

# EL AGRUPAMIENTO MULTIVARIADO EN LA ESTRATIFICACIÓN VERTICAL DE UNA SELVA TROPICAL DEL SURESTE DE MÉXICO<sup>1</sup>.

Sánchez Monsalvo Vicente<sup>2</sup>  
Zamudio Sánchez Francisco J.<sup>3</sup>

## RESUMEN

Se realizó un trabajo exploratorio tendiente a analizar la estratificación vertical de una selva, a partir de los datos de inventario de un área del Campo Experimental San Felipe Bacalar, en Quintana Roo, México. El planteamiento se llevó a cabo por la necesidad de desarrollar una metodología para obtener mayor información funcional del sistema selva y orientar los aprovechamientos maderables en la región. La hipótesis de trabajo fue que la luz es un factor crítico en el sistema selva y la estratificación es la solución al problema que dicho factor representa. El tamaño de cada árbol dentro del sistema es una función de la cantidad de luz que recibe y de la forma biológica de cada especie. Entonces, puede suponerse que al agrupar, mediante técnicas multivariadas, individuos con características físicas y funcionales similares, cada grupo obtenido, corresponde a un estrato vertical de la vegetación. Como resultado del análisis, de los seis grupos producidos, sólo uno se diferencia claramente del resto por la variable altura (H), mientras que el diámetro (DAP) y una variable combinada ( $H \cdot D^2$ ) caracterizan a grupos con árboles sobremaduros. Sin embargo, los tres primeros grupos que podrían relacionarse estrechamente con los estratos verticales, fueron los más frecuentes en toda la muestra, corroborándose lo reportado por otros autores. Se propone el análisis de la dominancia de las especies entre y dentro de cada grupo mediante el uso del primer componente principal interpretándolo como un índice de dominancia, el cual produce los mismos resultados que el Índice de Dominancia de Sarukhán. Aun cuando aparentemente la metodología tiene desventajas por las características de la base de datos utilizada, se sugiere que sea validada y mejorada para aportar mayor información funcional de las especies y así fundamentar su manejo.

**Palabras clave:** Agrupamiento multivariado, estratificación vertical, selva tropical.

<sup>1</sup> Parte de esta información se utilizó para la tesis de maestría del autor.

<sup>2</sup> M.C., Investigador del CIR-Golfo Centro, INIFAP, SAGAR

<sup>3</sup> M.C., División de Ciencias Forestales, UACH.



## ABSTRACT

An exploratory study was made to analyze vertical stratification of a tropical forest, by inventory data from an "San Felipe Bacalar" Experimental Station area, at Quintana Roo State, Mexico. The work was carried out for the need to obtain more functional information about tropical forest system to orientate regional wood harvesting. Work hypothesis was: sunlight is a critical factor in the tropical forest and vertical stratification is the solution to the problem such a factor represents. Size of any tree into the system is a function of the sunlight quantity and quality it receives and each species's biological form. Then can be supposed that grouping, by multivariate techniques, individuals with both similar physical and functional characteristics, each yielded group, corresponds to a vertical strata into vegetation. However, from six groups produced, just one is clearly differenced by the height variable (H), meanwhile diameter (DAP) and a combined variable ( $H \cdot D^2$ ) characterize overmature tree groups. On the other hand, the first three groups that could be closely related with vertical strata, were frequentest in total sample. Species dominance analysis inside and outside each group is proposed by using first principal component as a dominance index, wich produces same results as Sarukhan's Index Dominance does.

Key words: Cluster analysis, vertical stratification, tropical forest.

## INTRODUCCIÓN

En los estudios donde se analiza la estructura de las selvas, se utiliza el término "estrato" para ubicar la posición sociológica de una planta dentro de la comunidad vegetal. Sin embargo, los estratos generalmente se definen mediante criterios no cuantitativos y se considera que su importancia es meramente ilustrativa. Por otro lado, la estratificación vertical de la selva, no siempre es un fenómeno evidente, ya que este tipo de vegetación se mantiene bajo una rápida y continua renovación natural, creando un mosaico formado por trozos de selva (ecounidades) con diferentes estructuras y estados de desarrollo. Este hecho hace difícil el estudio de la estratificación, ya que tendrían que seleccionarse fracciones muy pequeñas de selva, declaradas como en estado estable para poder analizarlas. Aun así, como la estructura meta de la selva es la multiestratificada, cualquier estado de desarrollo de ésta tiende a buscar una forma estratificada de sus componentes. De tal manera que en una extensión determinada de selva, cada ecounidad constituye un grado de alteración de la misma, por lo tanto, puede haber un número de ecounidades con características estructurales similares. Al respecto, la identificación física de todas



las ecounidades posibles en un área, sería una tarea difícil, sin embargo, mediante las técnicas de agrupamiento multivariado, el análisis de la dominancia y estructura de los grupos, pueden realizarse inferencias respecto a dicho fenómeno.

