en interacción con el suelo. Constituyen, desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social, una de las modalidades más prometedoras de los sistemas agroforestales; dicho sistema acrecienta la protección física del suelo y también logra contribuir a la recuperación de la fertilidad con el establecimiento de leguminosas que fijan el nitrógeno del suelo y también de los árboles con raíces pivotantes que se benefician de las capas profundas (Alonso, 2011)

Los sistemas silvopastoriles mediante la utilización del árbol como componente leñoso productivo da lugar a la mejora de los sistemas de producción ganadera en los diferentes agroecosistemas, aminorar los efectos negativos ambientales ocasionados por los sistemas tradicionales, mejorar el bienestar de los animales e incrementar la productividad animal. El árbol cumple funciones múltiples entre ellas fuente de alimentación animal, recuperación de la fertilidad del suelo, regulador del balance hídrico, fijador de CO<sub>2</sub>, entre otros; pero sin lugar las copas de los árboles con su sombra generan un microclima que reduce el estrés calórico en los animales (Panadero, 2010).

### **2.5.1. Sistema silvopastoril en Xaltepuxtla, Puebla**

El sistema silvopastoril establecido en Xaltepuxtla, Puebla, es la asociación de ornamentales con herbáceas y pinos (Figura 1). Entre las ornamentales, están establecidas hileras de las forrajeras arbustivas guaje (*Leucaena leucocephala*) frijol palo (*Cajanus cajan*) y árnica (*Tithonia diversifolia*) con las herbáceas, cacahuatillo (*Arachis pintoï*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) (Caamal, 2016).



- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2010). El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible. 1ªed. CONABIO. México.
- Egremy, J.G.C., Gómez, M. U., León, A. C., Bueno, A. L., & Lozano, J.L.R. (2016). Árboles nativos para el diseño de tecnologías silvopastoriles en la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (16), 3371-3380.
- Flores-Almaraz, R., & Lagunes-Tejeda, A. (1998). Horticultura ornamental en México. *Edición digital* 1ªed. INEGI. México.
- Gómez-Beloz, A. (2002). Plant use knowledge of the Winikina Warao: the case for questionnaires in ethnobotany. *Economic Botany*, 56(3), 231-241.
- García de la Cruz, Y., Ramos Prado, J. M., Isaías, Q., Alejandra, P., & Hernández Ramírez, A. M. (2014). Bosque de niebla: importancia, situación actual y manejo. *Elementos*, 21(93),23-29.
- Hernández, M., Zapata, E., Alberti, P., & Vázquez, V. (2004). Microempresas de plantas de Tenango de las Flores, Puebla: Propuesta de análisis con perspectiva de género. *Comunicaciones en Socioeconomía, Estadística e Informática*, 8(1), 57-87.
- Londoño-Betancourth, J. C. (2009). Valoración cultural del uso e importancia de la fauna silvestre en cautividad en tres barrios de Pereira (Risaralda). *Bol Cient Mus Hist Nat*, 13(1), 33-46.
- López, A. M. (2004). *Los cafetales de sombra como reservorio de la biodiversidad de plantas leñosas del bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz* (Doctoral dissertation). Tesis de Maestría, Instituto de Ecología, AC, Xalapa, Veracruz, México.
- López, R.L. (2013) *Implementación de un modelo integral de intervención agroforestal en Xaltepuxtlá, Puebla*. Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora, México.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press,
- Mendieta López, M., & Rocha Molina, L. R. (2007). Sistemas agroforestales. Pp 1- 117.
- Medina, F. M. (2004). Producción de plantas ornamentales en maceta en invernadero. *Centro de Agronegocios Tezoyuca*. Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura en Torreón, Coah, México, Octubre 13, 14 y 15. *FIRA-BANCO DE MÉXICO*. Pp.10-18.

- Mendoza, Z. A. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera De Ingeniería Forestal. Ecuador.
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Edición digital 1ªed. M&T Manuales y Tesis Sociedad Entomológica aragonesa (SEA). México.
- Panadero, A. N. (2010). Importancia de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico en sistemas de producción ganadera tropical. *Revista Medicina Veterinaria*, (19), 113-122.
- Pinto-Ruiz, R., Gómez, H., Martínez, B., Hernández, A., Medina, F. J., Gutiérrez, R., ... & Vázquez, J. (2005). Árboles y arbustos forrajeros del sur de México. *Pastos y Forrajes*, 28(2), 87-97.
- Roa, S., & Lozada, B. (2008). Riqueza de especies de pasifloras (passifloraceae). Distribución geográfica en zonas altas de los estados andinos, Venezuela. *Geoenseñanza*, 13(1), 51-58.
- Ruiz-Jiménez, C. A., Téllez-Valdés, O., & Luna-Vega, I. (2012). Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la flora. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(4), 1110-1144.
- Ruiz, S. (2016). *Calidad del suelo en sistemas de producción tradicionales y con tecnologías agroforestales en Xaltepuxtla, Puebla*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora, México.
- Rzedowski, J. (1996). Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*, (35), 25-44.
- Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (pp328-339). México.
- Sánchez, T., Simón, L., Lamela, L., & López, O. (2006). Las potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la producción de leche en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 29(3), 1-8.
- Sánchez-Velásquez, L. R., Ramírez-Bamonde, E. S., Andrade-Torres, A., & Rodríguez-Torres, P. (2008). *Ecología, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Montaña en México*, 1ª ed. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Sotelo-Barrera, M., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A., Monroy, R., & Luna-Cavazos, M. (2017). Arboreal structure and cultural importance of

traditional fruit homegardens of Coatetelco, Morelos, Mexico. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 23(1), 137-153.

Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales, edición digital 1ª ed.* (Vol. 3). Icaria editorial. Barcelona.

Valdez Tamez, V., Foroughbakhch Pournavab, R., & Alanís Flores, G. J. (2003). Distribución relictual del bosque mesófilo de montaña en el noreste de México. *Ciencia UANI*, 6(3),360-365.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., ... & Umaña, A. M. (2006). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. In Instituto De Investigación De Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (ed), *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad* (pp. 185-226). Instituto Humboldt. Bogotá.

Villaseñor, J. L. (2010). El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares. *Catálogo florístico-taxonómico. 1ª ed. Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-UNAM. México.*

### 3. DIVERSIDAD DE ESPECIES LEÑOSAS EN REMANENTE DE BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA Y SISTEMAS ORNAMENTAL Y SIVOPASTORIL

#### 3.1. Resumen

El bosque mesófilo de montaña alberga entre 2500 a 3000 especies de plantas vasculares en una superficie muy reducida. La investigación se realizó en la comunidad de Xaltepuxtla, Puebla. Las condiciones bajo estudio son: Sistema Ornamental, Sistema Silvopastoril y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña (RBMM), con la finalidad de obtener mediante índices ecológicos la riqueza, abundancia y diversidad de las especies leñosas en las tres condiciones bajo estudio. Se realizó diseño de muestreo sistemático con distancias predeterminadas y en arreglo a manera de cuadrículas, en cada sitio se muestreó utilizando los métodos de cuadrantes con punto central para vegetación arbórea con sitios de 100 m<sup>2</sup> y cuadros empotrados para vegetación arbustiva y herbácea. Se obtuvo la riqueza, abundancia y diversidad de las especies leñosas con estimadores de Jackknife 1, índice de abundancia relativa (IAR) y índice de Shannon-Wiener. Se registraron 19 especies vegetales; repartidas en 15 familias y 18 géneros. Las especies de mayor abundancia relativa por sitio fueron: *Chamaecyparis lawsoniana* (IAR=0.96), *Rhododendron simssi* (IAR=0.46) y *Ch. thyoides*. (IAR=0.25), sin embargo, por condición la más representativa fue *Ch. lawsoniana* con un IAR de 0.96 para el sistema ornamental, seguido por uno de 1.86 para el Silvopastoril y finalmente uno de 1.09 para el Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña. Los sitios con mayor diversidad fueron: el 22 con un índice de diversidad de 2.54, y el 20 y 21 con índices de 2.53 respectivamente. La mayor diversidad por condición lo obtuvo el RBMM con un índice de 2.92. Con la prueba de Kruskal Wallis no se obtuvieron diferencias significativas entre los estimadores ecológicos, por lo que las tres condiciones se encuentran sujetas al mismo nivel de alteración. Se logró conocer de una forma parcial la riqueza, abundancia y diversidad de las especies leñosas en la zona de estudio.

**Palabras claves:** Bosque mesófilo de montaña, sistema ornamental, sistema silvopastoril, riqueza, abundancia, diversidad<sup>3</sup>.

---

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Rocío Madeni Arévalo Madrigal. Directora: Dra. Rosa María García Núñez, Dr. Saúl Ugalde Lezama, Dr. David Cristóbal Acevedo.

## DIVERSITY OF WOODY SPECIES IN REMNANT OF MOUNTAIN MOUNTAIN FOREST AND ORNAMENTAL AND SIVOPASTORIL SYSTEMS

### 3.2. Abstract

Mountain cloud forest has between 2500 to 3000 species of vascular plants on a very small surface. The research was carried out in the community of Xaltepuxtla, Puebla. The conditions under study are: Ornamental system, Silvopastoral system and remnant forest mesophyll of mountain. The purpose is to obtain by ecological indexes the richness, abundance and diversity of woody species in the three conditions under study. Design of systematic sampling with predetermined distances and in accordance to way was made by squares. Each site was sampled using methods of quadrants with central point for trees with sites of 100 m<sup>2</sup> and embedded pictures for shrub and herbaceous vegetation. The richness, abundance and diversity of woody species with estimates of Jackknife 1, index of relative abundance (IAR) and Shannon-Wiener index was obtained. 19 plant species were founded; spread over 15 families and 18 genera. The species of greatest relative abundance per site were: *Chamaecyparis lawsoniana* (IAR = 0.96), *Rhododendron simssi* (IAR = 0.46) and *chthyoides*. (IAR = 0.25). However, for the condition the most representative was *ch. lawsoniana* with a IAR of 0.96 for ornamental system, followed by one of 1.86 for the forestry and finally one 1.09 for the remnant of Mountain cloud forest. The sites with high biodiversity were: 22 with a 2.54 diversity index, and 20 and 21 with indices of 2.53 respectively. Highest diversity by condition was obtained with a rate of 2.92 in the RBMM. With the Kruskal Wallis test significant differences between the ecological estimators, were obtained, it means that the three conditions are subject to the same level of alteration. We learn a partial richness, abundance and diversity of woody species in the zone of study.

**Key words:** Forest cloud mountain, ornamental system, richness, abundance, diversity and Silvopastoral system<sup>4</sup>.

---

Thesis Master's Degree in Agroforestry for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Rocío Madeni Arévalo Madrigal. Advisor: Dra. Rosa María García Núñez, Dr. Saúl Ugalde Lezama, Dr. David Cristóbal Acevedo.

### **3.3. Introducción**

En México, el Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) representa un valioso capital natural para la provisión de múltiples servicios ambientales, tanto para las poblaciones locales como para el resto de la sociedad mexicana (González-Espinosa et al., 2012).

Dicho ecosistema alberga una importante biodiversidad mundial, pero está fuertemente amenazada debido a que exhibe las tasas más altas de deforestación entre los bosques tropicales (Aldrich, Bubb, Hostettler & van, 2000). Sin duda alguna, el cambio de uso de suelo es una de las mayores amenazas a la biodiversidad del BMM. Debemos destacar que la pérdida de superficie en dicho sistema implica la pérdida de todos los servicios ecosistémicos (Ochoa-Ochoa, Mejía-Domínguez y Bezaury-Creel, 2017).

Los sistemas silvopastoriles son una alternativa para la provisión y conservación de los servicios ecosistémicos, como son los de tipo hídrico, captura de carbono y biodiversidad (Ibrahim et al., 2006). Esto ha motivado a algunos investigadores a realizar trabajos en sistemas silvopastoriles con la inclusión de especies leñosas del BMM; como es el caso de Sánchez-Gómez, Becerril-Pérez, Rosendo-Ponce y Platas-Rosado (2017).

Si bien, dicho trabajo exhibe la importancia de los sistemas silvopastoriles con especies características del BMM, la aportación al conocimiento científico sigue siendo escaso, además ninguno ha abordado el tema de estructura y composición florística de una comunidad vegetal en sistema silvopastoril y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña (RBMM). Es por eso que el presente estudio tiene el propósito de evaluar la riqueza, abundancia y diversidad de las especies leñosas en RBMM, sistemas silvopastoril y ornamental.

### 3.4. Materiales y métodos

#### 3.4.1. Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la comunidad de Xaltepuxtla, perteneciente al municipio de Tlaola, Puebla. Posee una extensión de 40 ha que forman parte de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa. Dicha zona se localiza entre las coordenadas extremas 97°58'5.303" longitud oeste y 20°11'23.06" latitud norte; 97°57'30.836" longitud oeste y 20°10'57.124" latitud norte, a una altitud de 1280 m. Las condiciones bajo estudio son: Sistema Ornamental (SO) con 37.3 ha Sistema Silvopastoril (SS) con 0.43 ha y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña (RBMM) con 2.27 ha (Figura 2).

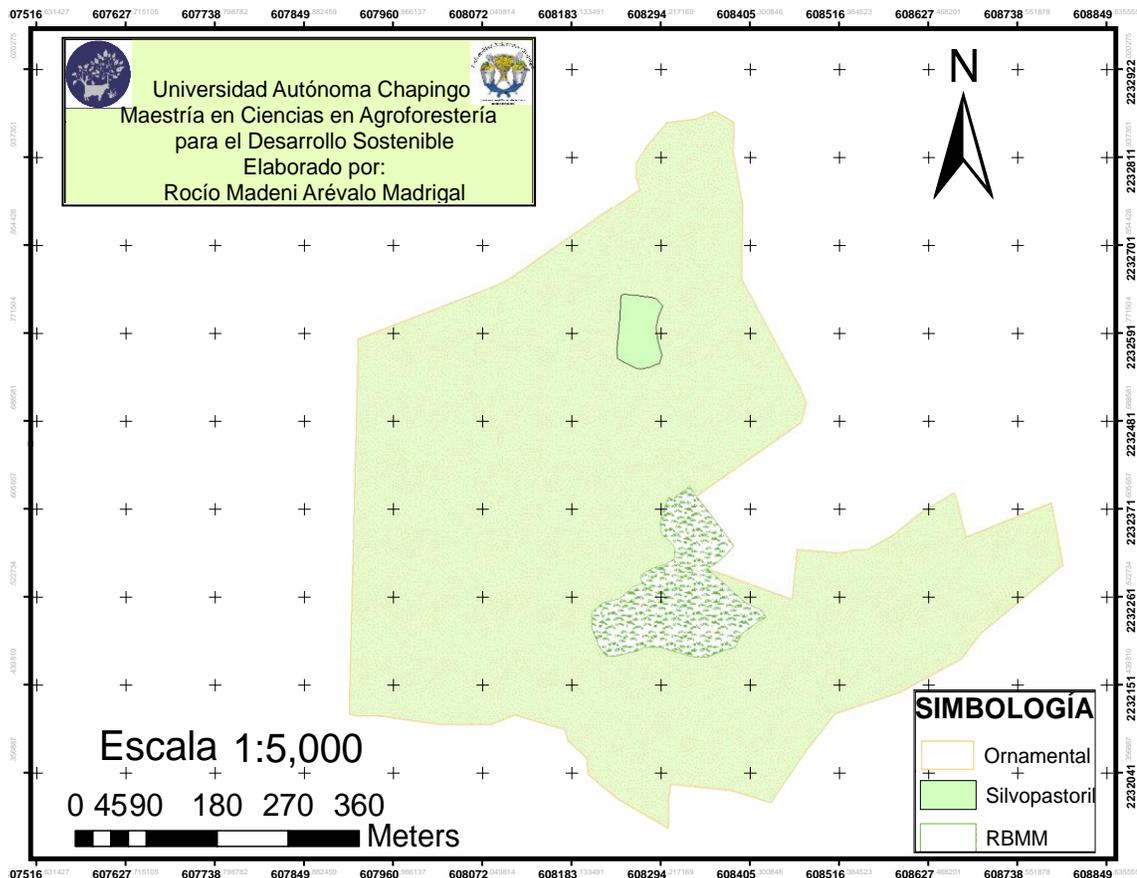


Figura 2. Ubicación del área bajo estudio, con las tres condiciones evaluadas: Sistema Ornamental, Sistema Silvopastoril y Remanente de Bosque Mesófilo De Montaña.

