

# Tamaño óptimo de la unidad muestral para inventarios forestales en el sector Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso, provincia de Mariscal Ramón Castilla, Loreto, Perú

## Optimal size of a sample unit for forest inventories in Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso, province of Mariscal Ramon Castilla in Loreto, Peru

Ronald Burga Alvarado<sup>1</sup>, Rícher Ríos Zumaeta<sup>2</sup>, Rodil Tello Espinoza<sup>3</sup>, José David Urquiza Muñoz<sup>3</sup> y Denilson Marcell del Castillo Mozombite<sup>4</sup>.

Recibido: junio 2010

Aceptado: noviembre 2010

### RESUMEN

Un estudio sobre el tamaño óptimo de la unidad muestral para inventarios forestales fue realizado con los datos del inventario del sector Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso, ubicado en la provincia de Mariscal Ramón Castilla y parte de los distritos de Ramón Castilla y Yavarí, con el objetivo de determinar el tamaño óptimo de la unidad muestral para inventarios forestales por tipos de bosque y la composición florística de los diferentes tipos de bosque. El método utilizado fue el descriptivo correlacional, sobre la base de un inventario forestal estratificado, utilizando transectos de una hectárea (10 m de ancho por 1000 m de largo) divididos en subparcelas de 250 m<sup>2</sup> (10 m x 25 m) en las que se registraron todas las especies presentes con DAP  $\geq$  de 27,5 cm. El tamaño de la unidad muestral promedio en el área de estudio fue de 0,725 hectáreas (10 m de ancho x 725 m de largo), que incluye al 85% de las especies acumuladas. El mayor tamaño de la unidad muestral se presenta en el bosque de terraza baja y el menor le corresponde al bosque de llanura meándrica. Con respecto a los resultados por tipos de bosque, los inundables (LLM y TB) son más variables que los no inundables.

**Palabras claves:** estratificado, tamaño óptimo, transectos, unidad muestral.

### ABSTRACT

A study on the optimal size of a sample unit for forest inventories was undertaken with data of the inventory done in the Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso forest, located in the province of Mariscal Ramon Castilla and part of the districts of Ramon Castilla and Yavari. The study was aimed at determining the optimal size of a sample unit for forest inventories according to forest types and floristic composition of the different types of forest. The co relational descriptive method was used on the basis of a stratified forest, using forest paths of one hectare (10 m wide and 1000 m long) divided in sub plots of 250 m<sup>2</sup> (10 m x 25 m). Here, all species were registered with DCH  $\geq$  of 27,5 cm. The average size of the simple unit in the study area was 0,725 hectares (10 m wide x 725 m long) including the 85% of accumulated species. The larger size of the sample unit was found in the low terrace forest and the minor corresponds to the flooded plain forest. With respect to the results by forest types, the flooded ones (LLM y TB) are more variable that the no flooded ones.

**Key words:** stratified, optimal size, forest paths, sample unit.

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Pevs 584, Iquitos, Perú. Correo electrónico: forestal@unapiquitos.edu.pe

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos, Perú.

<sup>3</sup>Departamento Académico de Manejo Forestal y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP.

<sup>4</sup>Adscrito a la Facultad de Ciencias Forestales de la UNAP. Iquitos, Perú.

## INTRODUCCIÓN

El planeamiento y desarrollo de proyectos que consideran aprovechamiento y manejo del recurso natural bosque requieren, entre otros aspectos, del conocimiento previo de información cualitativa y cuantitativa de las especies forestales, que generalmente se logra por medio del inventario forestal por muestreo. Pero en el país, en evaluaciones del recurso forestal, no se da mayor importancia a las técnicas de muestreo. Se aplican diseños sin considerar aspectos forestales que ofrecen menor costo y mayor precisión, usando indistintamente diferentes formas y tamaños de unidades de muestreo.

