

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**



**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA
ESPACIAL EN EL BOSQUE TROPICAL
SUBCADUCIFOLIO LA QUEBRADA, JALISCO, MÉXICO,
EMPLEANDO TRES ESCALAS DE MEDICIÓN**

TESIS DE MAESTRÍA

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

PRESENTA

GERARDO ALBERTO GONZÁLEZ CUEVA

LINARES, NUEVO LEÓN ENERO DE 2006

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

**Evaluación de la Diversidad y Estructura Espacial en
un Bosque Tropical Subcaducifolio de Jalisco, México,
Empleando Tres Niveles de Medición**

**TESIS DE MAESTRÍA
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES**

PRESENTA

GERARDO ALBERTO GONZÁLEZ CUEVA

COMITÉ DE TESIS

**Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón
Director**

**Dr. Javier Jiménez Pérez
Secretario**

**Dr. Eduardo J. Treviño Garza
Vocal**

**Dr. Agustín Gallegos Rodríguez
Asesor Externo**

LINARES, NUEVO LEÓN

ENERO DE 2006

AGRADECIMIENTOS

A Aquel por quien todo existe y que me ha mostrado el camino a seguir.....

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, por brindarme la oportunidad de formarme en un postgrado de excelencia académica.

Al CONACYT por brindarme el apoyo económico a través de una beca para mis estudios de Maestría.

Al Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón por dirigir esta tesis y por todo el apoyo recibido a través de mis estudios de postgrado.

Al Dr. Javier Jiménez Pérez por su colaboración en la realización de esta tesis.

Al Dr. Eduardo Javier Treviño Garza por su apoyo en la asesoría de esta tesis y el apoyo brindado como subdirector de postgrado, durante mi estancia en esta Facultad de Ciencias Forestales.

Al Dr. Agustín Gallegos Rodríguez por su apoyo para el trabajo de campo y fungir como asesor externo en esta tesis.

Al Dr. José Javier Corral Rivas por su colaboración y sugerencias que enriquecieron este trabajo.

A al empresa Servicios Forestales “El Tuito” S. C. por su apoyo logístico para la realización del trabajo de campo.

Al Biol. Hugo Enrique Ramírez Silva y Sr. Miguel Cueva Barbosa por su colaboración en el trabajo de campo.

A todos mis maestros, que durante los diferentes cursos compartieron con nosotros sus conocimientos y ayudaron a nuestra formación.

A mis amigos y compañeros de estudio: Maritza, Santiago, Manuel “El Flaco” y Ruth, gracias a su compañía y amistad mi estancia siempre fue agradable en Linares.

A mi familia, por su apoyo y la confianza depositada en mí, gracias por formar parte de mi vida

CONTENIDO

	Página
.....	
LISTA DE CUADROS	
LISTA DE FIGURAS	
RESUMEN	1
SUMMARY	2
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- OBJETIVOS	5
3.- HIPÓTESIS	6
4.- MATERIALES Y MÉTODOS	7
4.1.- Localización del área de estudio	7
4.2.- Fisiografía	7
4.3.- Topografía	7
4.4.- Clima	9
4.5.- Suelos	10
4.6.- Vegetación	10
4.7.- Uso del suelo	10
4.8.- Información de campo	10
4.9.- Literatura citada	11
5.- CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL BOSQUE TROPICAL SUBCADUCIFOLIO DE LA QUEBRADA, JALISCO, MÉXICO A NIVEL DEL RODAL	
5.1.- Resumen	12
5.2.- Summary	12
5.3.- Introducción	13
5.4.- Materiales y Métodos	14
5.4.1.- Descripción general del área de estudio	14
5.4.2.- Metodología	14
5.4.2.1.- Distribución espacial	15
5.4.2.2.- Distribución diamétrica	15
5.4.2.3.- Estructura de especies	16
5.5.- Resultados y Discusión	17
5.5.1.- Características dasométricas	17

5.5.2.- Estructura espacial	19
5.5.3.- Estructura dimensional	19
5.5.4.- Estructura de especies	21
5.6.- Conclusiones	23
5.7.- Literatura Citada	23
6.- CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL BOSQUE TROPICAL SUBCADUCIFOLIO DE LA QUEBRADA, JALISCO, MÉXICO, A NIVEL DEL BOSQUE	
6.1.- Resumen	25
6.2.- Summary	25
6.3.- Introducción	26
6.4.- Materiales y Métodos	27
6.4.1.- Descripción general del area de estudio	27
6.4.2.- Metodología	27
6.5.- Resultados y Discusión	29
6.5.1.- Estructura espacial	29
6.5.2.- Estructura dimensional	31
6.5.3.- Estructura de especies	33
6.6.- Conclusiones	35
6.7.- Literatura citada	36
7.- CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL BOSQUE TROPICAL SUBCADUCIFOLIO DE LA QUEBRADA, JALISCO, MÉXICO A NIVEL DE ÁRBOLES VECINOS	
7.1.- Resumen	38
7.2.- Summary	38
7.3.- Introducción	39
7.4.- Materiales y Métodos	40
7.4.1.- Descripción general del área de estudio	40
7.4.2.- Metodología	40
7.4.2.1.- Estructura espacial	41
7.4.2.2.- Estructura dimensional	41

7.4.2.3.- Estructura de especies	42
7.5.- Resultados y discusión	43
7.5.1.- Estructura espacial	43
7.5.2.- Estructura dimensional	44
7.5.3.- Estructura de especies	45
7.6.- Conclusiones	45
7.7.- Literatura citada	46

LISTA DE CUADROS

..... Pagina

5.1.- Datos correspondientes a la P_1 . N= numero de árboles, G= área basal, S= Desviación estándar..... 17

5.2.- Datos correspondientes a la P_2 . N= numero de árboles, G= área basal, S= Desviación estándar 18

5.3.- Datos correspondientes a la P_3 . N= numero de árboles, G= área basal, S= Desviación estándar 18

5.4.- Nombre común, nombre científico y familia botánica de los árboles registrados en la P_1 21

5.5.- Nombre común, nombre científico y familia botánica de los árboles registrados en la P_2 21

5.6.- Nombre común, nombre científico y familia botánica de los árboles registrados en la P_3 22

LISTA DE FIGURAS

	Página
4.1.- Localización del área de estudio.....	7
4.2.- Topografía de la microcuenca La Quebrada, Jalisco, México.....	8
4.3.- Climograma de la estación meteorológica 14-024 Cajón de Peñas...	8
4.4.- Unidades de suelo de la Microcuenca La Quebrada, Jalisco, México.	9
5.1.- Distribución diamétrica de la P ₁ del bosque tropical subcaducifolio de la Quebrada, Jalisco, México.....	19
5.2.- Distribución diamétrica de la P ₂ del bosque tropical subcaducifolio de La Quebrada, Jalisco, México	20
5.3.- Distribución diamétrica de la P ₃ del bosque tropical subcaducifolio de la Quebrada, Jalisco, México	20
6.1.- Función K de Ripley para la P ₁ en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México	30
6.2.- Función K de Ripley para la P ₂ en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.....	30
6.3.- Función K de Ripley para la P ₃ en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México	31
6.4.- Función de correlación de puntos para la P ₁ del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México	32
6.5.- Función de correlación de puntos para la P ₂ del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.....	32

6.6.- Función de correlación de puntos para la P_3 del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.....	33
6.7.- Función bivariada de Ripley para la P_1 en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.....	34
6.8.- Función divariada de Ripley para la P_2 en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México	34
6.9.- Función divariada de Ripley para la P_3 en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México	35
7.1.- Distribución del valor del índice de dirección media para tres parcelas experimentales del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México	43
7.2.- Distribución del valor del índice de diferenciación diamétrica para tres parcelas experimentales en el bosque tropical subcaducifolio de La Quebrada, Jalisco, México	44
7.3.- Distribución del valor del índice de mezcla M_i para tres parcelas experimentales en el bosque tropical subcaducifolio en La Quebrada, Jalisco, México.....	45

**EVALUACION DE LA DIVERSIDAD Y ESTRUCTURA ESPACIAL EN EL
BOSQUE TROPICAL SUBCADUCIFOLIO LA QUEBRADA, JALISCO,
MÉXICO, EMPLEANDO TRES ESCALAS DE MEDICIÓN**

RESUMEN

En este trabajo se presentan los resultados de tres estudios realizados sobre el estrato arbóreo en tres parcelas experimentales del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México en tres escalas de medición. A nivel de rodal se aplicó el índice de Clark y Evans CE para describir la estructura espacial; la distribución diamétrica para caracterizar la estructura dimensional y los Índices de Shannon H' y Uniformidad Ev para la estructura de especies. Por medio del análisis de puntos se caracterizó la estructura para todo el bosque: con la función $K(r)$ de Ripley la distribución espacial, la función de correlación de puntos para la diferenciación dimensional y la función bivariada de Ripley para la estructura de especies. En el nivel de árboles vecinos, se evaluaron grupos estructurales de cinco árboles, caracterizando la estructura espacial mediante el índice de dirección media Ri , la estructura dimensional a través del índice de diferenciación diamétrica TDi y la estructura de especies empleando el índice de mezcla Mi . Los resultados mostraron que se trata de un bosque denso con un promedio de $35.33 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ de área basal, se registraron un total de veinticinco especies, siendo las más abundantes *Brosimum alicastrum*, *Couepia polyandra* y *Hura polyandra*. En el nivel de rodal se encontró una distribución espacial en condiciones de agrupamiento, la diferenciación dimensional fue alta y la estructura de especies mostró valores de diversidad similares para las tres parcelas. El análisis de puntos mostró así mismo una distribución espacial de los árboles en grupos, la diferenciación dimensional fue alta y la estructura de especies tuvo altos valores de mezcla entre especies comerciales y no comerciales. A través de grupos de cinco árboles, se encontró una estructura espacial con tendencia a la formación de grupos, una diferenciación dimensional muy alta y una mezcla de especies alta.

Palabras clave: bosque tropical subcaducifolio, estructura espacial, estructura dimensional, estructura de especies, nivel de medición

EVALUATION OF THE DIVERSITY AND SPATIAL STRUCTURE IN A SEMI EVERGREEN TROPICAL FOREST OF LA QUEBRADA, JALISCO, MEXICO, EMPLOY THREE LEVELS OF MEASUREMENT

SUMMARY

In this work appear results of three studies realized on the arboreal stratum in three experimental plots of the semi evergreen tropical forest of La Quebrada, Jalisco, Mexico. To level of whole stand pattern analysis applied to index of Clark and Evans to describe the spatial structure; the diameter distribution to characterize the dimensional structure and the Index of Shannon and Index of Uniformity for the structure of species. By means of the point pattern analysis the structure was characterized for the whole forest: with the function $K(r)$ of Ripley the spatial distribution, the function of correlation of points for the dimensional differentiation and the function bivariate of Ripley for the structure of species. In the level of neighbourhood trees, there were evaluated structural groups of five trees, characterizing the spatial structure by means of the index of average direction R_i , the dimensional structure across the index of differentiation diamétrica T_{Di} and the structure of species by means of the index of mingling. The results showed that it is a question of a dense forest with an average of $35.33 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ of basal area, registered a whole of twenty-five species, being the more abundant *Brosimum alicastrum*, *Couepia polyandra* and *Hura polyandra*. In the level of whole stand pattern analysis one found a spatial distribution in conditions of grouping, the dimensional differentiation was high and the structure of species(kinds) showed similar values of diversity for three plots. The analysis of points showed a spatial distribution of the trees in groups, the dimensional differentiation was high and the structure of species had high values of mingling entities commercial and not commercial species. Across groups of five trees, one found a spatial structure with trend to the formation of groups, a dimensional very high differentiation and a high mingling of species.

Key words: semi evergreen tropical forest, spatial structure, dimensional structure, species structure, level of measurement

1.- INTRODUCCION

Los bosques tropicales son ecosistemas de gran diversidad biológica, importantes en el mantenimiento de condiciones climáticas e hidrológicas a nivel local y global; proveen de bienes y servicios a sus poseedores; sin embargo se distribuyen en países donde el nivel tecnológico aplicado en su manejo es deficiente y la presión demográfica sobre ellos es grande.

Lamprecht (1990) menciona que las grandes diferencias de clima y suelos que existen en las latitudes bajas, originan una multitud extraordinaria de tipos de bosque, según su composición, estructura y valor económico. Debido a esto, los sistemas de clasificación existentes permiten la asignación de un determinado bosque a una u otra formación forestal mayor, que da una idea general respecto a su estructura, composición y condiciones del ambiente. Sin embargo no son suficientes como base para la planificación silvicultural local, ni para la ejecución de ésta, mas bien se requiere información exacta sobre las especies arbóreas locales, su proporción, distribución, las masas en pie, desarrollo de los vuelos, etc; el sistema debe proporcionar datos dasonómico – silviculturales amplios unívocos y objetivos.

El bosque tropical subcaducifolio definido por Rzedowski (1978) es un tipo de vegetación que se caracteriza porque más de la mitad de los árboles pierden por completo sus hojas en la temporada de sequía. Sus equivalencias con otros sistemas de clasificación para tipos de vegetación son: Selva alta subdecidua (Miranda, 1951), Selva alta o mediana subcaducifolia (Miranda y Hernández X., 1963), Bosque decíduo semihúmedo (Lauer, 1968) y Selva mediana subcaducifolia o Selva mediana subperennifolia (Flores, 1971).

Este tipo de vegetación alberga especies maderables como *Cedrela odorata*, *Bursera simaruba*, *Swietenia humilis* y *Enterolobium cyclocarpum* (Pennington y Sarukhán, 2005). Además, en la región también son especies maderables importantes *Hura polyandra*, *Tabebuia donell-smithii*, *Tabebuia rosea* y *Dalbergia congestiflora* (Mora, 2006 com. pers). Sin embargo no sólo existe un interés en estos bosques por su potencial para el aprovechamiento maderable,

la diversidad biológica que albergan es un recurso potencialmente útil para las localidades y la región.