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca hidrográfica del río Necaxa, los cuerpos de agua presentes en el área son intermitentes y perenes. El clima semicálido del grupo de los templados con verano fresco largo; corresponde al más húmedo de los húmedos con régimen de lluvias intermedio y un porcentaje de precipitación invernal menor de 18; con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales; marcha anual de la temperatura tipo Ganges y presencia de canícula; La precipitación media anual dentro del área de estudios es de 1992.4 mm y la temperatura media anual es de 17.5 °C. (SMN, 2016). El tipo de suelo predominante es Andosol mólico. En el área de estudio se encuentran pendientes desde ligeras hasta muy pronunciadas que van desde 2% hasta más de 45%.

#### **3.4.2. Diseño de muestreo**

Las poligonales y superficies de cada condición se delimitó mediante la digitalización del área de estudio con la herramienta COGO de Arc map 10.1, a partir de azimut y distancia de los linderos del predio, además de rectificar en campo tomando transectos con un Geoposicionador global (GPS) modelo Garmin (Ruíz, 2016).

El diseño de muestreo utilizado en el área de estudio fue el Muestreo Sistemático con distancias predeterminadas y en arreglos a manera de cuadrículas (Ralph et al.,1997), en el que se consideraron tres Unidades de Estudio (UEs): Sistema Ornamental con 37.3 ha. Sistema Silvopastoril con 0.43 ha y el Remanente del Bosque Mesofilo de Montaña con 2.27 ha. este diseño de muestreo fue aplicado en toda la poligonal de 40 ha, obteniendo de esta forma 22 unidades de elección (UEI) de 0.5 ha (SO=20 UEI, SS=1 UEI, RBMM=1 UEI), el sitio o UEI 15, es donde se encuentra el RBMM, el sitio 15 y 19 corresponden al Sistema Silvopastoril y RBMM, respectivamente. Las distancias entre sitios fueron de 141.4 m.

### 3.4.3. Sitios muestreados de la vegetación

La vegetación para Sistema Ornamental (SO), Sistema Silvopastoril (SS) y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña (RBMM) se muestreó utilizando los métodos de cuadrantes con punto central para vegetación arbórea, estableciendo sitios en cada UEI de 10m x 10m (Cottam y Curtis, 1956) y cuadros empotrados para vegetación arbustiva y herbácea (Oosting, 1956). El arreglo de ambas metodologías se muestra en la Figura 3.

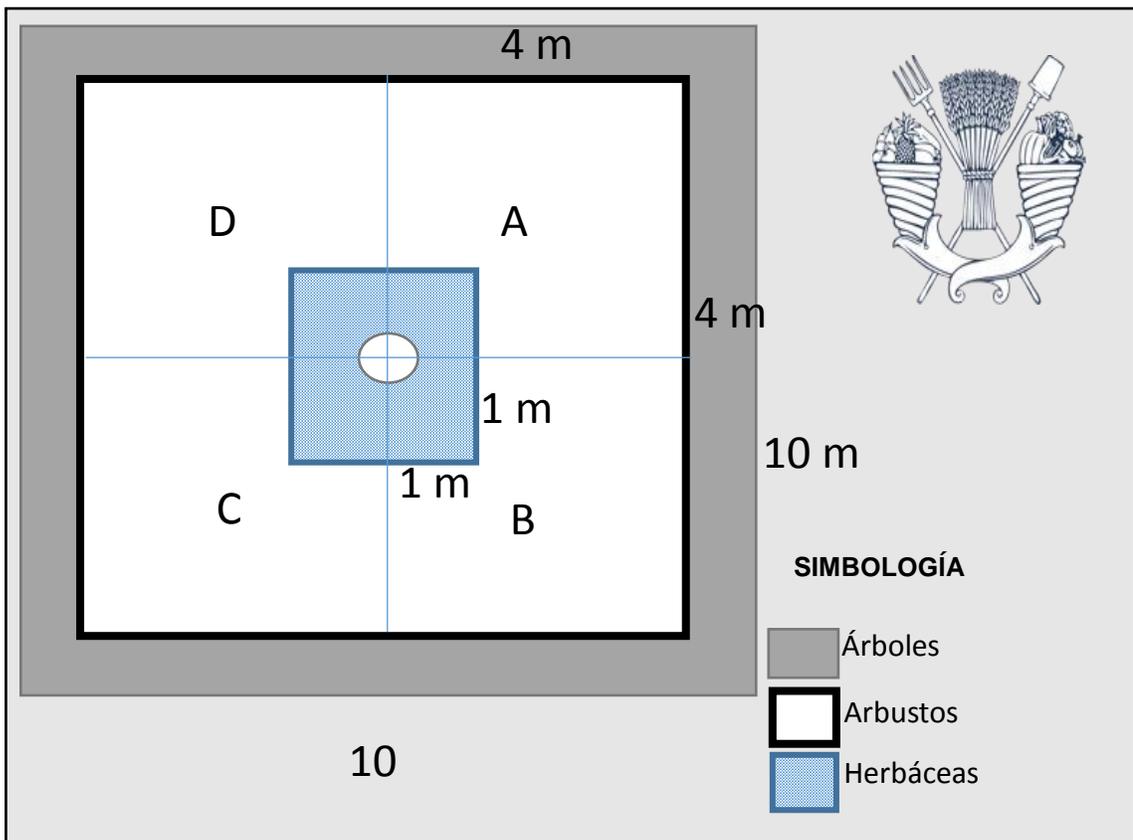


Figura 3. Método de cuadrantes para los tres estratos encontrados: arbórea en sitios de 10m x 10m, arbustivas con cuatro cuadrantes de 4m x 4m cada uno y herbácea con cuatro cuadrantes de 1m x 1m cada uno.

#### 3.4.4. Obtención de las variables evaluadas para cada sitio

Se registró para cada uno de los sitios las coordenadas cartesianas con ayuda de un GPS, así como variables del hábitat (exposición, pendiente y grosor de mantillo). Las variables dasométricas obtenidas para las especies arbóreas encontrados en cada sitio fueron: altura total (H), altura del fuste limpio (HFL) y diámetro a la altura del pecho (DAP)  $\geq 5\text{cm}$  (Figura 4). Para el caso de las arbustivas se midió para cada individuo el diámetro de copa (DC), número de ramas para aquellas especies con aprovechamiento de follaje, altura (H) y número de individuos (Figura 5); para las herbáceas se midió únicamente el porcentaje de suelo cubierto por estas plantas (Figura 6).



Figura 4. Variables dasométricas evaluadas para el estrato arbóreo, en sitios de 10m x 10m, en las tres condiciones bajo estudio.



Figura 5. Variables dasométricas evaluadas en el estrato arbustivo, en cuatro cuadrantes, cada uno con 16 m<sup>2</sup>, evaluadas bajo las tres condiciones de estudio.

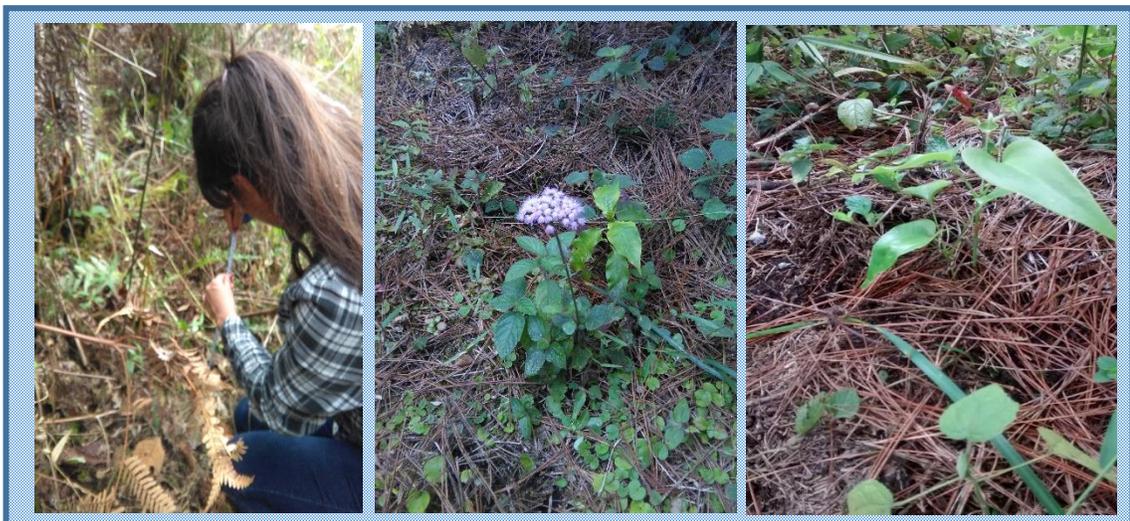


Figura 6. Cobertura del estrato herbáceo registrada en cuatro cuadrantes, cada uno con 1m<sup>2</sup>, evaluados en las tres condiciones bajo estudio.

### 3.4.5. Colecta e identificación de las especies arbóreas y arbustivas

En cada sitio se colectaron ejemplares de las diferentes especies encontradas. Para cada ejemplar, se registraron en el campo los siguientes datos: condición (Sistema ornamental (SO), sistema Silvopastoril (SS) y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña (RBMM), pendiente, grosor de mantillo y fecha de colección. También se anotaron características morfológicas sobresalientes (tamaño de la planta, color de las flores y frutos) así como fotografías de cada uno de estas características. Posteriormente estos datos se colocaron a las etiquetas correspondientes a cada ejemplar. El material colectado fue secado y montado siguiendo las técnicas estándares de plantas vasculares para herbarios (Katinas, 2001; Figura 7). Para la identificación de las especies se utilizó el método virtual de conformación taxonómica, así como el acceso a claves florísticas de CONABIO. También se hizo uso del listado florístico realizado por CONANP (2013) dicho trabajo incluye el área de estudio, además de se utilizó el catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas (Martínez,1979) y el catálogo de flora del estado de Puebla (Acosta, Carpio, Coombes & Villaseñor, 2004).

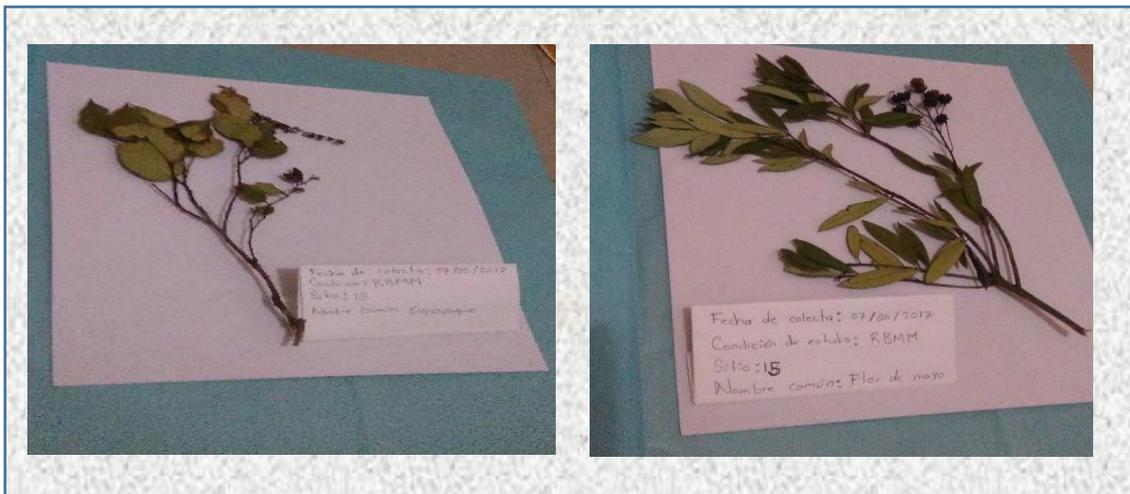


Figura 7. Montado y secado de las especies vegetales para su debida identificación en el herbario.

### **3.4.6. Análisis de datos**

#### **Frecuencia de observación**

Para conocer la frecuencia porcentual de la riqueza de especies por condición (SO, SS Y RBMM) y por sitio, se empleó el índice de frecuencia de observación (FO) (salas & orduña,1993), modificado para la presente y para cada análisis realizado, donde la Ecuación se muestra a continuación:

$$FO = \text{No. Total de individuos leñosos registrados por especie} / \text{Número de individuos totales} \times 100$$

Las frecuencias para cada análisis fueron comparadas gráficamente entre sitios y condiciones. Dichos análisis se efectuaron en software Microsoft Excel (2016).

#### **Riqueza de especies**

Se realizaron análisis gráficos tendenciales para determinar los patrones en la riqueza de especies en los sitios y en las condiciones, para lo cual se realizó una revisión de varios métodos de extrapolación de la riqueza de especies, eligiéndose el estimador no paramétrico denominado Jackknife de Primer Orden, mediante el cual se evaluó la riqueza de especies en cada condición y en cada sitio, ya que requiere únicamente datos de presencia-ausencia o de abundancia por especie (Colwell, 2004) y representa uno de los índices de su tipo más preciso y menos sesgado (Palmer, 1990).

El cálculo de este índice se realizó con el programa computacional “EstimateS 6b1a”. Este programa calcula los estimadores estadísticos de riqueza de especies (S) y número de especies compartidas entre parcelas; además, está basado en el número de especies por muestra, incidencia de especies o matrices de abundancia (Colwell, 2000).

## **Abundancia relativa**

Para estimar la abundancia relativa de las especies presentes en los diferentes sitios y condiciones, se calculó el índice de abundancia definido por Carrillo & Cuarón (2000); Aranda (2000), modificado para este estudio:

$$i = \frac{\text{No. de individuos registrado por sp/No. de individuos totales}}{\text{Área de punto de muestreo (0.5ha)}}$$

Las abundancias para cada análisis fueron comparadas gráficamente entre sitios y condiciones. Dichos análisis se efectuaron en software Microsoft Excel (2016).

