

## **Modificación del formato P (unidades de muestreo del bosque) en el bosque mesófilo de montaña de Lolotla, Hidalgo, México**

Escutia, Jorge A.<sup>1</sup>; Ruiz-Jiménez, Carlos A.; Luna, Isolda  
Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias,  
Universidad Nacional Autónoma de México  
<sup>1</sup>jaes@correo.unam.mx

### **Resumen**

Se describe la estructura de la vegetación del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande de Lolotla (Hidalgo) con base en la caracterización ambiental de 38 sitios de muestreo con diferente orientación de la ladera y altitud. Se utilizó una modificación al formato P correspondiente a las unidades de muestreo dentro del bosque, que forma parte del método del IFRI (Ostrom y Wertime, 1995). Monte Grande es un bosque secundario debido a sus valores bajos de área basal, la baja densidad de individuos con altura y diámetro grandes, y la alta densidad de individuos policaulescentes.

### **Introducción**

El bosque mesófilo de montaña *sensu* Rzedowski (1978) es un tipo de vegetación heterogéneo que agrupa comunidades vegetales que comparten características fisonómicas, ecológicas, climáticas y florísticas. Posee una gran diversidad biológica (Rzedowski, 1978, 1996; Challenger, 1998) debido a su situación geográfica, al variado origen y evolución de sus componentes (Miranda y Sharp, 1950; Rzedowski, 1978, 1992a, 1992b, 1996; Alcántara y Luna, 1997, 2001; Luna *et al.*, 1994; 1999), así como a su compleja ecología (Puig y Bracho, 1987; Meave *et al.*, 1992; Gentry, 1995; Ortega y Castillo, 1996; Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999).

Este tipo de vegetación es excepcional, ya que aunque ocupa menos del 0.1% del territorio nacional, es considerado como el que posee una mayor riqueza biológica por unidad de área del país (Rzedowski, 1992b, 1996; Ortega y Castillo, 1996). El bosque mesófilo de montaña en el pasado tenía una distribución más amplia y continua, en comparación con la distribución disyunta o vicariante que actualmente presenta en nuestro país (Alcántara y Luna, 1997;

Challenger, 1998; Luna *et al.*, 1999, Luna *et al.*, 2001). Este tipo de vegetación en la actualidad se encuentra muy fragmentado, debido en gran parte a actividades humanas, lo cual ha acentuado aún más su distribución archipelágica (Luna *et al.*, 1994; Mayorga *et al.*, 1998).

El objetivo de este trabajo fue describir la estructura vertical y diamétrica de Monte Grande, así como su relación con la estructura cuantitativa, para ello, se utilizó una modificación del método del IFRI (Ostrom y Wertime, 1995).

### **Localización y límites del Monte Grande de Lolotla**

El acceso a Monte Grande desde la Ciudad de México es por la carretera federal 85 México-Pachuca, con una desviación en la carretera federal 105 Pachuca-Tampico; sobre el km 143 se encuentran los terrenos comunales que pertenecen a las comuniades de Chalma y Tenango dentro del municipio de Lolotla (INEGI, 1993). El área de estudio se ubica entre los paralelos 20° 51' 48'' y 20° 50' 24'' de latitud norte y 98° 42' 15'' y 98° 40' 20'' longitud oeste, con un intervalo altitudinal entre los 1110 a 1560 msnm (INEGI, 1993) y ocupa una superficie aproximada de 528.27 ha (figura 1).

En Monte Grande se presenta un clima templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos, con lluvias en verano, verano fresco y largo, temperatura media del mes más caliente entre 6.5° y 22°C, con poca oscilación térmica y marcha de la temperatura tipo Ganges, con una fórmula climática de C(w<sub>2</sub>)(w)b(i')g (SP, 1970; García, 1988). El suelo en Monte Grande es de tipo regosol eútrico (SMA, 1998).

### **Material y método**

#### **Selección y descripción de los sitios de muestreo**

A partir del modelo digital de terreno de Monte Grande y un análisis de orientación de la ladera generado con el programa Ilwis 3.0 (ITC, 2001), se distribuyeron los sitios de muestreo, de manera que se trabajara de acuerdo al porcentaje de la superficie ocupada por cada orientación de la ladera.

Los criterios ambientales considerados en la selección de los sitios de muestreo fueron similares a los empleados en otros trabajos (ver Puig *et al.*, 1983, 1987; Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999), tales como la exposición de la ladera, ubicación topográfica, altitud y pendiente en grados.

Se tomaron las coordenadas ( $x, y$ ) en unidades UTM (zona 14) mediante un geoposicionador satelital (GPS) y la altitud de cada uno de los sitios de muestreo con altímetro. Los datos relativos a factores ambientales obtenidos fueron unidad geomorfológica, orientación, pendiente, así como cobertura estimada del dosel.

#### *Método de muestreo para el análisis estructural*

El método de muestreo empleado es una modificación al formato P (unidades de muestreo del bosque) empleado por el International Forestry Resources Institutions (IFRI) diseñado por Ostrom y Wertime de la Universidad de Indiana en 1995. Este método en su forma original consta de varios formatos que tienen como objetivo obtener información acerca del uso y manejo de los recursos forestales a nivel mundial. En su forma original se ha utilizado en México en los bosques de Donaciano Ojeda y Cerro Prieto (Michoacán) y en Capulalpan y Huayapan (Oaxaca), asimismo se han propuesto modificaciones metodológicas en su parte biológica que se han empleado en la descripción de los bosques mesófilos de montaña de Santo Tomás Teipan y Chontecomatlán, Oaxaca (Ruiz-Jiménez, datos no publicados).

#### *Modificaciones correspondientes a las unidades de muestreo del bosque*

El formato del método IFRI relativo a las unidades de muestreo del bosque (*form P*) consiste en tres círculos concéntricos cuyos criterios de inclusión son la forma de crecimiento, el diámetro basal y el perímetro a la altura del pecho. Las modificaciones a este formato se presentan en la sección D y se refieren a la identificación a nivel específico de las plantas incluidas dentro de los tres círculos; para los individuos incluidos dentro del segundo círculo se midió el diámetro basal en lugar del diámetro a la altura del pecho; dentro del tercer círculo en el que se muestrea el estrato arbóreo se redujo el límite inferior del diámetro a la altura del pecho de 10 a 3.18 cm; además se calculó la cobertura de la copa y la altura de la primera ramificación importante.