Sánchez-Azoeifa *et al.* (2005) consideran como una prioridad de investigación en los bosques secos neotropicales el establecer estudios sobre la composición, estructura, fenología, grupos funcionales y procesos de regeneración natural en un gradiente latitudinal. Considerando la riqueza florística y la complejidad estructural de los bosques tropicales, es de suma importancia conocer con detalle las características estructurales de cada tipo de bosque en particular.

Por lo anterior se hace necesario implementar investigación dirigida al análisis estructural de ecosistemas forestales tropicales, obteniendo información cuantitativa que apoye la toma de decisiones en el manejo forestal sustentable. Gadow y Hui (2003) mencionan que la caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales debe basarse en índices cuantitativos que permitan analizar objetivamente influencias antropogénicas o procesos de sucesión natural. El atributo estructura de un ecosistema se define básicamente por el tipo, número, ordenamiento espacial y ordenamiento temporal de los elementos que lo constituyen. En este contexto destacan principalmente la estructura de especies, la estructura espacial y la estructura dimensional de los ecosistemas.

Aguirre *et al.* (2003) afirman que los índices para la caracterización de la estructura de los ecosistemas permiten una mejor reproducción de la condición de los mismos en un momento determinado y de su evolución en el tiempo. Tales índices deben considerarse adicionalmente a las variables empleadas de manera convencional (diámetro y altura media, área basal, volumen, edad, densidad, etc.), a fin de lograr una mejor descripción de los bosques.

El objetivo del presente trabajo es contribuir al conocimiento sobre la estructura del estrato arbóreo del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, en la Región Costa de Jalisco, México, mediante la aplicación de diferentes metodologías para caracterizar este atributo en tres escalas de medición:

- En el nivel de rodal se describe la estructura espacial mediante el Índice de Clark y Evans CE , ampliamente utilizado para evaluar la regularidad de la distribución de los árboles en una masa forestal, relacionando la distancia media de cada árbol con su vecino mas próximo en una superficie con la distancia media esperada del arbolado para una distribución aleatoria; la diferenciación dimensional se evalúa a través de la distribución diamétrica, que es la metodología básica para describir la estructura horizontal de cualquier bosque y considera el numero de árboles por unidad de superficie de acuerdo a clases diamétricas; finalmente la estructura de especies se describe aplicando el Índice de Shannon H' , basado el numero de especies y su proporción y el Índice de Uniformidad Ev que considera las proporciones sin que influya el numero de especies.
- Para el nivel del bosque se describe la estructura espacial mediante la función $K(r)$ de Ripley que considera el número de individuos por hectárea, las distancia entre los árboles y el número de pies esperado en un gradiente longitudinal, relacionándolo con una distribución aleatoria simulada; se aplicó la función de correlación de puntos marcados que añade como atributo para cada punto el $d_{1.3}$ para evaluar la estructura dimensional y la función bivariada de Ripley que permitió agrupar la especies en comerciales y no comerciales y su grado de asociación para describir la estructura de especies.
- Para el nivel de árboles vecinos (grupos estructurales de cinco árboles) se describe la estructura espacial aplicando el índice de dirección media Ri que pondera los ángulos de los cuatro vecinos más cercanos al árbol de referencia; la estructura dimensional se evaluó mediante el índice de diferenciación diamétrica TDi que pondera el diámetro normal de los cuatro vecinos al árbol de referencia; para describir la estructura de especies se aplicó el índice de mezcla Mi que pondera el número de especies distintas de los cuatro vecinos más próximos al árbol de referencia.

2.- OBJETIVOS

1.- Caracterizar la estructura en el nivel del rodal:

- La distribución espacial por medio del Índice de Clark y Evans CE
- La diferenciación dimensional a través de la distribución diamétrica.
- La mezcla y asociación de especies empleando el Índice de Uniformidad de Shannon y de uniformidad de Eveness.

2.- Caracterizar la estructura en el nivel del bosque:

- La distribución espacial por medio de la función $K(r)$ de Ripley.
- La diferenciación dimensional a través de la función de correlación de puntos.
- La mezcla y asociación de especies empleando la función divariada de Ripley.

3.- Caracterizar la estructura en el nivel de árboles vecinos:

- La distribución espacial por medio del índice de dirección media R_i .
- La diferenciación dimensional a través del índice de diferenciación diamétrica TD_i .
- La mezcla y asociación de especies empleando el índice de mezcla M_i .

3.- HIPOTESIS

Los índices cuantitativos permiten caracterizar la estructura del bosque tropical subcaducifolio de La Quebrada, Jalisco, México, empleando diferentes escalas de medición.

4.- MATERIALES Y METODOS

4.1.- Localización del área de estudio

El estudio se realizó en la Microcuenca La Quebrada, Mpio. de Tomatlán, Jal. (Fig. 4.1) localizada aproximadamente a 70 Km al sur de Puerto Vallarta y a 450 Km de Guadalajara Jalisco; ubicada entre los paralelos 105° 05' Longitud W y 19° 55' Latitud N con una superficie aproximada de 4 462 ha (SPP, 1973).



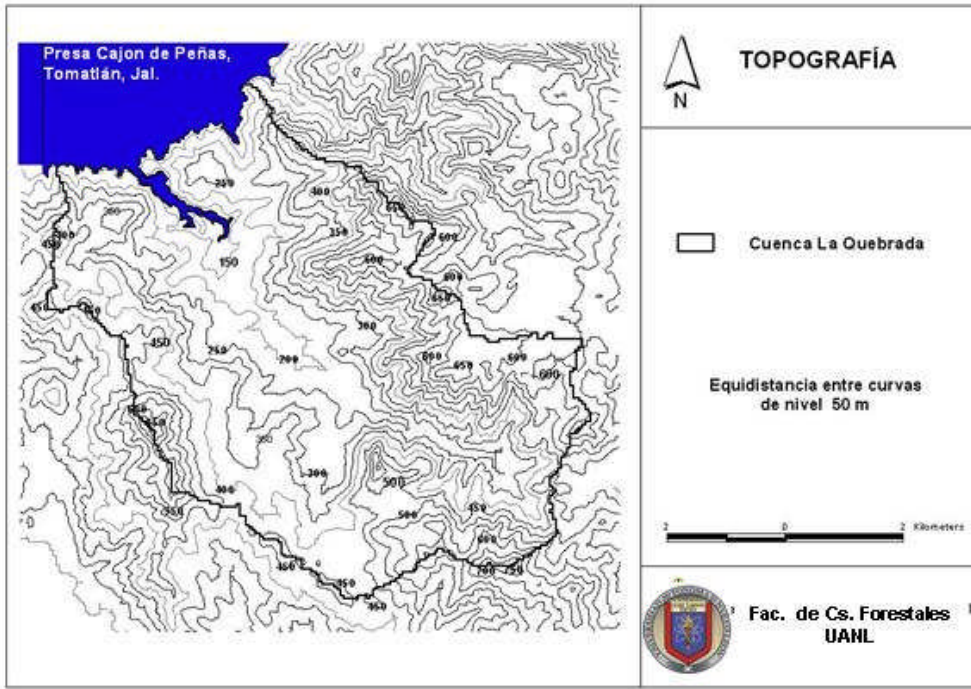
Figura 4.1.- Localización del área de estudio

4.2- Fisiografía

Se localiza en la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, donde se encuentran rocas graníticas y volcánicas, su topografía corresponde a la de Gran Sierra Compleja (SPP, 1981).

4.3.- Topografía

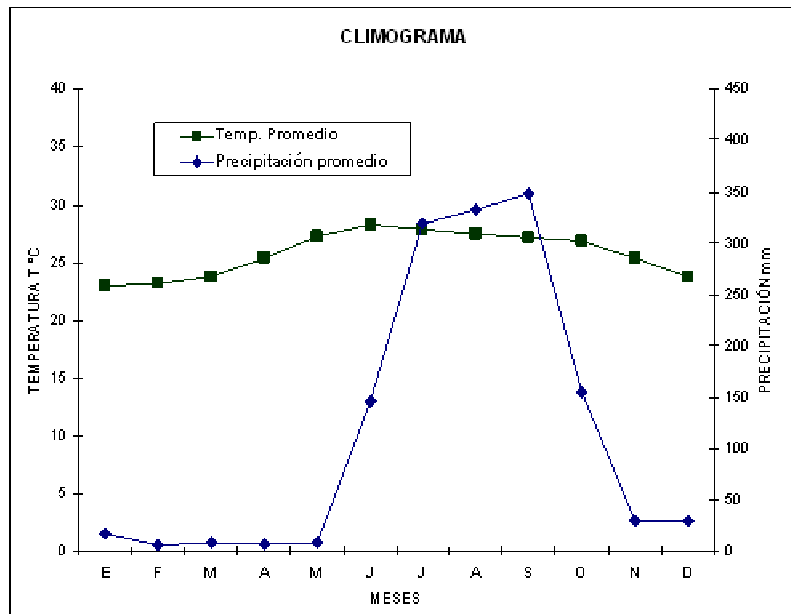
La topografía de la Cuenca La Quebrada es accidentada (Fig. 4.2), su rango altitudinal oscila de 100 a 760 m. Sus principales elevaciones son el Cerro La Minita con 760 m y el Cerro del Tepemezquite con 720 m (SPP, 1973).



4.2.- Topografía de la microcuenca La Quebrada, Jalisco, México.

4.4.- Clima

Los datos corresponden a la estación meteorológica 14-024 Cajón de Peñas, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García el clima es A w 1 (w) (i') cálido subhúmedo con lluvias en verano; precipitación promedio anual de 1408 mm, la temperatura media anual es de 25.8° C y presenta una oscilación entre 5° y 7° C (SPP, 1981).



4.3.- Climograma de la estación meteorológica 14-024 Cajón de Peñas

4.5.- Suelos

Se presentan asociaciones de las siguientes unidades de suelo (Fig. 4.4):

Regosol eútrico (Re): se caracteriza por no presentar capas distintas, someros, su fertilidad es de moderada o alta. En general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son profundos.

Cambisol eútrico (Be): se caracteriza por presentar en el subsuelo una capa que parece mas suelo de roca, ya que en ella se forman terrones, además pueden presentar acumulación de algunos materiales como arcilla, carbonato de calcio, fierro, manganeso, etc.

Cambisol crómico (Bc): este tipo de suelo presenta las mismas características que el anterior, con la peculiaridad de ser color rojizo o pardo oscuro, y por tener una alta capacidad para retener nutrientes.

Feozem háplico (Hh): su característica principal es una capa superficial obscura, suave, rica en materia orgánica y nutrimentos.

Litosol (I): se caracteriza por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca, caliche o tepetate.

La clase textural en general es gruesa (SPP, 1973).

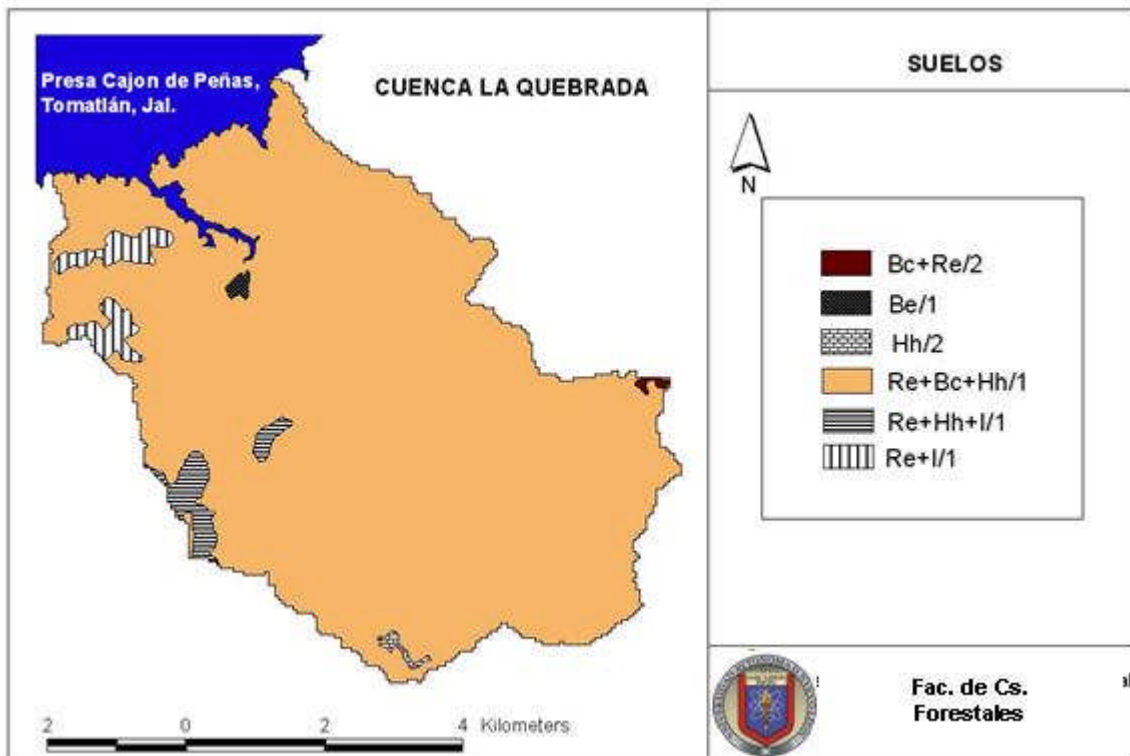


Figura 4.4.- Unidades de suelo de la Microcuenca La Quebrada, Jalisco, México

4.6.- Vegetación

El bosque tropical subcaducifolio, es una comunidad densa y cerrada, cuya fisonomía en la época lluviosa a menudo es comparable con la del bosque tropical perennifolio. Su altura oscila entre 15 y 40 m (más frecuentemente entre 20 y 30 m) y por lo general el estrato superior forma un dosel uniforme. Los elementos del estrato superior comúnmente tienen fustes rectos y esbeltos que no se ramifican en la parte inferior de la planta y el diámetro de la copa suele ser mucho menor que la altura total del árbol. Los diámetros de los troncos pocas veces sobrepasan 1 m y de ordinario oscilan entre 30 y 80 cm. En Jalisco la especie dominante del bosque tropical subcaducifolio es *Brosimum alicastrum* Capomo, otros árboles altos presentes frecuentemente son *Astronium graveolens* Culebro, *Bursera simaruba* Papelillo, *Enterolobium cyclocarpum* Parota, *Ficus sp.* Higueras, *Hura polyandra* Habilidad, *Roseodendron donell-smithii* Primavera, *Swietenia humilis* Caoba y *Tabebuia rosea* Rosa morada (Rzedowski, 1978).