## **Diversidad de especies**

Con base en una revisión de las características y supuestos de varios índices de diversidad de especies (diversidad alpha), se eligió el índice no paramétrico conocido como índice de diversidad de Shannon-Wiener. Este índice se basa en la abundancia proporcional de especies, y considera tanto la uniformidad como la riqueza de especies (Del Pino, Zamora y Oliet, 2004). Específicamente, el índice de Shannon expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies muestreadas y el grado promedio de incertidumbre en predecir a cuál especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Baev y Penev, 1995). El cálculo de este índice se realizó con el programa computacional “EstimateS” versión 6b1a (Colwell, 2000).

## **Análisis de Kruskal Wallis**

Para determinar diferencias significativas en la riqueza, abundancia relativa y diversidad de especies registrada por condición y por sitio, se utilizó un análisis de variable de un factor (ANOVA) (Moliner, 2003a); sin embargo como no se cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad en las varianzas en ninguno de los caso, se procedió a realizar una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar, 1999) con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , la cual

consiste en la comparación de dos o más medias independientes aplicable cuando las k muestras no provienen de poblaciones distribuidas normalmente o presentan varianzas heterogéneas siendo esta la contraparte no paramétrica del diseño Completamente al Azar. Para dicho análisis se utilizó el software estadístico JMP IN versión 4.

### **Análisis de Chi cuadrada de Pearson**

Para determinar si se habían registrado todas las especies en la riqueza, abundancia relativa y diversidad de especies registrada por condición y por sitio se realizó un análisis “Chi cuadrada de Pearson”, (Molinero, 2003b): con una significancia de  $\alpha=0.05$ , dicho análisis se utilizó para evaluar si las diferencias entre las frecuencias observadas y las esperadas son atribuidas al azar, bajo la hipótesis de independencia. Este análisis se llevó a cabo empleando el software JMP IN versión 4.

### **Análisis de Regresión *Poisson* (ARP)**

Se realizó un análisis en dos etapas para el objetivo uno, con la finalidad de establecer posibles asociaciones entre las variables dasométricas y del hábitat sobre la abundancia de las especies leñosas con mayor valor ecológico registradas en las tres condiciones, Sistema Ornamental (SO), Sistema Silvopastoril (SS) y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña (RBMM), las variables analizadas se obtuvieron directamente en campo.

En la primera etapa del análisis, se analizó el efecto entre las variables (hábitat y dasométricas) y las abundancias de las diferentes especies leñosas con mayor valor ecológico, empleando un modelo de Regresión de *Poisson* (González-Oreja, 2003). Esta regresión supone una distribución *Poisson*, que se presenta cuando hacemos conteos de sucesos o individuos, los cuales se distribuyen al azar en el espacio o en el tiempo (Infante y Zárate, 1986).

En la segunda etapa no se predeterminó, en ningún caso, la estructura del modelo, el cual fue ajustado mediante un procedimiento de Regresión *Poisson* por pasos (Stepwise), con criterio de clasificación del mínimo Akaike (AIC; Akaike, 1969; Dos Santos y Mora, 2007); para determinar cuáles de las variables explican la mayor variabilidad o probabilidad del fenómeno bajo estudio; es decir, para seleccionar el mejor modelo (Rotenberry y Wiens, 1980). Así, se modeló la abundancia de las especies leñosas (y) ante las variables dasométricas y del hábitat (x), realizando un ajuste de la variable “y” a las variables “x”, mediante un modelo lineal generalizado (Generalized Linear Model, GLM; McCullagh y Nelder, 1989) que explicará la relación entre una variable respuesta “y” y un conjunto de variables explicatorias “x” mediante una relación lineal.

En dicho análisis se consideraron como coeficientes estadísticamente significativos aquellos en los que  $p < 0,05$  (McCullagh y Nelder, 1989; González-Oreja, 2003). De esta manera se obtuvieron las especies leñosas que tenían un efecto sobre las variables independientes (dasométricas y hábitat). Dicho análisis se realizó empleando el procedimiento GLM del software estadístico *R*-versión 2.6.1. (Dalgaard, 2006).

### **3.5. Resultados y discusión**

#### **3.5.1. Frecuencia de Observación (Fo)**

Se registraron un total de 1050 individuos en el área de estudio (40 ha); de los cuales, la Fo señala que las especies más representativas son *Chamaecyparis lawsoniana* con 48.19% (506 individuos), *Rhododendron simssi* con 23.33% (245) y *Chamaecyparis thyoides* con 12.48% (131), algunas nativas se encuentran por debajo del 3% (Figura 8).

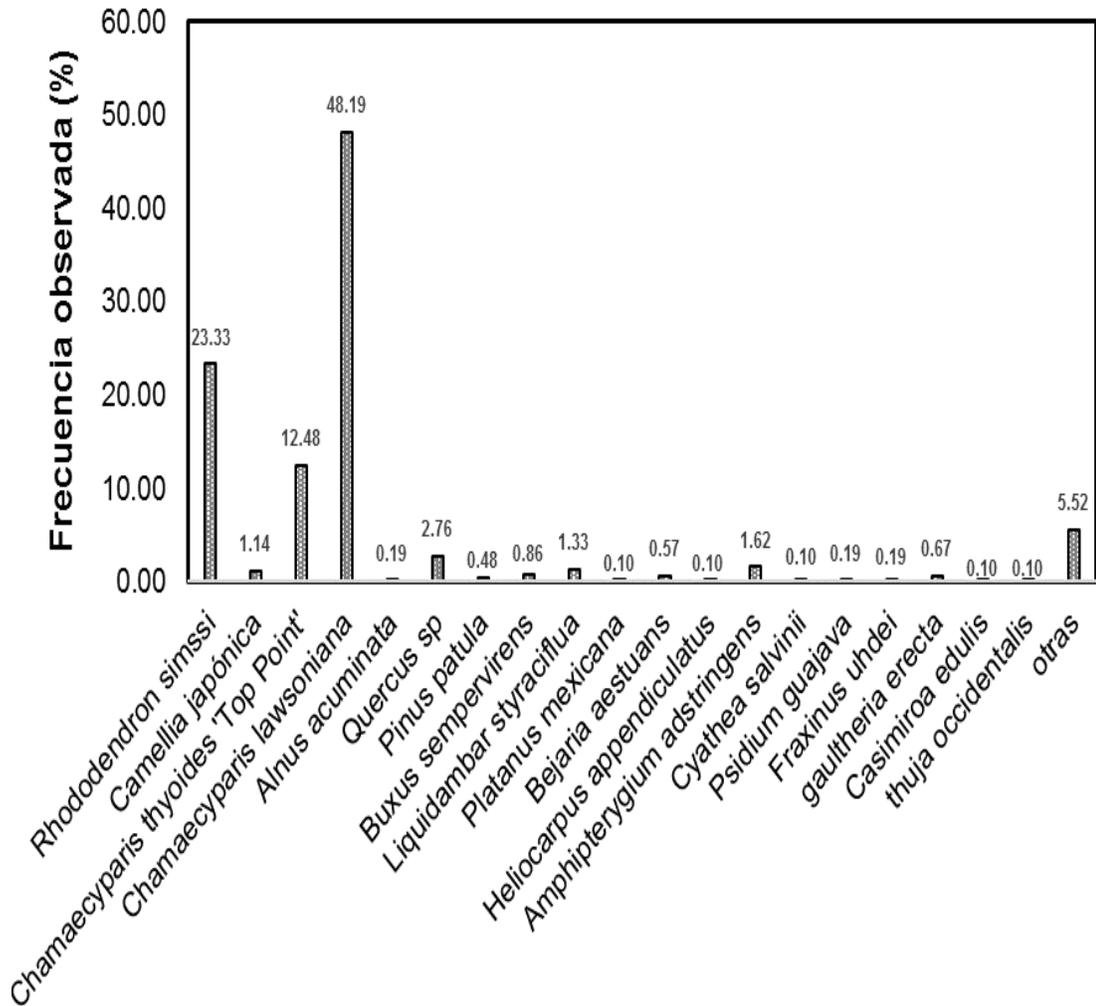


Figura 8. Frecuencia de observación de las especies leñosas.

Los resultados de Fo por condición, señalan que la especie más representativa en ellas es *Ch. lawsoniana*; encontrándose un 45.74% (938 ind.) en el sistema ornamental, 92.86% (42) para silvopastoril y 54.29% (70) para RBMM; el valor porcentual del resto de las especies exhibió una tendencia diferencial en cada condición (Figura 9).

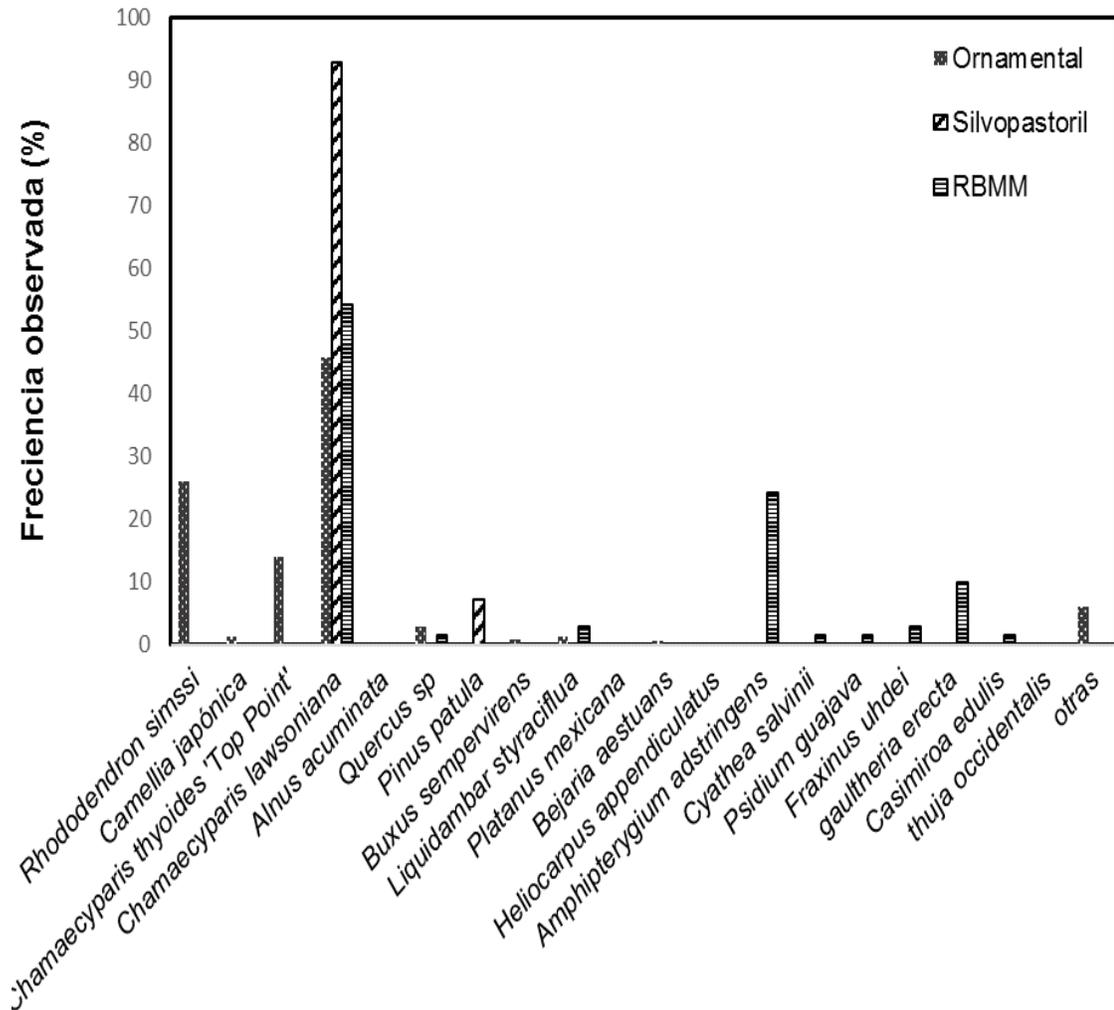


Figura 9. Frecuencia de observación de las especies leñosas en Sistema Ornamental, Sistema Silvopastoral y Remanente Bosque Mesófilo de Montaña.

Las tendencias en las frecuencias de observación evidencian la presencia de un mayor número de especies introducidas al bosque, lo cual discrepa con los obtenidos por Heverástico, Mata & Terrazas (2003) quienes señalan que la mayor frecuencia de especies son características del bosque mesófilo de montaña, esta tendencia se debe a que el estudio de estos autores fue realizado en uno de los bosques mesófilo de montaña más diversos del país; a diferencia de la presente en donde se considera un sistema silvopastoral dentro del bosque mesófilo de montaña; la presencia de estas especies exóticas dentro de un sistema agroforestal concuerda con los reportados por Escobar-

Ocampo & Ochoa-Gaona (2007) en el cual registraron la presencia de especies exóticas como *Inga oerstediana*, *Pimenta dioica*, *Psidium guajava* y *Syzygium jambos* dentro de terrenos usados como cafetales: tal como lo reportado por Noy-Meir et al. (2012) quienes registraron la presencia de especies exóticas como *Morus alba* y *Ligustrum lucidum* presentes en dos fragmentos del bosque de Espinal en Córdoba. Así mismo Kalesnik et al. (2005) registraron a nivel de comunidades vegetales especies introducidas, donde destacan *L. sinense*, *Iris pseudacorus* y *Fraxinus sp*, lo cual indica que el presente estudio registra por primera vez la frecuencia de especies introducidas en este tipo de bosque; son los primeros registros en un sistema silvopastoril inmerso en este ecosistema particular; en el cual, dicho sistema sirve como hábitat para la fauna silvestre promoviendo su conservación, restauración del suelo, producción de alimentos, forraje y aprovechamiento de plantas de ornato (Caamal, 2016).

### 3.5.2. Riqueza de especies

Se registraron 19 especies herbáceas, 9 arbustivas, 9 arbóreas y una arborescente; todas ellas repartidas en 15 familias y 18 géneros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Lista de las especies registradas en Sistema Ornamental, Sistema Sivopastoril y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña.

Nombre común	Nombre científico	Forma biológica	Familia
Azalea	<i>Rhododendron simssi</i>	Arbusto	Ericaceae
Camelia	<i>Camellia japónica</i>	Arbusto	Theaceae
Cedrela	<i>Chamaecyparis thyoides 'Top Point'</i>	Arbusto	Cupressaceae
Chima	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Arbusto	Cupressaceae
Ailite	<i>Alnus acuminata</i>	Árbol	Betulaceae
Encino	<i>Quercus sp</i>	Árbol	Fagaceae
Pino	<i>Pinus patula</i>	Árbol	Pinaceae

Arrayan	<i>Buxus sempervirens</i>	Arbusto	Buxaceae
Ocozote	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Árbol	Hamamelidaceae
Álamo	<i>Platanus mexicana</i>	Árbol	Platanaceae
Flor de mayo	<i>Bejaria aestuans</i>	Arbusto	Ericaceae
Jonote	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Árbol	Malvaceae
Cuachalalate	<i>Amphipterygium adstringens</i>	Arbusto	Anacardiaceae
Makiki	<i>Cyathea salvinii</i>	Arborescente	Cyatheaceae
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Árbol	Myrtaceae
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>	Árbol	Oleaceae
Oxocopaque	<i>Gaultheria erecta</i>	Arbusto	Ericaceae
Zapote	<i>Casimiroa edulis</i>	Árbol	Rutaceae
Planchado	<i>Thuja occidentalis</i>	Arbustiva	Cupressaceae
	<i>otras</i>	Arbustivas	

### Curvas de rarefacción de Jacknife 1 por sitios

Los resultados de Jackknife1 para la riqueza de especies por sitios en las condiciones bajo estudio, indican un estimado de 20 especies por lo que hasta ahora con el esfuerzo de muestreo realizado se conoce el 19% de las especies teóricamente presentes en los sitios considerados (Figura 10).

