



# Estructura y dinámica del ecosistema forestal

**Nikolay Aguirre, Ph.D.**  
**[nikolay.aguirre@gmail.com](mailto:nikolay.aguirre@gmail.com)**  
**<http://nikolayaguirre.com>**

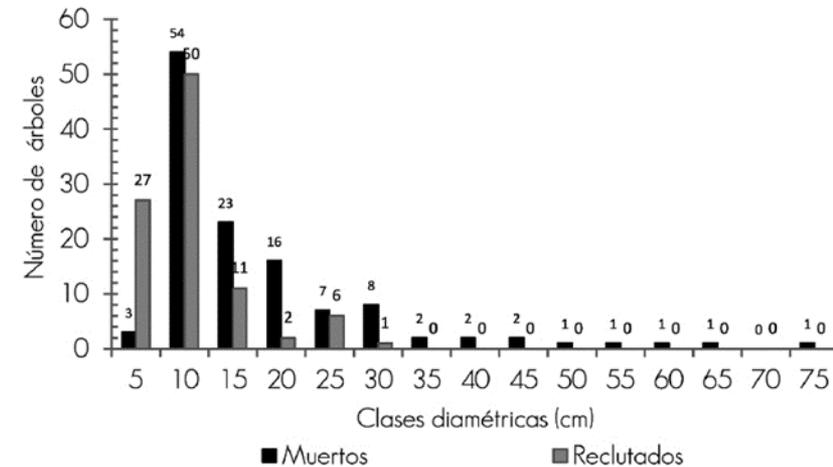


Figura 2. Distribución diamétrica del árboles muertos y reclutados.  
Figure 2. Diametric distribution of dead and recruited trees.



# Contenido

1. estructura de ecosistemas forestales
2. Dinámica de ecosistemas forestales

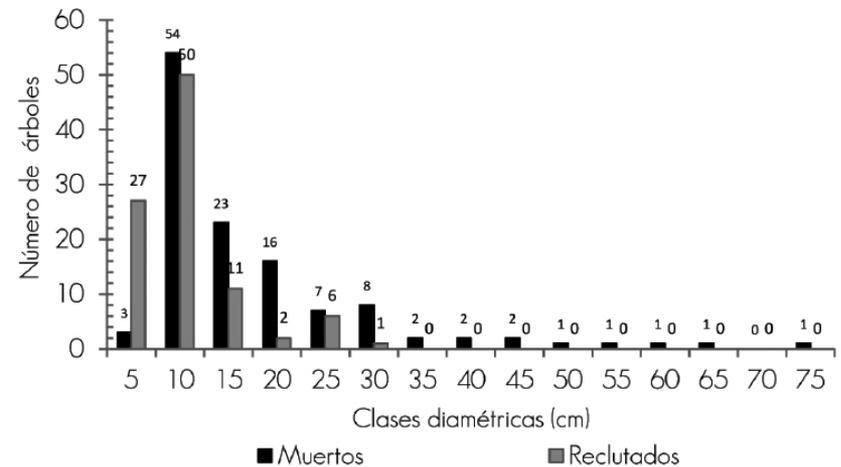


Figura 2. Distribución diamétrica del árboles muertos y reclutados.  
Figure 2. Diametric distribution of dead and recruited trees.

# 1. Estructura de ecosistemas forestales

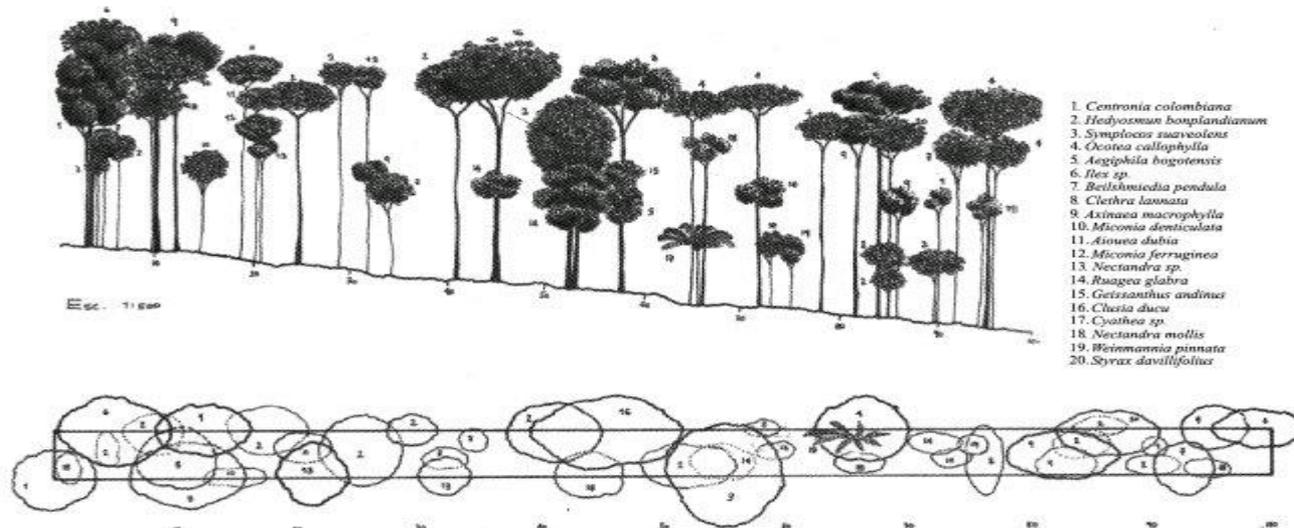
La estructura de un bosque hace referencia a la distribución de las principales características arbóreas en el espacio, teniendo especial importancia la distribución de las diferentes especies y la distribución de las mismas por clases de dimensión.