## OBJETIVOS

- Determinar la estratificación vertical de la población total mediante la técnica de agrupamiento multivariado.
- Comparar los criterios clásicos para determinar los estratos en selvas con los aquí propuestos.
- Analizar la dominancia de las especies dentro de los estratos para caracterizar la selva estudiada.

## ANTECEDENTES

Richards (1979)<sup>4</sup>, fue uno de los primeros en estudiar la estratificación de las selvas, de una manera completa, a través de histogramas de frecuencias de altura y perfiles diagramáticos. Estas técnicas de los perfiles, con algunas modificaciones, han sido usadas ampliamente para describir la estructura de las selvas de varias partes del mundo.

Oldeman (1989)<sup>5</sup>, afirma que la selva tropical se muestra como un mosaico compuesto por trozos de selva (ecounidades) de diferentes tamaños y en diferentes etapas de desarrollo, por lo tanto se observa realmente una estratificación horizontal dentro de la ecounidad de los "árboles del presente" (fisiológicamente maduros). Según Oldeman (*op. cit.*) la estratificación vertical o la "arquitectura escalonada" de la selva esta determinada por ecounidades de diferentes tamaños adyacentes. Una ecounidad se define entonces como aquella superficie en la que se ha iniciado el desarrollo de la vegetación, en la que la arquitectura, el funcionamiento ecofisiológico y la composición de especies se ordenan mediante un conjunto de individuos que se comporta como un sistema, mismo que transita a través de

---

<sup>4</sup> Richards, P.W. 1979. The tropical rain forest: an ecological study.

<sup>5</sup> Oldeman R., A.A. 1989. Dynamics in tropical rain forest



diferentes fases de desarrollo. Actualmente, la definición de estratos se ha realizado de acuerdo a la técnica de Richards (*op. cit.*) , pero es posible hacerlo mediante métodos multivariados. Así por ejemplo, Arriaga y Sarukhán (1988)<sup>6</sup> , para detectar niveles de competencia y parasitismo en *Pinus hartwegii* Lind., utilizaron métodos multivariados para encontrar grupos de árboles con atributos ecológicos similares.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio forma parte del Campo Experimental San Felipe Bacalar del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, el cual se encuentra a unos 49 km al noroeste de la ciudad de Chetumal, Quintana Roo. Su ubicación geográfica es 18° 46' y 16° 51' latitud norte y 88° 20' a 88° 32' de longitud oeste. La altitud promedio es de 20 msnm, la topografía es plana. Predominan los suelos luvisoles gleycos y rendzinas con profundidad promedio de 50 cm. El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 26° C y la precipitación pluvial media anual de 1,254 mm. La vegetación es del tipo selva mediana subperennifolia, de acuerdo a la clasificación de Miranda y Hernández (1963)<sup>7</sup>.

La base de datos proviene de 130 sitios rectangulares de 0.1 ha (10 X 100 m), cada uno distribuido en forma sistemática sobre una superficie de 532 Ha, donde se levantó información de todos los árboles con diámetro normal mayor de 12.4 cm. La información procedente de árboles con diámetro menor de 12.4 cm no pudo utilizarse ya que las variables medidas no fueron las mismas. Se registró la especie, diámetro normal, altura total y altura de fuste limpio de cada individuo. Cabe aclarar que dicha base de datos es producto de un inventario para fines de aprovechamiento forestal. Se desconoce la calidad y precisión de la información levantada, sin embargo, se asume que es confiable debido a la participación del personal técnico del Campo Experimental San Felipe Bacalar. Por el tamaño del área muestreada era necesario rodalizar previamente para identificar cambios en la vegetación y así estratificar el muestreo, sin embargo, esto no se realizó. Ante esta situación, se asume que la metodología propuesta puede detectar dicha heterogeneidad. El historial del lugar puede consultarse en el trabajo de Sánchez (1993)<sup>8</sup>.

---

<sup>6</sup> Arriaga F. y J. Sarukhán K., 1988. Identification of natural groups of trees in uneven-aged forests using multivariate methods. pp. 1092-1100.