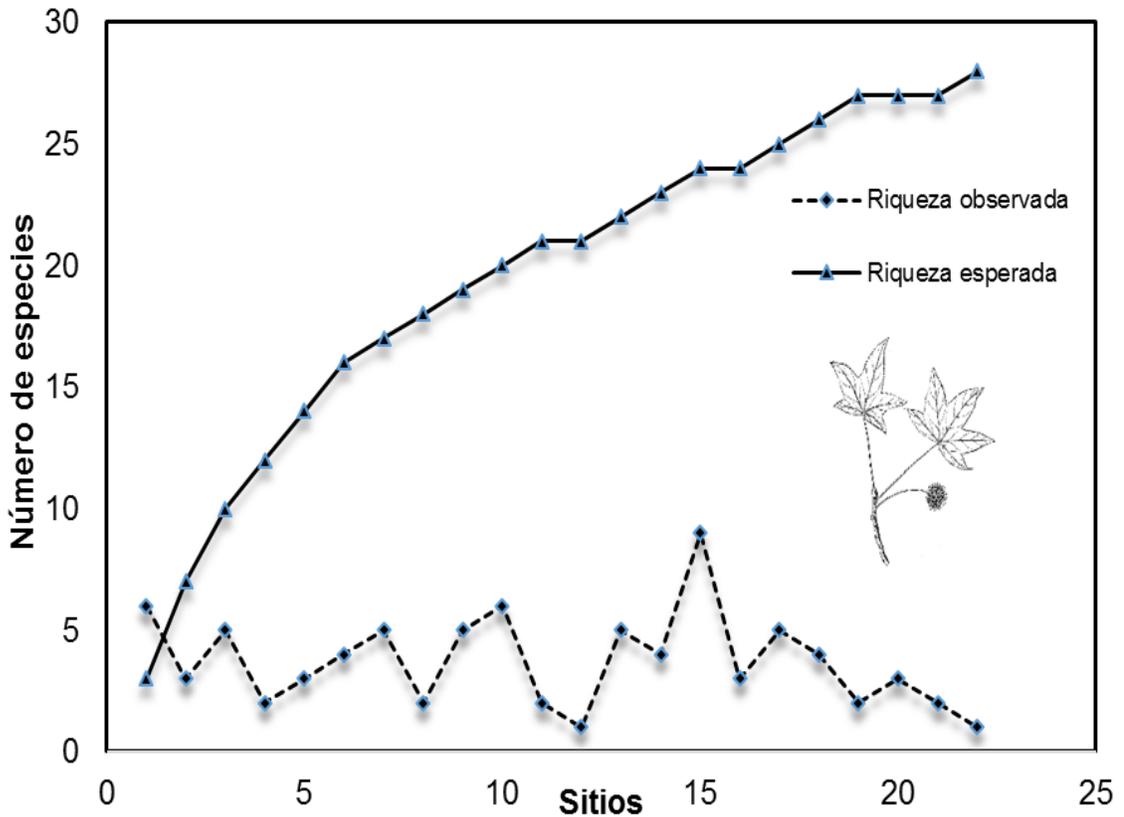


Figura 10. Rarefacción de la diversidad de especies leñosas en los 22 sitios de estudio.

### Curvas de rarefacción de Jackknife 1 por condición

Los resultados de Jackknife1 para la riqueza de especies por condición, indican un estimado de 15 especies, por lo que hasta ahora con el esfuerzo de muestreo realizado se conoce el 100% de las especies teóricamente presentes en esta condición, para el sistema silvopastoril se registró 2 especies, lo que muestra un esfuerzo de muestreo de 10% y para el RBMM se observaron 9 especies, indicando un esfuerzo de muestreo de 29% (Figura 11).

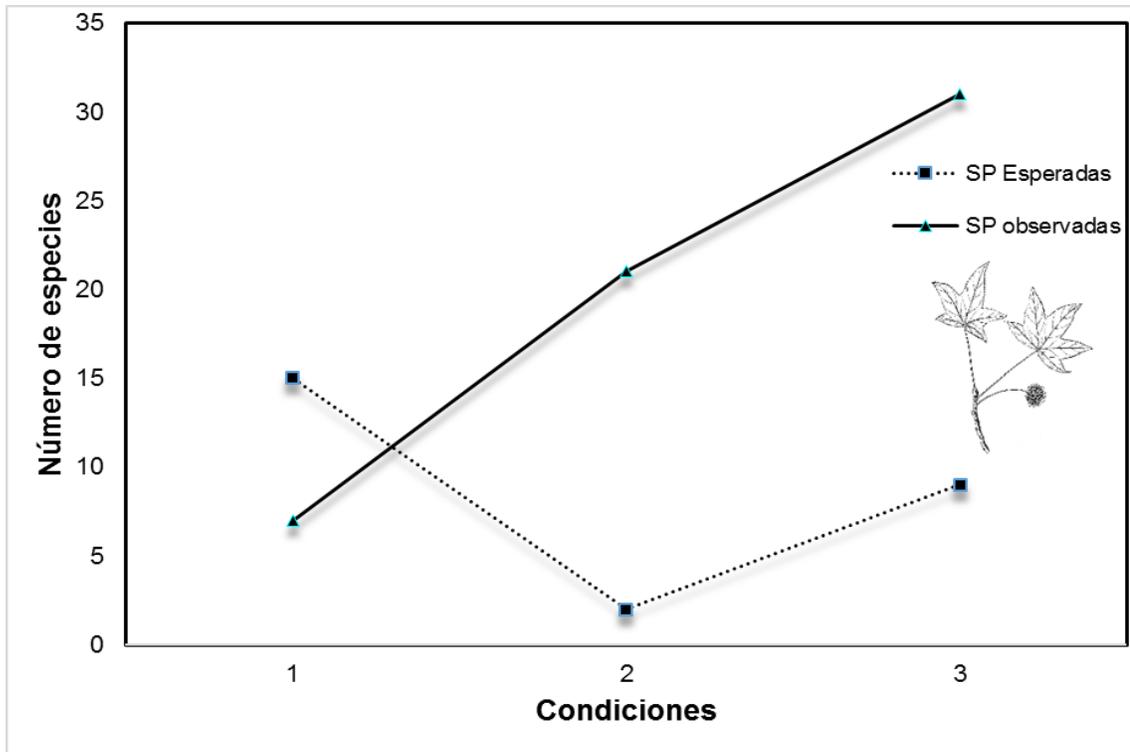


Figura 11. Rarefacción de la diversidad de especies leñosas en las tres condiciones de estudio 1) Sistema Ornamental (SO), 2) Sistema Silvopastoril (SS) y 3) Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña (RBMM).

Las tendencias en la riqueza registrada en la presente coinciden con lo reportado por Chiarucci, Enright, Perry, Miller & Lamont (2003) quienes señalan que datos procedentes de muestras grandes analizadas mediante Jackknife 1 presentan valores más precisos de la riqueza. López y Williams (2006) emplearon dicho estimador logrando registrar un 77%; lo cual discrepa con lo reportado en el presente; en contraste Gutiérrez-Báez, Ortiz-Díaz, Flores-Guido y Zamora-Crescencio (2012) obtuvieron una representación del 78% para parcelas pequeñas utilizando el modelo de Clench. En RBMM se registró una baja riqueza en relación al estimador empleado; lo cual difiere con lo reportado por García-De la Cruz, Olivares-López y Ramos-Prado (2013) quienes infieren una curva de acumulación mejor ajustada para un fragmento de este tipo de bosque, dado que el esfuerzo de muestreo que emplearon arrojó una inferencia del 98% utilizando el estimador Chao2; el presente trabajo utiliza por primera vez curvas de rarefacción con el estimador Jackknife 1 para sistemas

silvopastoril, se obtienen los primeros registros a nivel beta en este tipo de bosque considerando un sistema silvopastoril.

### 3.5.3. Abundancia relativa

#### Índice de abundancia relativa (IAR) por sitios

Los resultados del IAR para los datos de las frecuencias registradas por especie en todos los sitios por condición, sugieren que las especies de mayor abundancia relativa fueron: *Ch. lawsoniana* (IAR=0.96), *Rhododendron simssi* (IAR=0.46), *Ch. thyoides*. (0.25), los valores del resto de las especies muestran valores más bajos (Figura 12).

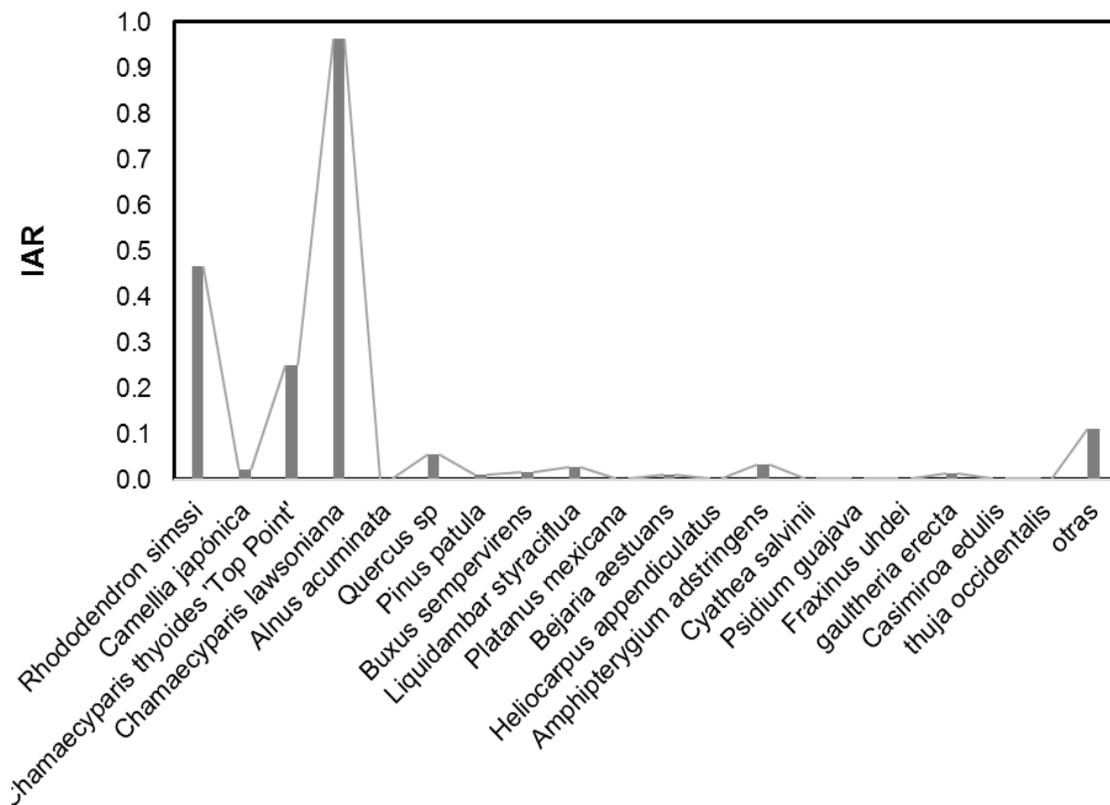


Figura 12. Abundancia relativa de las especies registradas en los sitios de estudio.

### Índice de abundancia relativa (IAR) por condición

Los resultados de IAR por condición, señalan que la especie más representativa en ellas es *Ch. lawsoniana* (IAR=0.96) en el sistema ornamental, (IAR=1.86) para silvopastoril y (IAR=1.09) para RBMM; el valor del resto de las especies exhibió una tendencia diferencial en cada condición (Figura 13).

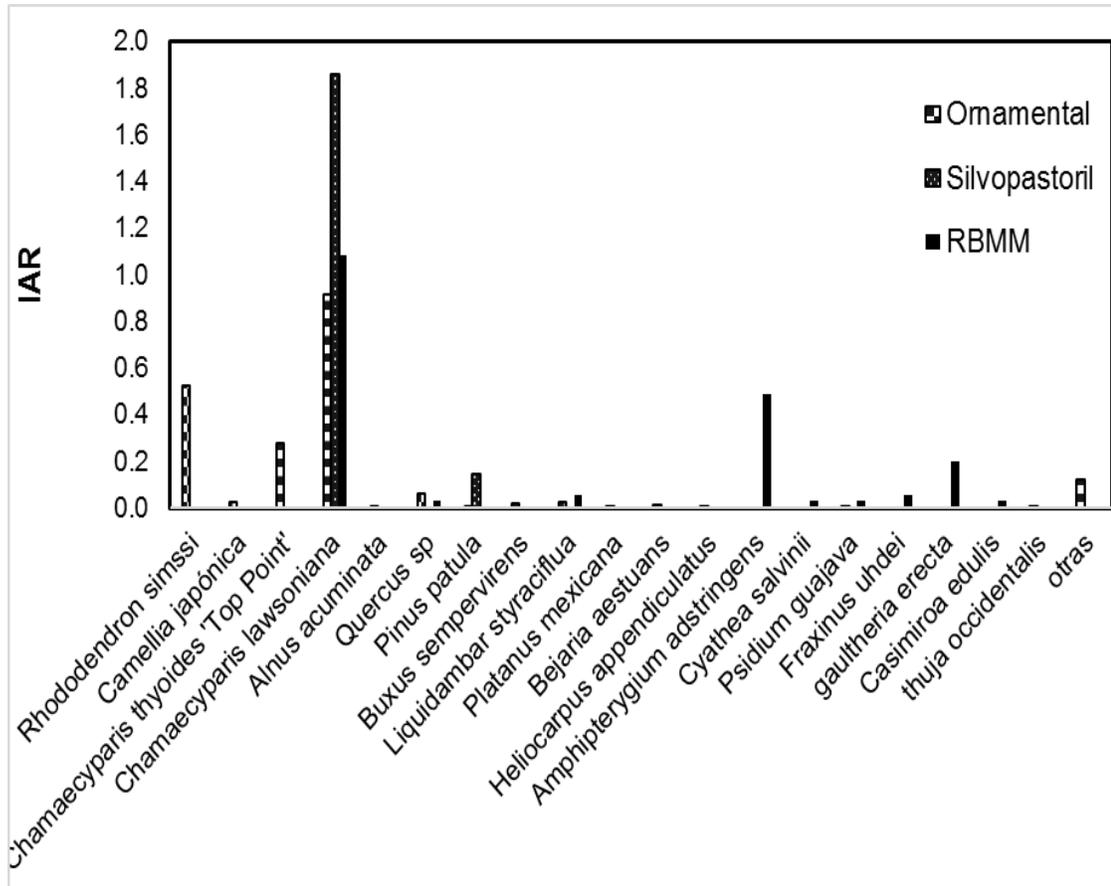


Figura 13. Abundancia relativa de las especies registradas en las tres condiciones de estudio.

