



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

APLICACIÓN DEL MODELO ÁREA-ESPECIES PARA DETERMINAR EL  
TAMAÑO DE LA UNIDAD MUESTRAL EN LOS INVENTARIOS FORESTALES DE  
LA SELVA BAJA

**Línea de investigación:**  
**Biodiversidad, ecología y conservación**

Tesis optar el Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y  
Desarrollo Sostenible

**Autor**

Portuguez Yactayo Hubert Orlando

**Asesor**

Valverde Torres, Elías Alfonso

ORCID: 0000-0002-4904-8166

**Jurado**

Lescano Sandoval, Jorge

Jave Nakayo, Jorge Leonardo

Arguedas Madrid, César Jorge

**Lima - Perú**

**2025**

# APLICACIÓN DEL MODELO AREA-ESPECIES PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LA UNIDAD MUESTRAL EN LOS INVENTARIOS FORESTALES DE LA SELVA BAJA

## INFORME DE ORIGINALIDAD

**25%**

INDICE DE SIMILITUD

**23%**

FUENTES DE INTERNET

**11%**

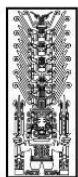
PUBLICACIONES

**4%**

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

- |   |                                       |    |
|---|---------------------------------------|----|
| 1 | <b>repositorio.unapiquitos.edu.pe</b> | 2% |
|   | Fuente de Internet                    |    |
| 2 | <b>repositorio.lamolina.edu.pe</b>    | 2% |
|   | Fuente de Internet                    |    |
| 3 | <b>hdl.handle.net</b>                 | 2% |
|   | Fuente de Internet                    |    |
| 4 | <b>www.minem.gob.pe</b>               | 1% |
|   | Fuente de Internet                    |    |
| 5 | <b>core.ac.uk</b>                     | 1% |
|   | Fuente de Internet                    |    |
| 6 | <b>sniffs.serfor.gob.pe</b>           | 1% |
|   | Fuente de Internet                    |    |
| 7 | <b>repositorio.unc.edu.pe</b>         | 1% |
|   | Fuente de Internet                    |    |
| 8 | <b>documentop.com</b>                 | 1% |
|   | Fuente de Internet                    |    |



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

APLICACIÓN DEL MODELO AREA-ESPECIES PARA DETERMINAR EL TAMAÑO  
DE LA UNIDAD MUESTRAL EN LOS INVENTARIOS FORESTALES DE LA SELVA  
BAJA

Línea de Investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Tesis para el Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible

Autor

Portuguez Yactayo, Hubert Orlando

Asesor

Valverde Torres, Elías Alfonso  
ORCID: 0000-0002-4904-8166

Jurado

Lescano Sandoval, Jorge  
Jave Nakayo, Jorge Leonardo  
Arguedas Madrid, César Jorge

Lima - Perú

2025

## **DEDICATORIA**

*Dedico la presente Tesis a mi mis queridas Esposa Elsida e hija Marinalda como una respuesta al cariño y comprensión que me brindaron y para demostrar que en esta vida todo con voluntad y esfuerzo todo se puede.*

## ÍNDICE

Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
 I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Descripción del problema .....	2
1.3 Formulación del problema .....	3
- Problema general .....	3
- Problemas específicos .....	3
1.4 Antecedentes .....	3
1.5 Justificación de la investigación .....	8
1.6 Limitaciones de la investigación .....	10
1.7 Objetivos .....	10
- Objetivo general .....	10
- Objetivos específicos .....	10
1.8 Hipótesis .....	11
- Hipótesis general .....	11
- Hipótesis específica .....	11
II. MARCO TEÓRICO .....	12
2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación .....	12
III. MÉTODO .....	15
3.1 Tipo de investigación .....	15
3.2 Población y muestra .....	15
3.3 Operacionalización de variables .....	17

3.4	Instrumentos .....	18
3.5	Procedimiento .....	19
3.6	Consideraciones éticas.....	20
3.7	Análisis de datos.....	20
IV.	RESULTADOS .....	35
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	48
VI.	CONCLUSIONES .....	50
VII.	RECOMENDACIONES .....	51
VIII	REFERENCIAS .....	52
IX.	ANEXOS .....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución geográfica de las grillas por cuencas y tipos de bosques .....	17
Tabla 2. Número de especies acumuladas a nivel de subparcelas en la grilla 03 .....	21
Tabla 3. Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 04 .....	23
Tabla 4. Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 06 .....	24
Tabla 5. Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 09 .....	25
Tabla 6. Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 01 .....	27
Tabla 7. Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 02 .....	28
Tabla 8. Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 05 .....	30
Tabla 9. Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 07 .....	31
Tabla 10. Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 08 .....	32
Tabla 11. Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 10 .....	33
Tabla 12. Tamaño promedio de las unidades muestrales por tipo de bosque .....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo curva área – especies .....	14
Figura 2. Diseño de la grilla conteniendo las subparcelas de 20 m x 20 m .....	15
Figura 3. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 01) .....	36
Figura 4. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 02) .....	36
Figura 5. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 03) .....	37
Figura 6. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 04) .....	38
Figura 7. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 06) .....	39
Figura 8. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 09) .....	40
Figura 9. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 05) .....	42
Figura 10. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 07) .....	43
Figura 11. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 08) .....	44
Figura 12. Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 10) .....	45

## RESUMEN

La presente Tesis tuvo como objetivo aplicar el modelo área-especies para determinar el tamaño mínimo necesario de la unidad muestral para realizar los inventarios forestales en los bosques aluviales y de colinas bajas del departamento de Loreto. La investigación se realizó en los bosques primarios de las cuencas de los ríos Nanay, Tahuayo e Itaya, de la provincia de Maynas. El método consistió en el registro acumulativo de las especies arbóreas y de palmeras arborescentes, presentes en cada grilla conformadas por 25 subparcelas de 400 m<sup>2</sup> cada una. Se evaluó un total de 10 grillas de 1,0 ha cada una distribuidas en el bosque aluvial y bosque de colina baja. De acuerdo con el modelo aplicado a cada grilla evaluada, se observa un incremento rápido progresivo del número de especies forestales diferentes en las primeras subparcelas y que luego decae en las últimas. La determinación del número mínimo de subparcelas acumuladas con sus respectivas superficies se basó en la lectura del mayor punto de inflexión de la curva y que se traduce en pequeños incrementos de nuevas especies (< 2 %) respecto al total de especies presentes en cada grilla. Se obtuvo como resultado el tamaño mínimo necesario de la unidad muestral equivalente a 0.81 ha, para los tipos de bosques aluvial y de colina baja. Esta superficie muestral permite tener una adecuada representatividad de los parámetros a evaluar de una población boscosa y, por tanto, lograr la confiabilidad de los resultados en los inventarios forestales que se realicen en el futuro.

**Palabras clave:** unidad muestral, tipo de bosque, punto de inflexión, grilla.

## ABSTRACT

This thesis aimed to apply the area-species model to determine the minimum sampling unit size required for forest inventories in the alluvial and low hill forests of the Loreto Department. The research was conducted in the primary forests of the Nanay, Tahuayo, and Itaya river basins in the Maynas Province. The method consisted of the cumulative recording of tree and arborescent palm species present in each grid square, which was composed of 25 subplots of 400 m<sup>2</sup> each. A total of 10 grid squares of 1.0 ha each were evaluated, distributed throughout the alluvial and low hill forest. According to the model applied to each evaluated grid square, a rapid, progressive increase in the number of different forest species is observed in the first subplots, followed by a decline in the later ones. The determination of the minimum number of accumulated subplots with their respective areas was based on reading the largest inflection point of the curve, which translates into small increases in new species (< 2%) relative to the total number of species present in each grid square. The resulting minimum sample unit size was determined to be 0.81 ha for alluvial and low hill forest types. This sample area ensures adequate representativeness of the parameters to be evaluated in a forest population and, therefore, guarantees the reliability of the results in future forest inventories.

**Keywords:** sampling unit, forest type, inflection point, grid.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Planteamiento del problema

Los bosques lluviosos de la selva baja o selva tropical del Perú se ubican en la Región Fitogeográfica Neotropical (Zunino, 2003). Se caracterizan por su poca variación climática y topográfica (planicies de origen aluvial, ondulaciones y colinas bajas). Resalta la alta diversidad florística a escala local y regional (Gentry y Ortiz, 1993). Los bosques de selva baja se extienden en una superficie de 55 274 835 ha y que juntos con los de la selva alta o yunga, representan el 94,3 % de la superficie boscosa nacional (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2019).

En general, la más alta diversidad de plantas se encuentra en el bosque húmedo tropical, por ejemplo, en una parcela de 1 ha ubicada en un sector de Iquitos (Loreto), se registraron 300 especies de plantas vasculares mayores de 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP), habiendo un récord mundial de diversidad local; de la misma forma, en otro sector de Iquitos se registraron 289 especies (Gentry, 1988a, citado por Gentry y Ortiz, 1993), lo que nos demuestra la gran diversidad florística de los bosques de la selva tropical peruana.

En los inventarios forestales que se realizan en nuestra selva tropical, por lo general se utilizan tamaños de unidades muestrales basados en factores de costo y tiempo que demandan, sin tener en cuenta el factor florístico. La alta diversidad florística o riqueza existente en el bosque, demanda el uso de unidades muestrales cuyos tamaños representen suficientemente a la población boscosa.

En el marco del desarrollo sostenible de los recursos forestales, el objetivo de los estudios de inventarios forestales en la selva peruana es la cuantificación del servicio de provisión del recurso forestal maderable y forestal no maderable de sus bosques a nivel de su alta diversidad de especies arbóreas que las conforman, por lo que se requiere de diseños de

sus unidades muestrales que contemplen el criterio florístico, para lograr una adecuada representatividad de la población boscosa, por tanto, existe la necesidad de contar con investigaciones científicas que definan tamaños suficientes de las unidades muestrales y con ello poder lograr resultados confiables en la estimación de todos los parámetros del bosque.

## 1.2 Descripción del problema

Por lo general, las evaluaciones que se realizan en la selva peruana para determinar el potencial forestal maderable basada en su diversidad florística, utilizan unidades muestrales (parcelas de muestreo) de diversos tamaños y formas. El Servicio Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) realiza el inventario forestal nacional utilizando para la selva baja, tamaños de unidades muestrales basados en modelos de costo y tiempo, sin considerar el análisis florístico, sabiendo de la alta diversidad de especies de arbóreas presentes en el bosque tropical. Utiliza parcelas muestrales de  $3\ 500\ m^2$  para el registro de especies arbóreas  $\geq 10\ cm$  de DAP hasta  $< 30\ cm$  de DAP y de  $7\ 000\ m^2$  para el registro de árboles solo a partir de  $DAP \geq 30\ cm$  (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2016)

Del mismo modo, muchas otras entidades públicas y privadas que realizan inventarios con diversos fines de la flora y vegetación en la selva tropical (selva baja) y de la yunga (selva alta), utilizan diferentes tamaños de unidades muestrales o parcelas, por lo general  $< 0,25\ ha$ , igualmente basado en el costo y tiempo.

Ante esta situación, se requiere contar con metodologías que incluyan el criterio florístico (riqueza) para la determinación del tamaño de las unidades muestrales en los inventarios forestales en la selva tropical caracterizada por su alta diversidad de especies vasculares. Por ello, resulta ser importante definir un tamaño mínimo necesario de la unidad muestral o parcela de muestreo, con criterio florístico, para realizar los inventarios forestales y de esta manera obtener valores representativos de los parámetros del bosque (riqueza

específica, abundancia, área basal, volumen maderable, biomasa, etc.) y de esta manera lograr suficiencia y fiabilidad en los inventarios forestales.