# 1. Estructura de ecosistemas forestales

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 deberán considerarse adicionalmente a las variables empleadas de manera convencional (*diámetro y altura media, área basal, volumen, edad, densidad, etc.*); con la finalidad de lograr una mejor descripción de los rodales.



## Estructura de Especies

El número de especies es la medida más frecuentemente utilizada para demostrar la riqueza biológica de una zona, por varias razones:

- La riqueza de especies refleja distintos aspectos de la biodiversidad.
- A pesar de que existen muchas aproximaciones para definir el concepto de especie, su significado es ampliamente entendido.
- Al menos para ciertos grupos, las especies son fácilmente detectables y cuantificables.
- Aunque el conocimiento taxonómico no es completo (especialmente para grupos como los hongos, insectos y otros invertebrados en zonas tropicales) existen datos disponibles sobre número de especies.

## Estructura de Especies

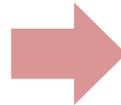
La diversidad de especies en su definición considera:

- El número de especies o riqueza que pueden expresarse como la cantidad de tipo (variedades, especies, categorías) de uso de suelo por unidad de espacio.
- El número de individuos y abundancia de individuos de cada especie que existen en un determinado lugar.



## Estructura de Especies

Las especies, en general, se distribuyen según jerarquías de abundancias, desde algunas especies muy abundantes hasta algunas muy raras. Cuanto mayor es el grado de dominancia de algunas especies y de rareza de las demás, menor es la biodiversidad de la comunidad



La diversidad de especies se puede medir y expresar según los siguientes índices.



Índice de diversidad de Shannon ( $H'$ )  
Índice de equitatividad de Pielow ( $E$ )  
Índice de dominancia de Simpson ( $\delta$ )

## Estructura de Especies

### Índice de diversidad de Shannon (H')

El índice de Shannon (1948) es una de las variables más empleadas para la estimación de la diversidad de especies (Gleichmar y Gerold 1998), para su determinación se emplea la fórmula:

$$H = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_n P_i)$$

Donde:

H= índice de la diversidad de la especie

S= número de la especie

P<sub>i</sub>= proporción de la muestra que corresponde a la especie i

Ln= logaritmo natural

# 1. Estructura de ecosistemas forestales

Matriz recomendada para organizar la información y calcular el índice de Shannon:

Especie	Número Individuos	$P_i = n/N$	$\ln.P_i$	$P_i * \ln P_i$
Especie	n			
Total especies	N			$-\sum P_i . \ln P_i$

La sumatoria de la columna  $P_i * \ln P_i$  es el resultado del índice. Para el cálculo final no olvidar el símbolo, así:  $H' = (-) - \sum P_i \ln P_i$

Interpretación

Valores	Significancia
< a 1,5	Diversidad baja
1,6 – 3,5	Diversidad media
> 3,5	Diversidad alta

## Estructura Horizontal o Espacial

Según Manzanero (2003), las características de suelo, clima, estrategias de las especies y los efectos de distribución sobre la dinámica del bosque, determinan la estructura horizontal que se refiere a la cobertura del estrato leñoso sobre el suelo, esta cuantificación es reflejada por la distribución de individuos por clases diamétricas

La estructura horizontal se refiere a la cobertura del estrato leñoso sobre el suelo.