<sup>7</sup> Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. pp. 29-179.

<sup>8</sup> Sánchez M., V. 1993. Estratificación vertical de una selva mediana subperennifolia en San Felipe Bacalar, Quintana Roo.



Inicialmente se analizaron siete variables mediante análisis de componentes principales y análisis de regresión, con el objeto de seleccionar aquellas que mejor expliquen el fenómeno estudiado. Las variables seleccionadas fueron: altura total (H), diámetro a la altura de pecho (DAP), y la variable combinada ( $HD2=H*D**2$ ). Con estas tres variables se efectuó un agrupamiento multivariado de acuerdo con el siguiente algoritmo:

1. Del total de la muestra (4 752) se obtuvo una submuestra de 100 observaciones, seleccionadas como semillas, de acuerdo al método de agrupamiento desjunto de McQueen (Anderberg, 1973)<sup>9</sup>. Se utilizó el procedimiento FASTCLUS del paquete de cómputo SAS (Statistical Analysis System)<sup>10</sup>.
2. Las 100 observaciones sirvieron para obtener el número de grupos modales presentes en la submuestra, mediante el método de agrupamiento jerárquico del k-ésimo vecino más cercano de Wong y Lane (1983)<sup>11</sup>. Se utilizó el procedimiento CLUSTER de SAS.
3. Se obtuvieron las semillas iniciales agrupando las 100 observaciones en el número de grupos producidos mediante el agrupamiento jerárquico.
4. Se produjo el agrupamiento de la muestra total utilizando las semillas iniciales. Se utilizó el método de agrupamiento disjunto de Hartigan(1975)<sup>12</sup>, con el procedimiento FASTCLUS de SAS.

Una vez obtenidos los grupos, se realizó un análisis de componentes principales con las tres variables seleccionadas, con el objetivo de relacionar los componentes principales a cada grupo producido. El procedimiento para la obtención de componentes principales puede revisarse en Morrison (1976)<sup>13</sup> y Pla (1986)<sup>14</sup>. Se efectuó una comparación de los grupos obtenidos con los estratos identificados en histogramas de frecuencias, así como con otros estudios relacionados.

Finalmente, se calculó el Índice de Dominancia (ID) de Sarukhán (1968)<sup>15</sup>, donde para cada especie dentro de un estrato, su frecuencia absoluta (FA) o número de muestras donde aparece, su Densidad Absoluta (DA) o número de individuos por

---

<sup>9</sup> Anderberg, M. R. 1973. Cluster analysis for applications.

<sup>10</sup> SAS Institute Inc. SAS/STAT. 1987. Guide for personal computers.

<sup>11</sup> Wong, M.A. y Lane, T. 1983. A k- th nearest neighbor clustering procedure. pp. 362-368.

<sup>12</sup> Hartigan, J.A. 1975. Clustering algorithms.

<sup>13</sup> Morrison, D.F. 1976. Multivariate statistical methods.

<sup>14</sup> Pla E., L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales.

<sup>15</sup> Sarukhan K., J. 1968. Análisis sinecológico de las selvas de *Terminalia amazonia* en la Planicie Costera del Golfo de México.

hectárea y su Área Basal (AB) por hectárea, definen su dominancia en la comunidad. Es decir,  $ID = FA \cdot DA \cdot AB$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de agrupamiento

Como resultado del agrupamiento multivariado, se determinaron seis grupos cuyas características se muestran en el Cuadro N° 1.

| GRUPO | ÁRBOLES | ALTURA (m) |        |      | DAP (cm) |        |       | VARIABLE COMBINADA |        |      |
|-------|---------|------------|--------|------|----------|--------|-------|--------------------|--------|------|
|       |         | MEDIA      | LÍMITE |      | MEDIA    | LÍMITE |       | MEDIA              | LÍMITE |      |
|       |         |            | I      | S    |          | I      | S     |                    | I      | S    |
| 1     | 2353    | 9.2        | 4.0    | 11.0 | 21.2     | 11.0   | 60.5  | 0.5                | 0.1    | 3.4  |
| 2     | 1874    | 13.3       | 11.0   | 16.0 | 28.5     | 12.0   | 63.7  | 1.2                | 0.2    | 5.3  |
| 3     | 484     | 17.1       | 12.0   | 23.0 | 44.0     | 16.5   | 82.2  | 3.5                | 0.5    | 8.6  |
| 4     | 30      | 19.6       | 16.0   | 27.0 | 82.5     | 62.0   | 100.0 | 13.5               | 8.4    | 20.0 |
| 5     | 7       | 19.0       | 15.0   | 22.0 | 122.0    | 108.0  | 135.0 | 28.5               | 22.5   | 38.3 |
| 6     | 4       | 20.7       | 17.0   | 23.0 | 154.2    | 144.0  | 163.0 | 48.9               | 45.2   | 51.7 |

DAP = Diámetro a la altura de pecho.