Dentro de la microcuenca La Quebrada también se encuentran áreas con agricultura de temporal, pastizal inducido, bosque tropical subcaducifolio asociado con palmar, bosque de encino y bosque tropical caducifolio

4.7.- Uso de Suelo

El tipo de vegetación existente alberga especies maderables de interés comercial, por lo que se han realizado aprovechamientos mediante el sistema silvícola Plan Costa de Jalisco, desde hace 20 años aproximadamente. Los tratamientos aplicados son cortas de selección, por lo que es difícil conocer puntualmente las áreas de corta. Además se practica la ganadería extensiva en toda la zona de estudio.

4.8.- Información de campo

Se seleccionaron tres parcelas de muestreo de forma cuadrada y cuyas dimensiones son de 25m x 25m, con una superficie de 2 500 m² cada una. Se tomó la ubicación de las parcelas con un geoposicionador. Para la elección de las parcelas se consideró la rodalización ecológica aplicada por Hernández *et al* (2005), la cual consiste en definir unidades homogéneas en función del sustrato geológico, tipo de suelo, rango altitudinal y tipo de vegetación; se eligió

entonces la unidad ecológica de mayor superficie con un 48.19 % del total de la Microcuenca La Quebrada, para ubicar las parcelas de muestreo.

Dentro de cada parcela se registraron todos los árboles con $d_{1,3} > 10$ cm, identificando a que especie corresponde cada individuo y su ubicación espacial sobre el terreno, al obtener sus distancias en ejes coordenados. Cabe señalar que se contó con guías de campo de la localidad que identificaron la especie de acuerdo a su nombre común y después se verificaron con listados florísticos, para obtener finalmente el nombre científico. En el caso de especies no conocidas se colectaron ejemplares de herbario para su correcta identificación.

4.9.- LITERATURA CITADA

Aguirre C. O. A., Hui G., von Gadow K., Jiménez P. J. 2003. An análisis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management*. 183: 137-145

Gadow, K.v. and Hui, G. Y., 2002. Characterizing forest spatial structure and diversity. Manuscript prepared for the conference “ sustainable Forestry in Temperate Region”. Organized by SUFOR, University of Lund, Sweden, 7-9 April, 2002.

Hernández A. E., Rodríguez F. C., Gallegos R. A., Mora S. A. y Abundio R. E. 2005. “El modelo ecológico para definir Unidades de Manejo en Bosques Tropicales de la Costa de Jalisco, México” *Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Lamprecht H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Traducción de Antonio Carrillo. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). Alemania. 202 p.

Mora, S. A. 2006. Comunicación personal.

Pennington T. D. y Sarukhán J. 2005. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Ediciones Científicas Universitarias, FCE y UNAM. 523 pp.

RZEDOWSKI, J. 1978."Vegetación de México" Ed. LIMUSA. México. Xxx p.

Sánchez-Azofeifa G. A., Quesada M., Rodríguez J. P., Nassar J. M., Stoner K. E., Castillo A., Garvin T., Zent E. L., Calvo-Alvarado J. C., KAlacska M. E. R., Fajardo L., Gamon J. A., Cuevas-Reyes P. 2005. Research priorities for Neotropical Dry Forests. *Biotropica* 37(4): 477-485

SECRETARIA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO (SPP), 1973. Tomatlán. Carta Topográfica. E13 A19. Escala 1 : 50,000

SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO (SPP), 1981."Síntesis Geográfica del Estado de Jalisco" México D. F. 351 p.

SECRETARIA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO (SPP). 1981. Guadalajara. Carta de Climas. Escala 1 : 1000000.

SECRETARIA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO (SPP), 1973. Tomatlán. Carta Edafológica. E13 A19. Escala 1 : 50,000.

5.- CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL BOSQUE TROPICAL SUBCADUCIFOLIO DE LA QUEBRADA, JALISCO, MÉXICO, A NIVEL DEL RODAL

5.1.- RESUMEN

Esta investigación presenta la caracterización estructural de tres parcelas experimentales de un bosque tropical subcaducifolio en La Quebrada, Jalisco, México, considerando el nivel de rodal. La estructura espacial se describió aplicando el índice de Clark y Evans. La estructura de especies se realizó mediante el índice de Shannon e índice de Uniformidad. La estructura dimensional se evaluó a través de la distribución diamétrica. Los resultados indican que este bosque es denso con una área basal promedio de $35.33 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. La riqueza de especies fue de 19 para la P_1 , 11 en la P_2 y 13 en la P_3 , compartiendo solo cinco especies de un total de 25, lo que muestra que es un bosque heterogéneo en su composición. La estructura espacial presenta una distribución con tendencia a la formación de grupos para las tres parcelas. La distribución diamétrica muestra una distribución de J invertida para la P_1 y una distribución irregular en las P_2 y P_3 . La estructura de especies muestra que la diversidad es mayor para la P_1 , seguida por la P_3 y P_2 . Además la uniformidad es mayor en la P_3 seguida de la P_1 y P_2 .

Palabras clave: bosque tropical subcaducifolio, estructura espacial, estructura de especies, distribución diamétrica, análisis del rodal.

5.2.- SUMMARY

This investigation presents the structural characterization of three experimental plots of a semi evergreen tropical forest in La Quebrada, Jalisco, Mexico, considering whole stand pattern analysis. The spatial structure was described applying the index of Clark and Evans. The structure of species was realized by means of the index of Shannon and index of Uniformity. The dimensional structure was evaluated across the distribution diamétrica. The results indicate that this forest is dense with an area basal average of $35.33 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. The wealth of species was of 19 for P_1 , 11 in P_2 and 13 in the P_3 , sharing only five species of a whole of 25, which shows that it is a heterogeneous forest in your

composition. The spatial structure presents a distribution with trend to the formation of groups for three plots. The distribution diamétrica shows a distribution of J inverted for P1 and one irregular distribution in the P2 and P3. The structure of species shows that the diversity is major for the P1 followed by the P3 and P2. Besides the uniformity is major in the P3, later the P1 and P2.

Key words: semi evergreen tropical forest, spatial structure, species structure, diameter distribution, whole stand pattern analysis.

5.3.- INTRODUCCION

Los bosques tropicales se consideran los ecosistemas mayor riqueza biológica, por lo que el conocimiento acerca de sus características y procesos particulares es de suma importancia con fines de manejo forestal sustentable. Del Río *et al* (2003) mencionan que la estructura es un buen indicador de la biodiversidad del ecosistema y es fácilmente modificable a través de la silvicultura, por lo que su adecuado conocimiento es indispensable para garantizar una gestión sostenible. Sin embargo biodiversidad es un término abstracto que necesita especificarse en cada contexto individual. Se ha de considerar que cada nivel de biodiversidad comprende tres aspectos principales: estructura, composición y función. La diversidad estructural es uno de los aspectos más importantes en al ámbito forestal, ya que es fácilmente modificado a través de las intervenciones silvícolas.

Prommerening (2002) menciona que la estructura de un ecosistema forestal comprende la estructura de especies, distribución espacial y diferenciación dimensional y puede ser descrita a diferentes escalas. Al describir a nivel de rodal, debe entenderse que la interpretación de los resultados es válida para extensiones relativamente grandes dentro de un bosque en particular y para su caracterización es necesaria información tal como las distancias entre árboles. El objetivo de este trabajo fue aplicar índices que permitan caracterizar la estructura de un bosque tropical subcaducifolio en La Quebrada, Jalisco, México, considerando la escala de rodal. Con ello se contribuye a generar información de referencia para el tópico de diversidad estructural para este tipo de vegetación. Cabe señalar que esta escala puede ser aplicada para la

planificación del manejo forestal, ya que considera variables relativamente fáciles de medir y puede ser válida para superficies a nivel de predio.

5.4.- MATERIALES Y METODOS

5.4.1 Descripción general del área de estudio

El estudio se realizó en la Microcuenca La Quebrada, Tomatlán, Jalisco, ubicada entre los paralelos 105° 05' Longitud W y 19° 55' Latitud N. Su rango altitudinal va de 100 a 700 m; posee un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; los suelos se caracterizan por tener una textura arenosa y el tipo de vegetación es bosque tropical subcaducifolio. Cabe señalar que en el área se han realizado aprovechamientos forestales desde hace 20 años, bajo el sistema silvícola Plan Costa de Jalisco, que consiste en aplicar cortas de selección.

5.4.2 Metodología

Se seleccionaron tres parcelas de muestreo de forma cuadrada, cuyas dimensiones son de 25m x 25m, con una superficie de 2 500 m² cada una. Para la elección de las parcelas se consideró la rodalización ecológica aplicada por Hernández *et al.* (2005), la cual consiste en definir unidades en función del sustrato geológico, tipo de suelo, rango altitudinal y tipo de vegetación; se eligió la unidad ecológica de mayor superficie con un 48.19 % del total de la Microcuenca La Quebrada.

Dentro de cada parcela se registraron todos los árboles con $d_{1.3} > 10$ cm, identificando a que especie corresponde cada individuo y su ubicación espacial sobre el terreno, al obtener sus distancias en ejes coordenados. Cabe señalar que se contó con guías de campo de la localidad que identificaron la especie de acuerdo a su nombre común y después se relacionaron con listados florísticos, para obtener finalmente el nombre científico. En el caso de especies no conocidas se colectaron ejemplares de herbario para su correcta identificación.

5.4.2.1.- Distribución espacial

Para caracterizar la distribución espacial a nivel de rodal se aplicó el Índice de Clark y Evans CE (Clark y Evans, 1954):

$$CE = \frac{rA}{rE} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N r_i}{0.5 \sqrt{\frac{A}{N}} + 0.051 * 4 \frac{P}{N} + 0.041 \frac{P}{N^{3/2}}}$$

Donde:

rA = distancia media observada

rE = distancia media esperada

r_i = distancia entre el árbol i y su vecino mas próximo

N = total de árboles en la parcela

A = es el área de la parcela en m^2

P = perímetro de la parcela en m

La distancia media observada se relaciona con la distancia media esperada para la distribución aleatoria del arbolado.

La interpretación de los valores de este índice se desarrolla como sigue: $CE > 1$ si la distribución de los árboles tiene una tendencia a la regularidad, $CE = 1$ si la distribución de los árboles es aleatoria y $CE < 1$ si los árboles tienden a agruparse.

5.4.2.2.- Diferenciación dimensional

Para describir la diferenciación dimensional en el nivel de rodal, se presentan las distribuciones diamétricas para cada una de las tres parcelas, agrupando los individuos en clases diamétricas de 10 cm, iniciando en la categoría de 10 y finalizando hasta la máxima categoría diamétrica encontrada. Williams-Linera (2002) aplica esta distribución para describir la estructura horizontal de un bosque tropical en Veracruz, y Strasberg (1996) para describir la estructura horizontal en una hectárea de bosque tropical lluvioso en Madagascar.

5.4.2.3.- Mezcla y Asociación de especies

El índice de Shannon H' (1948) es una de las variables más empleadas para la estimación de la diversidad de especies, para su determinación se emplea la fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i)$$

Donde:

S = número de especies presentes

p_i = proporción de las especies

$$p_i = n_i/N$$

n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos

El valor H' incrementa conforme ocurre un mayor número de especies y la proporción de individuos de las mismas es más homogénea; H' depende por tanto no sólo del número de especies presentes en un ecosistema, sino de la frecuencia con que estén representadas.

En el Índice de Shannon H' se da un gran peso al número de especies presentes en la masa, pero en ocasiones es más interesante conocer el reparto de las especies en proporciones sin que influya el número de especies. Este es el caso del Índice de Uniformidad Evenness Ev (Magurran, 1988):

$$Ev = \frac{H'}{\log(n)}$$

Este índice varía entre 0, valor que toma cuando todos los individuos pertenecen al mismo grupo y 1 si los individuos se reparten homogéneamente en los distintos grupos.

5.5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.5.1.- Características dasométricas

Las parcelas evaluadas de este bosque tropical presentaron diferentes características dasométricas. Se obtuvo una densidad de 304 árboles ha^{-1} en la P₁, 224 árboles ha^{-1} en la P₂ y 188 árboles ha^{-1} . Respecto al área basal que Wadsworth (2000) define como una medida de la densidad del bosque que refleja la cantidad de árboles y su tamaño, se obtuvieron 39.8 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ en la P₁, 35.93 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ en la P₂ y 30.26 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ en la P₃. Estos valores son superiores a algunos reportados para bosques similares, por ejemplo Killen *et al.* (1998) reportan 27.6 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ en bosques tropicales nativos de Bolivia; Quigley y Platt (2003) reportan 31.6 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ en Palo Verde, Costa Rica, lo cual sugiere que este bosque tropical tiene una densidad correspondiente a la condición de un bosque nativo.