En los inventarios forestales, las unidades de muestreo poseen un tamaño determinado que se expresa en función al área. Unidades de muestreo del tamaño de una hectárea, que son comúnmente utilizadas en los inventarios forestales de la región. La decisión de cual es el tamaño y forma de la unidad de muestreo, en los muestreos forestales, inciden considerablemente en la precisión de los inventarios forestales; en el campo práctico (Lamprecht, 1962), menciona que todo estudio cuantitativo de una comunidad vegetal tiene por objeto obtener datos útiles para su comprensión y caracterización. Puesto que la única forma de estudiar las comunidades vegetales es a través de muestras adecuadas, para ello es necesario que el muestreo nos proporcione la mayor cantidad de información útil y verídica. Osborne (1942), indica que teóricamente una muestra de forma rectangular con un eje alargado y con ángulos rectos en sus vértices debe ser más eficiente, porque una forma alargada generalmente tiende a cruzar las condiciones de variabilidad del bosque. El área mínima, se define como el área más pequeña que representa adecuadamente la composición de especies de la comunidad.

Por eso, es esencial definir el tamaño, forma, número y distribución de las parcelas, puesto que tiene mucha influencia sobre la calidad de los resultados a obtener y los costos de su ejecución. Así, Carrera (1996) y Hughell (1997) concuerdan en señalar que, parcelas de 0,5 hectáreas son suficientes y mucho más eficientes en el sentido que no tienen mayor diferencia con respecto a la variabilidad con parcelas de una hectárea, pero sí hay repercusiones en los costos de su levantamiento y no compensa el mayor esfuerzo realizado.

El área mínima es conceptuada por (Matteucci y Colma, 1982), como la superficie más pequeña capaz de contener una adecuada representación de una asociación; y una comunidad de plantas requiere, para su desarrollo normal, una superficie mínima y sobre ésta un número mínimo de especies. El número de especies varía de acuerdo al tamaño de la unidad muestral, si es pequeña el número de especies es menor, a medida que aumenta la superficie se incrementa el número de especies, al comienzo bruscamente y luego cada vez con más lentitud y llega un momento en que el número de especies nuevas registradas en cada unidad muestral, sucesivamente mayor, es bajo. Por esta razón en el presente estudio se determinó el tamaño óptimo de la unidad muestral para inventarios forestales y la composición florística de los diferentes tipos de bosques.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La población estuvo constituida por 111 000 unidades de muestreo ( $N = 111\ 000$ ) representados por los diferentes tipos de bosque, de la cual se obtuvo una muestra de 28 unidades, distribuidas en las unidades fisiográficas, en el área de influencia de la provincia de Mariscal Ramón Castilla, entre las localidades de Caballococha - Palo Seco -

Buen Suceso, comprendida en los distritos de Ramón Castilla y Yavarí. Geográficamente está ubicada entre las coordenadas UTM 300 000 m a 345 000 m E (zona 19) y 9 534 000 m N, con una altitud aproximada de 103 msnm (Carta Nacional). El acceso al área de estudio se realizó a través de dos vías: aérea y fluvial.

El tipo de investigación es descriptivo correlacional, teniendo en cuenta el tamaño de muestra y número de especies. La información de la muestra se obtuvo a través del inventario forestal estratificado al nivel de reconocimiento (Malleux, 1982), usando unidades de muestreo de 10 m de ancho por 1000 m de largo (1 ha). Se distribuyeron al azar en los diferentes tipos de bosque, teniendo en cuenta las unidades fisiográficas y la accesibilidad (Malleux, 1982); cubriendo con un mínimo de 3 muestras por cada tipo de bosque (Hidalgo, 1982). Las unidades de muestreo de 1 ha, se dividieron en subparcelas de 0,025 ha (25 m de largo x 10 m de ancho). Para determinar el tamaño óptimo de la unidad muestral, en cada unidad de muestreo se registró el diámetro del fuste a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles de 27,5 o más cm de DAP y un fuste  $\geq 3$  m de altura, medido con el calibrador forestal (forcípula). La altura comercial (HC) y altura total (HT) se estimaron visualmente y cada individuo muestreado fue determinado a nivel de nombre común; el proceso se realizó en la hoja de cálculo MS-Excel.