Las tendencias en la abundancia demuestran que las especies ornamentales son las más sobresalientes, lo cual difiere con lo obtenido por Velázquez (2016) quien reporta que estas son características en el bosque mesófilo conservado; en contraste a la presente, en donde el área de estudio se maneja bajo un esquema de producción agroforestal inmerso en dicho tipo de ecosistema, siendo el sistema ornamental el que mayor aporta al parámetro en cuestión. Las

condiciones evaluadas exhiben la presencia de una especie dominante, a diferencia de lo reportado por López, Rodríguez, Álvarez & Quintana (2015), quienes registraron la presencia de diferentes especies en tres niveles de perturbación de un bosque semidecídulo micrófilo; Así mismo, Gutiérrez-Báez et al. (2012) registraron diferentes especies leñosas características de la selva mediana subcaducifolia en superficies pequeñas. De la misma manera Serrano, Andrade y Mora-Delgado (2014) muestran nuevamente especies diferentes en su estudio realizado en pastura del trópico seco en Tolima, al igual que Soler, Berroterán, Gil y Acosta (2012) obtuvieron diferentes especies en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. La presente registra por primera vez la evaluación de dicho parámetro comparándolo entre tres condiciones, incluyendo un sistema silvopastoril y son los primeros registros de abundancia de especies introducidas a este tipo de bosque.

#### **3.5.4. Diversidad de especies**

##### **Índice de Shannon- Wiener por sitio**

Los resultados de Shannon-Wiener para los datos de los sitios de las condiciones bajo estudio, sugieren que los de mayor diversidad fueron: el 22 ( $H' = 2.54$ ), 20 y 21 ( $H' = 2.53$ , respectivamente), los valores porcentuales del resto de los sitios mostraron valores más bajos (Figura 14).

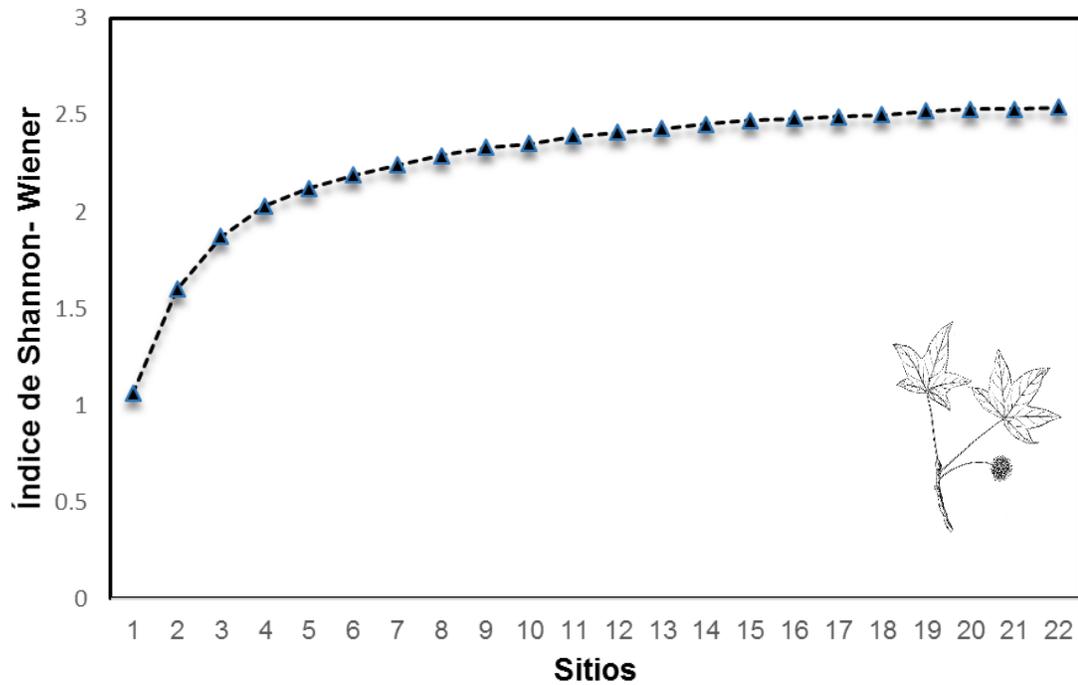


Figura 14. Diversidad de especies leñosas en cada uno de los sitios bajo estudio.

### Índice de Shannon- Wiener por condición

Los resultados de Shannon-Wiener para los datos de las diferentes condiciones bajo estudio, sugieren que el de mayor diversidad fue: el RBMM ( $H' = 2.92$ ), seguido por el sistema silvopastoril ( $H' = 2.61$ ) y por último el sistema ornamental ( $H' = 2$ ) (Figura 15).

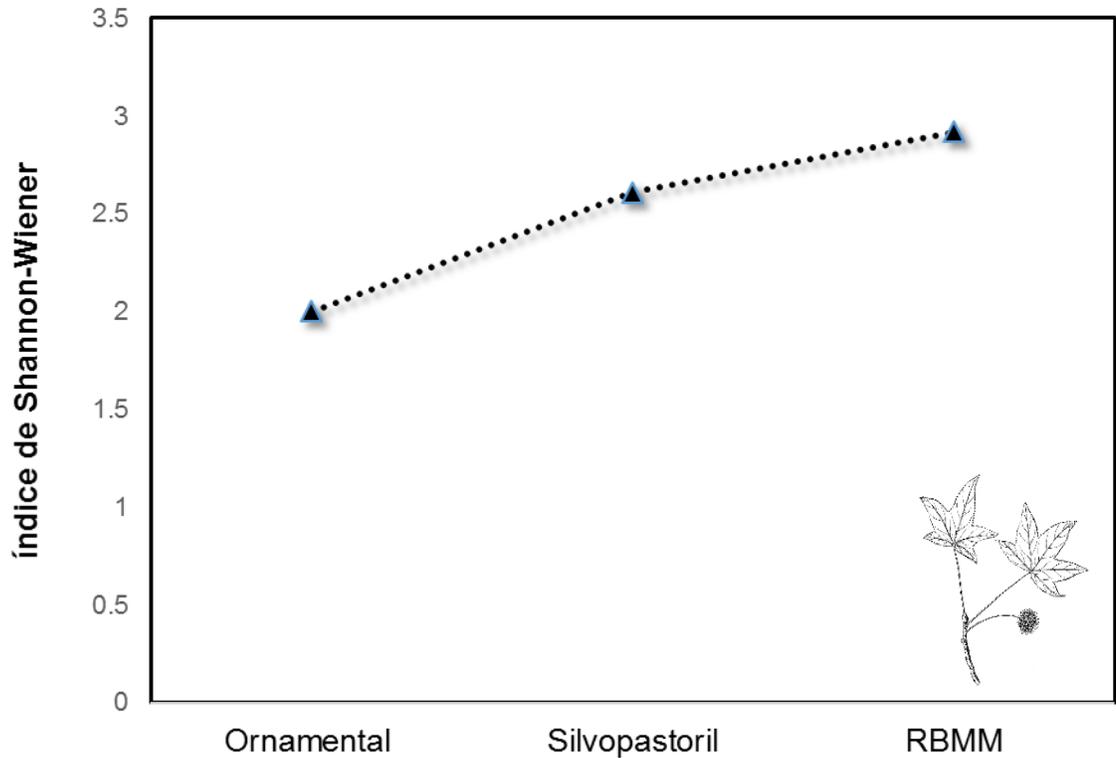


Figura 15. Diversidad de especies leñosas encada uno de las condiciones.

Las tendencias en la diversidad dan cuenta de un parámetro relativamente estable lo cual concuerdan con los obtenidos por Alanís et al. (2010) quienes efectuaron un estudio dentro de un bosque tropical caducifolio, encontrando en este valores similares a los reportados en la presente; de igual forma Canizales-Velázquez et al. (2009) realizaron su estudio en el matorral submontano donde encontraron de igual forma valores que oscilan en la caracterización de dicho parámetro semiestable; sin embargo, Heverástico et al. (2003) comprobaron que para un bosque mesófilo de montaña dicho estimador presenta valores que superan y caracterizan a una comunidad muy estable ( $H' = 3.3$  y  $5.2$ ); no obstante, Bautista-Tolentino et al. (2011) obtuvieron resultados muy bajos en el parámetro caracterizando a las comunidades evaluadas como bajas ( $H' = 0.87 \pm 0.24$ ), sin embargo, aun cuando trabajaron en un sistema silvopastoril, este no estaba inmerso en un bosque mesófilo; de igual forma Mora et al. (2013) realizaron otro estudio con arbóreas y arbustivas de un área de referencia del

matorral espinoso tamaulipeco, encontrando valores similares a los obtenidos en la presente, aun cuando este no es ni siquiera cercano a un bosque de este tipo. En la presente se maneja bajo un esquema de producción agroforestal, en este caso se considera la intervención de un sistema silvopastoril, reportando los primeros datos de diversidad para un sistema silvopastoril en este tipo de bosque.

### 3.5.5. Análisis estadístico

#### Análisis de Kruskal Wallis para los sitios

Los resultados de Kruskal Wallis para los datos de la riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas por sitio en las condiciones bajo estudio sugieren que no existen diferencias significativas, por lo tanto, se acepta  $H_0$  con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$  (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de Kruskal Wallis para riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas.

	Grados de libertad	P-value
Riqueza	6	0.68
Abundancia relativa	21	0.46
Diversidad	20	0.40

#### Análisis de Kruskal Wallis para las condiciones

Los resultados de Kruskal Wallis para los datos de la riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas por condiciones bajo estudio sugieren que no existen diferencias significativas con 2 grados de libertad y P-value de 0.37 para cada una de las condiciones, por lo tanto, se acepta  $H_0$  con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

Los patrones de las tendencias en las pruebas de comparaciones medianas para la riqueza de especies concuerdan con lo reportado por Hernández-Salas et al. (2013) donde no obtuvieron diferencias significativas para un bosque templado del noreste de México, utilizando una prueba de Tukey, así mismo Rosales, Cuevas, Gliessman y Benz (2014), realizaron un estudio en sistema agroforestal de piña bajo sombra, en el occidente de México, donde no encontraron diferencias significativas entre parcelas, utilizando una prueba de Tukey. Por su parte Casasola, Ibrahim, Harvey y Kleinn (2001) tampoco encontraron diferencias significativas en la riqueza de especies entre las categorías de vegetación identificados en sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua, en el cual realizaron una prueba de *t*; Sin embargo, Pérez et al. (2005) reportaron resultados que discrepan con los obtenidos en la presente, obteniendo diferencias significativas entre diferentes usos de suelo, incluyendo seis sistemas silvopastoriles, en el cual utilizaron un ANOVA, con un muestreo no aleatorio e intencional.

El patrón de las tendencias en las pruebas de comparaciones medianas para la abundancia relativa concuerda con la obtenida por Alanís-Rodríguez et al. (2012) donde tampoco encontraron diferencias significativas en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México, en cual utilizaron un análisis de varianza ANOVA de un factor a dos niveles. Así mismo Molla & Kewessa (2015) no encontraron diferencias significativas entre la abundancia en áreas de agrosilvicultura tradicional. Mientras que Mudzengi, Murungweni, Dahwa, Poshiwa & Kativu (2013) difieren con los obtenidos en la presente, ya que ellos obtuvieron diferencias significativas en dicho parámetro entre sitios invadidos y no invadidos, por especies invasoras. De igual modo Vila-Ruiz et al. (2014) encontraron diferencias significativas utilizando una prueba de *t*-test en las abundancias de especies de plantas ornamentales y alimenticias entre patios delanteros y patios traseros considerado como espacios verdes en áreas urbanas.

Las tendencias indican que no existe diferencia significativa en cuanto a la diversidad entre de sitios, dichos resultados concuerdan con los presentados por Esquivel et al. (2009) en el cual no encontraron diferencias significativas entre categorías de desarrollo de árboles y arbustos en potreros activos de Nicaragua, en donde utilizaron una prueba de Tukey. No obstante, Bogino y Bravo (2014) tampoco encontraron diferencias significativas en la diversidad de especies entre diferentes disturbios antrópicos más ampliamente difundido en las regiones áridas y semiáridas de Argentina. Mientras que Encina, Zárate, Valdés y Villarreal (2007) difieren en con los de la presente, ya que ellos reportaron diferencias significativas en diversidad de especies entres dos asociaciones del bosque de encino, aplicando una prueba de *t*-Student. De igual manera Sánchez, López, García y Cuevas (2003) registraron diferencia significativa en algunas de sus parcelas evaluadas ubicadas en de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. Así mismo Verzino et al. (2005) también encontraron diferencias significativas entre la diversidad de los bosques quemados y los bosques testigo. Jiménez-Pérez, Alanís-Rodríguez, Aguirre-Calderón, Pando-Moreno y González-Tagle (2009) mostraron que existen diferencias significativas entre las parcelas con diferentes usos de suelo.

### **Prueba de chi cuadrada para los sitios**

Los resultados de chi cuadrada para los datos de la riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas por sitio en las condiciones bajo estudio sugieren que no se registraron todas las especies que potencialmente existen en el área de estudio, por lo tanto, se acepta  $H_0$  con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$  (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de Chi cuadrada para riqueza, abundancia y diversidad de los 22 sitios.

	R cuadrado	Pearson
Riqueza	0.60	0.34
Abundancia	1	0.23
Diversidad	0.97	0.24

### **Chi cuadrada para las condiciones**

Los resultados de chi cuadrada para los datos de la riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas por condiciones bajo estudio sugieren que no se registraron todas las especies que potencialmente existen en el área de estudio con R cuadrado de 1 y un valor de Pearson de 0.19 para cada una de las condiciones, por lo tanto, se acepta  $H_0$  con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ .

### **3.5.6. Especies de mayor valor ecológico**

La selección de las especies de valor ecológico se realizó con los índices de riqueza, abundancia y diversidad, a través del análisis e interpretación de dichos índices; la riqueza nos permite saber las especies existentes en cada condición de estudio, la abundancia relativa el número de individuos por especie y la diversidad la condición de cada comunidad vegetal, y es de esta forma que se determinó el valor de cada especie y las que son de alto valor ecológico se muestran en el cuadro cinco.

Cuadro 5. Lista de las especies con alto valor ecológico, registradas en Sistemas Ornamental y Silvopastoril y RBMM en Xaltepuxtla, Puebla

Nombre común	Nombre científico	Forma biológica	Familia
Camelia	<i>Camellia japónica</i>	Arbusto	Theaceae
Ailite	<i>Alnus acuminata</i>	Árbol	Betulaceae
Encino	<i>Quercus sp</i>	Árbol	Fagaceae
Pino	<i>Pinus patula</i>	Árbol	Pinaceae
Arrayan	<i>Buxus sempervirens</i>	Arbusto	Buxaceae
Ocozote	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Árbol	Hamamelidaceae
Álamo	<i>Platanus mexicana</i>	Árbol	Platanaceae
Flor de mayo	<i>Bejaria aestuans</i>	Arbusto	Ericaceae
Jonote	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Árbol	Malvaceae
Cuachalalate	<i>Amphipterygium adstringens</i>	Arbusto	Anacardiaceae
Makiki	<i>Cyathea salvinii</i>	Arborescente	Cyatheaceae
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Árbol	Myrtaceae
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>	Árbol	Oleaceae
Oxocopaque	<i>Gaultheria erecta</i>	Arbusto	Ericaceae
Zapote	<i>Casimiroa edulis</i>	Árbol	Rutaceae
Planchado	<i>Thuja occidentalis</i>	Arbustiva	Cupressaceae

## Análisis Regresión Poisson (ARP)

Los resultados del ARP evidencian que cuatro variables (dasométricas y hábitat) tienen un grado de asociación con la abundancia de las especies leñosas registradas, con un AIC=174.94 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultado del análisis de regresión *Poisson* para explicar el efecto de las variables sobre la abundancia de las especies.