**Cuadro N° 1.** Características de los seis grupos obtenidos en el análisis de agrupamiento.

En cuanto a la variable altura, los grupos 1 y 2 están bien diferenciados, en los grupos 3 al 6 existe traslape, el cual se incrementa en ese sentido. Sin embargo, no ocurre lo mismo para las otras variables, el diámetro y la variable combinada, donde los grupos 1, 2 y 3 se encuentran traslapados y a partir del grupo 4 se diferencian



mejor. Aparentemente, a medida que el arbolado es de mayor tamaño, la diferenciación de los grupos se debe al diámetro y a la variable combinada y cuando son pequeños, la altura es la variable crítica. Arriba de los 11 m de altura, el tamaño del arbolado es heterogéneo.

### Análisis de componentes principales

Los resultados del análisis de componentes principales indicaron que el primer componente principal (CP1), explicó el 74.6 % de la variación total, el segundo el 20.6 %, y el tercero solamente 4.8 %. El vector característico del CP1 tiene coeficientes que le dan mayor peso a la variable combinada (HD2) y al DAP que a la altura (H), por lo que el CP1 se interpreta como un índice de dominancia en biomasa. El segundo componente principal tiene coeficientes con mayor peso en H que en HD2 y DAP interpretándose como un índice de esbeltez o de dominancia en altura. La interpretación del tercer componente resultaría difícil de hacer, además que su aportación a la varianza total es poco significativa.

Al asociar los valores del primer componente principal a los grupos se observó una mayor consistencia con los mismos, ya que el traslape es mínimo (Cuadro N° 2).

| GRUPO | PRIMER COMPONENTE |         |       | SEGUNDO COMPONENTE |         |       |
|-------|-------------------|---------|-------|--------------------|---------|-------|
|       | MEDIA             | LÍMITES |       | MEDIA              | LÍMITES |       |
|       |                   | I       | S     |                    | I       | S     |
| 1     | 4.94              | 2.15    | 7.32  | 7.69               | 3.13    | 9.44  |
| 2     | 7.42              | 6.05    | 9.96  | 11.00              | 8.35    | 13.68 |
| 3     | 10.75             | 8.62    | 15.42 | 13.42              | 6.77    | 17.83 |
| 4     | 18.31             | 13.99   | 24.19 | 11.13              | 7.74    | 15.91 |
| 5     | 27.36             | 21.77   | 34.86 | 4.14               | 1.63    | 7.23  |
| 6     | 40.83             | 36.76   | 43.61 | -3.03              | -4.71   | -0.52 |

I = Inferior                      S = Superior

**Cuadro N° 2.** Valores del primero y segundo componentes principales asociados a los grupos obtenidos

A medida que los árboles son de mayor tamaño, el CPI alcanza un valor mayor. Por otro lado, el segundo componente principal que puede interpretarse como un Índice de Dominancia en altura o de esbeltez de los árboles, ayuda a separar los grupos 5 y 6 del resto (Cuadro N° 2), los cuales corresponden a árboles con la mayor cantidad de biomasa y seguramente su crecimiento en altura es insignificante por ser sobremaduros. Los árboles de los grupos 2, 3 y 4 presentan mayor dominancia en altura, especialmente el grupo 3, y se diferencian claramente del grupo 1, que contiene árboles pequeños, probablemente suprimidos.