Para determinar el tamaño óptimo de la unidad muestral se consideró inicialmente una pequeña área de 10 m x 25 m (250 m<sup>2</sup>) y se anotaron todas las especies presentes con DAP  $\geq$  de 27,5 cm (Lamprecht, 1962), luego el área se duplicó sucesivamente y se anotaron las especies adicionales que se encontraron, hasta alcanzar el área de la unidad de muestreo (1 ha). Posteriormente,

se elaboraron gráficas del número de especies *versus* área, seleccionándose como el área mínima o unidad muestral óptima para inventarios forestales, el área muestral en la cual la curva se mantiene casi horizontal, es decir el incremento de nuevas especies es mínima o nula. Luego, se identificó el mayor incremento de especies por unidad de área en cada transecto, a partir del cual se determinó un incremento mínimo de especies.

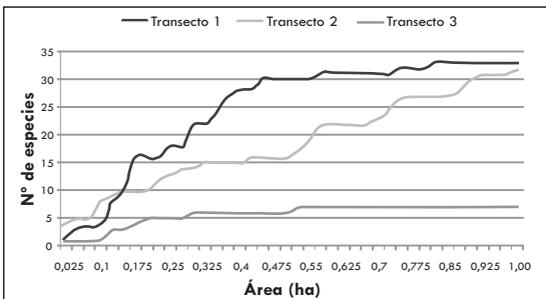
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los ocho lugares de muestreo del área en estudio, fueron registrados 126 familias, con 525 géneros y 1051 especies entre Gimnospermas y Angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas); se identificaron 1034 especies. En el tabla 1, se presentan las 15 familias con mayor número de géneros y especies; la familia Fabaceae es la más numerosa (43 géneros y 107 especies), predominando el género *Inga* (23 especies), seguidas de la Euphorbiaceae con 26 géneros y 40 especies con predominancia del género *Mabea* (5 especies), Rubiaceae con 22 géneros y 45 especies con predominio del género *Psychotria* (8 especies), Poaceae con 18 géneros y 19 especies con predominio del género *Pariana* (2 especies), entre otras; que representan aproximadamente el 50% del total de especies registradas; lo que es comparable con los resultados que reportan Gentry y Ortiz (1993) para la región amazónica, donde mencionan que las familias con mayor diversidad de géneros y especies corresponden a Fabaceae, Rubiaceae, Moraceae, Annonaceae, Lauraceae, Melastomataceae y Euphorbiaceae.

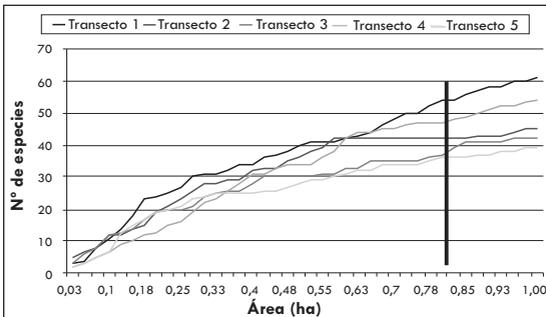
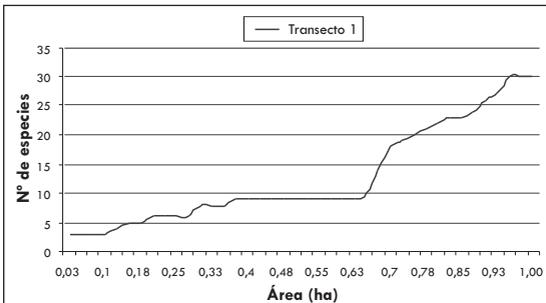
En las figuras 1, 2 y 3, se presentan las curvas área-especie, donde se observa que existen diferencias en el número de especies a medida que aumenta el área de la unidad de muestreo, similar a lo esperado desde el punto de vista teórico.

**Tabla 1.** Registro de 15 familias con mayor número de géneros y especies en el sector Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso.