### **1.3 Formulación del problema**

- ***Problema general***

¿Cómo el modelo basado en la relación área-especies determina los tamaños de unidades muestrales para realizar los inventarios forestales de los bosques de la selva baja existentes en las cuencas de los ríos Nanay, Itaya y Tahuayo del departamento de Loreto?

- ***Problemas específicos***

¿Cómo la aplicación del modelo basado en la curva área-especies, permite determinar tamaños mínimos representativos de las unidades muestrales para la evaluar los parámetros de la población boscosa de las cuencas de los ríos Nanay, Itaya y Tahuayo, provincia de Maynas, departamento de Loreto?

¿Cómo los puntos de mayor inflexión o descenso notable de la curva área-especies, permite definir tamaños mínimos representativos de las unidades muestrales para cada tipo de bosques existentes en las cuencas de los ríos Nanay, Itaya y Tahuayo del departamento de Loreto?

### **1.4 Antecedentes**

Matteucci & Colma (2002) describen la metodología de la curva de acumulación de especies y sostienen que, “para toda comunidad vegetal, existe una superficie por debajo de la cual ella no puede expresarse como tal, por tanto, para obtener una unidad muestral representativa de una comunidad vegetal, es conocer su área mínima de expresión” (p.12).

Villa (2018, cita a Rosenzweig, 1995) afirmando que el incremento del número de especies observadas en función del área muestreada es una de las relaciones ecológicas más conocidas.

Mostacedo (2000) menciona que la curva especie-área, es una gráfica que permite visualizar la representatividad de un muestreo. Es muy útil para definir el área mínima de muestreo, tomando en cuenta que se evaluará el mayor o total número de especies. Cuando la curva tiende a mantenerse horizontal, ésta indica que el número de especies se mantendrá, aunque aumente el tamaño de muestreo. A diferencia de los bosques templados, en el bosque tropical, la curva se mantiene en constante aumento, mientras que en los primeros la curva alcanza un curso horizontal rápidamente. Esta curva área-especie se puede construir a partir del muestreo con los métodos de cuadrantes, transectos o transectos variables.

Lamprecht (1990) menciona que el muestreo en el bosque tropical debe responder a un área mínima representativa y que ello se obtiene en la acumulación de pequeñas parcelas hasta que dejen de ser encontradas especies arbóreas nuevas. Por tanto, de la sumatoria de las parcelas individuales se obtiene el área mínima buscada.

Marmillod (1982, citado por Lamprecht, 1990) menciona que, en determinados casos, la curva de especies por área podría conducir a errores, sin embargo, sostiene que, a pesar de ello, hasta ahora representa el mejor criterio para determinar el área florística mínima a muestrear.

Lamprecht (1990) considera que se obtiene el área mínima cuando una ampliación de ésta en un 10%, produce un incremento en especies menor del 10%.

Hubbel & Foster (1983) afirman que en la isla Barro Colorado en Panamá, la mayoría de las especies de árboles del dosel se encuentran formando parches; esto es, son gregarios.

Vázquez et al. (2018) mencionan que el área mínima puede ser determinada solo para comunidades que son relativamente homogéneas y no fragmentadas.

Zamora (2010) observó que, al acumular parcelas de 0,10 ha en un bosque transicional húmedo a seco, en Puntarenas – Costa Rica, la curva especies/área, declinó a partir de 2 ha, se mantuvo estable el número de especies. Plantea la ecuación que representa la línea de mejor ajuste a la línea de tendencia de las especies acumuladas, resultando ser  $y = -15,049x^2 + 62,625x + 5,0386$ , donde “Y” es el número de especies y “X” el número de especies. Utilizando el criterio de la primera derivada, pudo obtener el punto de inflexión, el cual para este caso indicaría el área máxima donde se dejarán de muestrearse nuevas especies.

Rollet (1978, citado por Del Valle, 1996), mediante la técnica de duplicación de las áreas, determinó el número de especies de árboles y de lianas con diámetro mayor o igual a 10 cm en bosques de la Guayana venezolana, encontró 355 especies en 64 ha y la curva estaba lejos de saturarse. Atañen que el patrón de distribución de las especies es importante tomar en cuenta por cuanto la mayoría de especies se distribuyen con patrones gregarios y no aleatorios.

Gentry y Ortiz (1993) mencionan que el Perú es un país que alberga algunos de los bosques más ricos en especies en el mundo y que el área mínima para zonas de bosque húmedo tropical sería de 1 ha, en donde la composición de especies se representaría adecuadamente.

El Ministerio del Ambiente de Ecuador (MIAE, 2011) realiza la evaluación forestal nacional de su país utilizando un diseño de muestreo sistemático – conglomerado, basado en parcelas de 60 m x 60 m (0.36 ha) incluyendo todos los árboles a partir de 20 cm de DAP y en parcelas de 20 m x 20 m (400 m<sup>2</sup>), para los árboles a partir de 10 cm de DAP.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM, 2009) realiza el inventario nacional forestal utilizando parcelas de 250 m x 20 m (0.50 ha), considerando todos los árboles a partir de 10 cm de DAP.

La Comisión Nacional Forestal de México (CONAFOR, 2013), realiza su inventario nacional forestal utilizando un muestreo conglomerado aplicado a la selva baja, media y alta,

basado en 4 parcelas de 40 x 10 m (400 m<sup>2</sup>) y que ambas conforman una unidad de muestreo de 0.16 ha, incluyendo todos los árboles a partir de 7,5 cm de DAP.

El inventario nacional de Guatemala utiliza parcelas de muestreo de 20 m x 500 m (1.0 ha) para árboles a partir de 25 cm de DAP y parcelas de muestreo de 50 m x 10 m (500 m<sup>2</sup>) para fustales (DAP 10,0 – 24,9 cm).

El inventario forestal nacional de Bolivia en el año 2004, diseñó el muestreo forestal basado en unidades muestrales conformadas por 7 parcelas conglomeradas de 250 m x 20 m cada una (0,50 ha), considerando todos los árboles a partir de 20 cm de DAP (Proyecto INFOBOL, 2003).

Silva et al. (2018) reporta la realización de un inventario forestal continuo en un bosque tropical lluvioso denso de la Amazonia Oriental de Brasil, en el cual utilizaron unidades de trabajo (parcela de muestreo de 250 m x 50 m (1,25 ha) a partir de árboles de 35 cm de DAP.

Burga (1993), en un estudio sobre la estructura diamétrica de tres tipos de bosque en Iquitos, afirma que las curvas área-especies tienen una tendencia similar a la curva de Poisson, donde el punto de inflexión se da cuando la parcela de muestreo tiene un área de 0,50 ha para el bosque de terraza, 0,70 ha para el bosque varillal y 0,40 ha para el bosque aluvial.

Burga et al. (2010) en un inventario forestal realizado en los bosques de terraza baja y de llanura meándrica, de la selva baja, en el sector Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso, provincia de Mariscal Ramón Castilla, región Loreto, utilizando subparcelas de 250 m (10 m x 25 m) continuas y acumulativas, determinó que la curva área - especies declinó a partir de 0,725 ha en promedio, que incluye al 85% de las especies acumuladas con DAP > 27.5 cm, quien concluye que esta superficie representa el tamaño óptimo de la unidad muestral.

Reguera (2018), en su tesis de inventario forestal realizado en los de bosques de llanura aluvial de la selva baja de la cuenca media y baja del río Nanay, ubicados en la selva baja del distrito Alto Nanay, provincia de Maynas, Región Loreto, al analizar la curva área-especies,

concluye que el tamaño mínimo de la unidad de muestreo promedio es de 0,75 ha (10 m de ancho x 750 m de largo) que incluye el 89% de las especies acumuladas con un DAP > 10 cm.

Villacorta (2012), en su tesis de inventario forestal realizado en los bosques húmedos de terraza media, terraza alta y colina baja de la cuenca media del río Arabela (selva baja), distrito del Napo, región Loreto, concluye que la curva área-especies declina cuando la muestra tiene en promedio una superficie de 0,75 ha (10 m x 750 m), que incluye el 93%, 89% y 95% de las especies acumuladas, respectivamente, a partir de 10 cm de DAP.

Macedo (2012), en un inventario forestal realizado en la Comunidad Campesina de Tres Unidos, Distrito del Alto Nanay, Región Loreto, encontró que la curva área-especies tiene su punto de inflexión cuando la parcela de muestreo tiene en promedio 0,75 ha (10 m x 750 m), que incluye el 90,1% de las especies acumuladas, a partir de 30 cm de DAP.

Soto (2013), utilizando el análisis de la curva área-especies, determinó el área mínima de la unidad muestral en varios tipos de bosque de la selva baja, en la cuenca del río Morona del departamento de Loreto. Para los bosques de terrazas bajas inundables, el tamaño fue de 0.75 ha, el cual incluye entre el 89 - 95 % de las especies arbóreas con  $DAP \geq 25$  cm. Para los bosques de llanura meándrica y aguajal, el tamaño de la unidad muestral fue de 0.50 ha, que incluye el 90 % y 84 % de las especies, respectivamente. Finalmente, para los tipos de bosques no inundables (terrazas media, terraza alta y colina baja), el tamaño mínimo de la unidad muestral fue en promedio de 070 ha, que incluye del 83 – 90 % de las especies arbóreas con  $DAP \geq 25$  cm.

Flores et al. (2017), en el inventario de un bosque de palmeras de la selva baja ubicado en la quebrada Cashibo, provincia de Puerto Inca, del departamento de Huánuco, mediante el análisis de la curva área especies determinó que utilizando 4 parcelas circulares de 15 m de radio ( $706.86 \text{ m}^2$ ), es decir un área de  $2827,4 \text{ m}^2$ , habiendo registrado el 60,8 % de las especies, luego al incrementar el número de parcelas a 12 (0,85 ha), registró el 95% de las especies y

finalmente con 13 parcelas (0,92 ha) obtuvo el 100 % de las especies existentes en ese bosque, con un DAP  $\geq$  10 cm.

Rosales (2018), caracterizó y comparó dos tipos de densidad poblacional en los bosques de colina del Lote petrolero 174 – Ucayali, utilizando unidades muestrales de 250 m x 20 m (0,50 ha) y el registro de árboles mayor de 30 cm de DAP.

La publicación peruana “Guía de inventario de la flora y vegetación” utilizó la metodología de “curva área-especies” para determinar el área mínima de la unidad de muestreo para ser utilizada en los inventarios de los ecosistemas forestales con alta diversidad de especies en el Perú (MINAM, 2015).

El SERFOR (2016), viene realizando el inventario nacional forestal aplicando un diseño de muestreo sistemático conglomerado, utilizando para la clase fustales, 7 subparcelas de 20 m x 25 (500 m<sup>2</sup>) cada una, que conforman una unidad muestral, es decir, de 0,35 ha el tamaño de cada unidad muestral y para el caso de los árboles, utiliza subparcelas de 50 m x 20 m (1000 m<sup>2</sup>), es decir de 0,7 ha, ambas aplicado a los bosques de la selva baja.