## La estratificación vertical

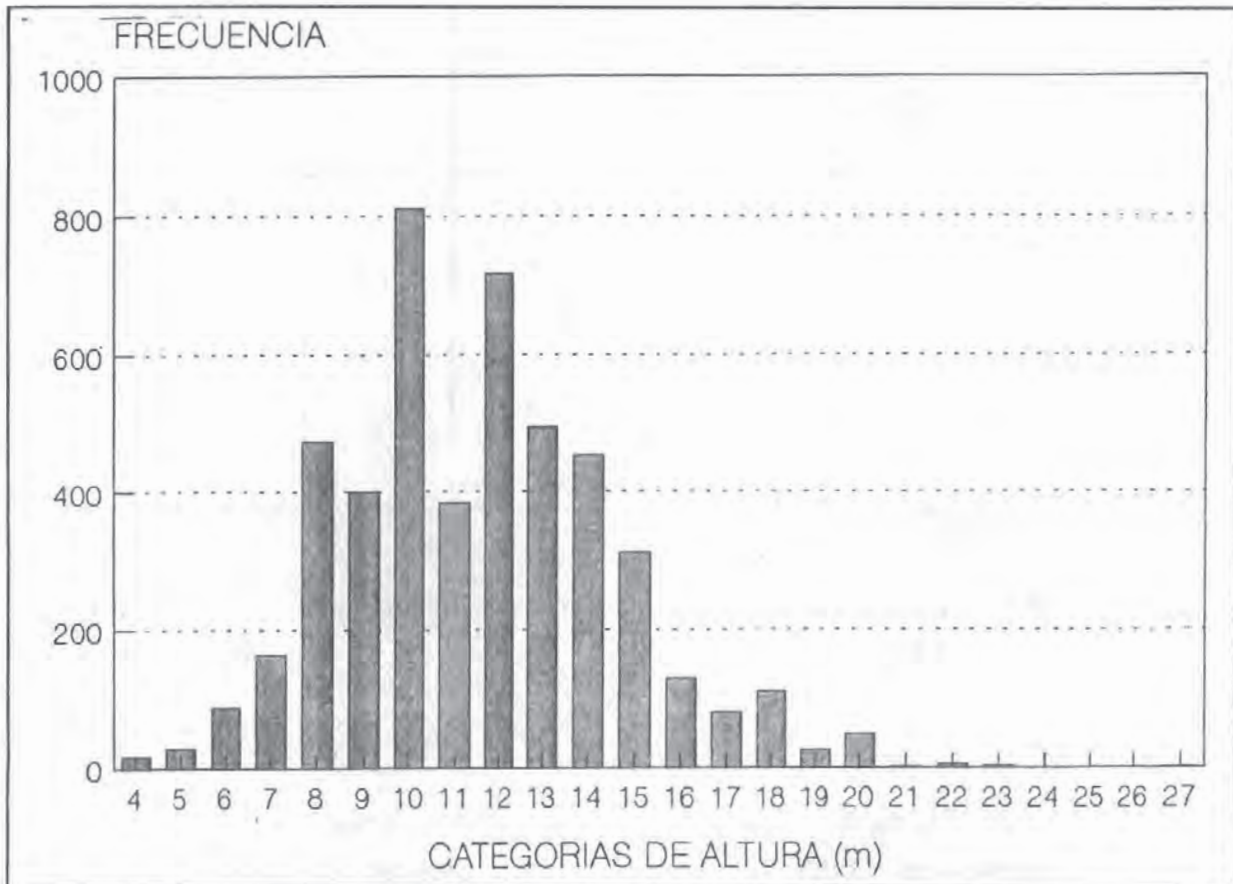
Puesto que solamente se presentó un límite claro de la variable altura entre los grupos 1 y 2, podría establecerse que el grupo 1 corresponde al estrato inferior de la selva, mientras que el resto son grupos con árboles que tienen características particulares de desarrollo. En este sentido, se observa en los Cuadros Nos. 1 y 2 que los grupos 5 y 6 contienen árboles sobremaduros, con mayor biomasa, mientras que los grupos 2, 3 y 4 tienen árboles mayores de 11 m de altura, con valores de biomasa intermedios, con la mayor dominancia en altura, esto puede interpretarse como más esbeltos, es decir, que su relación H/D es mayor que en el resto de los grupos.

Para comparar estos resultados se elaboró el histograma de frecuencias de toda la muestra para la variable altura, con intervalos de clase de 1 m (Figura N° 1). Las discontinuidades pronunciadas en la distribución, generalmente se atribuyen a la presencia de estratos, aunque dichas discontinuidades no siempre son evidentes (Meave, 1983)<sup>16</sup>. En la Figura N° 1 se observan 5 discontinuidades: a los 9, 11, 17, 19 y 21 m. Es notable la discontinuidad a los 11 m de altura, la cual coincide con el límite entre los grupos 1 y 2, además que los límites superior e inferior de los grupos 2 y 4 respectivamente, que es a los 16 m de altura, se aproxima a la discontinuidad en 17 m de la Figura N° 1. Las demás discontinuidades no se relacionan claramente con los otros grupos.