	Familia	Género	Especie		Familia	Género	Especie
1	Fabaceae	43	107	9	Clusiaceae	12	21
2	Euphorbiaceae	26	40	10	Lauraceae	9	40
3	Rubiaceae	22	45	11	Melastomataceae	9	23
4	Poaceae	18	19	12	Bombacaceae	9	18
5	Arecaceae	16	32	13	Solanaceae	9	10
6	Annonaceae	13	50	14	Cyperaceae	9	8
7	Moraceae	12	39	15	Bignoniaceae	8	13
8	Apocynaceae	12	21		<b>Sub total</b>	<b>227</b>	<b>486</b>
					<b>TOTAL</b>	<b>525</b>	<b>1051</b>



**Figura 1.** Curva área-especie para el bosque húmedo de llanura meándrica. Cuenca del bajo Amazonas.



**Figuras 2 y 3.** Curva área-especie para el bosque húmedo de terraza baja. Cuencas del bajo Amazonas y Yavarí respectivamente.

En las figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11, se presentan las gráficas de las curvas área-especie entre el área (ha) versus el número de especies acumuladas y por tipo de bosque; convencionalmente se determinó un punto en la zona de inflexión de la curva, cuando ésta se hace más o menos horizontal (Braun, 1979). Las curvas generadas son comúnmente llamadas curvas área-especie, el área mínima está relacionada con la superficie en la cual esta curva comienza a ser horizontal.

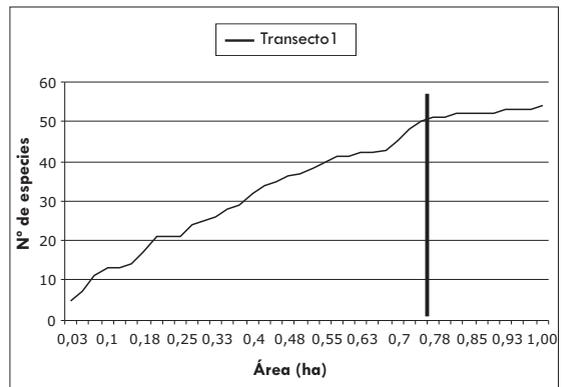
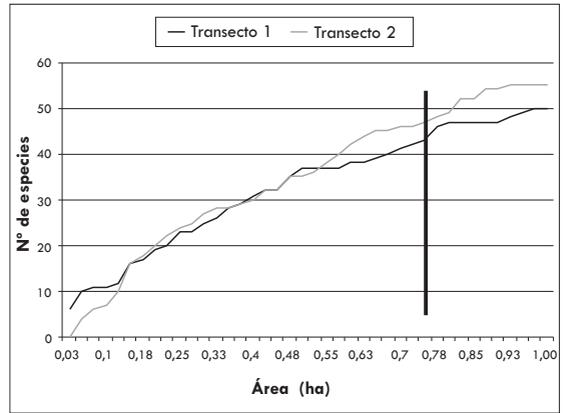
En cuanto al tamaño de la unidad muestral, los resultados de Hall y Swaine (1976), Louman *et al.* (2001), se asemejan (parcela de 0,625 ha y 0,60 ha respectivamente) pero difiere con respecto al porcentaje de especies (40% y 50%) registradas en una hectárea. Finol (1974), Lamprecht (1962), Hidalgo (1982), Freitas (1986), concluyen que una hectárea es representativa para los bosques inundables y no inundables, que superan los resultados encontrados en el presente trabajo; y mucho más con Marmillod (1982) que considera una superficie de muestreo de por lo menos 3 a 5 hectáreas. Asimismo, los resultados que reportan Carrera (1996), Hughell (1997) (parcelas de 0,5 ha) son iguales con respecto al tamaño de unidad muestral de bosques de llanura meándrica. Malleux (1982), aclara que las parcelas pequeñas abarcan una menor variabilidad dentro de las muestras,

pero una mayor variabilidad entre muestras; mientras que las parcelas grandes incluyen una alta variabilidad al interior, pero baja variabilidad entre parcelas. Podríamos decir, entonces, que las parcelas pequeñas son más aptas para bosques homogéneos y las grandes para bosques heterogéneos, de esta forma nos aseguramos una mayor representatividad de las especies del bosque.