Coeficientes:	Estimados	Error Estándar	Valor de Z	Pr(> z )	Significancia
(Intercept)	0.5741403	0.4189802	1.370	0.170585	
DC	0.0245615	0.0044940	5.465	4.62e-08	***
DAP	-0.1221484	0.0416701	-2.931	0.003375	**
H	0.0023911	0.0007982	2.996	0.002740	**
HFL	0.0031595	0.0009217	3.428	0.000609	***

DC= Diámetro de copa de los arbustos, DAP= Diámetro a la altura del pecho de los árboles, H= Altura de los árboles y arbustos, HFL= Altura del fuste limpio de los árboles, Códigos de Significancia: 0.001 '\*\*\*', 0.01 '\*\*', 0.05 '\*', '.' 0.1, '-' NS. Nota: Coeficientes estadísticamente significativos ( $p < 0.001$ ) del modelo GLM.

El mejor modelo ajustado para la abundancia de especies indica que el estrato arbóreo tiene un efecto directo sobre la abundancia de las especies, esto se debe a que a medida que los árboles presentan mayor altura, el número de individuos de las especies se incrementa, porque el espacio que normalmente ocupan las copas de los árboles no compiten por espacio con las arbustivas o árboles de menor tamaño, ya que estas copas se encuentran en un estrato superior a las de las arbustivas, esto concuerda con lo dicho por Saavedra-Romero et al. (2016) en donde mencionan que las copas compiten por recursos, especialmente con árboles vecinos, pero quizás la competencia por espacio de crecimiento y radiación son las más importantes. Otro factor que tienen efecto sobre la abundancia de especies es la altura de fuste limpio que permite que el número de individuos incremente, porque las ramas de los

árboles se bifurcan en estratos superiores y las ramas no entran en competencia por espacio lo cual concuerda con lo que dice Corvalán y Hernández (2006) en donde mencionan, que componentes básicos de la ocupación del espacio del árbol y del rodal son el fuste, copa y sus raíces. El presente trabajo reporta por primera vez una distribución *Poisson* para especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña, incluso es la primera aportación en México para un sistema silvopastoril, en donde se considera las variables dasométricas y de hábitat para explicar la abundancia de las especies en dicho sistema.

### **3.5.1 Propuesta de conservación en el RBMM con especies nativas de alto valor ecológico**

De acuerdo a los resultados obtenidos se propone realizar reforestaciones en el Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña con las siguientes especies: *Alnus acuminata*, *Platanus mexicana*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Fraxinus uhdei* y *Casimiroa edulis*; debido a que dentro de todas las especies nativas y de alto valor ecológico, éstas solo presentaron de 1 a 2 individuos por especie en toda el área, esto nos da un panorama de la condición que presenta cada especie dentro del área de estudio, es por eso la importancia de reforestar con estas especies en específico.

### **3.5.3. Conclusiones**

Se logró obtener resultados parciales de los estimadores de riqueza, abundancia y diversidad en el remanente de bosque mesófilo de montaña, sistemas silvopastoril y ornamental. Por lo que la diversidad en los diferentes sistemas evaluados se registró con valores de estabilidad a nivel beta.

Se conoce de forma parcial las especies nativas del bosque mesófilo de montaña, así mismo se conoce las especies de mayor valor ecológico.

### 3.7. Literatura citada

- Acosta, M. R., Carpio, A. B. C., Coombes, A. J., & Villaseñor, J. L. (2014). Flora del estado de Puebla, México. Instituto de Biología UNAM. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Jardín Botánico Universitario, Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología.
- Akaike, H. (1969). Fitting autoregressive models for prediction. *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 21(1), 243-247.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., González-Tagle, M. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., & Treviño-Garza, E. J. (2012). Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de Pinus-Quercus sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(4), 1208-1214.
- Alanís Rodríguez, E., Aranda Ramos, R., Mata Balderas, J. M., Canizales Velázquez, P. A., Jiménez Pérez, J., Uvalle Saucedo, J. I., ... & Ruiz Bautista, M. G. (2010). Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio en San Luis Potosí, México. *Ciencia UANL*, 13(3), 287-294.
- Aldrich, M., Bubb, P., Hostettler, S., & Van de Wiel, H. (2000). Bosques nublados tropicales montanos. Tiempo para la acción. WWF International/IUCN The World Conservation Union. Cambridge. Inglaterra. 28p.
- Aranda, M. (2000). Huellas y otros rastros de los mamíferos medianos y grandes de México. *Instituto de Ecología, AC, Xalapa, México*. 212 pp.
- Baev, P. V., & Penev, L. D. (1995). BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. *Pensoft, Sofia, Bulgaria*.
- Bautista-Tolentino, M., López-Ortíz, S., Pérez-Hernández, P., Vargas-Mendoza, M., Gallardo-López, F., & Gómez-Merino, F. C. (2011). Sistemas agro y silvopastoriles en la comunidad el Limón, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1), 63-76.
- Bogino, S.M. & Bravo, M. B. (2014). Impacto del rolado sobre la biodiversidad de especies leñosas y la biomasa individual de jarilla (*Larrea divaricata*) en el Chaco Árido Argentino. *Quebracho-Revista de Ciencias Forestales*, 22(1,2), 79-87.
- Caamal C., H. J. (2016). *Establecimiento y productividad de un sistema de producción tradicional modificado a silvopastoril para producción ovina en*

*Xaltepuxtla, Puebla*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora, México.

- Canizales-Velázquez, P. A., Alanís-Rodríguez, E., Aranda-Ramos, R., Mata-Balderas, J. M., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Flores, G., & Ruiz-Bautista, M. G. (2009). Caracterización estructural del matorral submontano de la sierra Madre Oriental, Nuevo León, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 15(2), 115-120.
- Carrillo, E., Wong, G., & Cuarón, A. D. (2000). Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology*, 14(6), 1580-1591.
- Casasola, F., Ibrahim, M., Harvey, C., & Kleinn, C. (2001). Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotente, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 8(30), 17-20.
- Chiarucci, A., Enright, N. J., Perry, G. L. W., Miller, B. P., & Lamont, B. B. (2003). Performance of nonparametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Diversity and distributions*, 9(4), 283-295.
- Colwell, R. K., & Estimate, S. (2000). Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version Win 6b1a. User's guide and application published.
- Colwell, R. K. (2004). EstimateS User's Guide. Website: <http://purl.oclc.org/estimates> or <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Comstock, J. H. (1918). Outline of laboratory work in the study of the venation of the wings of insects. Ithaca, New York, USA: The Comstock Publishing Company.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2013). Estudio previo justificativo para la modificación de la declaratoria del área de protección de recursos naturales "zona protectora forestal vedada cuenca Hidrográfica del Río Necaxa" ubicada en los estados de Hidalgo y Puebla. México. 74 p.
- Corvalán, P., y Hernández, J. (2006). Densidad del rodal. *Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Cátedra de Dasometría*. 5p.
- Cottam, G., & Curtis, J. T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37(3), 451-460.
- Dalgaard P. (2006). Repeated measures tools for multivariate linear models. Book of Abstracts. The R User Conference 2006. 2nd International R User Conference. Vienna, Austria. 194 p

- Del Pino, J. O., Zamora, R., y Oliet, J. A. 2004. Empleo de diferentes índices de biodiversidad en los modelos basados en técnicas de decisión multicriterio. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes. Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. España. 14 p.
- Dos Santos, A. L., & Mora, F. (2007). Análisis experimental de tratamientos floculantes de residuos orgánicos derivados de la producción porcina. *Ciencia e investigación agraria*, 34(1), 49-56.
- Encina Domínguez, J. A., Zárate Lupercio, A., Valdés Reyna, J., & Villarreal Quintanilla, J. A. (2007). Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (81),51-63.
- Escobar-Ocampo, M., & Ochoa-Gaona, S. (2007). Estructura y composición florística de la vegetación del Parque Educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 78(2), 391-419.
- Esquivel Sheik, M. J., Harvey, C. A., Finegan, B., Casanoves, F., Skarpe, C., & Nieuwenhuyse, A. (2009). Regeneración natural de árboles y arbustos en potreros activos de Nicaragua. *Agroforestería en las américas*, (47), 76-84.
- García-De la Cruz, Y., Olivares-López, L. A., & Ramos-Prado, J. M. (2013). Estructura y composición arbórea de un fragmento de bosque mesófilo de montaña en el estado de Veracruz. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(1), 91-101.
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F., & Milá, B. (1996). Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
- González-Espinosa, M., Meave, J. A., Ramírez-Marcial, N., Toledo-Aceves, T., Lorea-Hernández, F. G., & Ibarra-Manríquez, G. (2012). Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Revista Ecosistemas*, 21(1,2), 36-52.
- González-Oreja, J. A. (2003). Aplicación de análisis multivariantes al estudio de las relaciones entre las aves y sus hábitats: un ejemplo con paseriformes montanos no forestales. *Ardeola*, 50(1), 47-58.
- Gutiérrez-Báez, C., Ortiz-Díaz, J. J., Flores-Guido, J. S., & Zamora-Crescencio, P. (2012). Diversidad, estructura y composición de las especies leñosas de la selva mediana subcaducifolia del Punto de Unión Territorial (PUT) de Yucatán, México. *Polibotánica*, (33), 151-174.

- Hernández-Salas, J., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Treviño-Garza, E. J., González-Tagle, M. A., ... & Domínguez-Pereda, A. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 19(2), 189-200.
- Heverástico, C. C., Mata, L. L., & Terrazas, T. (2003). Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña de Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 74(2), 209-230.
- Ibrahim, M., Gobbi, J., Casasola, F., Chacón, M., Ríos, N., Tobar, D., ... & Pagiola, S. (2006). Enfoques alternativos de pagos por servicios ambientales: Experiencia del proyecto Silvopastoril. In *Workshop on Costa Rica Experience with Payments for Environmental Services*. San José (pp. 25-26).
- Infante, G. S., y Zárate, D' L. G. P. (1986). *Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario*. Distrito Federal México: Editorial Trillas.
- Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó., Pando-Moreno, M., & González-Tagle, M. (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y bosques*, 15(3), 5-20.
- Kalesnik, F., Cagnoni, M., Bertolini, P., Quintana, R., Madanes, N., & Malvárez, A. (2005). La vegetación del refugio educativo de la Ribera Norte, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Invasión de especies exóticas. *MISCELÁNEA*, 14, 139-150.
- Katinas, L. (2001). ProBiota| Serie Técnica y Didáctica| El herbario. Significado, valor y uso. *ProBiota: Serie Técnica y Didáctica*.
- López, A. S., Rodríguez, A. G., Álvarez, L. B., & Quintana, L. O. Á. (2015). Abundancia y diversidad de plantas leñosas en áreas de bosques semidecíduos micrófilos, sometidos a diferentes niveles de perturbaciones antrópicas. *Foresta Veracruzana*, 17(2), 11-20. ISO 690.
- López Gómez, A. M., & Williams Linera, G. (2006). Evaluación de métodos no paramétricos para la estimación de riqueza de especies de plantas leñosas en cafetales. *Boletín de la sociedad botánica de México*, (78), 7-15.
- Martínez, M. (1979). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. México, Fondo de Cultura Económica.

- Microsoft Excel. (2016). Microsoft Excel. New York: Microsoft Office for Windows
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). Generalized Linear Models, no. 37 in Monograph on Statistics and Applied Probability.
- Moliner, L. (2003) a. Análisis de la varianza. *Asociación de la sociedad española de hipertensión*.
- Moliner, L. (2003) b. ¿Y si los datos no se ajustan a una distribución normal?... Bondad de ajuste a una normal, transformaciones y pruebas no paramétricas. Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial. *Dirección URL: <http://www.seh-lelha.org/pdf/noparame.pdf>*. Accesado, 22(01), 2005.
- Molla, A., & Kewessa, G. (2015). Woody Species Diversity in Traditional Agroforestry Practices of Dellomenna District, Southeastern Ethiopia: Implication for Maintaining Native Woody Species. *International Journal of Biodiversity (2015)*, 1-13.
- Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., González Tagle, M. A., Yerena Yamallel, J. I., & Cuellar Rodríguez, L. G. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12(1), 29-34.
- Mudzengi, C. P., Murungweni, C., Dahwa, E., Poshiwa, X., & Kativu, S. (2013). SMD And, "Woody species composition and structure in a semiarid environment invaded by *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight and Arn (Fabaceae)". *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(9), 1-10.
- Noy-Meir, I., Mascó, M., Giorgis, M. A., Gurvich, D. E., Perazzolo, D., & Ruiz, G. (2012). Estructura y diversidad de dos fragmentos del bosque de Espinal en Córdoba, un ecosistema amenazado. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 47(1-2), 119-133.
- Ochoa-Ochoa, L. M., Mejía-Domínguez, N. R., & Bezaury-Creel, J. (2017). Priorización para la Conservación de los Bosques de Niebla en México. *Revista Ecosistemas*, 26(2), 27-37.
- Oosting, H. J. (1956). The study of plant communities. Freeman. San Francisco, USA. 185 p.
- Palmer, M. W. (1990). The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, 71(3), 1195-1198.

- Pérez, A. M., Sotelo, M., Ramírez, F., Ramírez, I., López, A., & Siria, I. (2005). Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de Matiguás y Rio Blanco (Matagalpa, Nicaragua). *Revista Ecosistemas*, 15(3), 125-141.
- Rosales Adame, J. J., Cuevas Guzmán, R., Gliessman, S. R., & Benz, B. F. (2014). Estructura y diversidad arbórea en el sistema agroforestal de piña bajo sombra en el occidente de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, (17),1-18.
- Rotenberry, J. T., & Wiens, J. A. (1980). synthetic approach to principal component analysis of bird/habitat relationships. *General technical report RM-Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, United States, Forest Service*.
- Ruiz M., S. (2016). *Calidad del suelo en sistemas de producción tradicionales y con tecnologías agroforestales en Xaltepuztla, Puebla*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora, México.
- Saavedra-Romero, L. D. L., Alvarado-Rosales, D., Rosa, P. H. D. L., Martínez-Trinidad, T., Mora-Aguilera, G., & Villa-Castillo, J. (2016). Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Madera y bosques*, 22(2), 15-27.
- Salas Páez, M. A., & Orduña Trejo, C. (1993). Las aves de la Sierra Purépecha del estado de Michoacán. *Boletín Divulgativo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias*, (79).
- Sánchez-Gómez, A., Becerril-Pérez, C. M., Rosendo-Ponce, A., & Platas-Rosado, D. E. (2017). Oportunidades de conservación del bosque de niebla a través de tecnología agroalimentaria con sistemas silvopastoriles. *Agroproductividad*, 10(1). 56-61.
- Sánchez Rodríguez, E. V., López Mata, L., García Moya, E., & Cuevas Guzmán, R. (2003). Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (73).
- Sánchez-Velásquez, L. R., Ramírez-Bamonde, E. S., Andrade-Torres, A., & Rodríguez-Torres, P. (2008). *Ecología, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Montaña en México* (9-49), 1ª ed. México.
- Serrano, J. R., Andrade, H. J., & Mora-Delgado, J. (2014). Caracterización de la cobertura arbórea en una pastura del trópico seco en Tolima, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1). 99-110.