# 1. Estructura de ecosistemas forestales

## Estructura Horizontal o Espacial

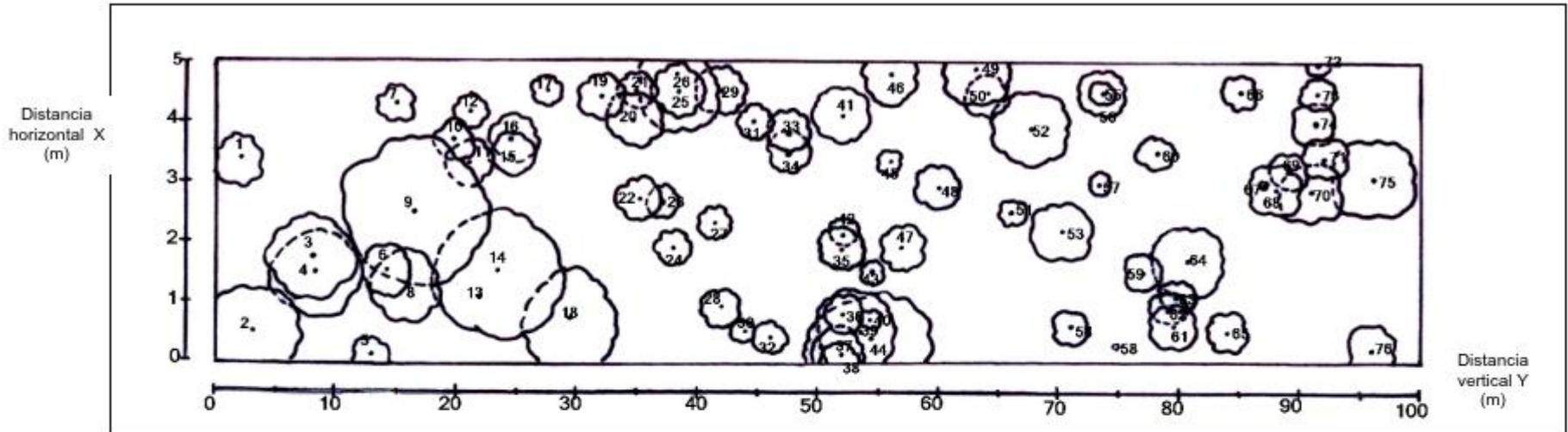


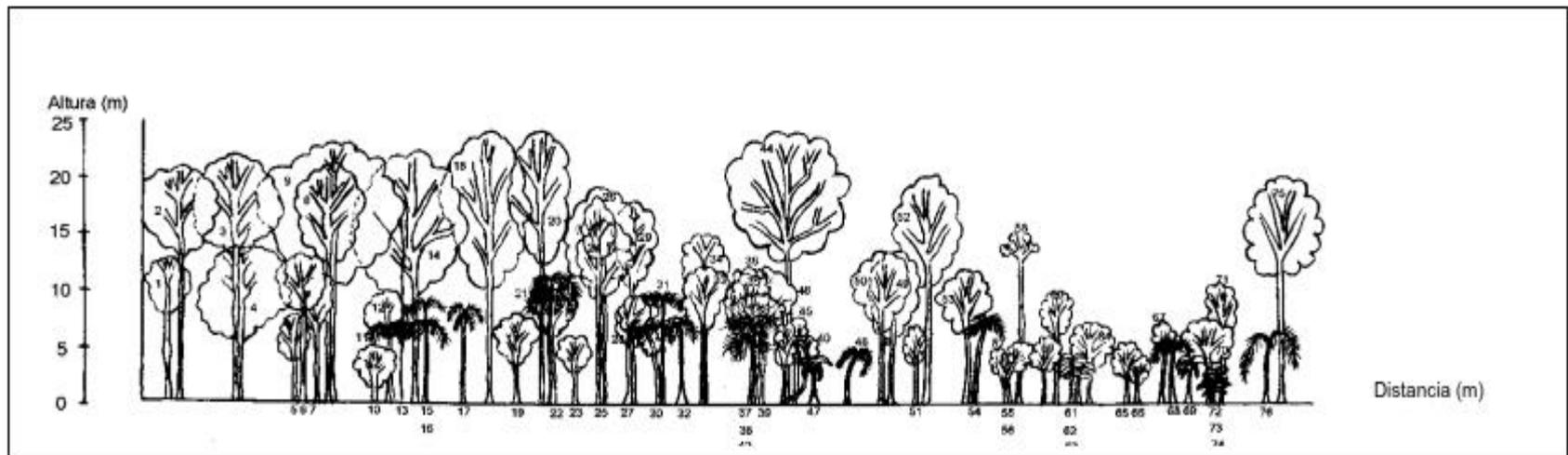
Figura 2: Perfil horizontal del bosque nativo "El Colorado"