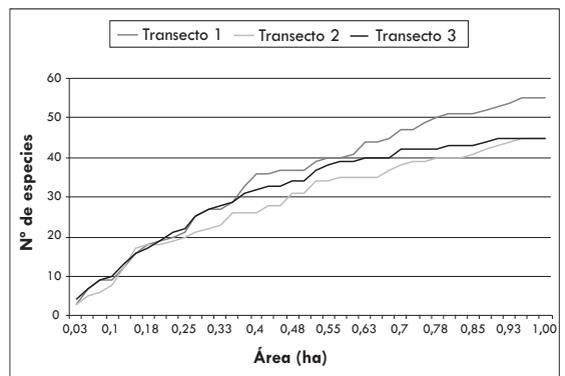
En los bosques tropicales, no existe un tamaño único de unidad muestral (parcela) que se pueda recomendar para los inventarios forestales, toda vez que el tamaño de la parcela estará dada en función del objetivo del inventario, de la variabilidad del bosque y del tamaño de la población que se desea inventariar; asimismo, el número de especies varía en función al tamaño de la unidad muestral, el tipo de bosque y la diversidad de especies. Según Ershaw (1973), la preocupación de “cuánto medir” en los estudios en ecología, fue enfocada inicialmente por la escuela fitosociológica con la idea del área mínima. Esta idea se refiere al tamaño requerido por la muestra para que sea representada adecuadamente la composición de especies de una comunidad.

En cuanto a la diversidad de especies, en los diferentes tipos de bosque en el área de estudio, el número de especies varía en función al tamaño de la unidad muestral, si ésta es pequeña, el número de especies es menor, a medida que se aumenta la superficie, se incrementa el número de especies, al comienzo bruscamente y luego cada vez el incremento es más pequeño y llega un momento en que el número de especies nuevas registradas es bajo; en consecuencia, las curvas área-especie tienden siempre a crecer. Los resultados son similares a lo descrito por Matteucci y Colma (1982) y Marmillod (1982), donde mencionan que en comunidades muy distintas en cuanto a homogeneidad, riqueza específica y tipo de patrones espaciales, el

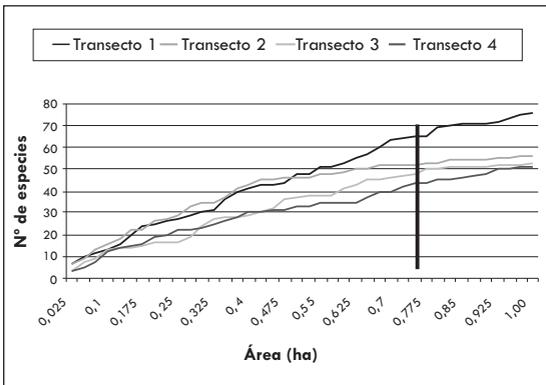
número de especies varía de acuerdo al tamaño de la unidad muestral.



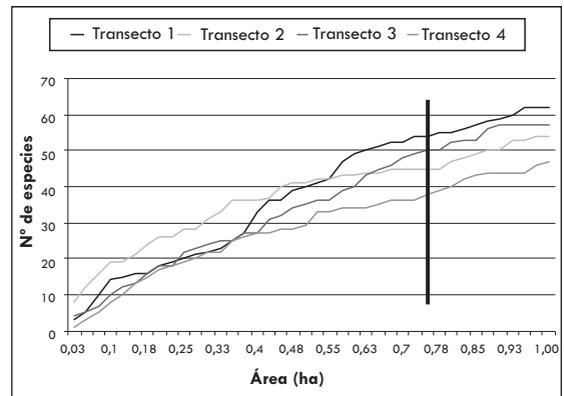
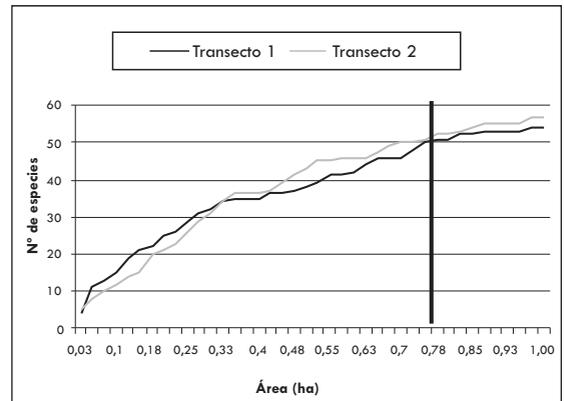
**Figuras 4 y 5.** Curva área-especie para el bosque húmedo de terraza media. Cuenclas del bajo Amazonas y Yavarí respectivamente.