---

<sup>16</sup>Meave C., J.A. 1983. Estructura y composición de la selva alta perennifolia en los alrededores de Bonampak, Chis.





**Figura N° 1.** Histograma de frecuencias de altura de la muestra total.

Al comparar los 6 grupos aquí obtenidos con los estratos descritos por otros autores (Cuadro N° 3), se observa que hay cierta coincidencia en el límite del estrato 1. Pennington y Sarukhán (1968)<sup>17</sup> presentan valores estándar para diferenciar las selvas existentes en México, basados en observaciones de campo. Dichos valores estándar sirven aquí para hacer la comparación. En cuanto al estrato 2, existen discrepancias debido al tipo de vegetación estudiado, ya que Richards (1979)<sup>18</sup>, Meave (*op. cit.*), y Sánchez (1987)<sup>19</sup>, trabajaron en selvas altas, mientras que los otros autores lo hicieron en selvas medianas. Agrupando de esta manera los resultados, el estrato 2 de las selvas medianas alcanza entre 16 y 18 m de altura, pero en cuanto al estrato 3 la discrepancia es mayor.

<sup>17</sup> Pennington, T.D. y J. Sarukhan K. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México.

<sup>18</sup> Richards, P.W. 1979. The tropical rain forest: an ecological study.

<sup>19</sup> Sánchez M., V. 1987. Estudio fitosociológico de una selva alta perennifolia en una zona de Uxpanapa, Oax.



| ESTRATO | PENNINGTON<br>y SARUKHAN <sup>†</sup> | MEAVE <sup>‡</sup> | SANCHEZ <sup>§</sup> | RICHARDS <sup>¶</sup><br>* | ESPINOZA <sup>  </sup> | ESCOTO <sup>¶¶</sup> | BACALAR <sup>**</sup> |
|---------|---------------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|-----------------------|
| 1       | 10 o 12                               | 10                 | 9                    | 14                         | 9                      | 10                   | 11                    |
| 2       | 20 o 22                               | 20                 | 24                   | 20                         | 18                     | 16                   | 16                    |
| 3       | 30 o 35                               | 40                 | 33                   | 30                         | 27                     | 22                   | 23                    |
| 4       |                                       | 45                 | 45                   |                            |                        |                      | 27                    |

\* Son valores promedio del estrato

\*\* Valores de los primeros 4 grupos del presente estudio

**Cuadro N° 3.** Límites de estratos (m) definidos por varios autores comparados con los del presente estudio.

Ante estos resultados es importante regresar al planteamiento inicial, en cuanto al concepto de ecounidad (Oldeman, *op. cit.*)<sup>20</sup>. En el presente trabajo, la información proviene de un inventario forestal por lo que no hubo identificación de ecounidades. Los resultados obtenidos corroboran lo siguiente: un sitio de muestreo pudo haber contenido más de una ecounidad o en parte de ella. Un acercamiento puede hacerse obteniendo la frecuencia de sitios que tuvieron el número de grupos identificados. En la Figura N° 2, puede verse que el 64 % de los sitios tuvieron 3 grupos mientras que solo el 21 % presentó más de 3. Un sólo sitio tuvo los 6 grupos y ninguno tuvo 5. Los números de la parte superior de cada barra indican el número de sitios para cada grupo independiente, de tal manera que el valor máximo para cada uno de ellos sería 130 (número total de cuadros de muestreo). De este modo se puede establecer que los grupos 1 y 2 fueron los más frecuentes, seguidos por el grupo 3. En conclusión, la gráfica demuestra que 3 grupos de árboles son los más frecuentes y que los grupos 1, 2 y 3 son los más frecuentes en la zona de estudio. Este hecho corrobora lo encontrado por diversos autores, en cuanto al número de estratos que caracterizan a la selva.

<sup>20</sup> Oldeman, R.A.A. 1989. *Dynamics in tropical rain forests.*





Nota.- El número ubicado arriba de cada barra indica la frecuencia de cada grupo independiente.