Se presentan los valores de abundancia y dominancia relativas y absolutas de cada una de las especies por parcela, además los estadísticos correspondientes al diámetro (cuadros 5.1, 5.2 y 5.3).

Cuadro 5.1.- Datos correspondientes a la P₁. N= número de árboles, G= área basal, S= Desviación estándar.

ESPECIE	N/ha		G/ha (m^2)		Diámetro			
	Absoluto	Relativo	Absoluta	Relativa	Máximo	Mínimo	Promedio	S
<i>Luehea speciosa</i>	16	5.3	0.2	0.5	14	11.5	12.5	1.2
<i>Jacaratia mexicana</i>	16	5.3	0.5	1.4	28	12	19.8	7.9
<i>Brosimum alicastrum</i>	56	18.4	23.3	58.5	128.5	12.5	61.7	40.2
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	28	9.2	1.2	2.9	30	15.5	22.6	4.7
<i>Swietenia humilis</i>	4	1.3	0.1	0.3	19	19	19.0	0.0
<i>Astronium graveolens</i>	16	5.3	1.1	2.8	34	25.5	29.9	3.7
<i>Hura polyandra</i>	56	18.4	5.5	13.8	53.5	11	34.4	13.3
<i>Tremula micrantha</i>	8	2.6	0.1	0.3	15	12	13.5	2.1
<i>Acacia hindsii</i>	4	1.3	0.1	0.1	13	13	13.0	0.0
<i>Sapium pedicellatum</i>	4	1.3	0.0	0.1	10	10	10.0	0.0
<i>Bursera simaruba</i>	24	7.9	1.0	2.5	38	14.5	21.6	8.8
<i>Entherolobium cyclocarpum</i>	4	1.3	0.0	0.1	10	10	10.0	0.0
<i>Poeppigia procera</i>	8	2.6	0.1	0.3	17.5	11	14.3	4.6
<i>Cupania dentata</i>	8	2.6	0.2	0.4	18	15.5	16.8	1.8
<i>Cnidocolus sp.</i>	20	6.6	0.5	1.3	30	13	12.0	17.0
<i>Tabebuia rosea</i>	20	6.6	1.5	3.8	56.5	12	12.0	26.6
<i>Dalbergia</i>	4	1.3	0.2	0.6	27	27	27.0	0.0

<i>congestiflora</i>								
<i>Ficus cotinifolia</i>	4	1.3	4.0	10.1	113	113	113.0	0.0
<i>Zanthoxylon sp.</i>	4	1.3	0.1	0.1	13.5	13.5	13.500	0.0
TOTAL	304	100.00	39.8	100.00				

Cuadro 5.2.- Datos correspondientes a la P₂. N= numero de árboles, G= área basal, S= Desviación estándar.

ESPECIE	N/ha		G/ha (m ²)		Diámetro			
	Absoluto	Relativo	Absoluta	Relativa	Máximo	Mínimo	Promedio	S
<i>Luehea speciosa</i>	24	10.7	0.9	2.6	33	13	21.0	7.7
<i>Brosimum alicastrum</i>	28	12.5	15.1	41.9	100	64	81.6	14.8
<i>Pseudobombax ellipticum</i>	12	5.4	1.3	3.7	56	20	34.0	19.3
<i>Sapium pedicellatum</i>	8	3.6	0.3	0.7	21	20	20.5	0.7
<i>Astronium graveolens</i>	4	1.8	0.4	1.2	37	37	37.0	0.0
<i>Tremula micrantha</i>	4	1.8	0.1	0.2	16	16	16.0	0.0
<i>Bursera simaruba</i>	4	1.8	0.1	0.2	13	13	13.0	0.0
<i>Entherolobium cyclocarpum</i>	4	1.8	0.1	0.4	20	20	20.0	0.0
<i>Cupania dentata</i>	40	17.9	1.1	3.1	24	13	18.5	3.7
<i>Cnidocolus sp.</i>	20	8.9	0.3	0.9	18	12	14.0	2.4
<i>Couepia polyandra</i>	76	33.9	16.2	45.2	78	14	48.1	20.6
TOTAL	224	100.00	35.93	100.00				

Cuadro 5.3.- Datos correspondientes a la P₃. N= numero de árboles, G= área basal, S= Desviación estándar.

ESPECIE	N/ha		G/ha (m ²)		Diámetro			
	Absoluto	Relativo	Absoluta	Relativa	Máximo	Mínimo	Promedio	S
<i>Vitex pyramidata</i>	4	2.1	0.6	1.8	42	42	42.0	0.0
<i>Luehea speciosa</i>	8	4.3	0.3	1.2	28	18	23.0	7.1
<i>Jacaratia mexicana</i>	4	2.1	0.1	0.3	16	16	16.0	0.0
<i>Brosimum alicastrum</i>	52	27.7	19.7	65.1	105	23	65.2	25.0
<i>Bursera excelsa</i>	4	2.1	0.1	0.2	15.5	15.5	15.5	0.0
<i>Platymiscium lasiocarpum</i>	4	2.1	0.1	0.4	20	20	20.0	0.0
<i>Halimium glomeratum</i>	4	2.1	0.0	0.1	12	12	12.0	0.0
<i>Oreopanax sp.</i>	4	2.1	0.6	2.0	44	44	44.0	0.0
<i>Bursera simaruba</i>	8	4.3	0.3	0.9	25	16	20.5	6.4
<i>Cupania dentata</i>	16	8.5	0.4	1.4	21	15	18.1	2.7
<i>Cnidocolus sp.</i>	16	8.5	0.2	0.7	14.5	13	13.4	0.8
<i>Tabebuia rosea</i>	4	2.1	0.0	0.1	12	12	12.0	0.0
<i>Couepia polyandra</i>	60	31.9	7.8	25.6	70	17	36.9	17.4
TOTAL	188	100.00	30.26	100.00				

Se puede observar que los resultados coinciden con lo mencionado por Lamprecht (1990) que a pesar de la abundancia de especies, son relativamente

pocas de ellas las que caracterizan florísticamente el vuelo y las restantes son más bien acompañantes o poco importantes. En este caso particular se puede señalar que *Brosimum alicastrum* es la especie con mayor dominancia absoluta en las tres parcelas; en la P_1 son codominantes *Hura polyandra* y *Ficus cotinifolia* que representan el 23.9% del área basal total, por lo que se puede considerar que las demás especies son acompañantes, cabe señalar que *Swietenia humilis* especie de alto valor comercial, presenta solo 4 individuos por ha y aporta solo el 0.3 % del área basal. En la P_2 *Couepia polyandra* es la que domina con el 45.2 % del área basal total, siendo codominantes *Brosimum alicastrum* con el 41.9% del área basal y las demás especies presentan valores relativos de área basal menores a 3.1%, por lo que igualmente se consideran acompañantes. Así mismo en la P_3 *Couepia polyandra* es codominante con el 25.6% del área basal total y las demás especies muestran valores menores al 2% por lo que se consideran acompañantes.

5.5.2.- Estructura espacial

Los resultados del Índice de agregación de Clark y Evans CE que es el más utilizado para evaluar la regularidad de la distribución de los árboles que componen una masa forestal (Gadow *et al*, 2001) fueron para la $P_1= 0.79$, $P_2= 0.93$ y $P_3= 0.77$, lo cual indica que de acuerdo a la interpretación de este índice en las tres parcelas los árboles exhiben una tendencia a formar agregados.

5.5.3.- Estructura dimensional

La distribución diamétrica en la P_1 muestra una típica distribución de J invertida (Fig. 5.1), propia de bosques maduros, donde las categorías diamétricas inferiores tienen una gran cantidad de individuos por unidad de área y ésta va decreciendo conforme se pasa a las categorías mayores, alcanzando diámetros de hasta 130 cm.

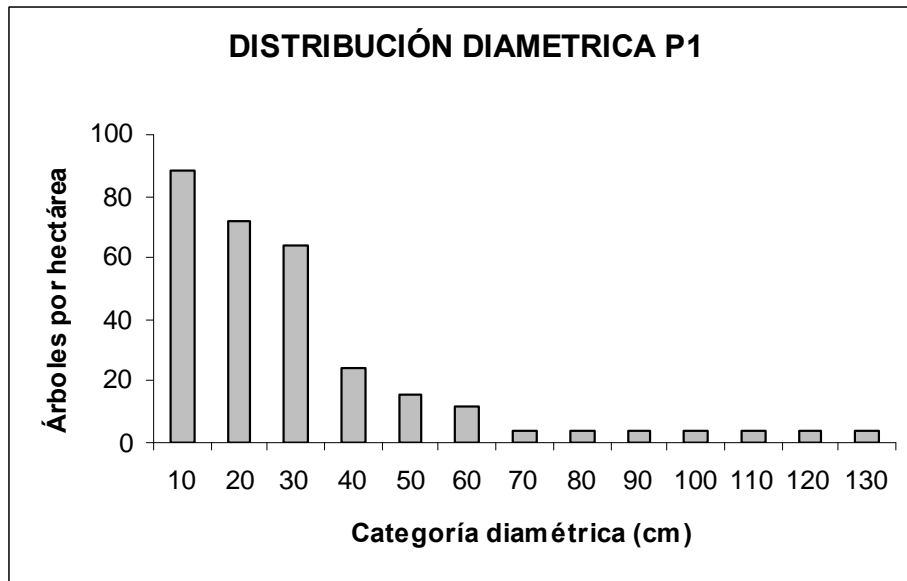


Figura 5.1.- Distribución diamétrica de la P₁ del bosque tropical subcaducifolio de la Quebrada, Jalisco, México.

Las P₁ y P₂ exhiben una distribución diamétrica distinta (Fig. 5.2 y 5.3), ya que la categoría de 20 cm es la que mayor cantidad de individuos presenta, esto sugiere que los procesos de regeneración natural se han visto limitados, lo cual podría deberse a diversos factores como la eliminación del renuevo como consecuencia del pastoreo.

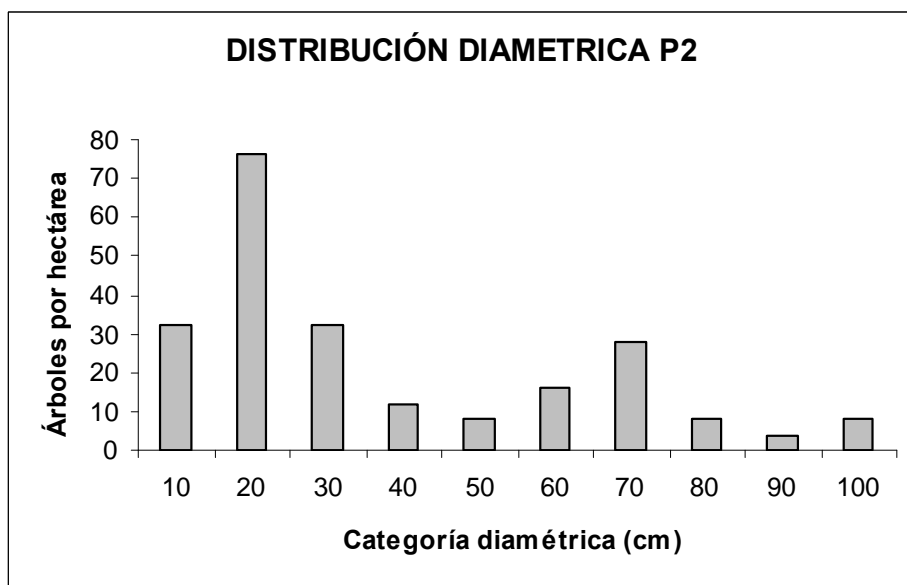


Figura 5.2.- Distribución diamétrica de la P₂ del bosque tropical subcaducifolio de La Quebrada, Jalisco, México.

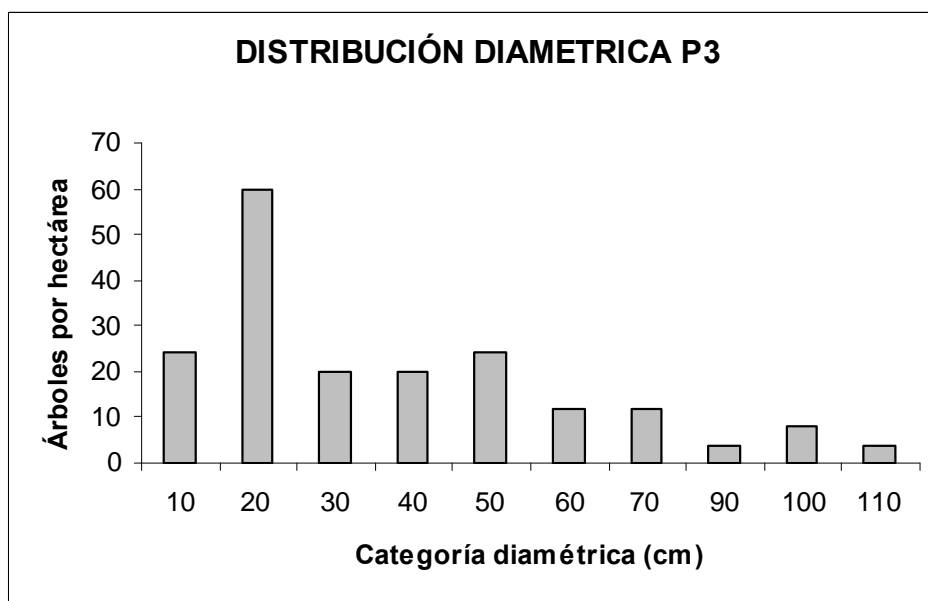


Figura 5.3.- Distribución diamétrica de la P₃ del bosque tropical subcaducifolio de la Quebrada, Jalisco, México.