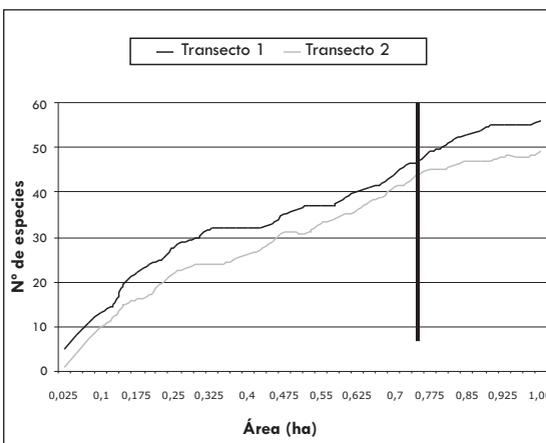
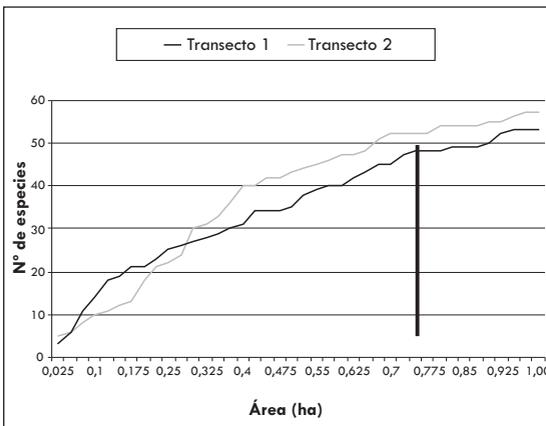
**Figura 6.** Curva área-especie para el bosque húmedo de terraza alta ligeramente disectada. Cuencla del Yavarí.



**Figura 7.** Curva área-especie para el bosque húmedo de terraza alta moderadamente disectada. Cuenca del bajo Amazonas.



**Figuras 10 y 11.** Curva área-especie para el bosque húmedo de colina baja moderadamente disectada. Cuencas del bajo Amazonas y del Yavarí respectivamente.



**Figuras 8 y 9.** Curva área-especie para el bosque húmedo de colina baja ligeramente disectada. Cuencas del bajo Amazonas y Yavarí respectivamente.

La tabla 2, muestra un resumen de los resultados del análisis de las curvas área-especie por tipos de bosque, donde se indica que el tamaño de unidad muestral promedio para el área de estudio es de 0,725 has (10 m de ancho por 725 m de largo), que incluye al 85% de las especies acumuladas; cabe indicar que este resultado es una propuesta que tendría que ser validada en el área de estudio. El mayor tamaño de unidad muestral se presenta en el bosque de terraza baja y el menor le corresponde al bosque de llanura meándrica. También se observa que los bosques inundables (LLM y TB) son más variables que los no inundables, lo que indica que las especies forestales se encuentran en un proceso de estabilización, toda vez que son bosques en proceso de formación.

**Tabla 2.** Tamaño óptimo de unidad muestral (TUM) y porcentaje de número de especies por tipo de bosque en el sector Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso.