1. 6. 19. 66. *Otoba parvifolia*; 2. 3. *Beilschmiedia* sp.; 4. 64. *Neea* sp.; 5. 53. 55. 56. *Faramea eurycarpa*; 7. 11. 27. 33. 34. *Elaeagia* sp.; 8. *Aniba* sp.; 9. *Coussapoa villosa*; 10. 22. 59. *Palicourea ovalis*; 12. 15. 16. 17. 21. 31. 32. 37. 38. 42. 48. 54. 68. 76. *Chamaedorea linearis*; 13. *Mikania* sp.; 14. *Juglans neotropica*; 18. *Eugenia* sp.; 20. *Ficus cervantesiana*; 23. 30. 51. *Guarea kunthiana*; 24. 25. 29. 36. 70. 71. *Garcinia macrophylla*; 26. *Dendropanax* sp.; 28. *Sorocea trophoides*; 35. *Trichilia pallida*; 39. *Nectandra* sp.; 40. 43. 58. 67. *Grias* sp.; 41. *Zanthoxylum* sp.; 44. *Persea* sp.; 45. *Urera caracasana*; 46. *Cecropia* sp.; 47. 61. 62. 63. 69. 72. 73. 74. *Alsophila cuspidata*; 49. *Piptocoma discolor*; 50. *Casearia* sp.; 52. 57. 75. *Aniba riparia*; 60. *Aegiphila cuatrecasasii*; 65. *Psychotria brachiata*.

## Estructura Vertical o Dimensional

- La estructura vertical se refiere a la disposición de las plantas de acuerdo a sus formas de vida en los diferentes estratos de la comunidad vegetal.
- Esta estructura responde a las características de las especies que lo componen y las condiciones microclimáticas presentes en las diferentes alturas del perfil.
- La estructura vertical se debe en gran parte a los efectos producidos por la luz y aumento de la humedad hacia abajo

# 1. Estructura de ecosistemas forestales



**Figura 3: Perfil vertical del bosque nativo “El Colorado”**

1. 6. 19. 66. *Otoba parvifolia*; 2. 3. *Beilschmiedia* sp.; 4. 64. *Neea* sp.; 5. 53. 55. 56. *Faramea eurycarpa*; 7. 11. 27. 33. 34. *Elaeagia* sp.; 8. *Aniba* sp.; 9. *Coussapoa villosa*; 10. 22. 59. *Palicourea ovalis*; 12. 15. 16. 17. 21. 31. 32. 37. 38. 42. 48. 54. 68. 76. *Chamaedorea linearis*; 13. *Mikania* sp.; 14. *Juglans neotropica*; 18. *Eugenia* sp.; 20. *Ficus cervantesiana*; 23. 30. 51. *Guarea kunthiana*; 24. 25. 29. 36. 70. 71. *Garcinia macrophylla*; 26. *Dendropanax* sp.; 28. *Sorocea trophoides*; 35. *Trichilia pallida*.; 39. *Nectandra* sp.; 40. 43. 58. 67. *Grias* sp.; 41. *Zanthoxylum* sp.; 44. *Persea* sp.; 45. *Ureca caracasana*; 46. *Cecropia* sp.; 47. 61. 62. 63. 69. 72. 73. 74. *Alsophila cuspidata*; 49. *Piptocoma discolor*; 50. *Casearia* sp.; 52. 57. 75. *Aniba riparia*; 60. *Aegiphila cuatrecasasii*.; 65. *Psychotria brachiata*.