Se recolectaron ejemplares de referencia de individuos de las especies incluidas dentro del muestreo, procurando que fueran especímenes botánicos en estado de floración y/o fructificación. El material colectado se herborizó y posteriormente identificó a nivel de especie, con la ayuda de especialistas para algunas familias. Los especímenes se cotejaron en la colección del Herbario de la Facultad de Ciencias (FCME).

## **Análisis de los datos**

### *Estructura cuantitativa*

El análisis de los datos por sitio de muestreo consistió en cuantificar para el primer círculo el número de especies herbáceas, la altura promedio por especie, el número de plántulas, el porcentaje de cobertura y el número total de especies. En el segundo círculo se estimó el número de individuos, la densidad por hectárea, el área basal del sitio, el área basal por hectárea en una hectárea, la altura promedio, el intervalo de altura y el número total de especies. En el tercer círculo se cuantificó el número de individuos, la densidad por hectárea, el área basal del sitio, el área basal por hectárea, la cobertura del sitio, la cobertura por hectárea y el porcentaje de cobertura del sitio, la altura promedio, el intervalo de altura y el número total de especies.

### *Relación entre la altura, el DAP de los individuos arbóreos y la estructura cuantitativa*

Se realizaron histogramas de la distribución de frecuencias de las alturas de los individuos presentes en el segundo y tercer círculo del muestreo. El número y amplitud de clases se calcularon mediante la siguiente fórmula correspondiente a la regla de Sturges:

$$k = 1 + 3.322 (\log_{10} n), \text{ donde } k \text{ son número de clases y } n \text{ el número de datos.}$$

La distribución vertical de las especies del tercer círculo se obtuvo a partir de graficar la altura máxima, altura promedio y altura mínima. En el caso de aquellas especies que están representadas únicamente por un individuo, se graficó la altura total, altura de la primera ramificación importante y la altura media que consiste en el punto medio entre las dos medidas anteriores. Esta gráfica representa una aproximación a la estratificación por especie. Además se analizó la relación de la altura de los individuos arbóreos con las variables estructurales de densidad, área basal y cobertura.

Se realizaron histogramas de distribución de frecuencias de diámetro basal de los individuos incluidos dentro del segundo círculo, mientras que para individuos con PAP  $\geq 10$  cm ( $\approx 3.18$  cm de DAP) se realizaron histogramas de la distribución de frecuencias de diámetros a la altura del pecho. Se analizó la distribución diamétrica de la estructura cuantitativa (densidad, área basal y cobertura) con base en los límites inferiores del DAP utilizados en descripciones estructurales dentro del bosque mesófilo de montaña, como son 3.3, 5, 10, 15 y 20 cm (Arellanes, 2000; Mejía, 2003).

## Resultados

En los terrenos comunales de Monte Grande se realizaron 38 unidades de muestreo (*forest plot*) con área, cubriendo una superficie total de 11938 m<sup>2</sup> ( $\approx 1.2$  ha) para el estrato arbóreo, 1074 m<sup>2</sup> para el estrato arbustivo y 119 m<sup>2</sup> para el estrato herbáceo.

## Composición florística de Monte Grande

El bosque mesófilo de montaña de Monte Grande se muestra como una comunidad variada que presenta elementos característicos para este tipo de vegetación. En el círculo de 10 m de radio se presentaron 36 especies que no fueron incluidas en los otros dos círculos. El estrato arbóreo está constituido por especies de las familias Fagaceae (*Quercus* aff. *eugeniifolia*, *Q. affinis*, *Q. castanea*, *Q. germana* y *Q. sartorii*), Lauraceae (*Beilschmiedia mexicana*, *Cinnamomum efusum*, *Ocotea helicterifolia*, *Persea americana* y *P. liebmannii*), Fabaceae (*Dalbergia palo-escrito* e *Inga huastecana*), Ericaceae (*Befaria laevis*, *Gaultheria* sp., *Vaccinium leucanthum* y *Xolisma squamulosa*), Betulaceae (*Carpinus caroliniana* y *Ostrya virginiana*), Pinaceae (*Pinus greggii* y *P. pseudostrobus*), Rosaceae (*P. brachybotrya*, *Prunus samydoidea* y *P. serotina* var. *capuli*) y Cornaceae (*Cornus disciflora* y *C. excelsa*); otras especies arbóreas presentes son *Clethra mexicana*, *Eugenia xalapensis*, *Juglans mollis*, *Liquidambar macrophylla*, *Oreopanax xalapensis*, *Rapanaea myricoides*, *Rhamnus longistyla*, *Trichilia havanensis*, *Trophis mexicana*, *Turpinia occidentalis* y *Zanthoxylum xicense*.

En el círculo de 3 m de radio se presentaron seis especies exclusivas, es decir que no se presentaron en los círculos de 1 y 10 m de radio. En este círculo se encuentran individuos jóvenes de las especies arbóreas antes mencionadas, además de miembros de las familias Rubiaceae

(*Hoffmania rotata*, *Houstonia* sp., *Palicourea padifolia* y *Randia aculeata*) y Asteraceae (*Ageratina ligustrina*, *Baccharis trinervis*, *Eupatorium* sp. y *Stevia jorullensis*) y de especies de arbustos como *Bocconia frutescens*, *Miconia oligotricha*, *Piper auritum*, *Solanum umbellatum*, *Triumfetta dumetorum* y *Xylosma flexuosum*.

En el círculo de 1 m de radio se presentaron 60 especies que solo fueron registradas de manera exclusiva para este círculo. Este estrato está dominado por pastos (*Homolepis glutinosa* e *Ichnanthus nemorosus*), pteridofitas (*Asplenium* sp., *Elaphoglossum* sp., *Polypodium* spp.), y aráceas (*Anthurium* sp., *Arisaema* sp. y *Zyngonium* sp.); otras especies menos abundantes son *Coccocypselum cordifolium*, *Commelina* sp., *Peperomia collocata* y *Oxalis* sp. Las plántulas de las especies arbustivas y arbóreas son elementos importantes dentro de este estrato. Las trepadoras leñosas más sobresalientes son *Celastrus pringlei*, *Parthenocissus* sp., *Rhus* sp., *Rubus eriocarpus*, *Smilax aristolochiifolia*, *S. dominguensis*, *S. mollis*, *S. tomentosa* y *Vitis popenoei*.