## 1.5 Justificación de la investigación

“Las curvas de acumulación de especies, en las que se representa el número de especies acumulado en el inventario frente al esfuerzo de muestreo empleado, son una potente metodología para estandarizar las estimas de riqueza obtenidas en distintos trabajos de inventariado” (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003, p. 153).

Los inventarios forestales que se realizan en los diversos tipos de bosques húmedos de la selva baja tienen varios objetivos, por ejemplo, cuantificar la riqueza florística, la abundancia, el potencial forestal maderable (m<sup>3</sup> de madera) y no maderable, motivo por el cual, se requiere contar con parcelas de muestreo (unidad de análisis) cuyo tamaño resulte ser suficiente estimar eficazmente los parámetros del bosque.

El uso de metodologías tradicionales basadas mayormente en costo, variancia y tiempo, más no en la complejidad florística del bosque, estaría probablemente conduciendo a obtener resultados erróneos o insuficientes, motivo por el cual amerita contar con estudios de investigación sobre la aplicación de determinados métodos o modelos donde se incluya el criterio florístico y poder analizar y demostrar el efecto del uso de tamaños adecuados de las unidades muestrales en los inventarios del bosque tropical.

Muchas entidades que realizan inventarios forestales en la selva con fines de manejo forestal, silvicultura, zonificación ecológica económica, clasificación de tierras por su capacidad de uso mayor, evaluación de impactos ambientales, compensación ambiental, valoración económica y ecológica, entre otros, aún vienen usando unidades muestrales sin mantener un estándar, es decir, diversos tamaños y que resultan ser relativamente pequeñas, lo que demostraría alta probabilidad de ser insuficientes y, por tanto, podría conducir a errores técnicos que influiría en la toma de decisiones relacionado al aprovechamiento sostenible y conservación del recurso forestal.

Por tanto, el presente estudio de investigación basado en el análisis de la aplicación del modelo especies-área permitirá determinar el tamaño necesario de las unidades muestrales que se deberían utilizar en los inventarios forestales de la selva tropical y de esta manera lograr resultados de manera suficiente y confiable de los parámetros del bosque como, por ejemplo, riqueza florística, abundancia, estructura poblacional, potencial maderable y no maderable, stock de carbono, entre otros.

## 1.6 Limitaciones de la investigación

- Alto costo
- Lejanía
- Difícil acceso al interior del bosque
- Precipitación pluvial durante el año

## 1.7 Objetivos

### - *Objetivo general*

Determinar a través del modelo área-especies, el tamaño mínimo representativo de la unidad muestral para realizar los inventarios forestales de los bosques de las cuencas de los ríos Nanay, Tahuayo e Itaya, de la provincia de Maynas, departamento de Loreto.

### - *Objetivos específicos*

- Analizar la tendencia de la curva área-especies, generada por la acumulación progresiva de subparcelas de 400 m<sup>2</sup>, frente a la acumulación progresiva del número de especies, en determinados sectores de las cuencas de los ríos Nanay, Tahuayo e Itaya, de la provincia de Maynas, departamento de Loreto.
- Determinar los puntos de mayor inflexión de la curva área-especies para determinar la cantidad de subparcelas utilizadas en términos de área, con el fin de establecer los tamaños mínimos representativos de la unidad muestral en los bosques aluviales y de colina baja de las cuencas de los ríos Nanay, Tahuayo e Itaya, de la provincia de Maynas, departamento de Loreto.

## 1.8 Hipótesis

- ***Hipótesis general***

El modelo de la curva área-especies permite determinar tamaños representativos de la unidad muestral para para realizar los inventarios forestales de la selva baja tropical.

- ***Hipótesis específica***

Los puntos de mayor inflexión de la curva del modelo área-especies permiten determinar áreas mínimas representativas para realizar los inventarios forestales de los bosques aluviales y de colina baja de las cuencas de los ríos Nanaya, Tahuayo e Itaya, de la provincia de Maynas, departamento de Loreto.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Bases teóricas sobre el tema de investigación

Los inventarios forestales constituyen uno de los instrumentos más importantes para el registro de información en la evaluación de recursos forestales, pues muestra el estado situacional de los bosques desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo (SERFOR, 2016).

Los inventarios forestales involucran principalmente la medición de árboles, en campo a través de pequeñas áreas que se denominan “parcelas de medición”. La suma del área de las parcelas de medición constituye la muestra del área total de la población” (SERFOR, 2016).

Para fines de la presente investigación el término “unidad muestral” será equivalente a “unidad de análisis” o “parcela de medición” o “parcela de muestreo”. Por tanto, queda definida la unidad muestral como la superficie del terreno que permite estimar los parámetros de la población, como, por ejemplo, riqueza florística, densidad poblacional, área basal, volumen maderable, biomasa vegetal, carbono, etc.

El cálculo del tamaño de la unidad de muestreo se basa en el criterio del “área mínima de la comunidad”, el cual se refiere que para toda comunidad vegetal existe una superficie por debajo de la cual ella no puede expresarse como tal. Por lo tanto, para obtener una unidad muestral representativa de una comunidad, es necesario conocer el área mínima de expresión de dicha comunidad (Matteucci y Colma, 1982).

La determinación del tamaño de la unidad de muestreo es importante ya que en esta pequeña área se espera tener la mejor representatividad de las especies existentes en una determinada cobertura vegetal o tipo de bosque.

Empíricamente se ha comprobado que, si se registran las especies de una unidad muestral pequeña, su número es pequeño y a medida que se incrementa la superficie aumenta 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 nueva unidad muestral es muy bajo o nulo.

El modelo área-especies permite establecer una relación directa entre la acumulación progresiva de sub-parcelas (pequeñas áreas) y el registro progresivo del número de especies. Cada sub-parcela acumulada de manera progresiva y continua debe hacer un registro de especies diferentes respecto a la primaria, es decir, no se repiten especies entre ellas, hasta que el incremento de éstas disminuye notablemente, manifestándose en el decaimiento de la curva.

La acumulación continua de unidades de muestreo con determinadas superficies frente a la acumulación de nuevas especies vegetales puede ser representada gráficamente mediante la “curva área-especies” denominada también “curva de acumulación”.

El modelo área-especies permite analizar la respuesta del incremento progresivo de nuevas especies al incremento continua den la superficie muestreada (subparcelas). En un primer momento de este proceso de acumulación de pequeñas áreas (subparcelas), el registro de nuevas especies es notable hasta que éstas empiezan a decaer al seguir incrementando el número de nuevas subparcelas y es allí donde se puede establecer el tamaño final de la unidad muestral conformada por un número determinado de subparcelas.

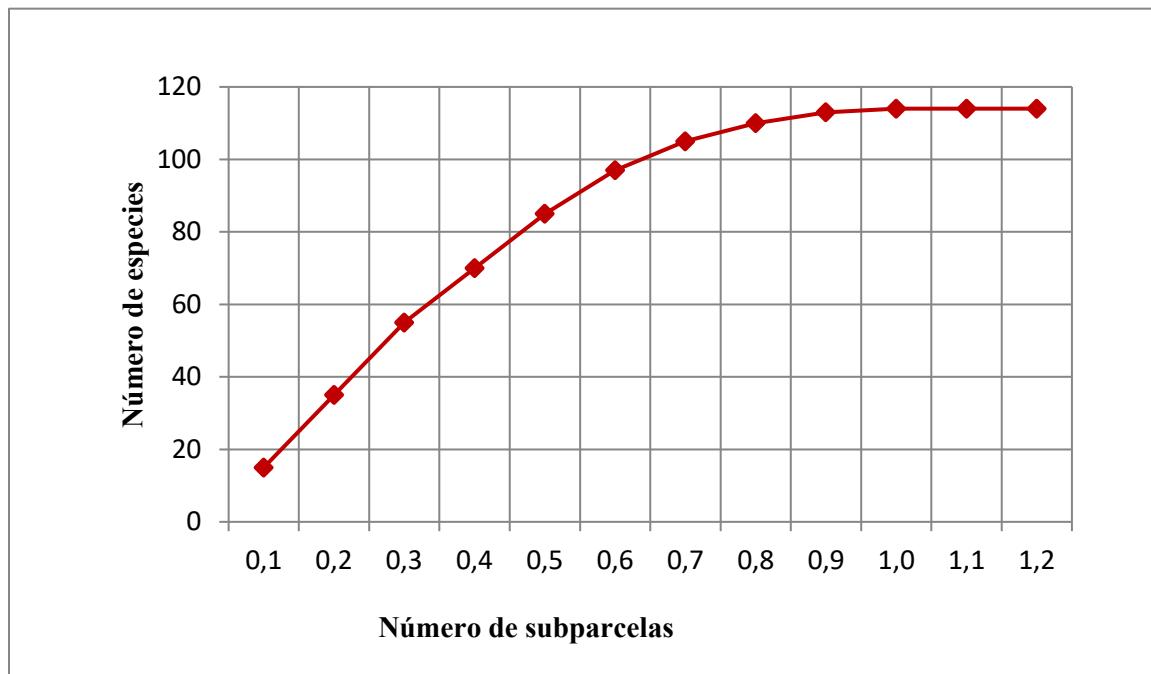
El proceso de acumulación de áreas hasta encontrar el punto de quiebre (punto de mayor inflexión de la curva, permite captar el patrón de distribución espacial (tipo gregario) de las especies forestales en el bosque tropical.

En la Figura 1, se muestra un ejemplo de la generación de la curva área-especies, con determinada tendencia debido a la relación directa que existe entre el incremento progresivo de áreas (ha) muestrales (subparcelas) ubicadas en el eje horizontal (abscisa) y la captura progresiva del número de especies forestales ubicado en el eje vertical (ordenada).

El modelo de la curva área-especies permite determinar el tamaño (área) de la unidad muestral (sumatoria de subparcelas) al hacer la proyección vertical del punto de su mayor inflexión (menor pendiente) hacia el eje horizontal.

**Figura 1**

*Modelo curva área-especies*



*Nota.* El modelo área-especies se basa en el análisis de la tendencia de la curva logarítmica que se genera al incrementar el número de subparcelas y el registro de nuevas especies, de manera progresiva y acumulativa, respectivamente. El mayor punto de inflexión de la curva indica el número mínimo necesario de subparcelas o áreas a utilizar en los muestreos forestales.

### III. MÉTODO

### 3.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada

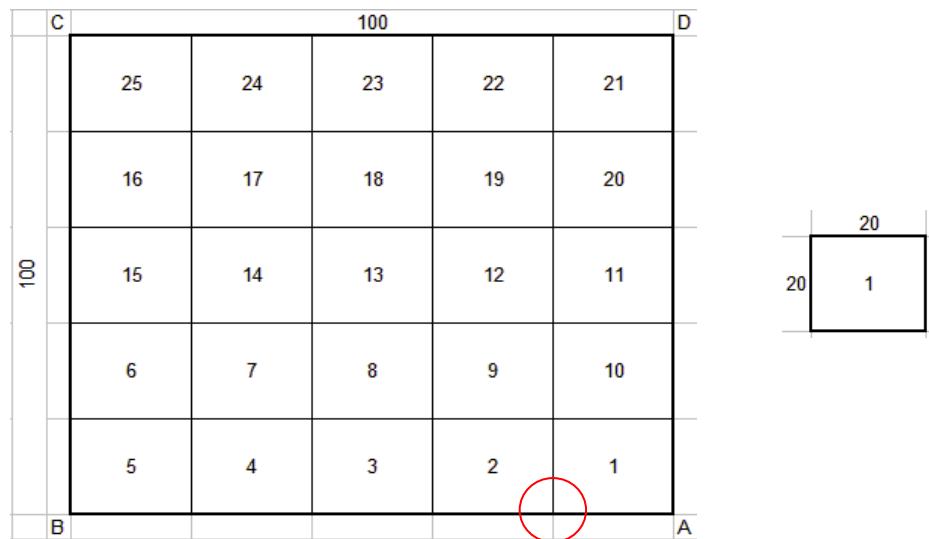
### 3.2 Población y muestra

La población evaluada comprende aproximadamente un área de 500 000 ha de bosques primarios existentes en determinados sectores de las cuencas de los ríos Nanay, Tahuayo e Itaya, provincia de Maynas, departamento de Loreto.