## Estructura Horizontal y Vertical

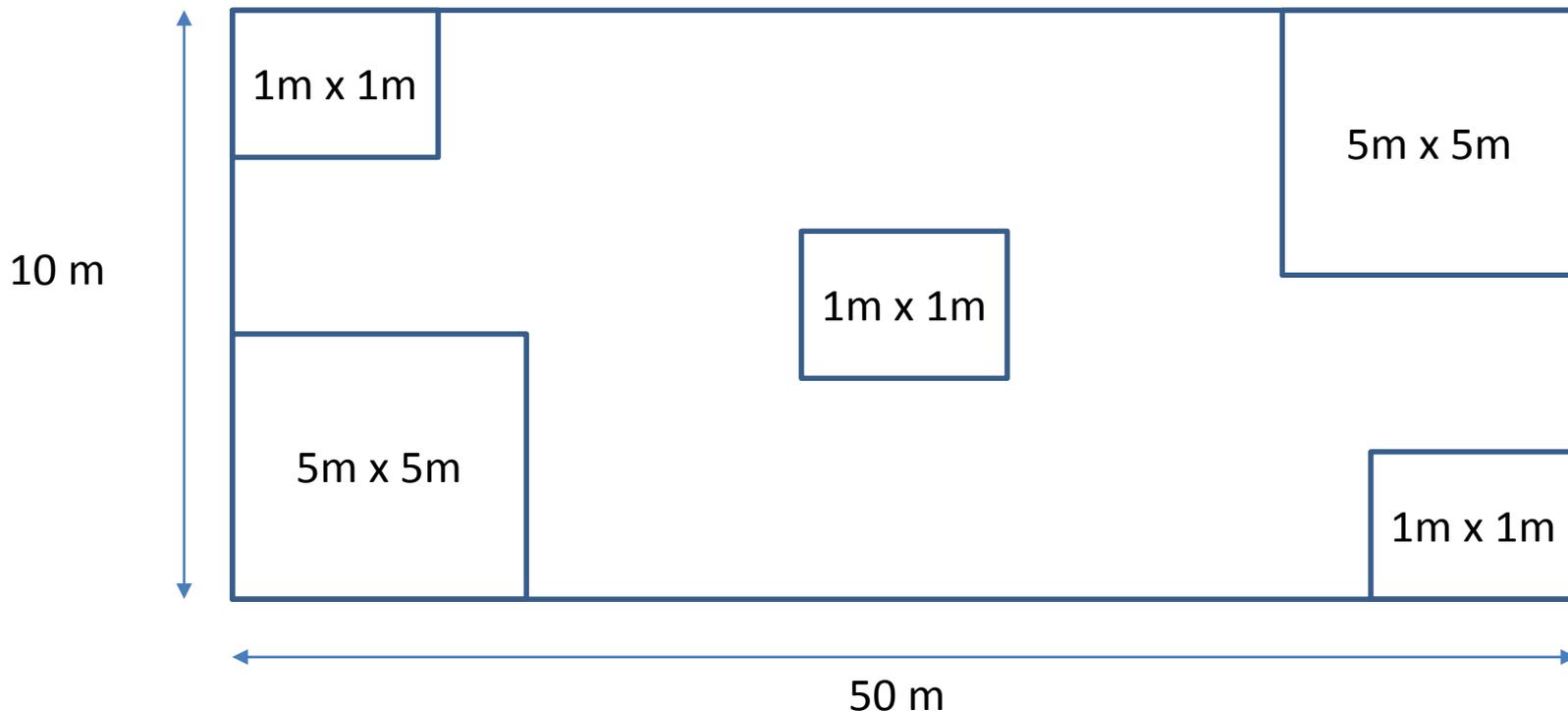
Para levantar información para determinar la composición florística de los tipos de cobertura vegetal identificada, se sigue la metodología planteada por Aguirre y Aguirre (1999)

### 1. Selección y delimitación de los transectos de muestreo

Para instalar las parcelas o transectos en los remanentes de cobertura vegetal natural, se considera un alejamiento de al menos 50 metros a partir de los límites del bosque para evitar el efecto de borde.

# 1. Estructura de ecosistemas forestales

En bosque se instalan transectos de 10 m x 50 m (500 m<sup>2</sup>) o parcelas de 20 x 20 m (400 m<sup>2</sup>) separados a una distancia de 250 m el uno del otro. Dentro de cada transecto se instalan tres subparcelas de 5 m x 5 m (25 m<sup>2</sup>) en dos esquinas y en sentido diagonal y cinco subparcelas de 1 m x 1 m (1 m<sup>2</sup>) a distancias iguales en dirección diagonal dentro del transecto. Tanto el transecto o parcelas se delimitan con brújula, GPS, estacas y piola



# 1. Estructura de ecosistemas forestales

Para determinar los perfiles estructurales horizontal y vertical, se selecciona uno de los transectos establecidos (10 x 50 m), se traza un eje céntrico y desde este eje se mide la distancia horizontal a la que se encuentra cada árbol de izquierda a derecha. Se considera los individuos iguales o mayores a 5 cm de DAP. Se registra distancias horizontales, altura total del árbol o arbusto, forma y diámetro de la copa de cada individuo

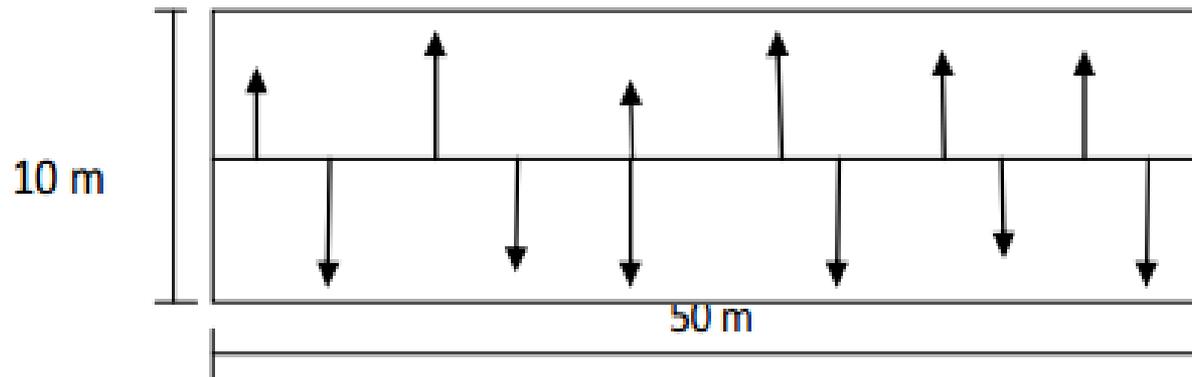


Figura 5. Diseño del transecto para levantar datos para elaborar los perfiles estructurales.