5.5.4.- Estructura de especies

La riqueza de especies fue de 19 en la P₁, 11 en la P₂ y 13 en la P₃, con un total de 25 especies, de las cuales sólo 5 son comunes a las tres parcelas. En el nivel de familias se registraron en la P₁ 11, P₂ 10 y P₃ 11, de las cuales sólo 4 están representadas en las tres parcelas, siendo las más importantes por el número de especies Leguminoseae, Euphorbiaceae y Moraceae. (Ver tablas 5.1, 5.2 y 5.3).

Tabla 5.4.- Nombre común, nombre científico y familia botánica de los árboles registrados en la P₁.

No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
1	<i>Luehea speciosa</i>	Algodoncillo	Tiliaceae
2	<i>Jacaratia mexicana</i>	Bonete	Caricaceae
3	<i>Brosimum alicastrum</i>	Capomo	Moraceae
4	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Clavellina	Bombaceae
5	<i>Swietenia humilis</i>	Cobano	Meliaceae
6	<i>Astronium graveolens</i>	Culebro	Anacardiaceae
7	<i>Hura polyandra</i>	Habillo	Euphorbiaceae
8	<i>Trema michranta</i>	Capulín	Ulmaceae
9	<i>Acacia hindsii</i>	Jarretadera	Leguminoseae
10	<i>Sapium pedicellatum</i>	Mataiza	Euphorbiaceae
11	<i>Bursera simaruba</i>	Papelillo	Burseraceae

12	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Parota	Legumioseae
13	<i>Poeppigia procera</i>	Parotilla	Leguminoseae
14	<i>Cupania dentata</i>	Quebramuelas	Sapindaceae
15	<i>Cnidoscolus sp.</i>	Quemador	Euphorbiaceae
16	<i>Tabebuia rosea</i>	Rosa morada	Bignoniaceae
17	<i>Dalbergia congestiflora</i>	Tampicirán	Leguminoseae
18	<i>Ficus cotinifolia</i>	Tezcalame	Moraceae
19	<i>Zanthoxylon sp.</i>	Zorrillo	Rutaceae

Tabla 5.5.- Nombre común, nombre científico y familia botánica de los árboles registrados en la P₂.

No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
1	<i>Luehea speciosa</i>	Algodoncillo	Tiliaceae
2	<i>Brosimum alicastrum</i>	Capomo	Moraceae
3	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Clavellina	Bombaceae
4	<i>Sapium pedicellatum</i>	Mataiza	Euphorbiaceae
5	<i>Astronium graveolens</i>	Culebro	Anacardiaceae
6	<i>Trema michranta</i>	Capulín	Ulmaceae
7	<i>Bursera simaruba</i>	Papelillo	Burseraceae
8	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Parota	Leguminoseae
9	<i>Cupania dentata</i>	Quebramuelas	Sapindaceae
10	<i>Cnidoscolus sp.</i>	Quemador	Euphorbiaceae
11	<i>Couepia polyandra</i>	Zapotillo	Chrysobalanaceae

Tabla 5.6.- Nombre común, nombre científico y familia botánica de los árboles registrados en la P₃.

No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA
1	<i>Nectandra sp.</i>	Ahuilote	Lauraceae
2	<i>Luehea speciosa</i>	Algodoncillo	Tiliaceae
3	<i>Jacaratia mexicana</i>	Bonete	Caricaceae
4	<i>Brosimum alicastrum</i>	Capomo	Moraceae
5	<i>Bursera excelsa</i>	Copalillo	Burseraceae
6	<i>Platymiscium lasiocarpum</i>	Granadillo	Leguminoseae
7	<i>Halimium glomeratum</i>	Juanita	Cistaceae
8	<i>Oreopanax sp.</i>	Mano de león	Araliaceae
9	<i>Bursera simaruba</i>	Papelillo	Burseraceae
10	<i>Cupania dentata</i>	Quebramuelas	Sapindaceae
11	<i>Cnidoscolus sp.</i>	Quemador	Euphorbiaceae
12	<i>Tabebuia rosea</i>	Rosa morada	Bignoniaceae
13	<i>Coupeia polyandra</i>	Zapotillo	Chrysobalanaceae

El valor del Índice de Shannon fue mayor para la P₁ con 1.76, seguido por la P₃ con 1.75, finalmente la P₂ tiene un valor de 1.55. Estos resultados muestran que la parcela con mayor riqueza de especies es la de mayor diversidad, sin embargo puede observarse que aun cuando la P₃ tiene 6 especies menos que

la P_1 , es ligeramente menor en el valor de diversidad H' , debido a que las especies están distribuidas de manera mas proporcional.

El Índice de Uniformidad fue mayor para la P_3 con 0.77, seguido de la P_1 con 0.71 y la P_2 con 0.66, lo que muestra una mayor homogeneidad en la proporción de especies para la P_3 aun cuando tiene menor valor de diversidad H' que la P_1 , esto evidencia el porque la P_3 aun con menor riqueza de especies tiene un mayor valor H' , debido a que tiene una mayor uniformidad *Ev*.

5.6.- CONCLUSIONES

Las características dasométricas del rodal evaluado permiten concluir que este bosque es denso. La distribución espacial muestra una tendencia de los árboles a la formación de grupos. La distribución diamétrica de la P_1 corresponde a la de un bosque maduro con procesos de regeneración y sucesión en equilibrio, las P_2 y P_3 tienen una distribución irregular, existiendo la necesidad de aplicar tratamientos silvícolas que induzcan la regeneración natural. La riqueza de especies y familias, además de su composición muestra una alta heterogeneidad en la composición florística. La diversidad es similar en las tres parcelas, siendo la P_3 la que presenta mayor uniformidad.

5.7.- LITERATURA CITADA

Clark P. J., Evans F. C. 1954. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 35: 445 – 453.

Del Río M., Montes F., Cañellas I. y Montero G. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigaciones Agrarias: Sist. Recur. For.* 12 (1): 159-176.

Gadow K. v., Real P., Álvarez G. J. 2001. Modelización del crecimiento y la evaluación de los bosques. *Notas de la Escuela Superior de Lugo*. Santiago de Compostela, Galicia, España. 242 p.

Hernández A. E., Rodríguez F. C., Gallegos R. A., Mora S. A. y Abundio R. E. 2005. "El modelo ecológico para definir Unidades de Manejo en Bosques Tropicales de la Costa de Jalisco, México" Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Killen T. J., Jardim A., Mamani F. y Rojas N. 1998. Diversity, composition and structure of a tropical semideciduous forest in the Chiquitania. Region of Santa Cruz, Bolivia. *Journal of Tropical Ecology* 14: 803-827.

Lamprecht H. 1990. *Silvicultura en los trópicos*. Traducción de Antonio Carrillo. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)

Liang S. y Dong M. 2004. Spatial heterogeneity of population structure of the Mangrove *Bruuguiera gymnorrhiza* at Yingluo Bay, South-China Coast. *Acta Botanica Sinica*. 46 (9):1015-1024

Magurran A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, 200 p.

Prommerening A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*. 75 (1): 305-323.

Quigley M. I., Platt, W. J. 2003. Composition and structure of seasonally deciduous forests in the Americas. *Ecological Monographs*. 73 (1): 87 – 106.

Shannon, C. E. 1948: The mathematical theory of communication. En C. E. Shannon; W. Weaver (Ed.): *The mathematical theory of communication*. Urbana, Univ. of Illinois Press. pp: 3-91.

Strasberg, D. 1996. Diversity, size composition and spatial aggregation among trees on a 1-ha rain forest plot at La Réunion. *Biodiversity and Conservation* 5: 825-840.

Wadsworth F. H. 2000. Producción Forestal para América Tropical. IUFRO-SPDC (Text book Project No. 3) Servicio Forestal, Departamento de Agricultura 710-S. 563 pp.

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

6.- CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL BOSQUE TROPICAL SUBCADUCIFOLIO DE LA QUEBRADA, JALISCO, MÉXICO, A NIVEL DEL BOSQUE

6.1.- RESUMEN

Esta investigación presenta la caracterización estructural de tres parcelas experimentales de un bosque tropical subcaducifolio en La Quebrada, Jalisco, México, considerando el nivel del bosque mediante análisis de puntos. Para la estructura espacial se aplicó la función $K(r)$ de Ripley. La función de correlación de puntos marcados para la diferenciación dimensional y la función divariada de Ripley para la estructura de especies. Los resultados indican que este bosque es denso con una área basal promedio de $35.33 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. La distribución espacial tiende a la formación de grupos. La diferenciación dimensional es alta y la asociación entre especies comerciales y no comerciales mostró una distribución independiente.

Palabras clave: bosque tropical subcaducifolio, estructura espacial, estructura dimensional, estructura de especies, análisis de puntos.

6.2.- SUMMARY

This investigation presents the structural characterization of three experimental plots of a semi evergreen tropical forest in La Quebrada, Jalisco, Mexico, considering the level of the forest by means of point pattern analysis . For the spatial structure there was applied the function $K(r)$ of Ripley. The function of correlation of points marked for the dimensional differentiation and the function bivariate of Ripley for the structure of species. The results indicate that this forest is dense with an area basal average of $35.33 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. The spatial distribution tends to the formation of groups. The dimensional differentiation is high and the association among commercial and not commercial species showed an independent distribution

Key words: semi-evergreen tropical forest, spatial structure, dimensional structure, species structure, point pattern analysis

6.3.- INTRODUCCION

Los bosques tropicales se consideran los ecosistemas mayor riqueza biológica, por lo que el conocimiento acerca de sus características y procesos particulares es de suma importancia. Del Río *et al.* (2003) mencionan que es fácilmente modificable a través de la silvicultura, por lo que su adecuado conocimiento es indispensable para garantizar una gestión sostenible.

La estructura de un bosque es un buen indicador para caracterizar la diversidad estructural de los ecosistemas del bosque (Pretzsch, 1998; Gadow y Pogoda, 2000). La diversidad de la especie dentro de un bosque desempeña un papel importante en el ecosistema (p.ej. ecología de la comunidad). Conocer la diversidad estructural de un bosque es también esencial para entender y describir una trayectoria particular del desarrollo del bosque. Se considera una variable crítica para la toma de decisiones en el manejo del bosque y los esfuerzos de la conservación (Gordon, *et al* 2005).

Prommerening (2002) menciona que la estructura de un ecosistema forestal comprende la estructura de especies, distribución espacial y diferenciación dimensional y puede ser descrita a diferentes escalas.

En este trabajo se aborda la escala del bosque a través del análisis de puntos, teoría que considera los árboles de un rodal como un juego finito de puntos que representan sus ubicación sobre el terreno, entonces el modelo espacial de los árboles puede ser descrito (Tomppo, 1986)

Además de las posiciones de los árboles, varias características cualitativas o cuantitativas como la especie de árbol o los tamaños, pueden ser tomados simultáneamente en consideración en el análisis, y el bosque puede ser representado como un modelo de puntos marcados. Esta teoría ofrece varias características para la descripción cuantitativa de la interacción de árboles en un bosque (Penttinen *et al.*, 1992). Este modelo de análisis espacial de puntos tiene una historia larga en la ecología y la silvicultura (p.ej., Goodall, 1952; Pielou, 1977).

El objetivo del análisis de modelo espacial es medir, basado en características cuantitativas, cómo los individuos son localizados y describir con modelos

matemáticos las leyes que regulan sus posiciones (Tomppo, 1986). El interés general responde preguntas acerca de la distribución de los árboles, ya sea que se presenten distribuidos en grupos, al azar o con regularidad.

6.4.- MATERIALES Y METODOS

6.4.1 Descripción general del área de estudio

El estudio se realizó en la Microcuenca La Quebrada, Tomatlán, Jalisco, ubicada entre los paralelos 105° 05' Longitud W y 19° 55' Latitud N. Su rango altitudinal va de 100 a 700 m; posee un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano; los suelos se caracterizan por tener una textura arenosa y el tipo de vegetación es bosque tropical subcaducifolio. Cabe señalar que en el área se han realizado aprovechamientos forestales desde hace 20 años, bajo el sistema silvícola Plan Costa de Jalisco, que consiste en aplicar cortas de selección.

6.4.2 Metodología

Se seleccionaron tres parcelas de muestreo de forma cuadrada y cuyas dimensiones son de 25m x 25m, con una superficie de 2 500 m² cada una. Para la elección de las parcelas se consideró la rodalización ecológica aplicada por Hernández *et al* (2005), la cual consiste en definir unidades en función del sustrato geológico, tipo de suelo, rango altitudinal y tipo de vegetación; se eligió la unidad ecológica de mayor superficie con un 48.19 % del total de la Microcuenca La Quebrada.

Dentro de cada parcela se registraron todos los árboles con DAP > 10 cm, identificando a qué especie corresponde cada individuo y su ubicación espacial sobre el terreno, al obtener sus distancias en ejes coordenados. Cabe señalar que se contó con guías de campo de la localidad que identificaron la especie de acuerdo a su nombre común y después se verificaron con listados florísticos, para obtener finalmente el nombre científico. En el caso de especies no conocidas se colectaron ejemplares de herbario para su correcta identificación.