En este bosque se encuentran individuos del helecho arborescente *Cyathea mexicana* especie en peligro de extinción, así como de *Ceratozamia mexicana*, la cual es especie amenazada según la NOM-059-ECOL-2001 (SEMARNAT, 2002). Algunas especies favorecidas por la perturbación fueron los pastos (*Homolepis glutinosa* e *Ichnanthus nemorosus*) y *Pteridium* sp. También se encontraron árboles frutales de *Citrus aurantium* (naranja) y *C. limon* (limón real) y parcelas con cultivo de *Zea mays* (maíz).

## **Estructura cuantitativa de Monte Grande**

### **Primer círculo: hierbas y plántulas**

Al analizar las variables estructurales para el primer círculo, se obtuvo que en algunos sitios no se presentó ninguna especie herbácea, mientras que otros llegaron a presentar hasta ocho especies. El número de especies dentro del círculo fue variable, llegándose a presentar hasta 14 especies y dos en el sitio menos abundante. El porcentaje de cobertura de las especies herbáceas en algunos sitios llegó a sobrepasar el 230%, en contraste con otros donde fue menor a 10%, siendo el promedio de 71% de superficie ocupada para este estrato.

Los valores de los intervalos de altura están influidos por la presencia de plántulas de algunas especies arbustivas y arbóreas, así como de algunos individuos bien establecidos que

sobrepasaron los 2 m, pero que no alcanzaron a tener 2.5 cm de diámetro basal. El número total de plántulas fue de 435; en algunos sitios se presentaron hasta 107 correspondientes a *Beilschmiedia mexicana*, mientras que ocho de los sitios no presentaron plántulas, siendo el promedio de plántulas por sitio de 11.

### **Segundo círculo: *arbustos, árboles jóvenes y trepadoras leñosas***

En 38 círculos de 3 m de radio (1074 m<sup>2</sup>) se midieron 363 individuos arbustivos, renuevos de árboles y trepadoras leñosas con  $2.5 \leq \text{diámetro basal} < 10$  cm. Algunos sitios únicamente presentaron una especie (*Eugenia xalapensis*, *Xolisma squamulosa*, *Beilschmiedia mexicana* y *Quercus castanea*), mientras que otros sitios presentaron hasta nueve, siendo el promedio de cuatro especies por sitio.

La densidad del conjunto total de arbustos, árboles jóvenes y trepadoras en Monte Grande fue de 3379 ind/ha. El intervalo de densidad varía entre 707 ind/ha y 11318 ind/ha. El área basal total de los 393 tallos fue de 4.55 m<sup>2</sup>/ha. El intervalo del área basal se encuentra entre 0.80 m<sup>2</sup>/ha y 20.40 m<sup>2</sup>/ha. El intervalo de altura de los 359 arbustos y árboles jóvenes fue de 1.3 a 5.99 m, con una altura promedio de 2.53 m.

### *Estructura vertical*

La figura 2 muestra la distribución de frecuencias de las alturas de 359 arbustos y árboles jóvenes, donde se observa que el histograma comprende nueve clases de altura con una amplitud de clase de 52 cm. La forma de esta gráfica es asimétrica negativa o en forma de "J" invertida, en la cual las categorías con los individuos con talla baja son las más abundantes. La primer categoría (1.3 a 1.82 m) fue la más abundante con cerca de 30% de los individuos, en contraste con la última categoría (entre 5.47 a 5.99 m) con menos del 1%. Asimismo, en las tres primeras categorías se concentra del 70% de los individuos incluidos dentro de los círculos con 3 m de radio, estos individuos presentan alturas menores a 3 m (1.3 a 2.8 m).

En esta gráfica no es posible distinguir una estratificación definida, debido a que existe una continuidad entre las distintas categorías. La tendencia de esta gráfica muestra que con el aumento de la altura disminuye la frecuencia en las categorías de mayor tamaño.

### *Estructura diamétrica*

El histograma de frecuencia de los diámetros basales de los individuos incluidos en el segundo círculo (figura 3) comprende nueve clases con una amplitud de 0.72 cm, donde se incluyeron 363 individuos. La forma de esta gráfica es asimétrica negativa o en forma de "J" invertida, debido a que la frecuencia se concentra en las primeras categorías y disminuye hasta las categorías de mayor tamaño. La primer categoría que incluye a los individuos entre 2.5 a 3.22 cm de diámetro basal fue la más frecuente con 36%, seguida por la segunda categoría (3.22 a 3.94 cm) que incluye el 25% de los individuos. La tendencia general de esta gráfica muestra que conforme aumenta el tamaño del diámetro disminuye el número de individuos.

### **Tercer círculo: árboles y trepadoras leñosas**

Se midieron 1628 individuos con PAP  $\geq 10$  cm ( $\approx 3.18$  cm de DAP) en 11938 m<sup>2</sup> correspondientes a 38 círculos de 10 m de radio. En algunos sitios únicamente había cuatro especies, mientras que en otros la riqueza llegó a ser de 19 especies.

La densidad de los 1576 árboles y las 52 trepadoras leñosas en su conjunto es de 1364 ind/ha. El valor mínimo en cuanto la densidad fue de 382 ind/ha, siendo el mayor máximo de 2769 ind/ha, y el promedio de 1360 ind/ha. El área basal total correspondiente al conjunto de los 2165 tallos medidos en Monte Grande fue de 23.48 m<sup>2</sup>/ha, el valor más bajo fue de 10.62 m<sup>2</sup>/ha, mientras que el valor más alto fue de 36 m<sup>2</sup>/ha.

La cobertura del follaje en Monte Grande fue de 223%, en algunos sitios la cobertura ocupada por las hojas llegó a cubrir hasta cinco veces la superficie muestreada, pero en otros sitios fue sólo equivalente al 100%. Los árboles presentan un intervalo de altura que va de 1.3 a 38.87 m, con una altura promedio de 7.63 m. El diámetro promedio fue de 10.27 cm con un intervalo de 3.18 a 74.8 cm. El valor promedio de la cobertura fue de 16.921 m<sup>2</sup> con un intervalo de 0.0019 a 415.475 m<sup>2</sup>.