La muestra establecida para la evaluación y análisis fue de un área total de diez (10) ha, divididas a la vez en diez (10) bloques o grillas de 10 000 m<sup>2</sup> cada una y a la vez, divididas vez en 25 subparcelas de 400 m<sup>2</sup> (20 m x 20 m), cada una cuyo diseño se observa en la Figura 2.

Figura 2

## Diseño de la grilla de evaluación conteniendo las subparcelas de 20 m x 20 m



Fuente: Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM, 2015)

Las 10 grillas fueron distribuidas en tres tipos de bosques identificados y delimitados en cada cuenca durante la etapa inicial de gabinete, tal se muestra en la tabla 1.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó como referencia la fórmula contenida en la guía de inventario de la flora y vegetación (MINAM, 2015), la misma que se muestra a continuación:

$$N = (CV)^2 (t)^2 / E^2$$

Donde:

$N$  = número de unidades de muestreo (subparcelas)

$CV$  = coeficiente de variación = 50 %

$t$  = 2 (al 95 % de probabilidad)

$E$  = error de muestreo = 10%

Aplicando la fórmula se obtuvo un total de 100 unidades de muestreo o subparcelas, sin embargo, se optó por evaluar un número mayor consistente en 250 unidades de muestreo agrupadas en 10 bloques o grillas distribuidas en 2 tipos de bosque, tal como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Distribución geográfica de las grillas por cuencas y tipos de bosques*

Cuenca	Tipos de bosque	Grilla n°	Coordenadas	
			X	Y
Río Tahuayo	Bosque aluvial	01	703089	9519344
Río Tahuayo	Bosque aluvial	02	700805	9515927
Río Tahuayo	Bosque aluvial	03	697618	9518552
Río Itaya	Bosque aluvial	04	693668	9528061
Río Itaya	Bosque de colina baja	05	648413	9524104
Río Itaya	Bosque aluvial	06	646382	9526553
Río Itaya	Bosque de colina baja	07	646613	9527273
Río Nanay	Bosque de colina baja	08	640415	9583395
Río Nanay	Bosque aluvial	09	641019	9583171
Río Nanay	Bosque de colina baja	10	643839	9585680

### 3.3 Operacionalización de variables

Se ha contemplado las siguientes variables

- Variable Independiente:

La variable independiente es el número de especies forestales acumuladas por las subparcelas muestrales

- Variable Dependiente:

La variable dependiente es el tamaño o superficie de la unidad muestral ( $m^2$ ) de los inventarios forestales

- Variable Interviniente

Como variables intervinentes se tiene a las siguientes:

- ✓ Patrón de dispersión o agregación de las especies forestales
- ✓ Variabilidad edáfica
- ✓ Variabilidad geomorfológica
- ✓ Grado de influencia antrópica

Las definiciones operacionales se describen a continuación:

a. Número de especies forestales

Cada árbol y palmera arborescente fue registrado con sus respectivos nombres vulgar y científico en cada unidad muestral.

Los individuos no identificados en campo fueron identificados en el Herbario a través del análisis de las muestras botánicas colectadas

b. Diámetro del fuste o tallo del árbol a la altura del pecho (DAP)

La medición del diámetro del fuste o tronco a la altura del pecho (DAP) se realizó con cinta diamétrica, a partir de 10 cm, de todos los individuos de cada unidad muestral.

### **3.4 Instrumentos**

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos

- Carta nacional 1/25 000
- Computadora con software ArcGis 10.5
- Imagen satelital Landsat
- Imágenes del Google Earth
- GPSMAP 64 sx
- Brújula Suunto
- Cinta métrica de 50 m
- Estacas y plumones indelebles
- Libreta de campo.
- Machetes y tijera de podar

### 3.5 Procedimiento

La primera etapa del trabajo (gabinete inicial) consistió en ubicar un área de estudio que contenga bosques primarios de selva baja de las cuencas Itaya y Tahuayo, mediante la interpretación visual de imágenes satelitales Landsat 8 con resolución espacial de 30 m x 30 m. Luego se identificación y mapeo de los tipos de bosques basado en el criterio fisiográfico (MINAM, 2015) y el uso del programa ArcGis 10.5 y su extensión ArcMap, utilizando una escala de interpretación de 1/30 000, con un área mínima de mapeo de 10 ha. Sobre estos tipos de bosque se ubicaron las grillas de evaluación.

La segunda etapa comprendió el trabajo de campo y consistió en la ubicación de las 10 grillas de evaluación, con apoyo del GPS.

De acuerdo con el diseño de la grilla (Figura 1), se procedió al trazado de ésta utilizando estacas de 1 m de largo y cordeles de 100 m de largo, orientadas de Sur a Norte con el apoyo de la brújula. Luego se procedió a la delimitación de las subparcelas en su interior con su respectiva numeración correlativa (1 – 25).

Luego se procedió al registro de todos los árboles y palmeras de porte arbóreo  $\geq 10$  cm de DAP, identificados con sus nombres vulgares y nombres científicos respectivamente, empezando con la subparcela 1 y concluyendo con la subparcela 25. Cada individuo registrado fue identificado y registrado a nivel de especie (nombre científico y nombre vulgar), excepcionalmente fue a nivel de género, de forma manual en las respectivas libretas de campo. De esta forma se hizo el registro en las 10 grillas levantadas en campo

La tercera etapa consistió el trabajo en gabinete procediendo a establecer la base de datos conformado por todos los individuos (árboles y palmeras arborescentes) presentes en cada grilla conformada por 25 parcelas cada una; luego en la tabla general de datos se procedió

al agrupamiento de todos los elementos arbóreos y de palmeras de porte arbóreo presentes y de manera progresiva en las parcelas registradas.

Luego se procedió al conteo y anotación de las especies vegetales presentes en las subparcelas de la 1 a la 25, controlando que no se repitan las especies en ninguna de las parcelas. Se llevó esta información a un modelo gráfico para cada grilla evaluada, ubicando en el eje vertical el número de especies y en el eje horizontal el número de parcelas de 400 m<sup>2</sup> cada una, generando de esta manera una curva de regresión logarítmica.

### **3.6 Consideraciones éticas**

La investigación en todo su desarrollo se realizó respetando cada afirmación o enunciado de los autores respectivos.

### **3.7 Análisis de datos**

Los datos fueron procesados y demostrables a nivel de 2 tipos de bosques los que se describen a continuación:

- **Bosque aluvial**

En este tipo de bosque se distinguen dos (2) unidades geomorfológicas, una de origen aluvial reciente y sub-reciente, formada por sedimentos aluviónicos acarreados por los ríos antes mencionados depositados en el Cuaternario. Se ubica a una altura aproximada de 5 m sobre el nivel más bajo del río y con pendiente de 0 – 2 %. En esta forma de tierra se caracterizan las formaciones boscosas presentes a nivel de las siguientes grillas evaluadas:

En la grilla 03, ubicada en la cuenca del río Tahuayo se registró un total de 667 individuos, con altura máxima de hasta 35 m y hasta 37 cm de DAP, correspondientes a un total de 234 especies forestales, de las cuales el 71 % fueron especies arbóreas y el

29 % especies de palmeras arborescentes. Sobresalen por su mayor densidad poblacional las especies arbóreas *Simarouba amara* “marupa” (familia Simaroubaceae) y *Eschweilera parvifolia* “machimango” (familia Lecythidaceae); entre las palmeras (familia Arecaceae sobresalen las especies *Mauritia flexuosa* “aguaje”, *Oenocarpus batahua* “ungurahui” y *Euterpe precatoria* “huasaí”.

En la Tabla 2, al observar el número de especies que registra la ecuación logarítmica se nota que el número de especies acumuladas de manera progresiva empieza a decaer a partir de la subparcela n° 23 con el incremento de nuevas especies forestales < 1,5 %.

**Tabla 2**

*Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 03*

Suparcela n.º	Número de especies	Especies Acumuladas	Especies acumuladas (ecuación logarítmica)
1	25	25	0
2	12	37	22
3	16	53	51
4	6	59	72
5	13	72	89
6	8	80	102
7	11	91	113
8	3	94	123
9	8	102	132
10	15	117	139
11	11	128	146
12	11	139	153
13	10	149	158
14	8	157	164
15	8	165	169
16	9	174	174
17	4	178	178
18	10	188	182
19	7	195	186
20	4	199	190
21	10	209	193
22	6	215	197
<b>23</b>	<b>9</b>	<b>224</b>	<b>200</b>
24	5	229	203
25	5	234	206

En la grilla 04, se registró un total de 471 distribuidos en 96 especies de las cuales el 58 % corresponde a palmeras de porte arbóreo con alturas hasta de máximas de 28 m y DAP máximo de 41 cm, de las cuales destacaron en orden de mayor a menor abundancia las siguientes: *Attalea butiracea*, *Mauritia flexuosa*, *Mauritia aculeata* y *Oenocarpus mapora*. Las especies arbóreas tuvieron con DAP máximo de 78 cm, de las que destacaron por su mayor densidad poblacional las siguientes: *Vatairea guianensis* (familia Fabaceae), *Terminalia oblonga* (familia Combretaceae), *Virola pavonis* (familia Myristicaceae), *Drypetes amazónica* (familia Euphorbiaceae) y *Hura crepitans* (familia Euphorbiaceae).

De acuerdo con la tabla 3, se observa que el incremento del número de especies acumuladas de manera progresiva empieza a decaer a partir de la subparcela n°22 con un incremento de nuevas especies de  $\leq 2\%$ .

**Tabla 3***Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 04*

Subparcela n. <sup>o</sup>	Número de especies	Especies acumuladas	Especies acumuladas (ecuación logarítmica)
1	9	9	0
2	6	15	15
3	10	25	28
4	9	34	36
5	4	38	43
6	5	43	48
7	4	47	53
8	7	54	57
9	4	58	61
10	5	63	64
11	2	65	67
12	2	67	69
13	2	69	72
14	2	71	74
15	2	73	76
16	3	76	78
17	2	78	80
18	3	81	81
19	6	87	83
<b>20</b>	1	88	85
21	0	88	86
22	5	93	88
23	1	94	89
24	2	96	90
25	0	96	91

En la grilla 06, ubicada en la cuenca del río Itaya se registró un total de 466 individuos agrupados en 151 especies forestales, conformado mayormente por especies arbóreas con alturas de hasta de 32 m y DAP máximo de 0,74 m y por especies de palmeras. Las especies con mayor abundancia fueron las siguientes: *Rinorea racemosa* (familia Violaceae), *Nauclospis glabra* (familia Moraceae), *Pseudolmedia laevis* (familia Moraceae), *Eschweilera albiflora* (familia Sapotaceae) y *Matisia bicolor* (familia Sapotaceae).