6.4.2.1.- Estructura espacial

La función $K(r)$ de Ripley representa el número de árboles que se encuentran en un círculo de radio variable (r) alrededor de un determinado árbol Ripley (1981, en Del Río *et al.* 2003). $\lambda * K(r)$ es la esperanza del número de pies que están a una distancia igual o menor que r . La función empírica obtenida a partir de los datos reales se compara con la obtenida en parcelas simuladas mediante un proceso aleatorio, de esta forma se pueden determinar las tipología de las estructuras que aparecen a diferentes escalas.

$$\lambda * K(d) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\delta_{ij}}{n}$$

$$i \neq j$$

$$\delta_{ij}(d) = 1 \text{ si } d_{ij} \leq d, 0 \text{ si } d_{ij} > d$$

Donde:

λ = densidad o número de pies por hectárea

r_{ij} = distancia entre el árbol i y el j

n = numero de árboles del círculo de radio r

El valor resultante de cada r se compara con el valor de $K(r)$ esperado en una distribución Poisson, este último y su intervalo de confianza es establecido mediante la simulación de un proceso aleatorio. En la discusión del artículo de Ripley (1977) se propone utilizar la raíz cuadrada de la función $K(r)$ debido a que, en el supuesto de una distribución Poisson, es una función lineal por lo que facilita la comparación entre distintas distribuciones. La siguiente transformación tiene una media (μ) cero y varianza (σ) aproximadamente constante cuando la distribución es aleatoria:

$$L(r) = \sqrt{\frac{K(r)}{\pi}} - r$$

Generalmente se realiza una comparación gráfica representando en una figura la evolución de la función $L(r)$ con la distancia (r) para una masa y los intervalos

de confianza de la distribución Poisson generados mediante un proceso Monte Carlo.

6.4.2.2.- Estructura dimensional

Para evaluar la estructura dimensional se aplicó un proceso divariado, reconociendo los árboles como puntos, pero asignando rasgos cualitativos o cuantitativos llamados señales para cada punto. Este proceso puede mencionarse como " un proceso de punto marcado " (Pommerening, 2002). Un buen ejemplo de un modelo de proceso de punto marcado es asignar como atributo el diámetro del árbol. Este modelo describe la correlación entre los atributos (Stoyan y Stoyan, 1994).

6.4.2.3.- Estructura de especies

Se evaluó la mezcla y asociación de especies, agrupándolas en comerciales y no comerciales, con el objetivo de conocer el grado de asociación entre ambas en la escala espacial.

Es un proceso donde se aplica la función $K(r)$ de Ripley para un proceso de análisis de puntos considerando dos variables; puede ser usada concebir la interrelación subyacente entre sus componentes (p. ej., la atracción, la independencia o la repulsión).

Para la prueba de bondad de ajuste para la hipótesis de la dependencia de dos tipos de punto, el intervalo de confianza generalmente es desarrollado por el proceso de Monte Carlo, propuesto por Lotwick y Silverman (1982). Es un intervalo desarrollado a partir de 1000 simulaciones, cada una para los valores de distancias de 0 a 20 m, definiendo las fronteras inferiores y superiores para un intervalo de confianza del 95 %.

6.5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.5.1.- Estructura espacial

Los resultados para la P_1 muestran que hasta la escala espacial de 8 m hay una clara distribución de los árboles en agregados (Fig. 6.1), a partir de esa distancia y hasta los 16 m la distribución es aleatoria y de ahí hasta los 24 m tienden a la regularidad.

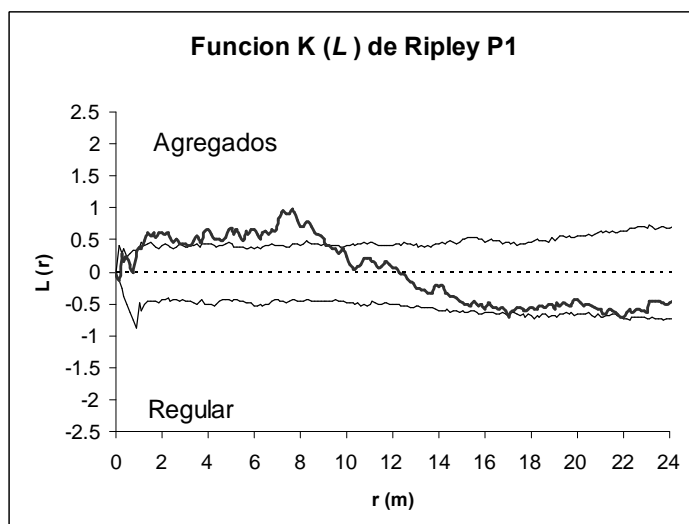


Figura 6.1.- Función K de Ripley para la P_1 en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

Los resultados de la P_2 (Fig. 6.2) muestran condiciones de agrupamiento de los árboles hasta una escala de 2 m, a partir de ahí la distribución es aleatoria hasta los 10 m donde la masa tiende a la regularidad hasta la escala espacial de 14 m desde donde la gráfica de nuevo tiende a la regularidad.

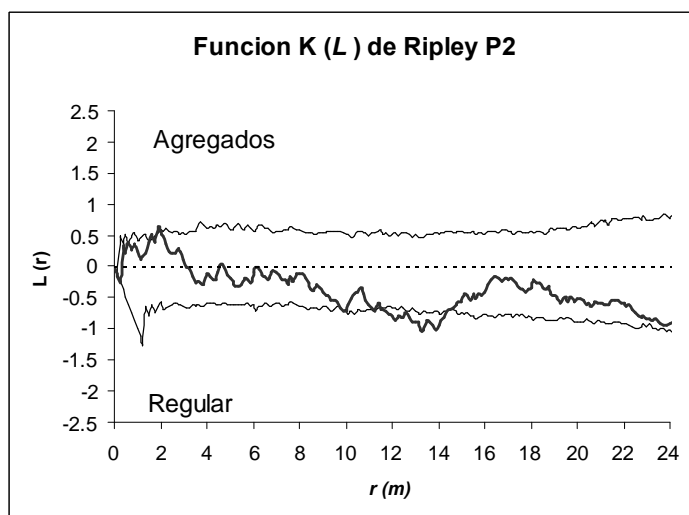


Figura 6.2.- Función K de Ripley para la P_2 en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

Los resultados de la P_3 se pueden apreciar (Fig. 6.3) con una tendencia a la formación de grupos en una escala espacial de 3m donde declina hacia la aleatoriedad hasta la escala de 10m, desde ahí hasta los 24 m hay una clara tendencia a la formación de grupos.

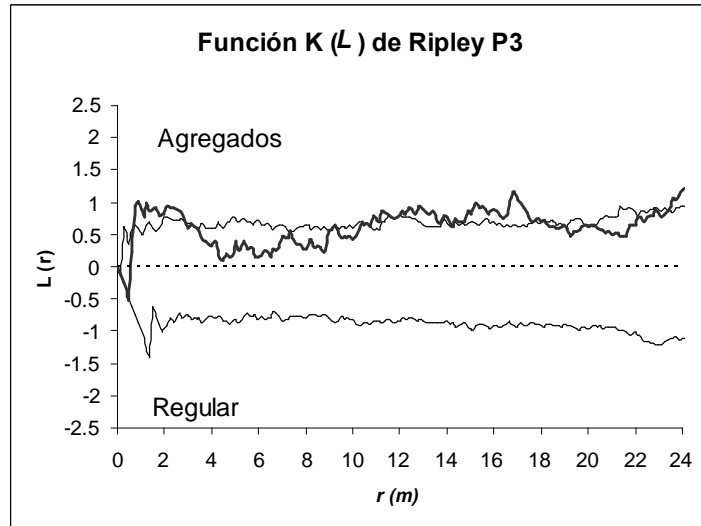


Figura 6.3.- Función K de Ripley para la P_3 en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

6.5.2.- Estructura dimensional

La función de correlación de puntos para la P_1 muestra (Fig. 6.4) en una escala espacial de 0 a 4 m que hay una correlación negativa, es decir que los árboles de acuerdo a su diámetro están mezclados. En la escala de 4 a 8 m hay una correlación positiva lo cual indica que en esa escala los árboles de similares dimensiones. De 8 hasta 24 m la correlación es negativa nuevamente y por lo tanto se considera que en esa escala espacial los árboles de acuerdo a sus diámetros están entremezclados.

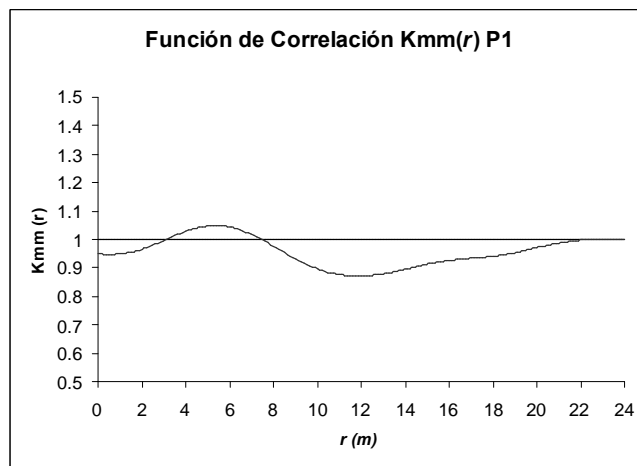


Figura 6.4.- Función de correlación de puntos para la P_1 del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

La forma de la curva en la P_2 tiene fluctuaciones a lo largo de la escala espacial, se observa una correlación positiva hasta la escala de 4 m indicando

que los árboles de acuerdo a su diámetro están correlacionados, es decir tienen tamaños similares, en la escala de de 4 a 14 m puede observarse una correlación negativa, es decir que los árboles están entremezclados, lo que hace suponer una diferenciación diamétrica alta. Nuevamente existe una correlación de 14 a 20 m y a partir de ahí la correlación vuelve a ser negativa.

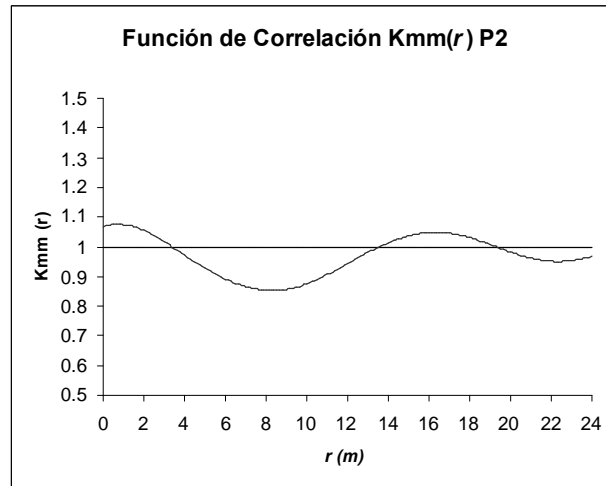


Figura 6.5.- Función de correlación de puntos para la P₂ del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

La P₃ indica una tendencia diferente y en toda la escala espacial denota una correlación negativa, es decir que los árboles de diferentes tamaños están entremezclados por todo el bosque.

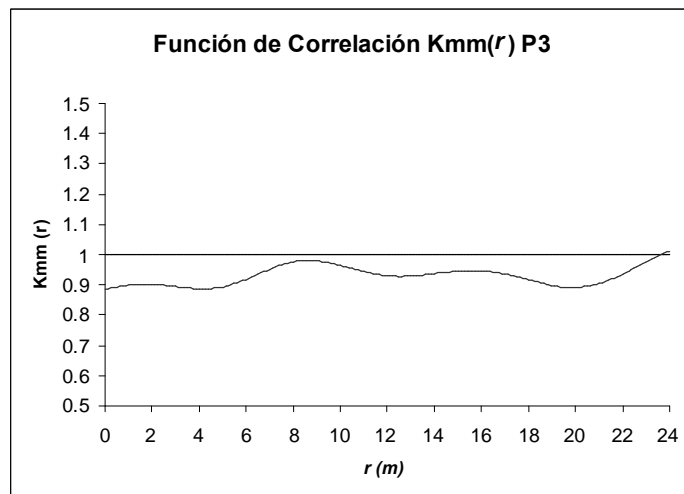


Figura 6.6.- Función de correlación de puntos para la P₃ del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

6.5.3.- Estructura de especies

Los resultados de correlación marginal muestran que en la P_1 las especies comerciales y no comerciales (Fig. 6.7) están entremezcladas o tienen un proceso de atracción hasta la escala espacial de 10 m, a partir de donde se invierte la tendencia y denotan en escala espacial menor grado de asociación.

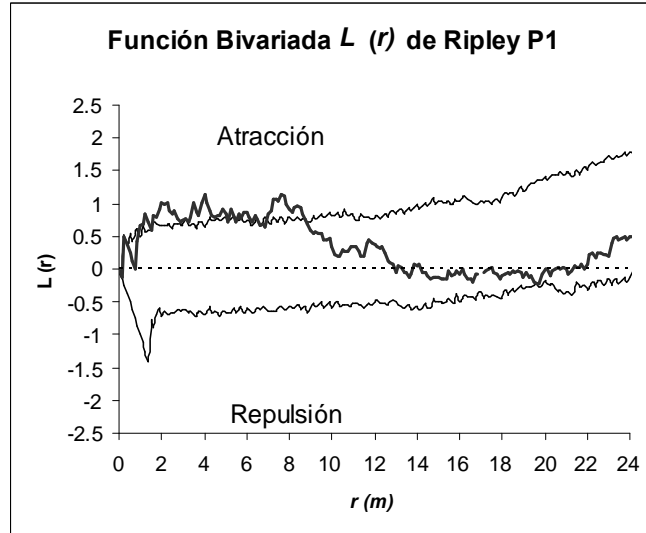


Figura 6.7.- Función bivariada de Ripley para la P_1 en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

Para la P_2 se puede observar altas fluctuaciones en el valor de $L(r)$ en toda la escala espacial, lo cual indica que el grado de asociación entre especies comerciales y no comerciales es aleatorio.