# 1. Estructura de ecosistemas forestales

## Estructura Horizontal y Vertical

Hoja de campo para coleccionar los datos para el perfil horizontal

No. Planta	Especie	Distancia en el eje central	Distancia a la Izquierda del eje	Distancia a la Derecha del eje	Dibujo de la forma y proyección de copa (diámetro de la copa)

Hoja de campo para coleccionar los datos para el perfil vertical

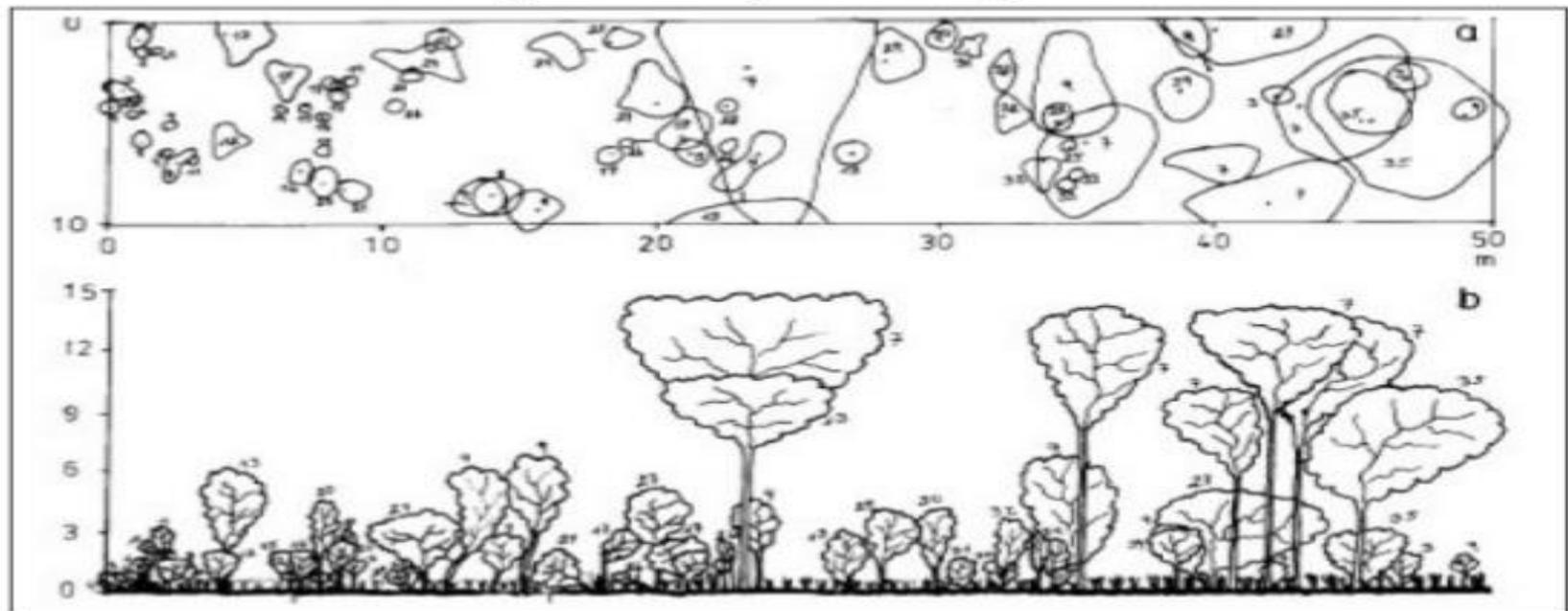
No. Planta	Especie	Distancia en el eje central	Distancia Izquierda del eje	Distancia Derecha del eje	Altura total del árbol	Dibujo de la forma de copa de perfil

# 1. Estructura de ecosistemas forestales

## Estructura Horizontal y Vertical

Estos datos se representan gráficamente en papel milimetrado a una escala determinada, luego se calcan en papel bonn A4 y se escanean. Los números en cada árbol deben coincidir con los números asignados a cada especie en el campo.