En la Tabla 4, se muestra el número de especies acumuladas decae en la subparcela n°18 con el incremento de nuevas especies en 1.5 % en las siguientes parcelas.

**Tabla 4**

*Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 06*

Subparcela n. <sup>o</sup>	Número de especies	Especies acumuladas	Especies acumuladas (curva logarítmica)
1	15	15	0
2	13	28	21
3	9	37	39
4	9	46	52
5	9	55	62
6	10	65	70
7	3	68	77
8	7	75	83
9	4	79	88
10	3	82	92
11	7	89	97
12	6	95	100
13	1	96	104
14	3	99	107
15	4	103	110
16	4	107	113
17	6	113	116
<b>18</b>	8	121	118
19	2	123	121
20	1	124	123
21	5	129	125
22	7	136	127
23	9	145	129
24	3	148	131
25	3	151	133

En la grilla 09, ubicada en la cuenca del río Nanay se registró un total 741 individuos correspondientes a 93 especies con alturas máxima de los árboles de 25 m y DAP máximo; las palmeras alcanzan alturas máximas de 25 m y DAP máximo de 42 cm. Destacan por su mayor abundancia las siguientes especies: *Virola pavonis* (familia

Myristicaceae), *Hyeronima alchornooides* (familia Euphorbiaceae), y *Micrandra spruceana* (Euphorbiaceae); las palmeras (Arecaceae) *Euterpe precatoria* y *Mauritia flexuosa*.

En la tabla 5, se muestra el registro de especies mediante la ecuación logarítmica y el número de especies tiene un incremento de solo el 1 % a partir de la subparcela 22.

**Tabla 5**

*Número de especies acumuladas por subparcelas de la grilla 09*

Subparcela N.º	Número de especies	Especies acumuladas	Especies acumuladas (ecuación logarítmica)
1	15	15	0
2	3	18	14
3	5	23	27
4	6	29	36
5	4	33	42
6	5	38	48
7	6	44	53
8	5	49	57
9	4	53	60
10	5	58	64
11	7	65	67
12	1	66	69
13	1	67	72
14	5	72	74
15	2	74	76
16	6	80	78
17	7	87	80
18	1	88	82
19	1	89	83
20	3	92	85
21	0	92	86
<b>22</b>	1	93	88
23	0	93	89
24	0	93	90
25	0	93	92

La segunda unidad geomorfológica comprendida en el bosque aluvial corresponde a las terrazas aluviales, por lo general no sujetas a inundaciones, formadas por una acumulación fluvial antigua del río con pendiente de 0 – 5 % y ubicado aproximadamente sobre los 5 m del nivel del río. Aquí se levantaron las siguientes grillas de evaluación:

La grilla 01 ubicada en la cuenca del río Tahuayo se registró en total 595 individuos correspondiente a 272 especies forestales de las cuales el 95 % correspondió a especies arbóreas y el 5 % a palmeras de porte arborescente. Entre las especies arbóreas con mayor abundancia se menciona a las siguientes: *Eschweilera coriacea* (familia Lecythidaceae) y *E. tessmannii*. Los árboles alcanzaron alturas máximas de hasta 30 m y DAP hasta se 0,58 m, como, por ejemplo, *Tachigali chrysophylla*, *Sloanea rufa*, *Eschweilwera coriacea*, *Pouteria guianensis*, *Clarisia biflora*, *Hymenolobium excelsium*, *Sloanea rufa*, etc. Entre las especies de palmeras destaca la especie *Oenocarpus batahua*.

De acuerdo con la tabla 6, se observa que el incremento del número de especies acumuladas a través de la ecuación logarítmica es de manera progresiva y que empieza a decaer a partir de la subparcela n°19 con incremento de nuevas especies forestales en delante de < 2 %.

**Tabla 6***Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 01*

Subparcela n.º	Número de especies	Especies acumuladas	Especies acumuladas (ecuación logarítmica)
1	18	18	0
2	25	43	29
3	26	69	64
4	11	80	88
5	14	94	107
6	13	107	123
7	9	116	136
8	7	123	148
9	8	131	158
10	7	138	167
11	13	151	175
12	16	167	182
13	12	179	189
14	8	187	195
15	8	195	201
16	5	200	207
17	9	209	212
18	13	222	217
<b>19</b>	<b>12</b>	<b>234</b>	<b>222</b>
20	7	241	226
21	7	248	230
22	5	253	234
23	8	261	238
24	7	268	242
25	4	272	245

En la grilla 02, ubicada en la cuenca del Tahuayo se registró en total 470 individuos correspondientes a 233 especies con altura máxima de hasta 32 m de las cuales destacan por su abundancia en orden de mayor a menor abundancia siguientes especies: *Eschweilera tessmannii* (Lecythidaceae), *Oenocarpus batahua* (Arecaceae), *E. coriacea*, *Irianthera tricornis* (Myristicaceae) y *Virola elongata* (Myristicaceae).

De acuerdo con la Tabla 7, se observa que el incremento del número de nuevas especies acumuladas (ecuación logarítmica) se mantiene como incrementos discontinuos hasta la subparcela n.º 20 con un incremento de especies < 1.5 % en las siguientes subparcelas.

**Tabla 7.***Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 02*

Subparcela n.º	Número de especies	Especies acumuladas	Especies acumuladas (curva logarítmica)
1	15	15	0
2	14	29	8
3	7	36	39
4	16	52	61
5	8	60	79
6	8	68	93
7	6	74	105
8	13	87	115
9	8	95	124
10	5	100	132
11	17	117	140
12	9	126	146
13	13	139	152
14	13	152	158
15	7	159	163
16	11	170	168
17	6	176	173
18	10	186	178
19	7	193	182
20	9	202	186
21	6	208	189
22	7	215	193
23	6	221	196
24	5	226	200
25	7	233	203

- **Bosque de colina baja**

Este tipo bosque se desarrolla en la unidad geomorfológica de colina baja de ligera a moderadamente disectadas, con elevaciones que alcanzan hasta los 80 m desde su base o nivel del río, formado por procesos deposicionales y erosivos, cuyas laderas varían de 10 a 35 % de pendiente.

En la grilla 05, ubicada en la cuenca del río Itaya se registró un total de 576 individuos correspondientes a 158 especies forestales cuyos árboles alcanzan alturas máximas de 25 m y DAP máximo de 64 cm.; Sobresalen por su mayor abundancia) las siguientes especies: *Parahancornia peruviana* (Familia Apocynaceae), *Eschweilera albiflora* (Familia Lecythidaceae), *Micropholis guyanensis* (Familia Sapotaceae), *E. tessmannii* con, *Pseudolmedia laevigata* (Familia Moraceae), *Virola elongata* (Familia Myristicaceae), etc.

En la tabla 8, los valores de la ecuación logarítmica muestran una disminución notable de las especies forestales acumuladas a partir de la subparcela n°19 hasta la n°25 con un incremento de nuevas especies de < 1.5 %

**Tabla 8***Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 05*

Subparcela N°	Número de especies	Especies acumuladas	Especies acumuladas (curva logarítmica)
1	23	23	0
2	22	45	40
3	16	61	58
4	8	69	71
5	4	73	81
6	6	79	88
7	10	89	95
8	5	94	101
9	9	103	106
10	2	105	111
11	8	113	115
12	3	116	119
13	4	120	122
14	2	122	125
15	3	125	129
16	4	129	131
17	4	133	134
18	4	137	136
<b>19</b>	7	144	139
20	2	146	141
21	3	149	143
22	1	150	145
23	3	153	147
24	0	153	149
25	5	158	151

En la grilla 07, ubicada en la cuenca del río Itaya se registró un total de 609 individuos correspondiente a 139 especies forestales con árboles de alturas máximas de 28 m y DAP máximo de 72 cm. Sobresalen por su mayor abundancia las siguientes especies: *Nauclopsis ulei* (Moraceae), *Pseudolmedia laevis* (Moraceae), *Matisia malacocalyx* (Malvaceae), *P. laevigata*, *Eschweilera rufifolia* (Lecythidaceae), etc.

En la tabla 9, los valores de la ecuación logarítmica muestran una disminución notable de las especies forestales acumuladas a partir de la subparcela n°18 hasta la n°25 con un incremento de nuevas especies de < 1.0 %

**Tabla 9**

*Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 07*

Subparcela n°	Número de especies	Especies acumuladas	Especies acumuladas (curva logarítmica)
1	18	18	0
2	20	38	38
3	9	47	53
4	20	67	63
5	8	75	71
6	6	81	78
7	2	83	84
8	3	86	88
9	3	89	93
10	7	96	96
11	2	98	100
12	2	100	103
13	2	102	106
14	4	106	108
15	2	108	111
16	3	111	113
17	4	115	115
18	3	118	118
19	1	119	119
20	0	119	121
21	1	120	123
22	6	126	125
23	5	131	126
24	2	133	128
25	6	139	129

En la grilla 08, ubicada en la cuenca del río Nanay, se registró un total de 538 individuos arbóreos con alturas máximas de 25 m y DAP máximo hasta de 77 cm, correspondiente a 184 especies forestales. Sobresalen por su mayor abundancia las siguientes especies: *Rinorea lindeniana* (Violaceae) *Oenocarpus bataua* (Arecaceae), *Conceveiba guianensis*

(Euphorbiaceae), *C. rhytidocarpa*, *Hymenolobium excelsum* y *Parkia igneiflora* de la familia Fabaceae, respectivamente.

En la tabla 10, el resultado de la ecuación logarítmica muestra un decremento de nuevas especies siendo más notorio al pasar de la subparcela n°21 mostrando un incremento de < 1,18 % en las siguientes subparcelas.

**Tabla 10**

*Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 08*

Subparcela n.º	Número de especies	Especies acumuladas	Especies acumuladas (curva logarítmica)
1	16	16	0
2	7	23	14
3	5	28	39
4	15	43	57
5	14	57	711
6	8	65	82
7	8	73	92
8	12	85	100
9	12	97	107
10	7	104	114
11	5	109	120
12	10	119	125
13	6	125	130
14	5	130	135
15	7	137	139
16	5	142	143
17	9	151	147
18	5	156	150
19	7	163	153
20	2	165	157
<b>21</b>	4	169	160
22	5	174	162
23	2	176	165
24	4	180	168
25	4	184	170

En la grilla 10 se registró un total de 529 individuos correspondiente a 119 especies forestales, con árboles de alturas máximas de 35 m y DAP máximo de 64 cm. Sobresalen por

su mayor abundancia en orden de mayor a menor las siguientes especies: *Maeba elata* (Euphorbiaceae), *Xylopia frutescens* (Annonaceae), *Macrocnemun roseum* (Fabaceae), *Anaxagorea brevipes* (Annonaceae) y *Conceveiba rhytidocarpa* (Euphorbiaceae), etc.

En la Tabla 11, se muestra el resultado de la acumulación de nuevas especies por efecto de la acumulación de subparcelas de muestreo. Se observa que el incremento decrece a partir de la n°23 con un incremento < 1,7 %.