	TIPOS DE BOSQUE							PROMEDIO GENERAL
	INUNDABLE		NO INUNDABLE					
	LLM	TB	TM	TALD	TAMD	CBLD	CBMD	
TUM (ha)	0,50	0,80	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,725
Especies (%)	80	88	82	85	88	88	85	85

**Leyenda:** LLM = llanura meándrica, TB = terraza baja, TM = terraza media, TALD = terraza alta ligeramente disectada, TAMD = terraza alta moderadamente disectada, CBLD = colina baja ligeramente disectada, CBMD = colina baja moderadamente disectada.

## CONCLUSIONES

1. El tamaño óptimo de la unidad muestral promedio según la curva área-especie, en el área de estudio es de 0,725 hectáreas (10 m de ancho x 725 m de largo), el mismo que incluye al 85% de las especies acumuladas.
2. El tamaño óptimo de la unidad muestral, según la curva área-especie para el bosque de llanura meándrica en el área de estudio es de 0,5 hectáreas (10 m x 500 m), el mismo que incluye al 80% de las especies acumuladas.
3. El tamaño óptimo de la unidad muestral, según la curva área-especie para el bosque de terraza baja en el área de estudio es de 0,8 hectáreas (10 m x 800 m), el mismo que incluye el 88% de las especies acumuladas.
4. El tamaño óptimo de la unidad muestral, según la curva área-especie para los bosques de terraza media, terrazas altas y colinas bajas en el área de estudio es de 0,75 hectáreas (10 m x 750 m), el mismo que incluye el 85,6% de las especies acumuladas.

Madrid. 820 pp.

Carrera F. 1996. Guía para la planificación de inventarios forestales en la zona de uso múltiple de la Reserva de la Biosfera Maya. Colección Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. Publicación 3. Proyecto Catie/Conap, Turrialba, C.R. 40 pp.

Ershaw K. 1973. Quantitative and Dynamic Plant Ecology. Edward Arnold Publishers. London. 18 pp.

Finol UH. 1974. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. Rev. For. de Venezuela. 14 (21): 29-48.

Freitas LE. 1986. Influencia del aprovechamiento maderero sobre la estructura y composición florística de un bosque ribereño alto en Jenaro Herrera, Perú. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. UNAP. Iquitos, Perú. 171 pp.

Gentry AH, Ortiz R. 1993. Patrones de composición florística en la Amazonía peruana. En: Kalliola, R.; Puhakka, M. & Danjoy, W. Amazonía peruana: vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía. Universidad de Turku (PAUT) y Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (Onern), Jyväskylä, Finlandia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Braun BJ. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales.

- Pp. 155-166.
- Hall JB, Swaine MD. 1976. Classification and Ecology of Closed Canopy Forest in Ghana. *J. Ecol.* 64: 913-915.
- Hidalgo WJ. 1982. Evaluación estructural de un bosque húmedo tropical en Requena, Perú. Tesis para optar el título de ingeniero forestal. UNAP. Iquitos, Perú. 146 pp.
- Hughell D. 1997. Optimización de inventarios forestales. Documento Técnico 59/1977. Proyecto Bolfor. Bolivia. 5 pp.
- Lamprecht H. 1962. Ensayo sobre métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales. *Acta Científica Venezolana.* 13 (2): 57-65.
- Louman B, Quiroz D, Nilsson M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. *Catie.* Turrialba, Costa Rica. 265 pp.
- Malleux J. 1982. Inventarios forestales en bosques tropicales. Lima. Universidad Nacional Agraria La Molina. 414 pp.
- Marmillod D. 1982. Methodik und Ergebnisse von Untersuchungen über Zusammensetzung und Aufbau eines tropischen Regenwaldes in peruanischen Amazonien. *Dissert. Der Forest. Feck. Univ. Göttingen.* 198 pp.
- Matteucci SD, Colma A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la O.E.A. Monografía 22, Serie Biológica, Washington. 168 pp.
- Osborne JG. 1942. Sampling errors of systematic and random surveys of corner type areas. *Journal American Statistics Association.* 37(2): 256-264.