- Servicio Meteorológico Nacional. (2016). Información climatológica nacional. Recuperado de <http://smn.cna.gob.mx/>
- Soler, P. E., Berroterán, J. L., Gil, J. L., & Acosta, R. A. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Trop*, 62(1-4), 25-37. ISO 690.
- Velázquez, T.L. (2016). *Síndromes de dispersión de semillas en tres comunidades de bosque mesófilo de montaña, en la zona centro de veracruz*. Tesis de Maestría no publicada, Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- Verzino, G., Joseau, J., Dorado, M., Gellert, E., Rodríguez Reartes, S., & Nóbile, R. (2005). Impacto de los incendios sobre la diversidad vegetal, Sierras de Córdoba, Argentina. *Ecología Aplicada*, 4(1-2), 25-34.
- Vila-Ruiz, C., Meléndez-Ackerman, E., Santiago-Bartolomei, R., Garcia-Montiel, D., Lastra, L., Figuerola, C., & Fumero-Caban, J. (2014). Plant species richness and abundance in residential yards across a tropical watershed: implications for urban sustainability. *Ecology and Society*, 19(3). 1-11.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. 4th. New Jersey, USA: Prentice Hall, Inc.

## 4. VALOR DE USO DE LAS ESPECIES LEÑOSAS PARA SU INCLUSIÓN EN LOS SISTEMAS ORNAMENTAL Y SILVOPASTORIL

### 4.1. Resumen

El valor cultural de las especies está representado en parte por los valores de uso, debido a que en este concepto intervienen tradiciones, costumbres, conocimientos y cosmovisión. La investigación se realizó en una comunidad indígena de lengua náhuatl, ubicada en Xaltepuxtla, Puebla, con 18 productores (medieros) que poseen algún sistema de producción ornamental con la finalidad de Identificar los usos múltiples locales de las especies leñosas a través de la evaluación del índice cultural, para conocer las especies de mayor interés para los productores. Se aplicaron dos tipos de métodos; la selección de especies leñosas con mayor valor ecológico bajo tres condiciones de estudio: Sistema Ornamental, Sistema Silvopastoril y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña, las cuales fueron identificadas como las de mayor valor ecológico y etnobotánico. Se utilizaron encuestas para conocer cuáles especies son las de mayor uso para los productores, posteriormente se utilizó el índice de valor de uso para determinar las partes de mayor aprovechamiento. Las especies con el máximo valor de uso son: *Bejaria aestuans* de la cual solo usan flores y *Amphipterygium adstringens* con el aprovechamiento de corteza. Las de mayor uso con respecto al número de estructuras aprovechadas de las plantas son *Buxus sempervirens*, con cinco partes aprovechadas, seguida por las especies *Camellia japónica*, *Alnus acuminata*, *Quercus sp*, *Pinus patula*, *Heliocarpus appendiculatus* y *Cyathea salvinii* con tres partes aprovechadas. Se lograron identificar las especies de mayor utilización para los productores; así mismo se identificaron las preferencias de los productores sobre algunas estructuras de las especies vegetales.

**Palabras clave:** usos múltiples, bosque mesófilo de montaña, índice de valor de uso, especies arbóreas<sup>5</sup>.

---

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Rocío Madeni Arévalo Madrigal. Directora: Dra. Rosa María García Núñez, Dr. Saúl Ugalde Lezama, Dr. David Cristóbal Acevedo.

## VALUE OF THE USE OF WOODY SPECIES FOR INCLUSION IN THE ORNAMENTAL AND SILVOPASTORIL SYSTEMS

### 4.2. Abstract

The cultural value of the species is represented in part by the use value. This concept involves traditions, customs, knowledge and worldview. The research was carried out in an indigenous community with nahuatl language located in Xaltepuztla Puebla with 18 sharecroppers which work the land with ornamental system production. In order to identify local multiple uses of woody species an evaluation of the cultural index was made to know the species of greatest interest to producers. Two types of methods were applied. The selection of woody species with highest ecological value under three conditions of study: Ornamental, System Silvopastoral system and remnants of forest mesophyll of mountain, which were identified as those of greater ecological value and ethnobotanical. Surveys were used to know which species are of greater use to the producers, then use value index was used to determine the parts of greater use. The species with the maximum value in use are: *Melotera aestuans* of which only use flowers and *Amphipterygium adstringens* with the use of bark. The greater use with respect the number of structures used for plants *Buxus sempervirens* was the specie with five parts used, followed by *Camellia japonica*, *Alnus acuminata*, *Quercus sp*, *Pinus patula*, *Heliocarpus appendiculatus* and *Cyathea salvinii* with three parts used. An identification of species of greater use to the producers were identify and also the preferences of producers on some structures of plant species were identified.

**Key words:** multipurpose, index of value in use, tree species, mountain cloud forest<sup>6</sup>.

---

Thesis Master's Degree in Agroforestry for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Rocío Madeni Arévalo Madrigal. Advisor: Dra. Rosa María García Núñez, Dr. Saúl Ugalde Lezama, Dr. David Cristóbal Acevedo.

### **4.3. Introducción**

Los grupos indígenas de México han desarrollado un extenso y minucioso conjunto de conocimientos en cuanto a su medio vegetal. El registro de todo este conocimiento da como resultado la manera de como ellos aprecian y categorizan la vegetación (Rendón & Aguilar, 2001).

El conocimiento de la vegetación o botánica local, es único y propio para cada comunidad. Ésto es heredado de una generación a otra expresada de manera verbal (Díaz, Díaz y Filardo, 2005), formando así las prácticas, elaboración de alimentos, cuidado de la salud, conservación y actividades que ayuden a la estabilidad entre la sociedad y su medio ecológico (Pochettino, 2007).

Desafortunadamente dicho conocimiento se está perdiendo, debido a que las personas que conocen los usos locales de las especies, son señores de edad avanzada y existe una falta de interés de los jóvenes por conocer el uso de las mismas (Ramos, Ávila y Morales, 2007). Esto ha motivado a algunos investigadores a realizar estudios sobre el valor cultural de las especies, por ejemplo, en especies arbóreas con Herrera, León, Gómez, Bueno & Torres, (2016) y valor de uso de la flora con Gómez, Sol, García y Pérez (2016).

A pesar de que se han realizado estudios para conocer el valor cultural de las especies leñosas, la mayoría de éstas se han enfocado a utilizar el índice de importancia cultural, y son pocos los estudios donde se ha utilizado el índice de valor de uso como un estimador del valor cultural, pues este índice también refleja el conocimiento cultural de las comunidades; ya que dicho valor de las especies está representado en parte por los valores de uso (Toledo & Barrera-Bassols, 2008); Así mismo se tiene poca información sobre el valor cultural de las especies en bosque mesófilo de montaña, menos aún en combinación con sistemas silvopastoriles de producción. Es por esto que el presente estudio tuvo por objetivo, conocer los usos locales de las especies de los sistemas

silvopastoril, ornamental y remanente de bosque mesófilo de montaña utilizando el índice de valor uso.

#### **4.4. Materiales y métodos**

##### **4.4.1. Descripción del área de estudio**

La investigación se realizó en una comunidad indígena de lengua náhuatl, ubicada en Xaltepuxtla, Tlaola, Puebla, con 18 productores (medieros) que poseen algún sistema de producción ornamental dentro de las 40 ha.

##### **4.4.2. Obtención de la información**

En el presente estudio se aplicaron dos tipos de métodos; el listado florístico de las especies para seleccionar las especies con mayor valor y las etnobotánicas, para levantar información mediante las encuestas y conocer cuáles son las especies de mayor utilización para los productores.

##### **Selección de las especies con mayor valor ecológico**

La identificación y selección de las especies ya se realizaron en el presente trabajo, considerando las tres condiciones de estudio: Sistema Ornamental, Sistema Silvopastoril y Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña. En el Cuadro 5 se muestran las especies seleccionadas.

##### **Encuestas para conocer el valor de uso de las especies leñosas**

La información etnobotánica se recopiló con encuestas realizadas en el presente año. Para poder obtener la información se aprovechó la reunión de medieros que se realiza cada 15 días, eligiendo el día 03 de septiembre del 2017. La encuesta fue aplicada a 18 medieros de la comunidad Xaltepuxtla, Puebla. El 77.78% de la población encuestadas fueron mujeres y el 22.22% restantes, hombres. La edad de las personas encuestadas osciló desde los 40 años hasta los 83 años. De cada informante se anotó su nombre completo, edad y etnia. Se eligieron a los medieros, ya que son las personas que le dan

manejo a los cultivos que ahí se tienen, son ellos quienes deciden que es lo que se debe producir, además son los que extraen los recursos maderables y no maderables del Remanente de Bosque Mesófilo de Montaña.

En la reunión se explicó el objetivo del estudio a las personas (Figura 16), posteriormente se entregó a cada mediero una hoja que contenía dos columnas, en la primera se encontraban las estructuras que poseen las plantas, en las que se consideró hoja, frutos, ramas, corteza, tallo, raíces y flores, en la segunda columna se encontraban los nombres comunes de las 16 especies con mayor valor ecológico. De esta forma se les pedía que relacionaran las partes que utilizaban de cada especie leñosa.



Figura 16. Aplicación de cuestionarios a los productores de Xaltepuxtla, Puebla.

#### **4.4.3. Valor cultural de las especies leñosas**

##### **Índice de valor de uso**

Para conocer las especies leñosas de mayor interés para los productores, se calculó el índice de Valor de Uso, propuesto por Gómez-Beloz (2002) que consiste en la cuantificación de las estructuras vegetales. La Ecuación es la siguiente:

$$PPV = RU / \sum RU$$

Donde:

PPV= Valor de uso

RU= Estructura de la planta

Las partes más usadas por especie fueron comparadas gráficamente, así como las especies con mayores estructuras aprovechadas, cada una de las especies con mayor valor ecológico se le asignó las tres primeras letras del género. Dichos análisis se efectuaron en software Microsoft Excel (2016).

#### 4.4.4. Análisis de datos

##### **Análisis canónico de correspondencia (ACC)**

Se realizó un ACC (Ter-Braak 1986) con el objetivo de conocer la asociación entre un conjunto de variables múltiples dependientes (estructuras de las plantas) e independientes (especies leñosas) (Badii, Castillo, Cortez, Wong & Villalpando, 2007), para este análisis también se asignó las tres primeras letras del género de cada especie.

El ACC (Ter-Braak 1986) es un método que permite analizar simultáneamente un grupo de frecuencias (conteos, respuestas binarias o porcentajes) y un grupo de variables (cuantitativas, cualitativas o ambas) sobre el mismo conjunto de individuos. El ACC sólo toma en cuenta la parte de la estructura asociada a la tabla de frecuencias que se puede explicar por las variables continuas.

La inercia total asociada con el análisis de correspondencias simples de la tabla de frecuencias T, se divide en dos partes: la primera explicada por el ACC (T, Z), que es la parte relacionada linealmente al grupo de frecuencias por el grupo de variables continuas, llamado inercia en el espacio restringido (Greenacre, 2007). La inercia total asociada al análisis canónico de correspondencias es:

$$Inercia (ACC) = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J f_i f_j (\hat{y}_{ij})^2 = \sum_{s=1}^S \lambda_s, \text{ donde } S = \min\{I - 1, J - 1, K\}$$

A las  $I$  filas de  $\mathbf{T}$  está asociada la nube  $N_i^1$  en el espacio restringido  $R^{J^*}$  y a las  $J$  columnas está asociada la nube  $N_j$  en el espacio  $R^I$ . Los valores propios asociados al ACC( $\mathbf{T}, \mathbf{Z}$ ) se notan  $\lambda_s$ .

Para los ejes principales del ACC ( $\mathbf{T}, \mathbf{Z}$ ) se definen: La proporción de inercia en cada eje  $s$  asociada al ACC ( $\mathbf{T}, \mathbf{Z}$ ) con respecto a la inercia asociada al mismo eje en el ACS( $\mathbf{T}$ ):  $\lambda_s/v_s$  que es la proporción de inercia asociada al ACS( $\mathbf{T}$ ) explicada por la relación lineal entre frecuencias y variables continuas.

La proporción de inercia proyectada en cada eje  $s$  con respecto a la inercia total de las nubes en el ACC:  $\lambda_s/\sum_{s=1}^S \lambda_s$ , es decir la proporción de inercia explicada por la relación lineal entre las frecuencias y variables continuas que se retiene en el eje  $s$  del ACC ( $\mathbf{T}, \mathbf{Z}$ ).

## 4.5. Resultados y discusión

### 4.5.1. Índice de valor de uso

Los resultados señalan que las especies con máximo valor de uso son: *Bejaria aestuans* (Bej) de la cual solo usan flores y *Amphipterygium adstringens* (Amp) con aprovechamiento de corteza; no obstante, las de mayor uso conforme al número de estructuras aprovechadas de las plantas son *Buxus sempervirens* (Bux), con 5 partes aprovechadas, seguida por las especies *Camellia japónica* (Cam), *Alnus acuminata* (Aln), *Quercus sp* (Que), *Pinus patula* (Pin), *Heliocarpus appendiculatus* (Hel) y *Cyathea salvinii* (Cya) con tres partes aprovechadas. La interpretación de la Figura 17, se visualiza en torno al estimador y a las partes utilizadas por especie.

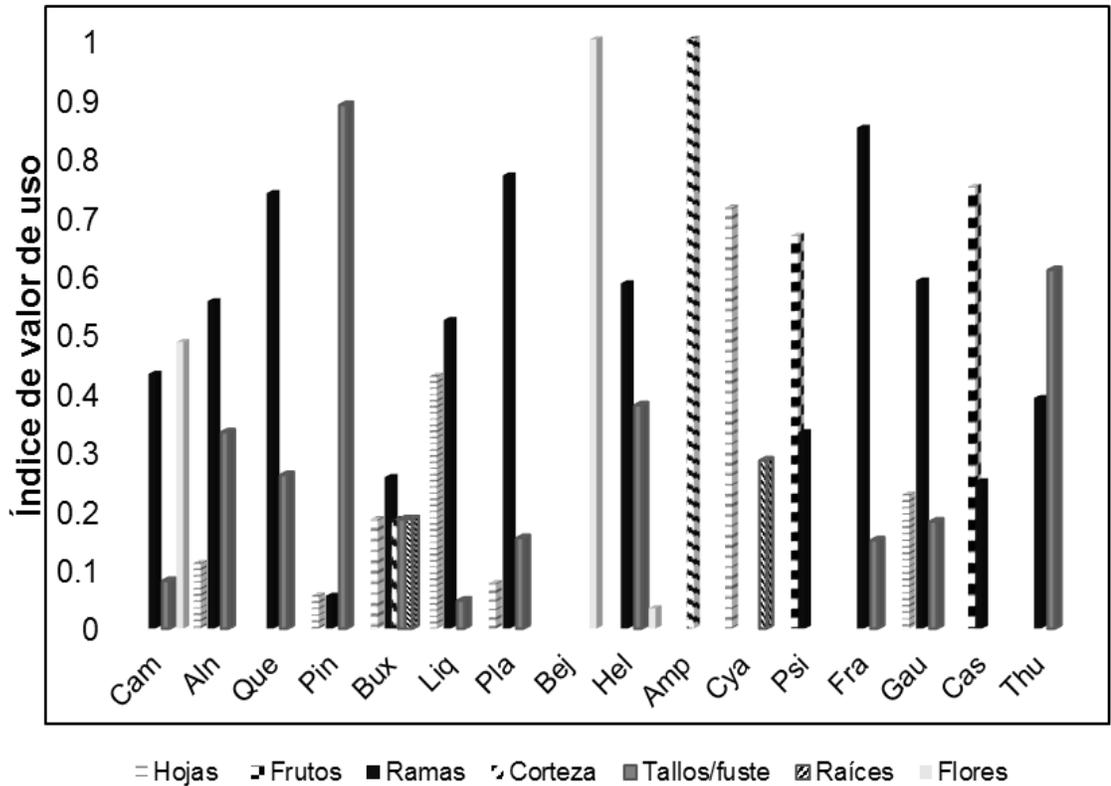


Figura 17. Especies de mayor utilización para los productores de acuerdo a las estructuras y número de estructuras aprovechadas.