**Estructura vertical y horizontal:  
Diagramas de perfil de vegetación**



Mostacedo 1997

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Dinamismo

- Palacios (1997) indica que el dinamismo del bosque se expresa a través de los *cambios* derivados de la *mortalidad y el reclutamiento* de individuos a través de los años
- La dinámica de los bosques está dada por la regeneración natural, crecimiento y mortalidad (Sisalima, 2000).
- La dinámica de un bosque se basa en principios ecológicos que han contribuido a la naturaleza del mismo

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Dinamismo

la dinámica vegetacional es un proceso intrínseco de renovación y mantenimiento de diversidad de especies en las comunidades de plantas que responden a los cambios del ambiente e incluyen los procesos de sucesión, retrogresión, composición florística inicial, tolerancia, inhibición y competencia (Sarmiento 2000).

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Dinámica poblacional de bosques

La dinámica es un proceso ordenado de cambios en la vegetación (estructura y composición de las especies).

Este proceso ordenado de cambio de los cuerpos en el bosque puede ser medido *mediante tres indicadores fundamentales: el crecimiento de los rodales y las especies arbóreas, la tasa de mortalidad y la tasa de reclutamiento*

Las poblaciones sufren cambios en su tamaño, densidad, dispersión y distribución de edad en respuesta a cambios en las condiciones ambientales con exceso o escasez de alimentos u otros nutrientes críticos.

Estos cambios en las propiedades de las poblaciones se denominan **dinámica poblacional**

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

Para el cálculo del dinamismo se aplica la siguiente fórmula planteada por Palacios (1997).

$$\text{Dinamismo} = \frac{\text{Mortalidad} + \text{Reclutamiento}}{2}$$

Escala de valoración según el número de individuos muertos y reclutados

Número de individuos muertos		Número de individuos reclutamiento	
0 - 60	Bajo	0 - 75	Bajo
61 - 120	Medio	76 - 150	Medio
> 120	Alto	> 150	Alto

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

Los principales aspectos de la dinámica son

- Mortalidad
- Longevidad fisiológica y ecológica
- Reclutamiento

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Mortalidad

La mortalidad arbórea es el número proporcional de árboles fallecidos, en una población, en un tiempo determinado y juega un papel importante en los ecosistemas boscosos.

La comprensión de este mecanismo de funcionamiento, en todas las escalas, es fundamental en la demografía arbórea contribuye el conocimiento de los bosques y su dinamismo

La mortalidad de árboles en bosques naturales se genera por factores endógenos y disturbios exógenos que afectan a las comunidades vegetales

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Mortalidad

Es generada comúnmente por procesos como la senescencia, ó por factores exógenos como sustancias tóxicas, agentes patógenos, parásitos y consumidores

Igualmente, la acción intensa de huracanes, incendios, derrames de hidrocarburos, deslizamientos, entre otros, sobre los bosques naturales, incrementan la mortalidad de árboles

Patrones de mortalidad	Individuos	(%)
Volcamiento de raíz	16	25 <i>a</i>
Muertos en pie	15	23 <i>a</i>
Individuos desaparecidos	14	22 <i>a</i>
Sin clasificación	14	22 <i>a</i>
Tronco partido	5	8 <i>b</i>
Cortados	0	0 <i>c</i>
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>100%</b>

Las letras diferentes indican diferencias significativas para Duncan ( $F= 0,97$ ;  $P=0,43$ )

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Mortalidad

Para cuantificar la tasa de mortalidad de árboles en un bosque se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Mortalidad} = \frac{\ln(N_0/N_s)}{t}$$

Donde:

In= logaritmo natural

No= Número de individuos en la primera toma de datos

Ns= Número de individuos originales sobrevivientes al final del periodo

t= Años del periodo

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Longevidad fisiológica y ecológica

La longevidad fisiológica es cuando los individuos mueren por virtud de la senescencia.

En cuanto a la ecológica es la longevidad promedio empírica de los individuos de una población bajo condiciones dadas; y la diferencia respecto de la fisiológica se basa en el hecho de que son pocos los individuos que en la realidad llegan a la senectud

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Reclutamiento

Cuantifica la capacidad de incrementar el número de individuos y es la manifestación de la fecundidad de las especies y del crecimiento y sobrevivencia de los juveniles constituyéndose en uno de los aspectos más dinámicos y más importantes de una población

Es decir, el reclutamiento es el ingreso de especies vegetales en un tiempo determinado a una clase diamétrica para ser medidos

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Reclutamiento

El análisis de la tasa de reclutamiento se calcula utilizando la siguiente fórmula planteada por Phillips.

$$\text{Reclutamiento} = \frac{\ln(N_f / N_s)}{t}$$

Donde:

In= logaritmo natural

Nf= Número de individuos al final del periodo

Ns= Número de individuos originales sobrevivientes al final del periodo

t= Años del periodo

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Crecimiento de los Árboles

El crecimiento de las plantas está regulado por una serie de factores: genéticos, inertes o internos y del ambiente. En consecuencia, el crecimiento de los árboles tanto en diámetro como en altura está relacionado con estos factores. Además, indica que el crecimiento es un proceso cuantitativo, relacionado con el aumento en masa del organismo y, el desarrollo cualitativo se refiere a los cambios experimentados por la planta durante la fase de crecimiento



## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Tipos de crecimiento

#### Crecimiento diamétrico

El diámetro es una de las variables más usadas para conocer la estructura y crecimiento de un bosque, en base a la cual se puede determinar el área basal, volumen, crecimiento, clasificación de sitios

Para el cálculo de este parámetro se utiliza la fórmula planteada por Quezada et al., (2012).

$$Cr. D_{1,30 m} = D_{1,30 f} - D_{1,30 i}$$

Dónde:

$D_{1,30 f}$  = Diámetro al final del periodo

$D_{1,30 i}$  = Diámetro al inicio del periodo

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Tipos de crecimiento

#### Crecimiento en altura

El crecimiento en altura de un vegetal es el desarrollo alcanzado a una edad determinada, expresada en metros, y que está dada por la actividad que realiza la yema terminal. Es quizás el cambio más notorio, especialmente en la edad juvenil en que es fácil observar la rapidez con que cambia la altura en un periodo corto de tiempo.

Para el cálculo de este parámetro se utiliza la fórmula planteada por Quezada et al., (2012).

$$Cr. H = Hf - Hi$$

Dónde:

Hf = Altura al final del periodo

Hi = Altura al inicio del periodo

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Tipos de crecimiento

#### Crecimiento en área basal

El área basal se define como el crecimiento diamétrico (grosor del fuste a 1,30 m) de cada individuo en un periodo de tiempo; este incremento se evalúa con base a la medición del diámetro, vale indicar que un crecimiento de área basal constante por año significa que el crecimiento diamétrico va en disminución (Loján, 1977). Para el cálculo de este parámetro se utiliza la fórmula planteada por Quezada et al., (2012).

$$Cr. G = Gf - Gi$$

Dónde:

$Gf$  = Área basal final

$Gi$  = Área basal inicial

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Tipos de crecimiento

#### Crecimiento volumétrico

El crecimiento volumétrico (por árbol individual) está sujeto al control silvicultural, ya que depende principalmente del crecimiento diametral, que a la vez es muy sensible a la espesura del dosel. Como consecuencia, el crecimiento volumétrico puede ser controlado en gran parte mediante el manipuleo del espaciamiento, es decir, con el aclareo. El crecimiento volumétrico depende también de la forma del árbol, la cual es afectada por la espesura (Aldana, 2010).

$$Cr.V = Vf - Vi$$

Donde:

Cr. V= crecimiento volumétrico

Vf= volumen al final del periodo

Vi= volumen al inicio del periodo

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Tipos de crecimiento

#### Crecimiento bruto del bosque con ingreso

Es la diferencia que existe entre el volumen final y el inicial incluidos los árboles muertos y árboles aprovechados

$$Cr. Bc = (Vf - Vi) + M + A$$

Dónde:

Cr.B = Crecimiento bruto con ingreso

Vf= Volumen al final del periodo

Vi= Volumen al inicio del periodo

M= Mortalidad

A= Aprovechamiento

# 2. Dinámica de ecosistemas forestales

## Tipos de crecimiento

### Crecimiento bruto periódico anual

Se lo obtiene dividiendo el crecimiento bruto para el número de años que dura el periodo

$$CrBPac = CrB/t$$

### Crecimiento neto periódico anual

Es la diferencia que existe entre el volumen final y el volumen inicial sin incluir la mortalidad ni el aprovechamiento

$$Cr.Bs = (vf-vi) + M + A - i$$

Dónde:

Cr.B = Crecimiento bruto sin ingreso

Vf= Volumen al final del periodo

Vi= Volumen al inicio del periodo

M= Mortalidad

A= Aprovechamiento

i= Ingresos

## 2. Dinámica de ecosistemas forestales

### Tipos de crecimiento

#### Incremento o crecimiento periódico anual

Es el crecimiento durante un periodo de varios años. Por ejemplo el crecimiento promedio del volumen en 5, 10, 15 años. Se calcula en base a los valores al principio y final del periodo, y el número de año

$$Cr.p.a = \frac{Cf - Ci}{t}$$

Dónde:

Cr.p.a = crecimiento periódico anual

Cf = Crecimiento al final del periodo

Ci = Crecimiento al inicio del periodo

t= Tiempo