**Tabla 11**

*Número de especies acumuladas por subparcelas en la grilla 10*

Subparcela N.º	Número de especies	Especies acumuladas	Especies acumuladas (Ecación logarítmica)
1	29	29	0
2	7	36	42
3	10	46	55
4	15	61	64
5	6	67	71
6	9	76	76
7	5	81	81
8	5	86	85
9	5	91	89
10	8	99	92
11	3	102	95
12	1	103	98
13	1	104	100
14	1	105	103
15	1	106	105
16	0	106	107
17	1	107	109
18	2	109	111
19	2	111	112
20	3	114	114
21	1	115	115
22	0	115	117
23	0	115	118
24	2	117	119
25	2	119	121

#### IV. RESULTADOS

A continuación, se muestran los resultados que muestran los tamaños de la unidad muestral o subparcela de muestreo en términos de área para cada tipo de bosque evaluado, obtenidos a través del análisis de la tendencia de la curva área-especies, tal como se describe a continuación:

- **Bosque aluvial**

En la Figura 3 se muestra la tendencia de la curva área - especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.93 proveniente de la grilla 01.

De acuerdo con los valores de la tabla 6 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo es de resultó ser 7 600 m<sup>2</sup> (0,76 ha) proveniente de la acumulación de 19 subparcelas

En la Figura 4 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.88 proveniente de la grilla 02.

De acuerdo con los valores de la tabla 7 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo es de 8 000 m<sup>2</sup> (0,80 ha) proveniente de la acumulación de 20 subparcelas.

En la figura 5 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.90 proveniente de la grilla 03.

De acuerdo con los valores de la tabla 2 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo es de 8 400 m<sup>2</sup> (0,84 ha) proveniente de la acumulación de 21 subparcelas

En la figura 6 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.97 proveniente de la grilla 04 evaluada en el bosque de terraza baja inundable.

De acuerdo con los valores de la tabla 3 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo resultó ser 8 800 m<sup>2</sup> (0,88 ha) proveniente de la acumulación de 22 subparcelas

En la figura 7 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.93 proveniente de la grilla 06 evaluada en el bosque de colina baja.

De acuerdo con los valores de la tabla 4 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo resulta ser de 7 200 m<sup>2</sup> (0,72 ha) proveniente de la acumulación de 18 subparcelas.

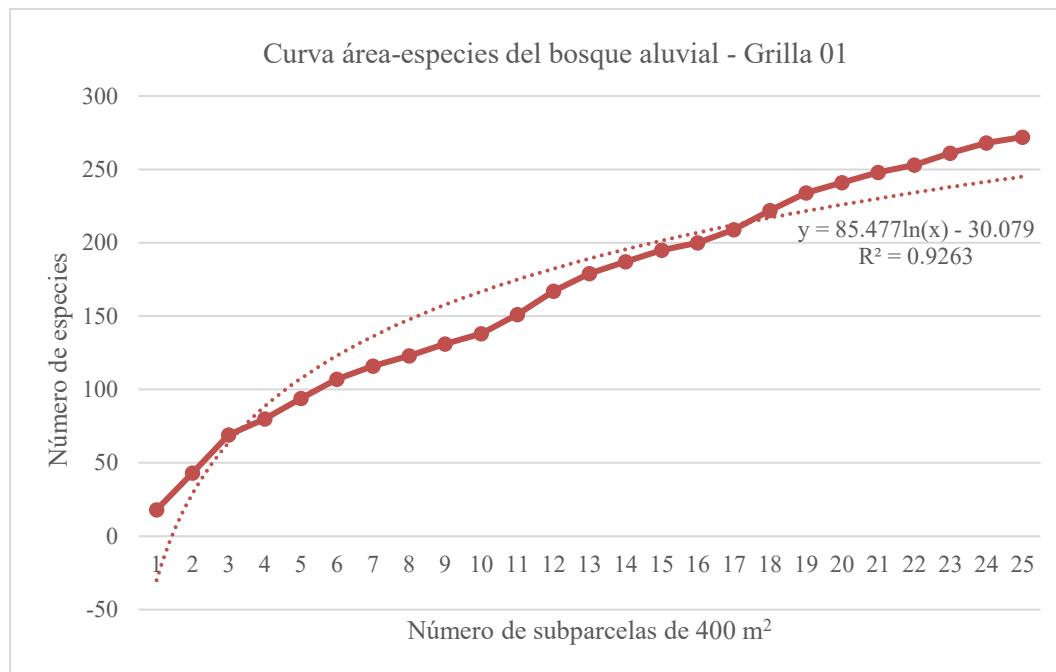
En la figura 8 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.93 proveniente de la grilla 09.

De acuerdo con los valores de la tabla 5 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo resulta ser de 8 800 m<sup>2</sup> (0,88 ha) proveniente de la acumulación de 22 subparcelas.

Para determinar el tamaño final de la unidad muestral (parcela de muestreo) para este tipo de bosque se tomó el promedio de los valores de las parcelas de las grillas, 01, 02, 03, 04, 0,6 y 09, resultando ser de 0.81 ha (Tabla 12).

**Figura 3**

*Tendencia de la curva área–especies: bosque aluvial (grilla 01)*



*Nota.* Se tomó el tercer punto de inflexión de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 6, que resultó ser la subparcela 19, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies  $< 2\%$  del total de la grilla.

**Figura 4**

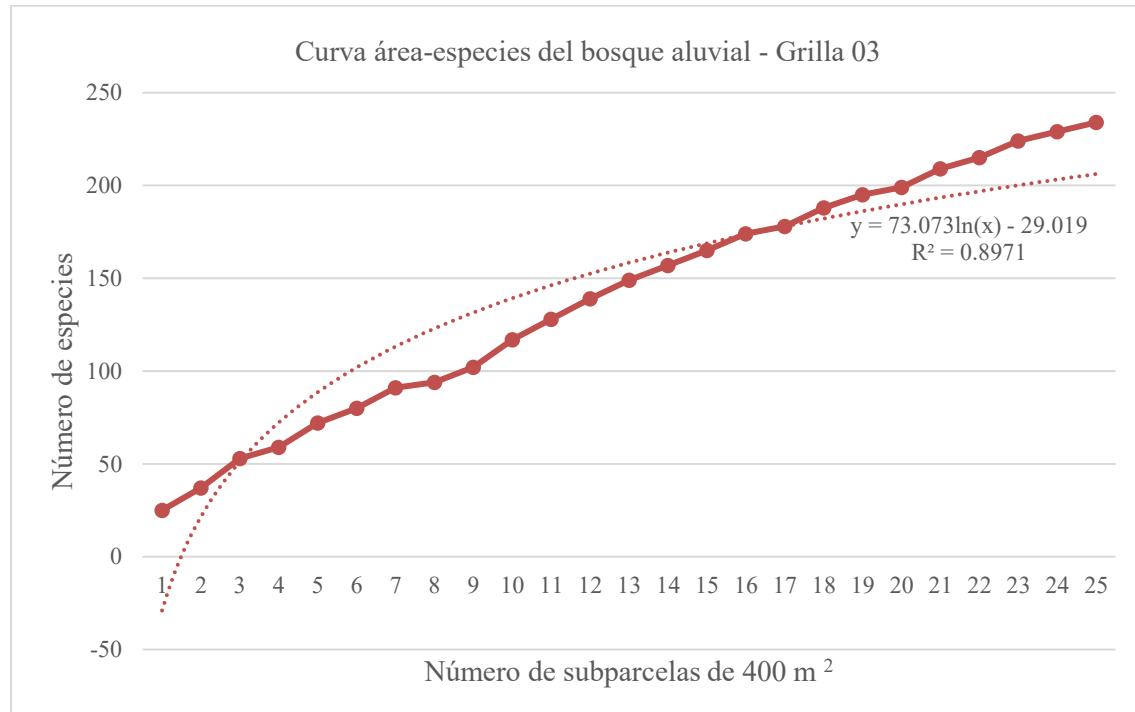
*Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 02)*



Nota. Se tomó el tercer punto de inflexión de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 7, que resultó ser la subparcela 20, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies < 1,5 % del total de la grilla.

**Figura 5**

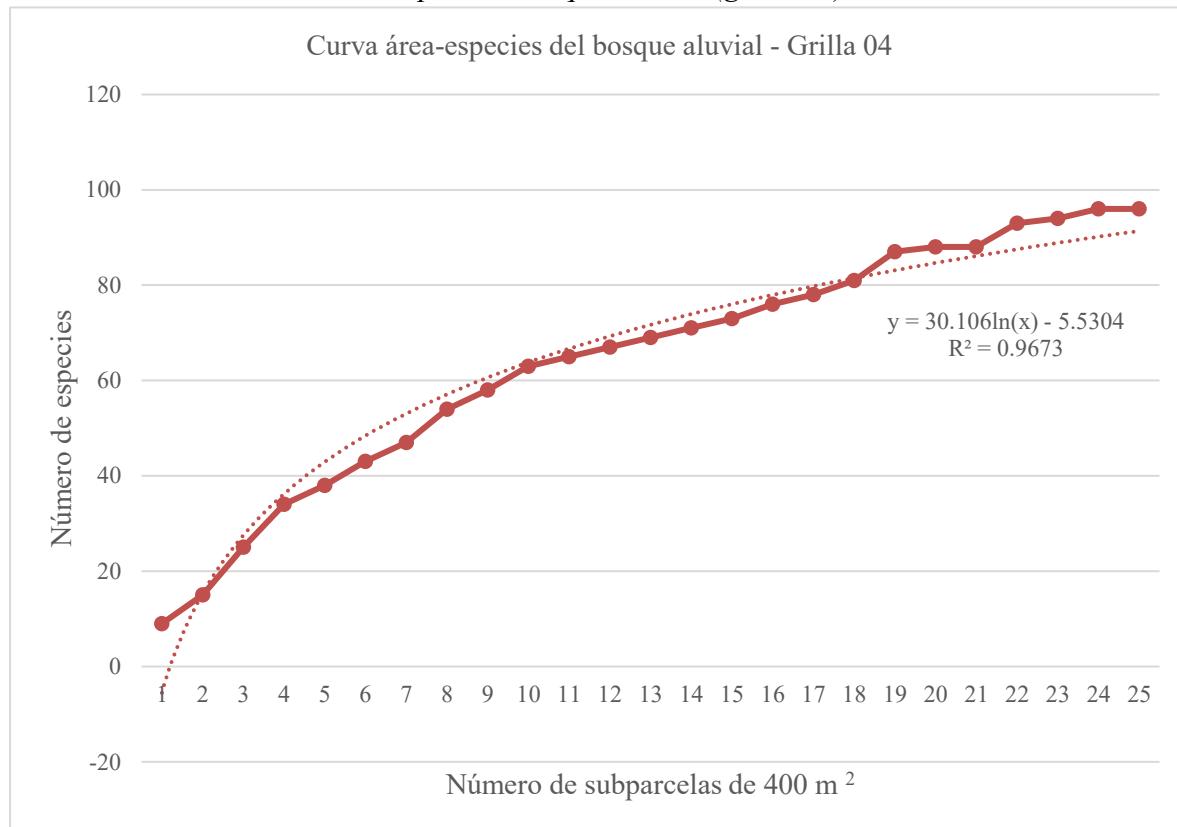
*Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 03)*



Nota. Se tomó el tercer punto de inflexión más notable de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 2, que resultó ser la subparcela 23, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies < 1,5 % del total de la grilla.