### *Estructura vertical*



La figura 4 muestra el histograma de frecuencias de las alturas de individuos incluidos dentro del tercer círculo, donde se observan 12 clases con un intervalo de 3.13 m. En esta gráfica se incluyeron 1576 individuos con PAP  $\geq 10$  cm ( $\approx 3.18$  cm de DAP). La forma de esta gráfica es asimétrica negativa o en forma de "J" invertida, debido a que las primeras categorías son las que incluyen al mayor número de individuos, en contraste, las categorías de mayor altura tienen una baja frecuencia. El 60% de los individuos arbóreos en Monte Grande tienen menos de 10.6 m de altura, siendo la segunda categoría (4.4 a 7.5 m) la más abundante con cerca del 40%, mientras que sólo algunos árboles superan los 20 m (1.45 %). En esta figura la estratificación presenta dos estratos definidos por los individuos con menos de 10 m que constituyen el estrato bajo, los individuos con 10 a 20 m conforman el estrato alto, mientras que los individuos emergentes son los que presentan más de 20 m. La tendencia de esta gráfica muestra que con el aumento de la altura la frecuencia disminuye.

#### *Distribución vertical de las especies: aproximación a la estratificación específica*

La gráfica de distribución de las especies del tercer círculo (figura 5) se realizó con base en la altura máxima, promedio y mínima de cada especie. A partir esta figura se realizó una clasificación de los individuos, donde se reconocieron tres categorías de altura principales equivalentes a estratos, cuyas amplitud fue de 10 m, estos límites fueron empleados en la descripción de la estructura vertical de Tiltepec (Arellanes, 2000) y Teipan (Mejía, 2003) en el estado de Oaxaca. Asimismo estas categorías principales fueron subdivididas en dos categorías secundarias con una amplitud de 5 m.

El estrato bajo considera a las especies con individuos entre 1.3 y 10 m. La categoría Ia con menos de 5 m incluye a *Ageratina ligustrina*, *Prunus* sp., *Yucca* sp., *Cornus excelsa*, *Baccharis trinervis*, *Rhamnus longistyla* y *Myrica cerifera*. En la categoría Ib (entre 5 y 10 m) se incluye a *Xolisma squamulosa*, *Citrus limon*, *Piper* sp., *Oreopanax xalapensis*, *Prunus serotina* var. *capuli*, *Palicourea padifolia*, *Gaultheria* sp., *Cinnamomum effusum*, *Cnidoscopus multilobus*, *Cyathea mexicana*, *Randia aculeata*, *Viburnum* sp., *Zanthoxylum xicense*, *Lonchocarpus* sp., *Persea liebmanii*, *Prunus samydoides*, *Citrus aurantium*, *Cornus disciflora* y *Persea americana* (figura 5).

En el estrato medio comprende a los individuos de especies entre 10 y 20 m. En la categoría IIa (entre 10 y 15 m) se incluye a las especies *Prunus brachybotrya*, *Carpinus caroliniana*, *Inga huastecana*, *Juglans mollis*, *Rapanea myricoides*, *Trichilia havanensis*, *Vaccinium leucanthum*, *Turpinia occidentalis* y *Eugenia xalapensis*. La categoría IIb (entre 15 y 20 m) incluye a *Befaria laevis*, *Quercus castanea*, *Ocotea helicterifolia* y *Q. affinis* (figura 5).

En el estrato alto considera a las especies con al menos un individuo con más de 20 metros e incluye a especies del dosel alto pertenecientes a la categoría IIIa con menos de 25 m como son *Beilschmiedia mexicana*, *Pinus pseudostrobus*, *Clethra mexicana*, *P. greggii* y *Liquidambar macrophylla*. La categoría IIIb con más de 25 m incluye a las especies *Ostrya virginiana*, *Quercus aff. eugeniifolia*, *Trophis mexicana*, *Q. germana*, *Dalbergia palo-escrito* y *Q. sartorii* (figura 5).

#### *Distribución vertical de la estructura cuantitativa*

Con base en la aproximación a la estratificación de las especies del tercer círculo, se emplearon las mismas categorías descritas como estratos, con el fin de conocer cómo se distribuyen las variables estructurales con respecto a la estructura vertical (cuadro 1 y figura 6). En este análisis cada individuo está incluido en una sola categoría de acuerdo a la altura hasta el límite superior de la copa.

En el estrato bajo (1.3 a 10 m) se presenta cerca del 80% de la densidad arbórea. De manera particular la densidad se concentra en individuos entre 5 y 10 m con el 45%. En el estrato medio (entre 10 y 20 m) se concentra el 51% del área basal, siendo los individuos entre 15 y 20 m los que aportan el mayor porcentaje de esta variable con 33 %.

Los individuos del estrato medio y bajo (entre 1.3 a 20) contribuyeron con el 80% de la cobertura, sin embargo son los individuos entre 5 y 10 m, son los que más contribuyen con un porcentaje de 31% (cuadro 1 y figura 6).

Con base en este análisis se distinguen las siguientes tendencias generales de la distribución vertical de la estructura cuantitativa: 1) la densidad y el número de especies disminuyen drásticamente con el incremento de la altura; 2) la distribución vertical del área basal y cobertura se muestra en forma de campana, donde las categorías que más contribuyen con estas variables se encuentran en el estrato medio (entre 10 y 15 m) y bajo-medio (entre 5 a 15 m) respectivamente. 3) El incremento del límite superior de la altura refleja un aumento en los valores promedios de la altura, el diámetro a la altura del pecho y cobertura de los individuos.

### *Estructura diamétrica*

La figura 7 muestra la distribución de las frecuencias de los diámetros a la altura del pecho (DAP), en este histograma se consideran 1628 individuos distribuidos en 12 categorías con 5.96 cm de amplitud entre cada clase. La forma de esta gráfica es asimétrica negativa o en forma de "J" invertida, donde los individuos con diámetros pequeños son los más abundantes y los individuos con diámetros grandes son escasos. La mayor parte de los individuos considerados dentro del tercer círculo tienen un DAP menor a 10 cm, de los cuales más del 81% presentan un DAP entre 3.18 y 9.14 cm, siendo primer categoría (entre 3.18 y 9.14) las más frecuente con 66%, en contraste con las categorías de mayor tamaño, ya que menos del 2.5% de los tallos supera los 33 cm. La tendencia de esta gráfica muestra que con el aumento del diámetro a la altura del pecho disminuye drásticamente la frecuencia.