**Figura N° 2.** Frecuencia de los grupos en la muestra total.

## Composición florística por estratos

Con la ayuda del Índice de Dominancia (ID), en el Cuadro N° 4 se muestran las cinco especies más importantes de cada estrato. En términos del CPI, el cual sintetiza la información de las tres variables utilizadas en el agrupamiento multivariado, los árboles más pequeños pertenecen al grupo 1, mientras que los árboles más grandes pertenecen al grupo 6. Árboles de tamaño intermedio pertenecen a los grupos 2, 3, 4 y 5, sucesivamente. Este hecho corrobora la interpretación del primer componente como un Índice de Dominancia. El orden descendente del Índice de Dominancia para las especies, dentro de cada grupo es el mismo que produce el primer componente principal, por lo que puede establecerse que la dominancia de una especie en una comunidad, es explicada tanto como una función de su área basal total, frecuencia y densidad absolutas, como por la sumatoria del CPI, el cual resume la variación total de las variables altura total, diámetro y la variable combinada. Este hecho resulta importante ya que el cálculo del CPI es relativamente más sencillo y tiene la misma utilidad que el ID. En el Cuadro



Nº 4 se observa que la especie *Brosimum alicastrum* Sw. es dominante y *Spondias mombin* L. es codominante en los estratos medios. Los árboles de porte mayor, perteneciente a los grupos 4, 5 y 6 son poco frecuentes y dominan un estrato emergente discontinuo.

| GRUPO | ESPECIE   | ÁRBOLES POR Ha | ÍNDICE DE DOMINANCIA | ALTURA MEDIA (m) | PRIMER COMPONENTE PRINCIPAL |
|-------|---|----------------|----------------------|------------------|-----------------------------|
| 1     | <i>Sabal japa</i>                               | 34             | 11.9                 | 9.0              | 600.82                      |
|       | <i>Spondias mombin</i> L.                       | 21             | 7.2                  | 9.4              | 575.09                      |
|       | <i>Alseis yucatanensis</i> Standl.              | 14             | 2.3                  | 8.9              | 376.82                      |
|       | <i>Brosimum alicastrum</i> Sw.                  | 7              | 0.6                  | 9.4              | 250.08                      |
|       | <i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni      | 8              | 0.6                  | 8.7              | 210.11                      |
| 2     | <i>Brosimum alicastrum</i> Sw.                  | 21             | 17.1                 | 13.7             | 1469.36                     |
|       | <i>Spondias mombin</i> L.                       | 19             | 14.6                 | 13.1             | 1250.30                     |
|       | <i>Sabal japa</i>                               | 26             | 5.5                  | 12.9             | 658.31                      |
|       | <i>Pouteria campechiana</i> (Kunth) Baehni      | 7              | 0.4                  | 13.0             | 286.15                      |
| 3     | <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) D.C.             | 3              | 0.2                  | 12.9             | 307.38                      |
|       | <i>Brosimum alicastrum</i> Sw.                  | 12             | 11.5                 | 17.3             | 1692.41                     |
|       | <i>Spondias mombin</i> L.                       | 5              | 1.4                  | 16.8             | 746.25                      |
|       | <i>Piscidia communis</i> (Blake) I.M. Johnst.   | 2              | 0.02                 | 17.1             | 165.08                      |
|       | <i>Astronium graveolens</i> Jacq.               | 2              | 0.02                 | 17.7             | 140.53                      |
| 4     | <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) D.C.             | 1              | 0.01                 | 17.0             | 137.29                      |
|       | <i>Cedrela odorata</i> L.                       | 1              | 0.017                | 20.1             | 171.45                      |
|       | <i>Brosimum alicastrum</i> Sw.                  | 1              | 0.011                | 20.2             | 157.77                      |
|       | <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.             | 0.3            | 0.001                | 19.2             | 73.64                       |
|       | <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) D.C.             | 0.2            | 0.0002               | 17.5             | 33.33                       |
| 5     | <i>Swietenia macrophylla</i> King               | 0.2            | 0.0001               | 20.5             | 37.98                       |
|       | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq) Griseb.  | 0.2            | 0.0014               | 17.4             | 71.29                       |
|       | <i>Cedrela odorata</i> L.                       | 0.2            | 0.0004               | 20.0             | 55.99                       |
|       | <i>Swietenia macrophylla</i> King               | 0.1            | 0.0001               | 22.0             | 33.18                       |
|       | <i>Vitex gaumeri</i> Greenm.                    | 0.1            | 0.0000               | 18.0             | 24.12                       |
| 6     | <i>Cedrela odorata</i> L.                       | 0.2            | 0.0022               | 22.0             | 118.09                      |
|       | <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb. | 0.1            | 0.0001               | 17.0             | 33.95                       |