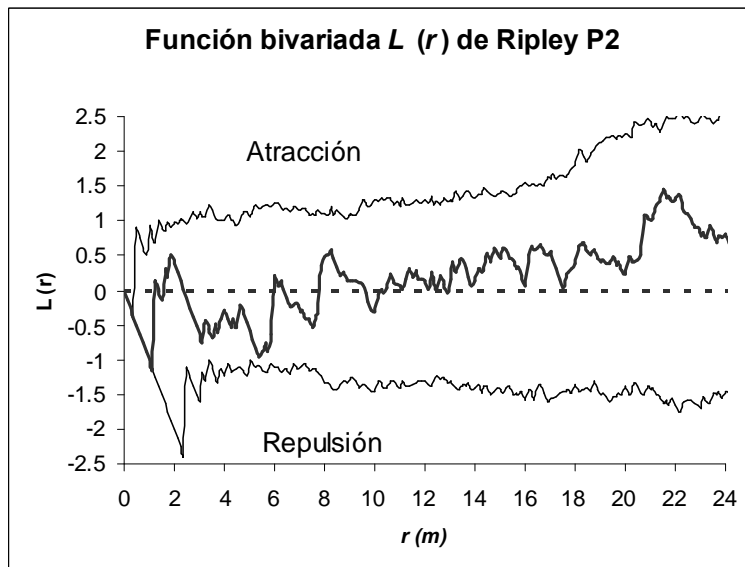


Figura 6.8.- Función divariada de Ripley para la P_2 en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

Para la P_3 se observa un patrón diferente a las dos anteriores, el valor de $L(r)$ esta dentro de la distribución Poisson con una tendencia a la atracción en la escala de 2 a 4m y de 12 a 18m. Lo anterior indica que en general que las especies comerciales y no comerciales crecen entremezcladas a lo largo de la escala espacial.

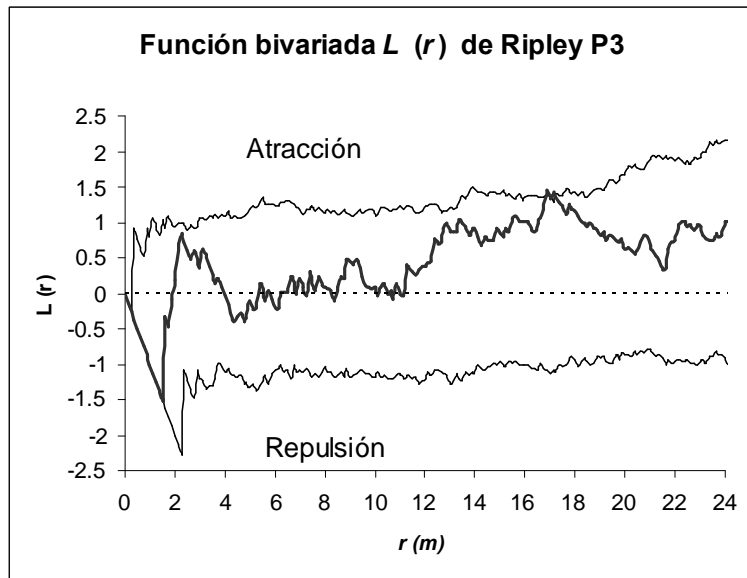


Figura 6.9.- Función divariada de Ripley para la P_3 en el bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

6.6.- CONCLUSIONES

El análisis de puntos permite caracterizar la estructura espacial, dimensional y de especies del bosque estudiado. La distribución espacial muestra variaciones dentro de las parcelas en la escala espacial y entre parcelas, prevaleciendo en pequeña escala la tendencia de los árboles a la formación de grupos. La diferenciación dimensional fue también heterogénea y con variaciones al interior de cada parcela. Existe la tendencia a la correlación negativa, mostrando que los árboles están mezclados unos con otros de acuerdo a su dimensión diamétrica. La asociación de especies comerciales y no comerciales permite concluir que en general se distribuyen de manera aleatoria.

6.7.- LITERATURA CITADA

Del Río M., Montes F., Cañellas I. y Montero G. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigaciones Agrarias: Sist. Recur. For.* 12 (1): 159-176.

Diggle P. J. 1983. *Statistical point patterns análisis*. Academic Press, London.

Goreaud F., Courbaud B. y Collinet Frédérique. Spatial structure analysis applied to modeling of forest dynamics: a few examples. *Spatial structure analysis applied to modeling of forest dynamics*. 1-14

Gordon, E.A., Franco, O.E., Tyrrell, M.L. 2005. *Protecting biodiversity: a guide to criteria used by global conservation organizations*. Global Institute of Sustainable Forestry, Yale School of Forestry and Environmental Studies, New Haven, USA.

Hernández A. E., Rodríguez F. C., Gallegos R. A., Mora S. A. y Abundio R. E. 2005. "El modelo ecológico para definir Unidades de Manejo en Bosques Tropicales de la Costa de Jalisco, México" *Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales*. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Goodall, D. W., 1952. Some considerations of the use of point quadrats for the analysis of vegetation. *Aust. Jour. Sci. Res. Ser. Bull.* 5:1-41.

Lotwick, H.W. and Silverman, B.W., 1982. Methods for analyzing spatial processes of several types of points *J. Roy. Stat. Soc. B* 44:406-413.

Penttinen, A., Stoyan, D. and Henttonen, H.M., 1992. Marked point process in forest statistics. *For. Sci.* 38:806-824.

Pielou, E.C., 1977. *Mathematical Ecology*. Wiley, New York. 384 p.

Prommerening A. 2002. Approaches to quantifying forest structures. *Forestry*. 75 (1): 305-323.

Ripley B. D. 1977. Modelling spatial patterns (with discusión). J. Royal Statistical Society B 39, 172-212.

Ripley, B. D. 1981. Spatial Statistics. John Wiley & Sons, Inc. 252 pp.

Stoyan, D. and Stoyan, H., 1994. Fractals, Random Shapes and Point Fields. John Wiley, Chichester.

Tomppo, E., 1986. Models and methods for analyzing spatial patterns of trees. Comm. Inst. Forestalis Fennicae 138.

7.- CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL DEL BOSQUE TROPICAL SUBCADUCIFOLIO DE LA QUEBRADA, JALISCO, MÉXICO, A NIVEL DE ÁRBOLES VECINOS

7.1.- RESUMEN

La presente investigación describe la caracterización estructural de tres parcelas experimentales del bosque tropical subcaducifolio de La Quebrada, Jalisco, México, considerando el nivel de árboles vecinos. Se aplicó el índice de dirección media R_i para caracterizar la estructura espacial, el índice de diferenciación diamétrica para la estructura dimensional y el índice de mezcla de especies para la estructura de especies. Los resultados indicaron que el estrato arbóreo de este bosque es denso con una área basal promedio de $35.33 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. La distribución espacial en la P_1 y P_3 tienden a la formación de grupos y la P_2 tiende a la regularidad. La diferenciación dimensional en la P_1 y P_2 es muy alta y en la P_3 es alta. La estructura de especies presenta un alto grado de mezcla para las P_1 y P_2 , mientras que el grado de mezcla en la P_3 es intermedio.

Palabras clave: bosque tropical subcaducifolio, estructura espacial, estructura de especies, diferenciación dimensional, árboles vecinos.

7.2.- SUMMARY

The present investigation there to describe the structural characterization of three experimental plots of the semi-evergreen tropical forest of La Quebrada, Jalisco, Mexico, considering neighbourhood pattern analysis. The spatial distribution appraisalment by means of the index of average direction R_i , the index of differentiation diamétrica for the dimensional structure and the index of mingling of species for the structure of species. The results indicated that the arboreal stratum of this forest is dense with an area basal average of $35.33 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. The spatial distribution in the P_1 a random boss presents, the P_2 tends to the formation of groups and the P_3 tends to the regularity. The dimensional differentiation in the P_1 and P_2 is very high and in the P_3 it is high. The structure of species presents a very high degree of mingling for the P_1 and P_2 , whereas the P_3 the degree of mingling is average.

Key words: semi-evergreen tropical forest, spatial structure, species structure, dimensional differentiation, neighbourhood pattern analysis.

7.-3.- INTRODUCCION

La estructura de un ecosistema se define básicamente por el tipo, número, ordenamiento espacial y temporal de los elementos que lo constituyen. Destacan principalmente la estructura de especies, estructura dimensional y estructura espacial. (Thjomasius y Schmidt, 1996).

La manera más adecuada y precisa para describir la estructura de una masa forestal es caracterizar el estrato arbóreo desde el punto de vista de sus dimensiones, la especie a la que pertenecen o su posición sobre el área. Para ello es necesario el empleo de índices o variables que reflejen esas características en pequeñas superficies o rodales. El grado de diferenciación dimensional es un índice que cuantifica las diferencias de tamaño de los árboles que conviven en un pequeño rodal, el grado de mezcla que evalúa la manera en que los árboles de diferentes especies se interrelacionan y el índice de dirección media que describe cómo se distribuyen los árboles sobre el terreno.

Existen trabajos de investigación relativos a la estructura de bosques tropicales, haciendo énfasis en composición florística, densidad, distribuciones diamétricas, etc. En este sentido, el trabajo constituye una contribución al conocimiento de los bosques tropicales ya que aborda la escala de grupos estructurales de árboles vecinos, lo cual aporta información valiosa para el rodal en general, pero también puede aplicarse por especie.

El presente trabajo tuvo como objetivo aplicar índices cuantitativos que permitan caracterizar la estructura espacial, dimensional y de especies cuando los árboles se agrupan en conjuntos estructurales de cinco individuos, lo que permite conocer los valores medios para las parcelas y la distribución de frecuencias en las diferentes categorías de distribución espacial, diferenciación diamétrica y grado de mezcla de especies.

7.4.- MATERIALES Y METODOS

7.4.1 Descripción general del área de estudio

El estudio se realizó en la Microcuenca La Quebrada, Tomatlán, Jalisco, ubicada entre los paralelos 105° 05' Longitud W y 19° 55' Latitud N. Su rango altitudinal va de 100 a 700 m; con un clima calido subhúmedo con lluvias en verano; los suelos se caracterizan por tener una textura arenosa y el tipo de vegetación es bosque tropical subcaducifolio. Cabe señalar que en el área se han realizado aprovechamientos forestales desde hace 20 años, bajo el sistema silvícola Plan Costa de Jalisco, que consiste en aplicar cortas de selección.

7.4.2 Metodología

Se seleccionaron tres parcelas de muestreo de forma cuadrada y cuyas dimensiones son de 25 m x 25 m, con una superficie de 2,500 m² cada una. Para la elección de las parcelas se consideró la rodalización ecológica aplicada por Hernández *et al* (2005), la cual consiste en definir unidades en función del sustrato geológico, tipo de suelo, rango altitudinal y tipo de vegetación; se eligió la unidad ecológica de mayor superficie con un 48.19 % del total de la Microcuenca La Quebrada.

Dentro de cada parcela se registraron todos los árboles con $d_{1.3} > 10$ cm, identificando a que especie corresponde cada individuo y su ubicación espacial sobre el terreno, al obtener sus distancias en ejes coordenados. Cabe señalar que se contó con guías de campo de la localidad que identificaron la especie de acuerdo a su nombre común y después se verificaron con listados florísticos, para obtener finalmente el nombre científico. En el caso de especies no conocidas se colectaron ejemplares de herbario para su correcta identificación.

7.4.2.1.- Distribución espacial

Para caracterizar la distribución espacial utilizando las relaciones de vecindad se consideró el Índice de dirección media de Corral- Rivas (Ri) (Corral *et al*, 2006) es una nueva variable desarrollada para análisis el espacial de los árboles dentro de una determinada área. Este índice utiliza la información

direccional dada por un árbol de referencia i y su n vecinos más cercanos. Esta variable está elacionada con las ideas de la estadística direccional y por lo tanto requiere que la medición de los ángulos sea precisa y no necesita de las distancias entre los árboles. La interpretación de este índice se da de la siguiente manera: Ri -regular < Ri -aleatoria < Ri -agrupada. El valor exacto para un rodal con distribución de árboles al azar es 1.8. Este valor fue obtenido mediante la simulación de 10^6 árboles y es muy cercano a una aproximación realizada para la dirección media $E(R)$ de n vectores, iniciando en un punto de referencia i y apuntando a n puntos al azar.

$$Ri = \sqrt{1 + \left(\sum_{j=2}^n \cos(\alpha_{ij}) \right)^2 + \left(\sum_{j=2}^n \sin(\alpha_{ij}) \right)^2}$$

Donde:

α_{ij} = ángulos iniciando en el árbol de referencia i y apuntando al j -ésimo árbol vecino en el sentido de las manecillas del reloj.

El valor de 1 que aparece en la fórmula es debido a que las direcciones de los j -ésimos árboles pueden ser tomados a partir del árbol de referencia i , por lo que solamente la medición de tres ángulos es requerida para su estimación.

7.4.2.2.- Diferenciación dimensional

Los índices de diferenciación dimensional describen la relación entre un árbol i y su vecino próximo j y se definen por el cociente entre una variable dimensional del árbol más pequeño y la correspondiente del árbol mayor, sustraído de 1 (Füldner y Gadow, 1994). La diferenciación diamétrica TDi , por ejemplo, se obtiene mediante la función:

$$TDi = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_{dij}$$

Donde:

td_{ij} se deriva de la relación de los diámetros normales de árboles vecinos sustraída de 1:

$$td_{ij} = 1 - \frac{\text{menor}(d_{1.3i}, d_{1.3j})}{\text{mayor}(d_{1.3i}, d_{1.3j})}$$

El valor medio de diferenciación diamétrica es:

$$TD = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N TD_i$$

N = número de árboles del rodal

Un valor $TD_i = 0$ significa que ambos árboles tienen el mismo diámetro normal. Conforme la diferencia de los diámetros incrementa, crece también el valor de TD_i .