### *Relación entre las categorías diamétricas y la estructura cuantitativa*

Se utilizaron distintos límites inferiores de diámetro a la altura del pecho (DAP), con la intención de conocer cuál es la contribución de los individuos de las categorías de 3.18, 3.3, 5, 15 y 20 cm de DAP, así como la participación de los individuos policaulescentes en la estructura (cuadro 2 y figura 8). En este análisis un mismo individuo fue incluido en varias categorías, sobre todo si presentaba un valor de DAP grande.

La densidad se concentra en los individuos con diámetros pequeños, principalmente entre 3.18 a 3.3 cm. Entre los 5 y 10 cm de DAP, la densidad disminuyó drásticamente (cuadro 2), ya que en este intervalo el número de individuos por hectárea descendió en más de la mitad. El 13% de los individuos aportan poco más del 70% del área basal en Monte Grande, es decir, los individuos

con 20 cm de o más de DAP contribuyen con casi tres cuartas partes del área basal. La participación que tienen las categorías diamétricas en la cobertura disminuye gradualmente conforme aumenta el límite inferior del DAP. Los valores promedio de altura, DAP y cobertura aumentan conforme se incrementa el límite inferior del DAP (cuadro 2 y figura 8).

Aunque la densidad de los individuos policaulescentes equivale al 20%, estos individuos aportan cerca del 70% del área basal en esta comunidad, así como más del 50% de la cobertura. Asimismo cerca del 60% de especies incluidas dentro del tercer círculo presentaron al menos un individuo con más de un tallo. Los valores promedios, así como los valores máximos de altura, DAP y cobertura son inferiores a los que se presentaron en las categorías diamétricas analizadas (cuadro 2 y figura 8).

La distribución diamétrica de la estructura cuantitativa permite distinguir las siguientes tendencias: 1) la densidad y el número de especies disminuyen notablemente con el aumento del límite inferior del DAP. 2) La cobertura y el área basal aunque disminuyen se observa que las categorías con DAP mayor tienen un contribución importantes. 3) El aumento en el límite del DAP se refleja en el incremento de los valores promedio de altura, DAP y cobertura. 4) Los individuos policaulescentes tienen una participación considerable en la estructura cuantitativa, sobre todo en cuanto al número de especies y el área basal (cuadro 2 y figura 8).

## **Discusión**

### **Aspectos metodológicos**

#### *Método de muestreo*

Dentro de los estudios de la vegetación que pretenden caracterizar la complejidad estructural como consecuencia de la heterogeneidad ambiental, el método de muestreo utilizado puede clasificarse como un método florístico con área, ya que describe la estructura con base en la composición, de manera que la interpretación ecológica relaciona los parámetros estructurales de densidad, área basal y cobertura.

El empleo de un modelo digital del terreno es una herramienta valiosa, ya que permite delimitar el área de estudio y ubicar los sitios de muestreo con base en los factores que determinan e influyen en la composición y estructura del bosque. Debido a las dimensiones de los círculos, es posible explorar y caracterizar distintos ambientes, empleando como criterio el muestreo por orientación, unidades topográficas, altitud y pendiente para distribuir los sitios de muestreo.

Con el fin de obtener una mejor descripción de la estructura y la composición florística se hicieron modificaciones en la sección D del formato P del método del IFRI (Ostrom y Wertime, 1995) correspondiente a las unidades de muestreo dentro del bosque; dichas modificaciones consistieron en considerar la identidad taxonómica de las especies incluidas en el muestreo, así como en los criterios de inclusión y medición de variables. En cuanto a los criterios de inclusión del segundo círculo, se midió el diámetro basal en lugar del diámetro a la altura del pecho. En el tercer círculo se disminuyó el diámetro a la altura del pecho (DAP) de 10 cm a 3.18 cm, lo que permitió incluir individuos más pequeños, además se incluyó la medición de la cobertura del follaje de cada individuo para estimar la superficie de la copa, así como se la medición de la altura de la primera rama importante, lo cual permite conocer la presencia de estratos a partir de la distribución vertical de la copa. El nombre científico de las plantas incluidas dentro del muestreo es fundamental para conocer a detalle la composición florística y describir la estructura del bosque, sin embargo en el formato original puede ser sustituido por el nombre vulgar (Ostrom y Wertime, 1995).

Los métodos utilizados para los estudios de la estructura de la vegetación del bosque mesófilo de montaña principalmente han sido métodos con área, ya sea que se han usado parcelas de una hectárea, como en Omiltemi, Guerrero (Meave *et al.*, 1992), Tiltepec, Oaxaca (Arellanes, 2000) y Teipan, Oaxaca (Mejía, 2003); también se han usado cuadros o rectángulos entre 1000 m<sup>2</sup> y 2000 m<sup>2</sup> como se hizo en Gómez Farías, Tamaulipas, (Puig *et al.*, 1983), El Triunfo, Chiapas (Williams-Linera, 1991), Manantlán, Jalisco (Santiago y Jardel, 1993) y el centro de Veracruz (Williams-Linera *et al.*, 1996; Williams-Linera, 2002). Asimismo, se han trabajado sitios con métodos sin área como en el caso de Simojovel, Chiapas (Zuill y Lathrop, 1975), Volcán San Martín, Veracruz (Álvarez, 1977) y Puerto Soledad, Oaxaca (Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999). En

cada localidad se utilizó como criterio de inclusión principalmente el diámetro a la altura del pecho (DAP), siendo los límites inferiores más comunes 2.5, 3.18, 3.3, 5, 10 y 15 cm.

El hecho de que exista una gran variedad de métodos de muestreo así como criterios de inclusión principalmente de los individuos arbóreos, permite abordar la complejidad estructural de estas comunidades boscosas. Sin embargo, en los trabajos donde se estudian parcelas menores a una hectárea o con métodos sin área, es posible llevar a cabo una mejor aproximación a la variación ambiental dada por la orientación de la ladera (Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999) pendiente (Santiago y Jardel, 1993) o altitud (Williams-Linera *et al.*, 1996; Vázquez y Givnish, 1998).

### **Composición florística**

Debido al carácter florístico del método de muestreo empleado, fue posible obtener una aproximación del número total de especies arbóreas principalmente; sin embargo, el hecho de no contar con el listado final de las especies presentes en Monte Grande, imposibilita conocer qué proporción de la diversidad específica está representada en los sitios de muestreo. Asimismo, en la descripción florística de cada uno de los círculos se presenta un número considerable de individuos sin identidad taxonómica, esto se debe sobre todo a que durante las visitas a la zona de estudio no se presentaron estas especies con estructuras reproductivas.