Las tendencias de valor de uso de especies, demuestran que las estructuras con mayor índice son: flores y corteza, lo cual concuerda con lo reportado por Medina-van, Parra-Tabla y Leirana-Alcocer (2016) en donde mencionan que la estructura de mayor utilización son las flores; sin embargo, el trabajo de estos autores fue realizado para conocer las especies de colibríes y plantas que usan como alimento durante el estiaje. Así mismo Bardales, Gómez, Canaquiri, Jiménez, Hernández, Lamas & García (2017) mencionan que las flores son las estructuras de mayor utilización por mariposas; sin embargo, la presente da cuenta de las estructuras de plantas leñosas utilizadas por el hombre en tres condiciones; particularmente, un sistema agroforestal inmerso en un bosque mesófilo de montaña. No obstante Zambrano, Buenaño, Mancera & Jiménez (2015); Jaramillo et al. (2014); Paredes-Flores, Lira & Dávila (2007) difieren con

la presente, ya que ellos reportan que la hoja es la estructura de mayor utilización en plantas medicinales evaluadas en diferentes países. Por su parte Gómez, Arango, Sinigúí, Domicó, Bailarín (2006) reportan que la estructura de mayor utilización son los frutos para especies vegetales de uso alimenticia en comunidades Embera de selva de Pavarandó y ChuscalTuguridó (Dabeiba Occidente de Antioquia).

Las tendencias en cuanto a las especies de mayor interés para los productores basado en las estructuras utilizadas, concuerdan con las obtenidas por Hernández, Liconá, Pérez, Cisneros y Díaz (2012) quienes mencionan que *Buxus sempervirens* es una ornamental de importancia económica como alternativa diversificación productiva del café; es imperativo señalar que al igual que en la presente, utilizan ejemplares completos de dicha planta. No obstante Pinto et al. (2004) exhiben que las especies leñosas con mayor utilización son *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium*, ambas de uso forrajero en sistemas silvopastoriles del Valle Central de Chiapas. Por otra parte, Cabrera-Pérez, Ochoa-Gaona, Mariaca-Méndez, González-Valdivia, Guadarrama-Olivera y Gama (2013) registraron diferentes especies a las reportadas en la presente para Tabasco, en función de la intensidad de utilización mediante el índice de vulnerabilidad por aprovechamiento. Pinto-Ruiz et al. (2010) difieren con la presente reportando que *G. ulmifolia*, *Parmetiera edulis*, *Cordia dentata*, *Pithecellobium dulce*, *Acacia milleriana*, *Quercus sp.*, *Erythrina goldmanii* y *Gliricidia sepium* son las más utilizadas en torno a su follaje como forraje ganadero en Chiapas; es importante señalar que sus resultados se fundamentaron en datos obtenidos mediante encuestas como es el caso de la presente. Así, se documenta por primera vez la utilización de estructuras vegetales, por especie leñosa, empleando datos provenientes de encuestas, analizados mediante el índice de valor de uso para sistemas agroforestales y especies vegetales nativas de bosque mesófilo de montaña.

## 4.5.2. Análisis estadístico

### Análisis de correspondencia canónica (ACC)

Los resultados de ACC evidencian que la mayor parte de la inercia es explicada por el primer eje con un 44.27%; con el segundo obtenemos el 77.68% de la inercia acumulada (33.41). Así el valor de uso por especies leñosas, sugieren que los datos del número de entrevistas/estructuras no están linealmente relacionados con los datos de número de entrevistas/especies con un nivel de significación del 5% y un *P-value* de 0.086, por lo tanto, no se rechaza hipótesis (Figura 18).

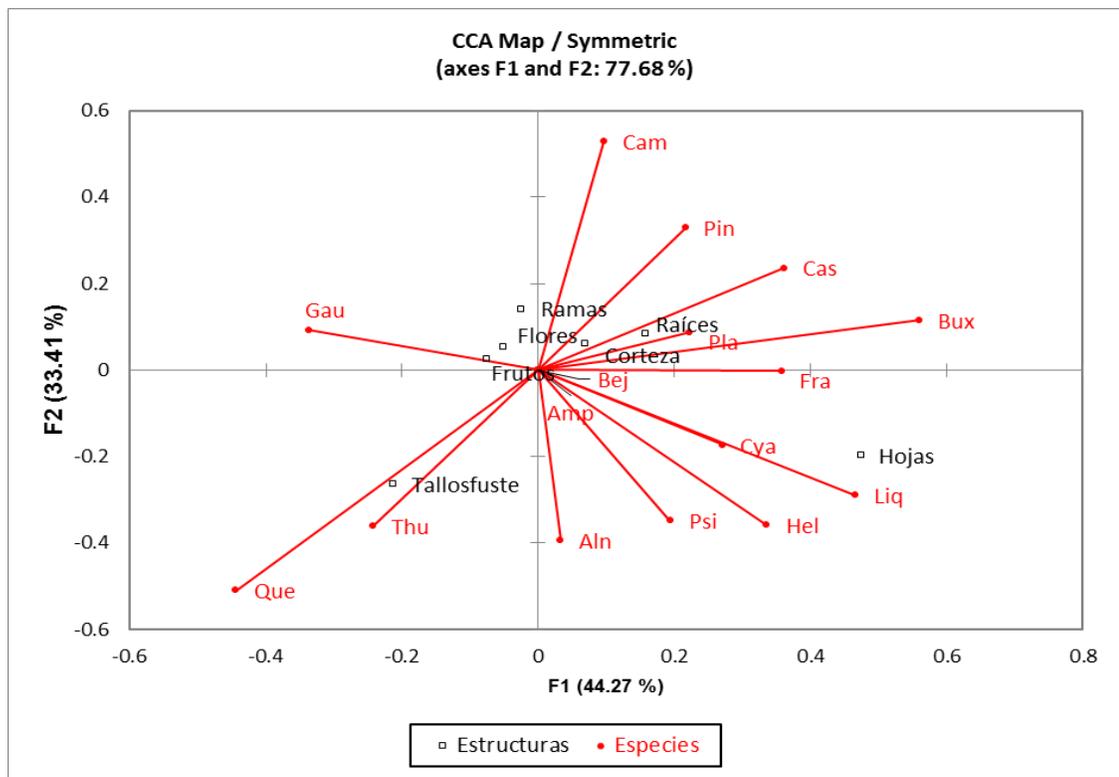


Figura 18. Asociación gráfica entre las estructuras y especies leñosas.

Las tendencias del ACCA demuestran que la inercia explicada por los primeros dos ejes es relativamente aceptable; lo cual coincide con lo reportado por Dummel y Pinazo (2013) quienes señalan que ésta explicó el 77.8% para

dichos ejes; valores similares a los obtenidos en la presente; sin embargo, ellos evaluaron la relación de influencia del paisaje y las variables estructurales del rodal sobre la composición del sotobosque en las plantaciones. Por su parte, González-Valdivia, Ochoa-Gaona, Ferguson, Pozo, Kampichler y Pérez-Hernández (2012) reportaron inercias similares a las reportadas en este trabajo; particularmente del 77%, para explicar la relación entre el tipo de árbol y su ambiente. En contraste, Díaz, Sosa-Ramírez & Pérez-Salicrup (2012) reportan una inercia del 35.9% para explicar la relación entre especies leñosas y variables ambientales en un paisaje de la Sierra Fría, Aguascalientes, la cual es considerablemente más baja a la obtenida en la presente. Así mismo, Vélez & Delgado (2008) obtuvieron resultados aún más bajos en la inercia, de 55% para evidenciar la relación entre especies vegetales de potrero y las variables ambientales en fincas ganaderas del trópico seco de Nicaragua. Así, la presente evidencia por primera vez la relación existente entre las estructuras de la vegetación utilizadas por especie leñosa y nativas de bosque mesófilo de montaña mediante

#### **4.5.1. Propuestas de inclusión de las especies con alto valor ecológico e interés para los productores**

De acuerdo a los resultados obtenidos se propone incluir en los sistemas ornamental y silvopastoril las siguientes especies: *Bejaria aestuans*, *Amphipterygium adstringens*, *Buxus sempervirens*, *Camellia japónica*, *Alnus acuminata*, *Quercus sp*, *Pinus patula*, *Heliocarpus appendiculatus* y *Cyathea salvinii*. Para el manejo de dichas especies debe considerarse la altura, diámetro de copa, altura de fuste limpio y el diámetro normal, es decir, el manejo de las estructuras verticales y horizontales de las especies.

#### **4.6. Conclusiones**

Se lograron identificar las especies de mayor utilización para los productores, a través del índice de valor de uso.

Se conoce las preferencias de los productores sobre algunas estructuras de las especies nativas del bosque mesófilo de montaña.

#### 4.7. Literatura citada

- Badii, M. H., Castillo, J., Alejandro, C., Aimer, K., Wong, A., & Villalpando, P. (2007). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica (Canonical correlation analysis and scientific research). *Innovaciones de negocios*, 4(8), 405-422.
- Bardales, J. V., Gómez, R. Z., Canaquiri, P. H., Jiménez, J. P., Hernández, J. J. R., Lamas, G., & García, P. V. (2017). Plantas alimenticias de 19 especies de mariposas diurnas (Lepidoptera) en Loreto, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 24(1), 35-42.
- Cabrera-Pérez, S., Ochoa-Gaona, S., Mariaca-Méndez, R., González-Valdivia, N., Guadarrama-Olivera, M., & Gama, L. (2013). Vulnerabilidad por aprovechamiento y distribución de especies leñosas desde la perspectiva comunitaria en la reserva Cañón del Usumacinta, Tabasco, México. *Polibotánica*, (35), 143-172.
- Díaz López, F. J., Díaz Sánchez, F., & Filardo Kerstupp, S. (2005). Conocimiento local y tecnología apropiada: lecciones del Alto Mezquital mexicano. *Alteridades*, 15(29), 9-21.
- Dummel, C. J., & Pinazo, M. A. (2013). Efecto de variables de paisaje y de rodal sobre la diversidad de especies arbóreas en el sotobosque de plantaciones de *Pinus taeda* en la provincia de Misiones, Argentina. *Bosque (Valdivia)*, 34(3), 331-342.
- Díaz, V., Sosa-Ramírez, J., & Pérez-Salicrup, D. R. (2012). Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica*, (34), 99-126.
- Gómez-Beloz, A. (2002). Plant use knowledge of the Winikina Warao: the case for questionnaires in ethnobotany. *Economic Botany*, 56(3), 231-241.
- Gómez García, E., Sol Sánchez, Á., García López, E., & Pérez Vázquez, A. (2016). Valor de uso de la flora del Ejido Sinaloa 1a sección, Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (14), 2683-2694.
- Gómez, L., Arango, J. U., Siniguí, B., Domicó, M., & Bailarín, O. (2006). Estudio etnobotánico y nutricional de las principales especies vegetales de uso alimentario en territorios de las comunidades Embera de selva de

Pavarandó y Chuscal-Tuguridó (Dabeiba Occidente de Antioquia). *Gestión y Ambiente*, 9(1). 49-64.

González-Valdivia, N., Ochoa-Gaona, S., Ferguson, B. G., Pozo, C., Kampichler, C., & Pérez-Hernández, I. (2012). Análisis comparativo de la estructura, diversidad y composición de comunidades arbóreas de un paisaje agropecuario en Tabasco, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 83(1), 83-99.

Greenacre, M. (2007), Correspondence Analysis in Practice CRC.

Hernández Meneses, F., Licona Vargas, A. L., Pérez Portilla, E., Cisneros Solano, V. M., & Díaz Cárdenas, S. (2012). Diversificación productiva café–plantas ornamentales en La Sidra, Atzacan, Veracruz. *Revista de Geografía Agrícola*, (48,49), 39-50.

Herrera, B. B., León, A. C., Gómez, M. U., Bueno, A. L., & Torres, R. M. (2016). Valor cultural de especies arbóreas en sistemas agroforestales de la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (16), 3277-3286.

Jaramillo, M. A., Castro, M., Ruiz-Zapata, T., Lastres, M., Torrecilla, P., Lapp, M., ... & Muñoz, D. (2014). ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE PLANTAS MEDICINALES EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE PELELOJO, MUNICIPIO URDANETA, ESTADO ARAGUA, VENEZUELA. *Ernstia*, 24(1), 85-110.

Medina-van Berkum, P., Parra-Tabla, V. P., & Leirana-Alcocer, J. L. (2016). Recursos florales y colibríes durante la época seca en la Reserva de la Biosfera Ría Lagartos, Yucatán, México. *Huitzil*, 17(2), 244-250.

Paredes-Flores, M., Lira Saade, R., & Dávila Aranda, P. D. (2007). Estudio etnobotánico de Zapotitlán Salinas, Puebla. *Acta botánica mexicana*, (79), 13-61.

Pinto, R., Gómez, H., Martínez, B., Hernández, A., Medina, F., Ortega, L., & Ramírez, L. (2004). Especies forrajeras utilizadas bajo silvo-pastoreo en el centro de Chiapas. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 8(2), 1-12.

Pinto-Ruiz, R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M. A., Quiroga, R., & Pezo, D. (2010). Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. *Universidad y ciencia*, 26(1), 19-31.

Pochettino, M. L. (2007). Conocimiento botánico tradicional. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 6(1), 3-4.

- Ramos Hernández, M., Ávila Bello, C. H., & Morales Mávila, J. E. (2007). Etnobotánica y ecología de plantas utilizadas por tres curanderos contra la mordedura de serpiente en la región de Acayucan, Veracruz, México. *Boletín de la sociedad Botánica de México*, (81).
- Rendón Aguilar, B., & Aguilar, B. R. (2001). *Plantas, cultura y sociedad: Estudio sobre la relación entre seres humanos y plantas en los albores del siglo XXI* (No. QK 901. P53 2001).
- Ter Braak, C. J. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5), 1167-1179.
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales* (Vol. 3). Icaria editorial.
- Vélez, R. V., & Delgado, J. R. M. (2008). Cobertura arbórea y herbácea en pasturas naturalizadas de fincas ganaderas del Trópico Seco de Nicaragua. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21(4), 4.
- Zambrano, L. F., Buenaño, M., Mancera, N., & Jiménez, E. (2015). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas por los habitantes del área rural de la Parroquia San Carlos, Quevedo, Ecuador. *Universidad y Salud*, 17(1), 97-109.