7.4.2.3.- Mezcla y asociación de especies

Según Fuldner (1995) el índice de mezcla de especies M_i se define para el i -ésimo árbol ($i = 1..N$) y sus tres vecinos próximos j ($j = 1..3$) como la proporción relativa de árboles vecinos de una especie distinta). Este índice se desarrolló a fin de salvar la limitación del índice de Shannon, que no permite derivar información sobre la distribución espacial (vertical y horizontal) de las especies. Rodales con igual H' pueden presentar una distribución espacial de los árboles muy distinta. El índice de mezcla de especies se obtiene de la función:

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n m_{ij}$$

Donde:

m_{ij} toma un valor 0 cuando el vecino j -ésimo pertenece a la misma especie del árbol objeto i ; de lo contrario tiene un valor 1.

Con cuatro vecinos M_i puede asumir cuatro valores, por lo que en este trabajo se consideraran los cuatro árboles mas cercanos para cada árboles de referencia. Valores cercanos a cero indican que las especies analizadas tienden a agruparse y que no se mezclan con el resto. Por el contrario valores cercanos a 1 indican una preferencia a mezclarse entre ellas.

7.5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.5.1.- Distribución espacial

Los valores estimados para esta nueva variable espacial fueron de $R_{i1} = 2.22$, $R_{i2} = 1.60$ y $R_{i3} = 2.08$. Por lo que las P_1 y P_3 presentan una distribución clara de agregados, ya que dicho valor sobrepasa el valor crítico para una distribución aleatoria (1.6 - 2.03) con un promedio de 100 árboles. La interpretación de este índice para la P_2 indica una tendencia a la regularidad.

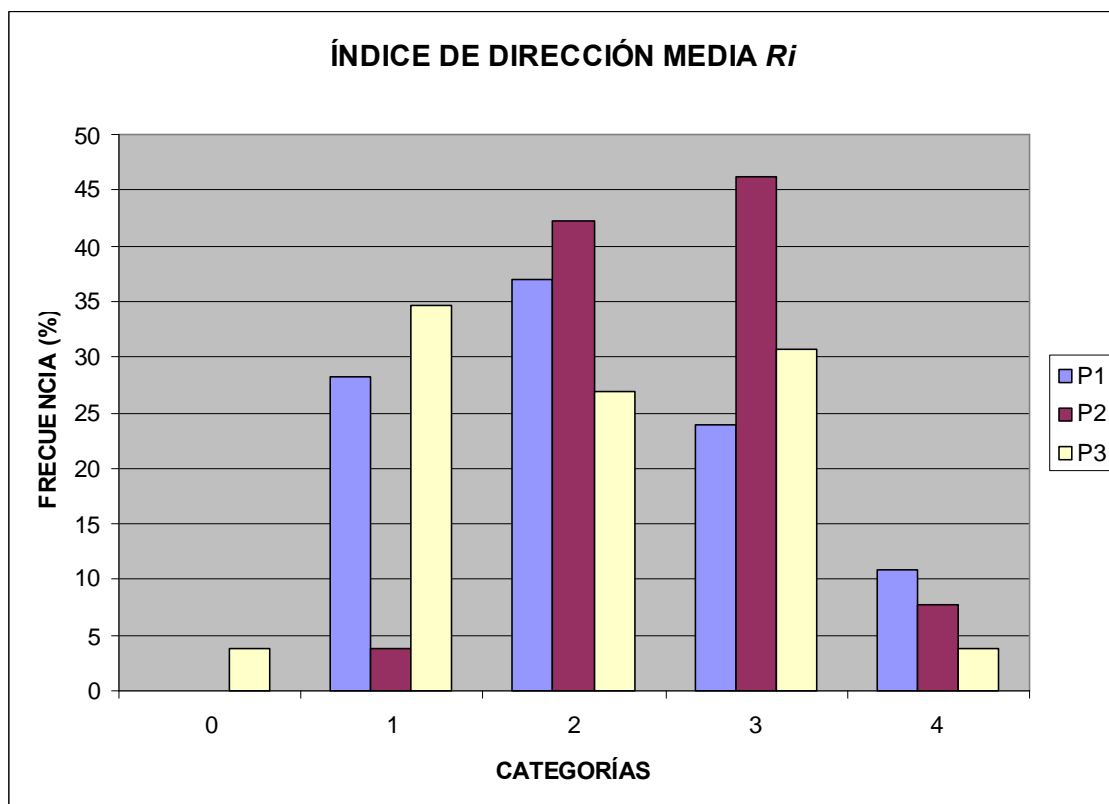


Figura 7.1.- Distribución del valor del índice de dirección media para tres parcelas experimentales del bosque tropical subcaducifolio La Quebrada, Jalisco, México.

7.5.2.- Diferenciación dimensional

La diferenciación dimensional muestra una alta heterogeneidad para las tres parcelas. Los valores medios de la diferenciación diamétrica fueron $TDi_1 = 0.83$, $TDi_2 = 0.87$ y $TDi_3 = 0.75$. Analizando la representación grafica (Fig. 7.2) puede observarse que en la P_1 mas del 50% de los árboles se diferencian en diámetro de sus cuatro vecinos mas próximos; en la P_2 más del 50% de los árboles se diferencian diametricamente con tres de sus cuatro vecinos mas cercanos y en la P_3 el 50% de los árboles se diferencian en su dimensión diamétrica con tres de sus cuatro vecinos mas próximos.

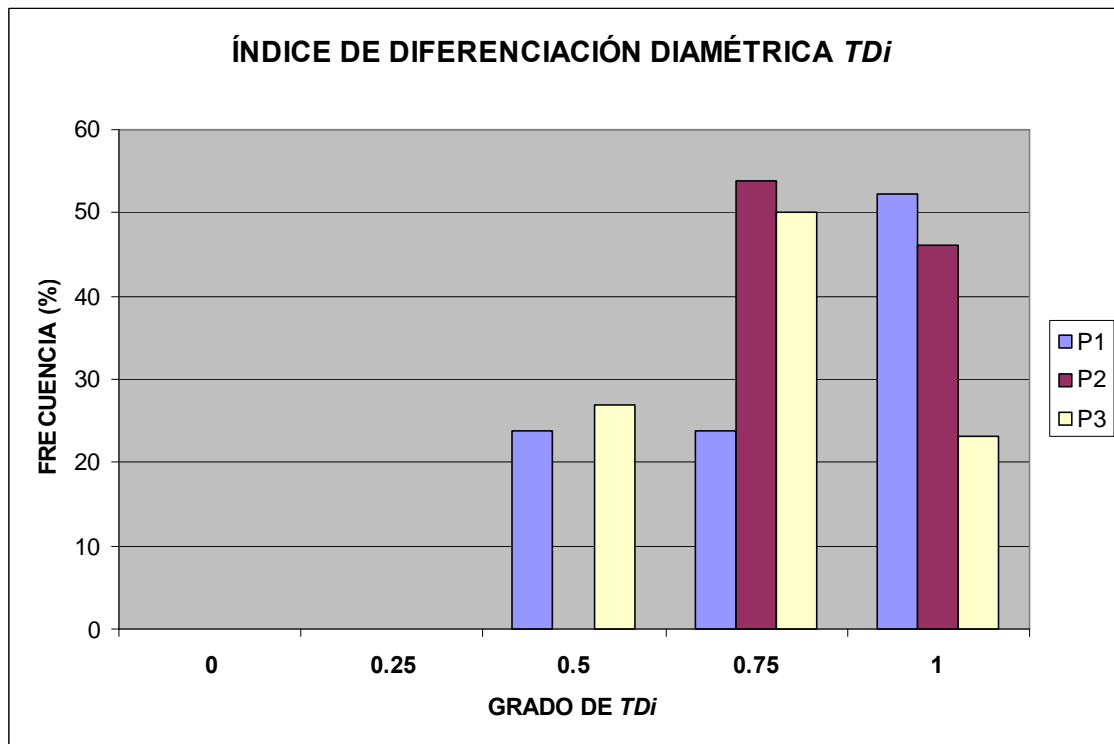


Figura 7.2.- Distribución del valor del índice de diferenciación diamétrica para tres parcelas experimentales en el bosque tropical subcaducifolio de La Quebrada, Jalisco, México.

7.5.3.- Mezcla y asociación de especies

El grado de mezcla de especies tuvo variaciones en las tres parcelas. Los valores medios fueron $Mi_1 = 0.92$, $Mi_2 = 0.88$ y $Mi_3 = 0.66$; lo que indica que en la P_1 las especies tienden a mezclarse en mayor grado que en la P_2 y P_3 , lo

cual resulta lógico considerando que es la parcela con mayor riqueza de especies y diversidad. Mediante la representación grafica (Fig. 7.3) de la distribución de los valores de este índice se puede analizar en forma mas detallada la estructura de las especies.

Se aprecia que en la P_1 el 70% de los árboles convive con cuatro especies distintas y el 30 % restante con tres especies diferentes cuando se consideran grupos estructurales de cinco individuos. En la P_2 el 65% de los árboles convive con cuatro especies distintas, 15% lo hace con 3 y el 20% restante convive con dos especies diferentes. La P_3 el 38% de los árboles convive con dos especies diferentes, el 11% convive con solo una especie distinta, el 23% se mezcla con tres vecinos diferentes y el 27% restante convive con cuatro vecinos diferentes.

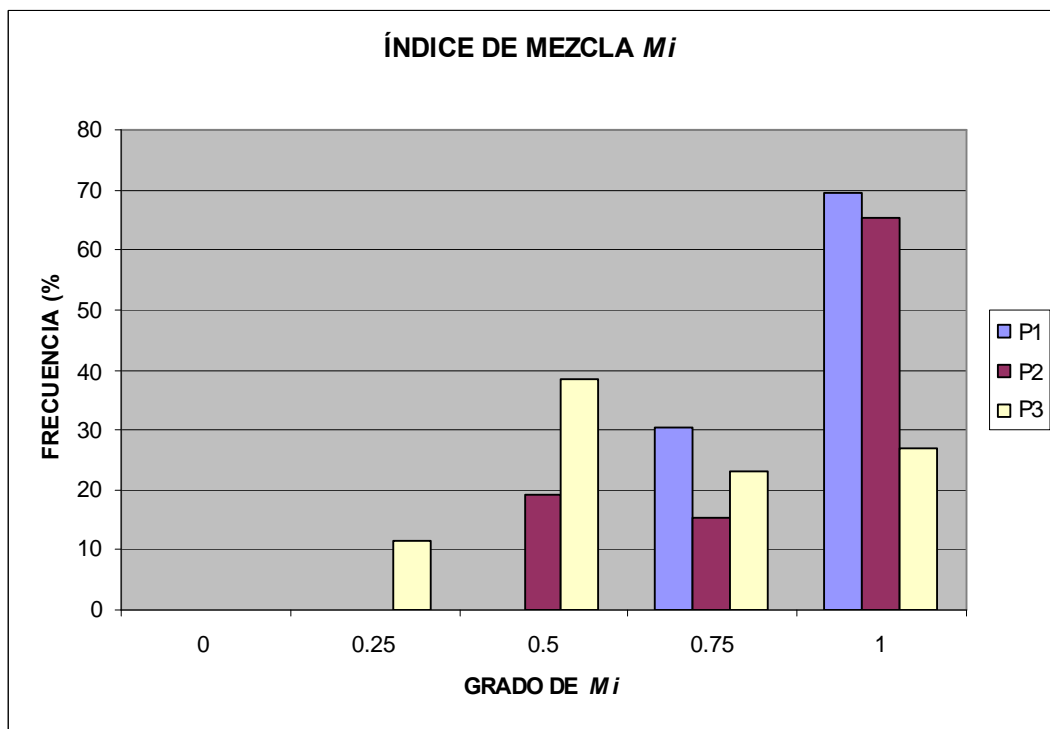


Figura 7.3.- Distribución del valor del índice de mezcla M_i para tres parcelas experimentales en el bosque tropical subcaducifolio en La Quebrada, Jalisco, México.

7.6.- CONCLUSIONES

La aplicación de índices cuantitativos a grupos estructurales de cinco árboles permite describir la estructura de este tipo de bosque. La distribución espacial muestra patrones variables, con una tendencia a la formación de grupos. En cuanto a la diferenciación diamétrica se puede concluir que es muy alta. El grado de mezcla de las especies también es alto. Lo que permite concluir que se trata de un bosque con un alto grado de heterogeneidad en cuanto a la diversidad y estructura espacial.

7.7.- LITERATURA CITADA

Corral-Rivas J., Stoyan D., Prommerening A. y von Gadow K. 2006. An analysis of two direccional indices for characterizing the spatial distribution of forest trees. Can. J. For. Res. En preparación.

Füldner, K.; Gadow, K. v. 1994. How to Define a Thinning in a Mixed Deciduous Beech Forest. Mixed Stands. Research Plots. Measurements and Results. Models. Proceedings from the Symposium of the IUFRO Working Groups S4.01-03 S4-01-04 in Lousã/Coimbra. Portugal. pp: 31-42.

Füldner, K. 1995: Strukturbeschreibung von Buchen – Edellaubholz – Mischwäldern. Tesis doctoral. Universidad de Göttingen. Cuvillier Verlag Göttingen. 145 p

Hernández A. E., Rodríguez F. C., Gallegos R. A., Mora S. A. y Abundio R. E. 2005. “El modelo ecológico para definir Unidades de Manejo en Bosques Tropicales de la Costa de Jalisco, México” Memorias del VII Congreso Mexicano de Recursos Forestales. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Thomasius H. y Schmidt P. 1996. Wald forstwirtschaft und Umwelt. Economica Verlag. Bonn. 435 p.