### **Estructura cuantitativa del estrato arbóreo**

#### *Densidad*

Los valores de densidad por sitio y de Monte Grande en general, son intermedios a los observados en otras localidades dentro del país, sin embargo, tanto el empleo de distintos métodos de muestreo, así como el uso de diferentes valores en cuanto al límite inferior del diámetro a la altura del pecho tienen un efecto directo sobre esta variable (Meave *et al.*, 1992; Mejía, 2003).

La distribución vertical y diamétrica de la densidad (ver figuras 6 y 8) muestra como tendencia general una relación inversa, ya que con el aumento de la altura y el tamaño del DAP disminuye

la densidad. En Monte Grande, la densidad se concentra en las categorías de menor tamaño. Asimismo este comportamiento es similar al observado en la distribución vertical y diamétrica del número de especies.

El valor de densidad de los individuos con 3.18 cm de DAP es similar al calculado en otras localidades con bosques mexicanos equivalentes, sin embargo es drásticamente menor si se consideran otros límites diamétricos (5, 10 y 15 cm de DAP); por ejemplo, en el caso de Gómez Farías, Tamaulipas (Puig *et al.*, 1983) los individuos con  $\geq 15$  cm de DAP son hasta cinco veces más numerosos que los que se presentan en Monte Grande.

### *Área basal*

Monte Grande en su conjunto presentan algunos de los valores de área basal del estrato arbóreo más bajos, cuando se comparan con los de otras localidades equivalentes de México, siendo diferentes a los que se presentan en el centro de Veracruz (Williams *et al.*, 1996), Gómez Farías, Tamaulipas (Puig *et al.*, 1983) y el Volcán San Martín, Veracruz (Álvarez, 1977). Más bien se presentan valores semejantes a algunos bosques mesófilos deteriorados, donde predominan especies de pinos, como es el caso de Pueblo Nuevo Solistahuacán, Chiapas (Ramírez-Marcial *et al.*, 2001), o bien a algunas comunidades descritas en la Sierra de Manantlán entre los 1500 y 1700 msnm (Vázquez y Givnish, 1998).

La distribución vertical del área basal en Monte Grande (figura 6) se concentra en los individuos que conforman las categorías intermedias que corresponden al estrato medio, particularmente entre 10 y 15 m de altura. En la distribución diamétrica del área basal (figura 8), los individuos de mayor tamaño (con más de 20 cm de DAP) son los que tienen una mayor participación, ya que aportan cerca del 70% de este valor estructural. El área basal se concentra en los individuos con mayor DAP, sin embargo al ser estos individuos poco numerosos se presenta un valor bajo en esta variable.

### *Cobertura*

Los valores de cobertura en Monte Grande son intermedios si se le comparan con los de otras localidades de la República, siendo los más altos los de la ladera oeste de Puerto Soledad, Oaxaca

(Ruiz-Jiménez *et al.*, 1999) y Tiltepec, Oaxaca (Arellanes, 2000), mientras que los más bajos son los de las localidades a barlovento con orientación noreste de Simojovel, Chiapas (Zuill y Lathrop, 1975).

La distribución vertical de la cobertura se concentra en los individuos de las categorías pertenecientes al estrato bajo (5 a 10 m) y medio (10 a 15 m) (figura 6). La relación entre las categorías diamétricas con el porcentaje de cobertura muestra que los individuos de mayor diámetro (con más de 15 cm) aportan cerca del 50% esta variable, en contraste con los individuos de diámetro pequeño que aportan menos del 5 % del porcentaje de cobertura (figura 8).

### **Uso de Monte Grande**

La vegetación de Monte Grande corresponde a bosque mesófilo de montaña, sin embargo esta zona boscosa está rodeada por pastizales inducidos y áreas perturbadas (SARH e IG, 1993), lo cual da idea acerca de cómo las comunidades cercanas están utilizando estas tierras.

Los terrenos de Monte Grande no son aptos para ningún tipo de cultivo, ya que se consideran como tierras que por sus condiciones no permiten el desarrollo de ningún tipo de cultivo agrícola, debido en gran medida a que se trata de terrenos dentro de sistemas montañosos con pendientes fuertes (INEGI, 1985a).

Estos terrenos no permiten el aprovechamiento pecuario, ya que por su naturaleza y condición de la vegetación o por condiciones físicas del terreno, no es factible su utilización para la alimentación del ganado (INEGI, 1985c), siendo esta situación contrastante con la presencia de potreros cercanos. El tipo de utilización forestal que se podría llevar a cabo dentro de Monte Grande está relacionado con la obtención de productos maderables con orientación doméstica, esta categoría de uso se debe principalmente a la topografía (INEGI, 1985b).

Aun cuando la ganadería no es una práctica usual ni recomendable en el bosque mesófilo de montaña, debido a las fuertes pendientes y dificultades de acceso, se sugiere evitar el desmonte en gran escala (Challenger, 1998; Luna *et al.*, 2001); sin embargo, esta situación dentro de la



región sur de la Huasteca Hidalguense llega a ser tan dramática, que la vegetación está rodeada por potreros.

Aunque no existe un programa de manejo, la principal actividad que desarrollan las comunidades dentro del bosque es la extracción de leña. Sin embargo, la ganadería y la agricultura de temporal son las actividades que más han impactado la dinámica natural. Dentro del bosque existen parcelas y huertos abandonados, así como veredas provocadas por el ganado. Otros procesos de perturbación como la caída de árboles e incendios dan como resultado áreas dominadas por *Pteridium* sp. y pastos (*Homolepis glutinosa* e *Ichnanthus nemorosus*), así como sitios donde predominan especies favorecidas por el disturbio.

### **Comparación entre el método original y las modificaciones propuestas**

El objetivo de muestrear un bosque IFRI es obtener medidas representativas de la estructura de la vegetación y su diversidad, para ello se ha diseñado el formulario de las unidades de muestreo del bosque (*form P*), en el cual se registra la presencia y tamaño de las especies de las plantas dentro del bosque (Ostrom y Wertime, 1995). Sin embargo, consideramos que es posible obtener una descripción más detallada, para ello, se contrastarán las modificaciones realizadas para la descripción del bosque mesófilo de montaña de Monte Grande con la versión original de este formato (Ostrom y Wertime, 1995).