**Cuadro 4.** Las primeras cinco especies dominantes de cada estrato.

## CONCLUSIONES

1. La metodología desarrollada para la obtención de grupos o estratos parece ser adecuada, el uso del primer componente principal como variable explicatoria de la estratificación es un resultado que puede servir para identificar hábitos de especies, así como su dominancia dentro de los estratos. Un aspecto a considerar en este trabajo es que en la base de datos utilizada no hubo una identificación y discriminación previa de las diferentes condiciones y estados de desarrollo que evidentemente se encontraban en esa selva al momento del muestreo. En este sentido, la metodología debe probarse en ecounidades bien definidas, con el objeto de comprobar su efectividad.
2. Mediante el agrupamiento multivariado utilizado se obtuvieron 6 grupos, utilizando las variables altura total (H), diámetro normal (DAP) y la variable combinada (HD2).
3. El primer componente es interpretado como un Índice de Dominancia en biomasa y el segundo como un Índice de Dominancia o de crecimiento en altura.
4. El grupo 1 correspondió con el estrato 1 observado en el histograma de frecuencias de altura, el cual se acerca al límite encontrado por otros autores. La variable altura, es determinante en la formación del primer grupo, mientras que para los grupos 4, 5 y 6, las variables indicadoras de biomasa (DAP y HD2) tienen la mayor influencia. El grupo 3 está representado por árboles intermedios con la mayor dominancia en altura, sin embargo, no conforma un estrato vertical definido. El grupo 2 se diferencia claramente del grupo 1, sin embargo, está contenido prácticamente en el grupo 3.
5. Se encontró que los primeros 3 grupos obtenidos son los más frecuentes en toda la muestra y que el número más frecuente de grupos es de 3, lo que corresponde con la mayoría de los autores que admiten que la selva forma 3 estratos arbóreos. Sin embargo, salvo el primer grupo, sería arriesgado afirmar que cada grupo obtenido corresponde a un estrato vertical.
6. La alta dominancia de especies secundarias como *Spondias mombin*, *Sabal japa*, entre otras, indica que la vegetación estudiada está siendo sujeta a fuertes perturbaciones, lo que seguramente se está expresando en los resultados.



## BIBLIOGRAFÍA

- Anderberg, M. R. 1973. Cluster analysis for applications. Academic Press, Inc. New York.
- Arriaga, F. y J. Sarukhán K. 1988. Identification of natural groups of trees in unevenaged forests using multivariate methods. *J. of Ecology* 76:1092- 1100.
- Escoto P., J. C. 1987. Estudio florístico-sinecológico de una selva mediana subperennifolia en la parte central de Quintana Roo. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. Facultad de Agricultura, Guadalajara, México. 96 p.
- Espinoza B., A. 1988. Dinámica sinecológica de cuatro etapas sucesionales de una selva mediana subperennifolia en Escárcega, Campeche. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Monterrey, México. 115 p.
- Hartigan, J. A. 1975. Clustering algorithms. Jhon Wiley & sons. New York.
- Meave C., J. A. 1983. Estructura y composición de la selva alta perennifolia en los alrededores de Bonampak, Chiapas. Tesis profesional. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México, D. F.
- Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 28: 29-179. México, D. F.
- Morrison, D. F. 1976. Multivariate statistical methods. 2nd ed. McGraw. New York.
- Oldeman R., A. A. 1989. Dynamics in tropical rain forest. In: Holm-Nielsen, L. B. Nielsen y H. Baslev (eds.). *Tropical forest botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press.
- Pennington, T. D. y J. Sarukhán K. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. INIF-FAO. México, D. F. 413 p.
- Pla E., L. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. OEA, Washington, D. C.
- Richards, P. W. 1979. The tropical rain forest: an ecological study. Cambridge University Press.

- Sánchez M., V. 1987. Estudio fitosociológico de una selva alta perennifolia en una zona de Uxpanapa, Oax. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 183 p.
- Sánchez M., V. 1993. Estratificación vertical de una selva mediana subperennifolia en San Felipe Bacalar, Quintana Roo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 133 p.
- Sarukhán K., J. 1968. Análisis sinecológico de las selvas de *Terminalia amazonia* en la Planicie Costera del Golfo de México. Tesis de maestría. Escuela Nacional de Agricultura. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT. 1987. Guide for personal computers, version 6 Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc. North Carolina. 1028 p.
- Wong, M. A. y Lane T. 1983. A k- th nearest neighbor clustering procedure. J. R. Statist. Soc. B. 45(3):362- 368.