## Figura 6

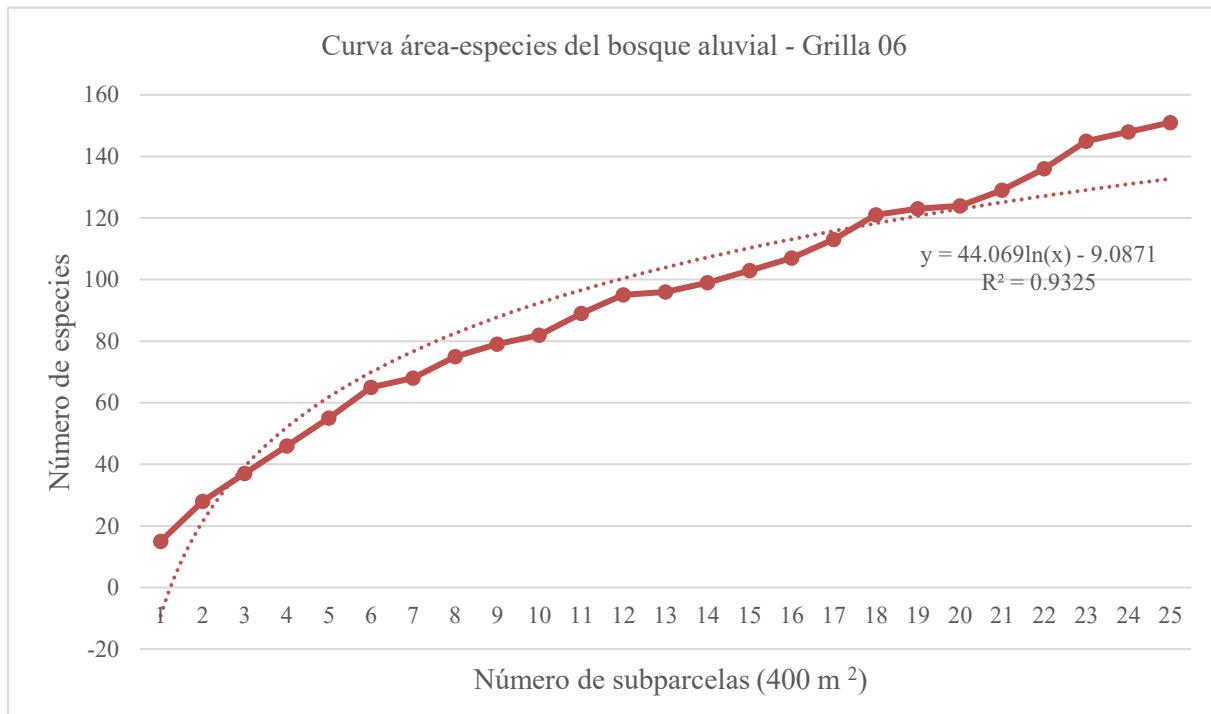
Tendencia de la curva área – especies: bosque aluvial (grilla 04)



Nota. Se tomó el tercer punto de inflexión de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 7, que resultó ser la subparcela 22, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies  $\leq 2\%$ .

**Figura 7**

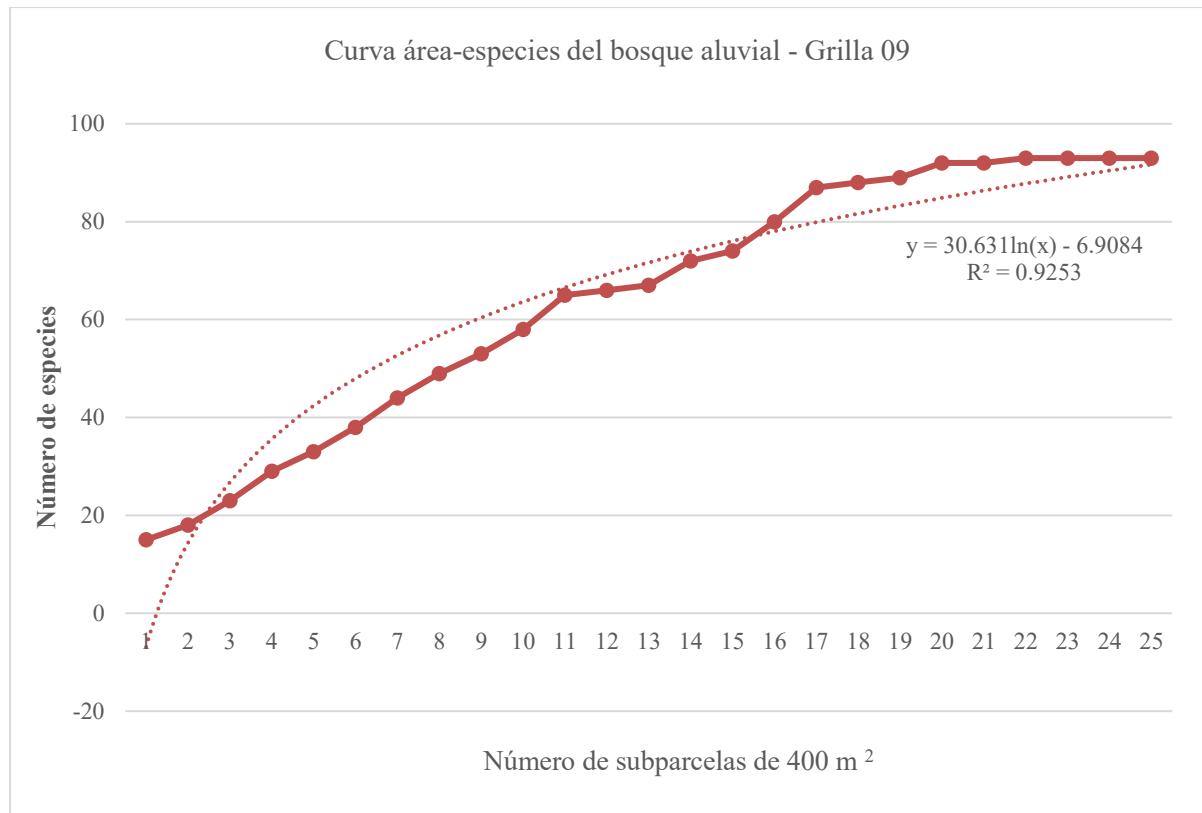
*Tendencia de la curva área–especies: bosque aluvial (grilla 06)*



*Nota.* Se tomó el tercer punto de inflexión de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 4, que resultó ser la subparcela 18, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies < 1,5 %.

### Figura 8

*Tendencia de la curva área – especies: bosque de terraza baja inundable (grilla 09)*



*Nota.* Se tomó el tercer punto de inflexión de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 5, que resultó ser la subparcela 22, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies < 1 %.

- **Bosque de colina baja**

En la figura 9 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.90 proveniente de la grilla 05 evaluada.

De acuerdo con los valores de la tabla 8 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo resultó ser 7 600 m<sup>2</sup> (0,76 ha) proveniente de la acumulación de 19 subparcelas

En la figura 10 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.99 proveniente de la grilla 07 evaluada.

De acuerdo con los valores de la tabla 9 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo resulta ser de 7 200 m<sup>2</sup> (0,72 ha) proveniente de la acumulación de 18 subparcelas.

En la figura 11 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.93 proveniente de la grilla 08 evaluada.

De acuerdo con los valores de la tabla 10 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo resulta ser de 8 400 m<sup>2</sup> (0,84 ha) proveniente de la acumulación de 21 subparcelas

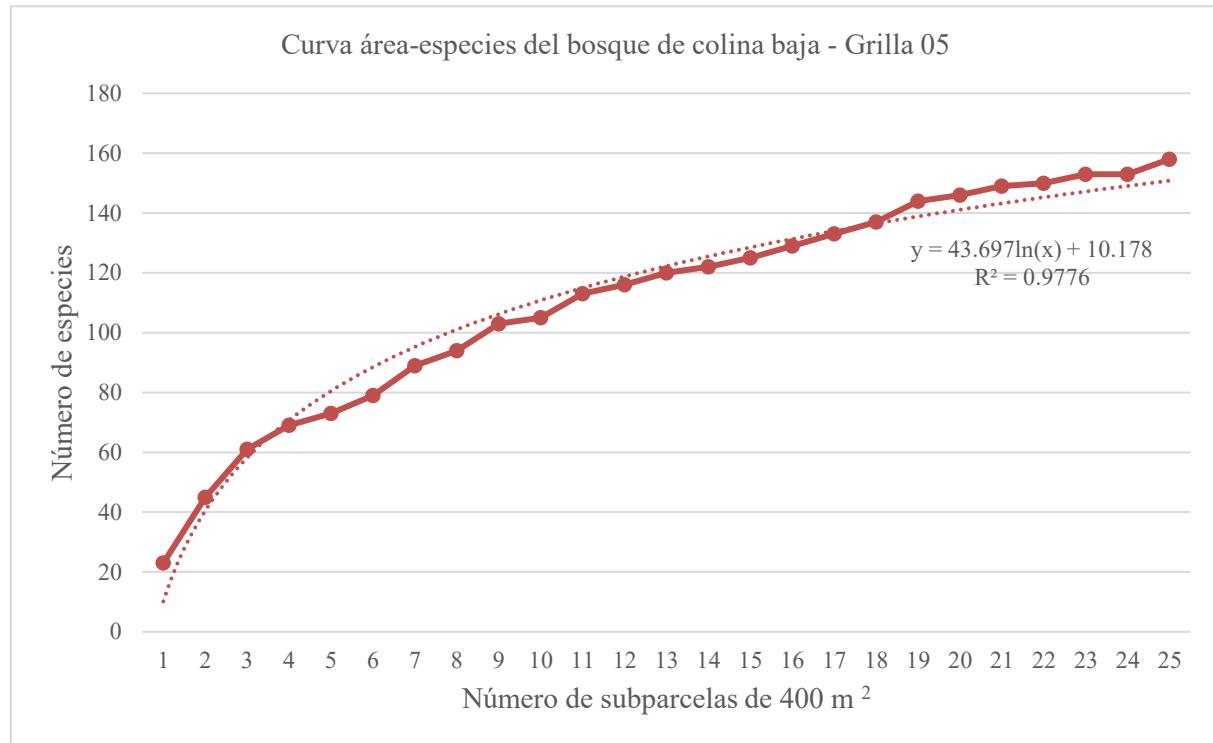
En la figura 12 se muestra la tendencia de la curva área -especies originada por la ecuación logarítmica con un  $R^2$  de 0.98 proveniente de la grilla 10 evaluada.

De acuerdo con los valores de la tabla 11 resultantes de la curva logarítmica se determinó que el área mínima de la parcela de muestreo resulta ser de 9 200 m<sup>2</sup> (0,92 ha) proveniente de la acumulación de 23 subparcelas.

Por tanto, basado en los tamaños de las muestras de las grillas 05, 07, 08 y 10 mencionadas se determinó que el valor promedio del tamaño mínimo que deber tener la unidad muestral o parcela de muestreo es de para el bosque de colina baja, es decir, de 0,81 ha.