#### *Sobre los criterios de ubicación y selección de las unidades de muestreo*

El reconocimiento y descripción de un tipo de vegetación permite realizar una descripción ecológica más adecuada para entender la dinámica particular de la vegetación, por lo que es necesario considerar que el bosque bajo estudio corresponde un tipo o formación vegetal particular, sin embargo, en el caso del método original este no es un requisito fundamental.

La ubicación de las unidades de muestreo debe ser seleccionadas aleatoriamente (Ostrom y Wertime, 1995), sin embargo, para en el caso de la descripción de comunidades vegetales donde la estructura y la composición florística están determinadas por factores ambientales como es el caso del bosque mesófilo de montaña, es más recomendable utilizar criterios ambientales para la selección y ubicación de los sitios de muestreo como son la orientación de la ladera y la altitud.

Asimismo en comunidades donde se realizan actividades productivas, tales como la extracción de madera, la agricultura por medio de cultivos permanentes o temporales, la ubicación azarosa de las unidades de muestreo muy probablemente no describa la heterogeneidad estructural y florística producto de estas actividades.

El número de unidades de muestreo que deben ser completadas a manera de obtener una muestra representativa dependerá de la variación en el bosque (Ostrom y Wertime, 1995), sin embargo, por las características del método de muestreo, principalmente, el tamaño de los círculos y la rapidez y la sencillez en la toma de datos, consideramos que el número mínimo para hacer una descripción detallada de la vegetación corresponden a una hectárea para el caso de análisis de la estructura arbórea, es decir con 32 unidades de muestreo. Este número permite por ejemplo, ubicar y seleccionar sitios de muestreo con diferente grado de conservación, altitud, orientación y pendiente; además de comparar con otros análisis estructurales.

#### *Análisis de la ganancia información estructural:*

##### *Contraste entre los límites diamétricos de 3.18 y 10 cm*

Al comparar los valores de la estructura cuantitativa obtenidos utilizando el límite inferior de DAP propuesta en la modificación (3.18 cm) y el requerido en el formato original (10 cm), se observó una ganancia de la información estructural, que se traduce en una descripción poco detallada de la estructura y composición de las formaciones vegetales.

En el caso de la composición florística, si se hubiera utilizado como límite inferior de 10 cm de DAP se excluyen cerca más del 50% de la diversidad específica del estrato, ya que únicamente se incluyen menos del 15% de las especies arbustivas, el 60% de las especies de árboles y el 16% de las especies de lianas o trepadoras leñosas.

En el caso de la estructura cuantitativa, la densidad se ve dramáticamente afectada al utilizar como límite los 10 cm de DAP, ya que se excluyen al 70% de los individuos. Esta cifra representa una pérdida de información considerable, ya que no permite conocer qué especies se relacionan con los procesos de regeneración, o bien, imposibilita conocer cómo las actividades humanas han modificado la estructura y composición del bosque, siendo este punto claramente

uno de los objetivos de los análisis del IFRI (Ostrom y Wertime, 1995). Otras variables cuantitativas también se ven afectadas, como por ejemplo, la cobertura que disminuye en más del 30%, o bien el valor del área basal que resulta 12% menor.

Al existir una relación directa entre la altura y el DAP, si se excluyen a los individuos con  $DAP < 10$  cm también se excluyen a los individuos con altura baja, por lo que la estructura vertical sufre modificaciones. Asimismo, el considerar como parte del análisis estructural a los individuos policaulescentes, es posible tener una aproximación a la dinámica natural del bosque y a la respuesta que presenta la vegetación al uso que le da la comunidad al bosque.

### **Conclusiones**

El análisis estructural realizado en de los terrenos comunales de los poblados de Chalma y Tenango, municipio de Lolotla, permitió obtener una aproximación florística y cuantitativa de la organización de los componentes vegetales de esta comunidad clasificada como un bosque mesófilo de montaña.

Las modificaciones propuestas al formato P correspondientes a las unidades de muestreo del bosque permiten una aproximación a la composición florística de cada sitio, debido a que se consideran la mayor parte de las formas de crecimiento que se presentan en este tipo de vegetación (hierbas, arbustos, árboles, bejucos y lianas). La utilización de algunos elementos de un sistema de información geográfica de la zona de estudio constituye una herramienta valiosa para caracterizar la heterogeneidad ambiental dada por elementos tales como la orientación de la ladera, la pendiente y la altitud.

Las tendencias generales de la distribución vertical y diamétrica de la estructura cuantitativa en Monte Grande muestran que: 1) la densidad y el número de especies disminuyen drásticamente con el incremento de la altura y el límite inferior del DAP; 2) la cobertura y el área basal aunque disminuyen se observa que las categorías con DAP mayor tienen contribuciones importantes; 3) el incremento del límite superior de la altura y del límite inferior del DAP refleja un aumento en los valores promedios de la altura, el diámetro a la altura del pecho y cobertura de los individuos;

4) Los individuos policaulescentes tienen una participación considerable en la estructura cuantitativa, sobre todo en cuanto al número de especies y el área basal.

Monte Grande es un bosque mesófilo de montaña secundario debido a sus valores bajos de área basal, la baja densidad de individuos con altura y diámetro grandes, la alta densidad de individuos policaulescentes y el desplazamiento en el orden de importancia de especies típicas de estos bosques por otras favorecidas por la perturbación. La composición y la estructura del bosque sugieren que Monte Grande es un bosque perturbado, aunque la presencia de especies características o típicas del bosque mesófilo, así como la estructura poblacional de las especies importantes permiten ubicar a este bosque dentro de un proceso de regeneración. La situación expuesta anteriormente se presenta en varios sitios dentro de la región montana de Hidalgo, ya que cada vez son más frecuentes las zonas bajo regímenes de disturbio provocado por cambios en el uso de la tierra, principalmente por la ganadería y la extracción de leña para autoconsumo.

### **Agradecimientos**

Este proyecto se realizó en el Departamento de Biología Evolutiva de la Facultad de Ciencias, UNAM, con el apoyo del Programa de becas para la elaboración de tesis de licenciatura en proyectos de investigación (PROBETEL) y como parte del proyecto de “Relaciones biogeográficas de la biota de la Sierra Madre Oriental” bajo es auspicio de la DGAPA-PAPIIT-IN205799. El primer autor agradece la colaboración en el trabajo de campo de Othón Alcántara, Raúl Contreras, Armando Ponce, Mauricio Mora, Gimena Pérez y Maribel Paniagua, así como a Susana Valencia (Fagaceae) y Ramiro Cruz (Fabaceae) que revisaron parte del material herborizado.

### **Literatura citada**

Alcántara, O e I. Luna. 1997. Florística y análisis biogeográfico del bosque mesófilo de montaña de Tenango de Doria, Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 68 (2): 57 – 106.

- Alcántara, O e I. Luna. 2001. Análisis florístico de dos áreas con bosque mesófilo de montaña en el estado de Hidalgo, México: Eloxochitlán y Tlahuelompa. *Acta Botanica Mexicana* 54: 51 – 87.
- Álvarez del Castillo, C. 1977. Estudio ecológico y florístico del cráter del volcán de San Martín Tuxtla, Ver., México. *Biótica* 2: 3-54.
- Arellanes Cancino, Yaaye. 2000. Análisis estructural de un bosque mesófilo de montaña de *Ticodendron incognitum* en la Sierra Norte de Oaxaca, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología, Agrupación Sierra Madre. México.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Cuarta edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Gentry, A. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. En: Churchill, S.P., H. Balslev, E. Forero, J.L. Luteryn (editores). 1995. Biodiversity and conservation of neotropical montane forests. Proceeding of the neotropical montane forest biodiversity and conservation symposium. The New York Botanical Garden. United States of America. pp. 103 - 126.
- Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. 1985a. Carta de uso potencial. Agricultura. 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México.
- Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. 1985b. Carta de uso potencial. Forestería. 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México.
- Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática. 1985c. Carta de uso potencial. Ganadería. 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México.
- Instituto Nacional de Geografía e Informática. 1993. Carta topográfica Molango 1:50000 F14D51. México.
- International Training Centre for Aerial Survey. 2001. Ilwis ver. 3.0. Academic International Institute for Aerospace Survey and Earth Science. Enschede, Netherlands.

- Luna, I., S. Ocegueda y O. Alcántara. 1994. Florística y notas biogeográficas del bosque mesófilo de montaña del municipio de Tlanchinol, Hidalgo, México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 65: 31 – 62.
- Luna, I., O. Alcántara, D. Espinosa y J. Morrone. 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying Parsimony Analysis of Endemicity to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26: 1299 – 1305.
- Luna I., A. Velázquez y E. Velázquez. 2001. México. En: Kappelle M. y A.D. Brown (editores). 2001. *Bosques nublados del neotrópico. INBIO- UICN-ANA. Costa Rica.* pp. 183 – 229.
- Mayorga, R., I. Luna y O. Alcántara. 1998. Florística del bosque mesófilo de montaña de Molocotlán, Molango - Xochicoatlán, Hidalgo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 63: 101 - 119.
- Meave, J., M.A. Soto, L.M. Calvo, H. Paz y S. Valencia. 1992. Análisis sinecológico del bosque mesófilo de montaña de Omiltemi, Guerrero. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 52: 31 - 77.
- Mejía, N. 2003. Análisis estructural en una parcela de una hectárea de bosque mesófilo de montaña en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Miranda, F. y A. Sharp. 1950. Characteristics of the vegetation in certain temperate regions of eastern Mexico. *Ecology* 31 (3): 313 – 333.
- Ortega, F. y G. Castillo. 1996. El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias* 43: 32 – 39.
- Ostrom, E. y M.B. Wertime. 1995. IFRI Research Strategy. Workshop in political and policy analysis. Indiana. United States of America.
- Puig, H., R. Bracho y V. Sosa. 1983. Composición florística y estructura el bosque mesófilo de Gómez Farías, Tamaulipas, México. *Biótica* 8 (2): 339 – 359.
- Puig, H. y R. Bracho (editores). 1987. *El bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas.* Instituto de Ecología, A. C. México.
- Ramírez-Marcial, N., M. González-Espinosa y G. Williams-Linera. 2001. Anthropogenic disturbance and tree diversity in montane rain forest in Chiapas, Mexico. *Forest Ecology and Management* 153: 311- 326.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México.* Editorial Limusa. México.

- Rzedowski, J. 1992a. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Ciencias* número especial 6: 47 – 56.
- Rzedowski, J. 1992b. El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar. En: Halffter, G. (compiladores). 1992. La diversidad biológica de Iberoamérica. *Acta Zoológica Mexicana*. Volumen I. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Instituto de Ecología, A. C. y Secretaría de Desarrollo Social. México. pp. 313 – 311.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botanica Mexicana* 35: 25 – 44.
- Ruiz-Jiménez, C., J. Meave y J. Contreras. 1999. El bosque mesófilo de la región de Puerto Soledad (Oaxaca), México: Análisis estructural. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 65: 23 – 38.
- Santiago, A. y E. Jardel. 1993. Composición y estructura del bosque mesófilo de montaña de la Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima. *Biotam* 5 (2): 13 - 26.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos e Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 1993. Carta forestal 1:250000. Pachuca F1411. Primera edición. México.
- Secretaría de Medio Ambiente. 1998. Mapa de suelos dominantes. FAO, UNESCO, ISRIC. Primera aproximación. México.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-Especies nativas de México y de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*. México, 6 de marzo, pp.1-80.
- Secretaría de la Presidencia. 1970. Carta de climas. Pachuca 14Q-(IV). México.
- Vázquez, A. y T. Givnish. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal of Ecology* 86: 999 - 1020.
- Williams-Linera, G. 1991. Nota sobre la estructura del estrato arbóreo del bosque mesófilo de montaña en los alrededores del campamento “El Triunfo” Chiapas. *Acta Botanica Mexicana* 13: 1-7.

Williams-Linera, G. 2002. Tree species richness complementarity, disturbance and fragmentation in a Mexican tropical montane cloud forest. *Biodiversity and Conservation* 11: 1825-1843.

Williams-Linera, G., I. Pérez-García y J. Tolome. 1996. El bosque mesófilo de montaña y un gradiente altitudinal en el centro de Veracruz, México. *La Ciencia y El Hombre* 23: 149 - 161.

Zuill, H. Y E. Lathrop. 1975. The structure and climate of a tropical montane rain forest and an associated temperate pine-oak-liquidambar forest in the northern highlands of Chiapas, Mexico. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 46: 78 - 118.