### Figura 9

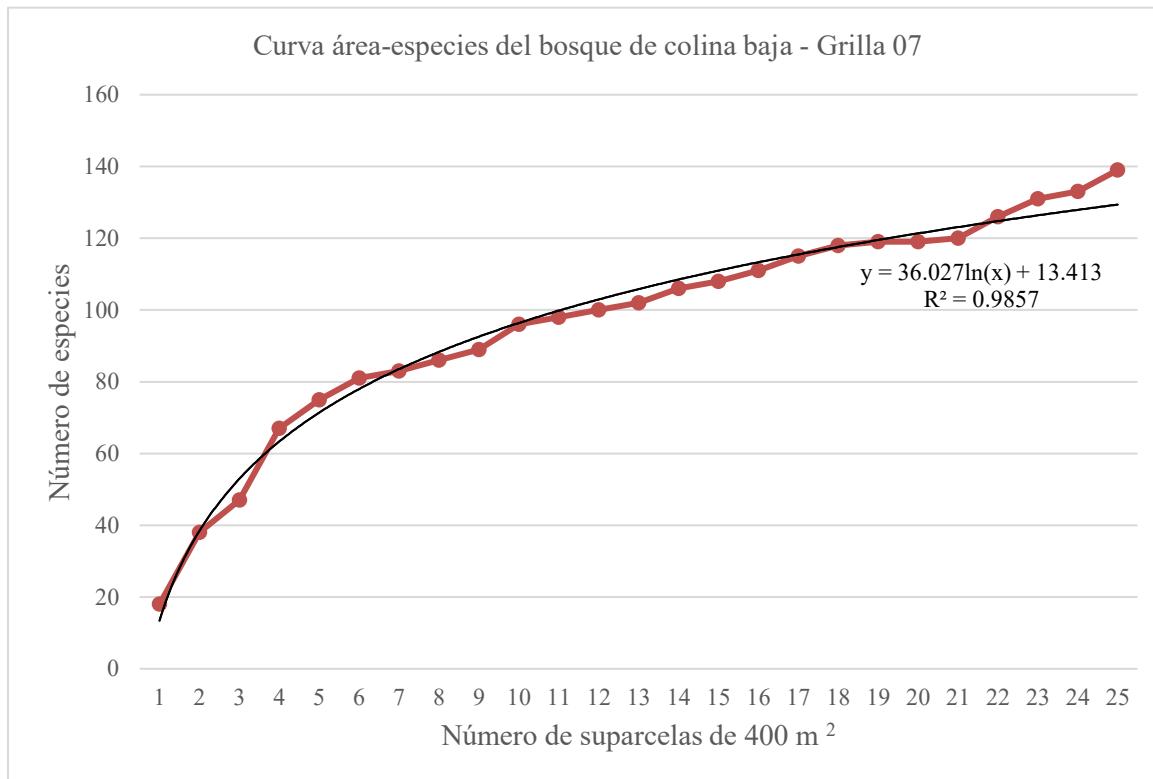
*Tendencia de la curva área–especies: bosque de colina baja (grilla 05)*



*Nota.* Se tomó el tercer punto de inflexión de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 7, que resultó ser la subparcela 19, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies < 1 %.

**Figura 10**

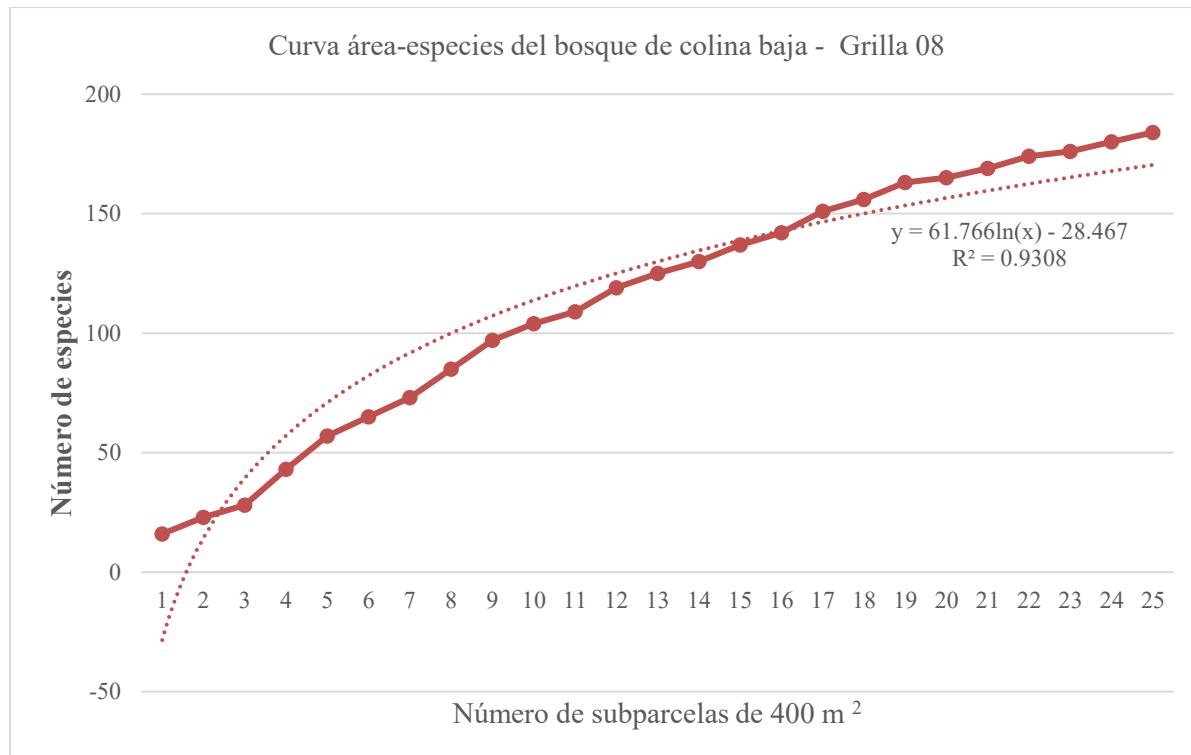
*Tendencia de la curva área–especies: bosque de colina baja (grilla 07)*



*Nota.* Se tomó el tercer punto de inflexión de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 7, que resultó ser la subparcela 18, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies  $< 1\%$ .

**Figura 11**

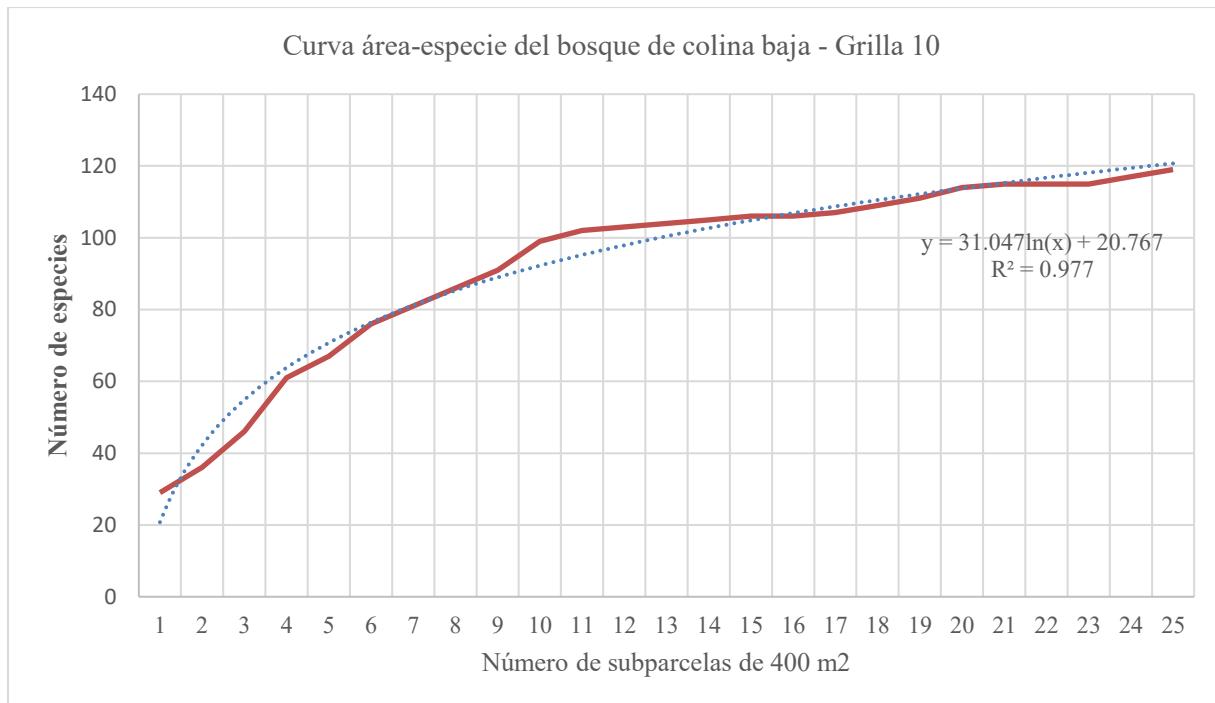
*Tendencia de la curva área –especies: bosque de colina baja (grilla 08)*



*Nota.* Se tomó el tercer punto de inflexión de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 7, que resultó ser la subparcela 21, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies < 1,2 %.

**Figura 12**

*Tendencia de la curva área–especies: bosque de colina baja (grilla 10)*



*Nota.* Se tomó el tercer punto de inflexión de la curva logarítmica en concordancia con los valores de la tabla 7, que resultó ser la subparcela 23, presentando en las siguientes subparcelas el incremento de nuevas especies < 1.7 %.

En la tabla 12 se muestra el resumen de la determinación del tamaño mínimo de la unidad muestral o parcela de muestreo mediante la aplicación del modelo área-especies para cada uno de los 2 tipos de bosques: bosque aluvial (0,81 ha) y bosque de colina baja (0,81 ha).

**Tabla 12***Tamaño promedio de las unidades muestrales por tipos de bosque*

Grilla Nº	Número de subparcelas de 400 m <sup>2</sup>	Tamaño de la unidad muestral (ha)	Número de especies acumuladas (ecuación log.)	Tipos de bosque
<b>01</b>	19	0,76	222	Bosque aluvial
<b>02</b>	20	0,80	186	Bosque aluvial
<b>03</b>	21	0,84	193	Bosque aluvial
<b>04</b>	22	0,88	88	Bosque aluvial
<b>06</b>	18	0,72	118	Bosque aluvial
<b>09</b>	22	0,88	88	Bosque aluvial
<b>Promedio</b>	<b>20,33</b>	<b>0,81</b>	<b>149,16</b>	
<b>05</b>	19	0,76	139	Bosque de colina baja
<b>07</b>	18	0,72	118	Bosque de colina baja
<b>08</b>	21	0,84	160	Bosque de colina baja
<b>10</b>	23	0,92	118	Bosque de colina baja
<b>Promedio</b>	<b>20,25</b>	<b>0,81</b>	<b>133,75</b>	

*Nota.* Hubo pequeñas variaciones en el número de subparcelas acumuladas resultantes en cada grilla, por lo que se tomó el promedio de 6 grillas para el bosque aluvial y el promedio de 4 grillas para el bosque de colina baja, resultando en ambos casos el tamaño de la unidad muestral en 0,81 ha.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la presente Tesis confirman lo afirmado por Ibáñez (2006), respecto a que, desde principios de siglo, los botánicos percibieron que el número de especies tiende a incrementarse conforme lo hace el área muestreada.

Mostacedo (2000) menciona que la curva especie-área, en el bosque tropical se mantiene en constante pequeño aumento, lo cual coincide con la tendencia de las curvas área-especies determinadas en el presente trabajo de investigación, sin embargo, aquí se trata de establecer límites de áreas mínimas de unidades muestrales para realizar los inventarios forestales en la selva baja, de lo contrario sería interminable tratar de captar la totalidad de especie presentes, aumentando indefinidamente el área de muestreo.

Lamprecht (1990), al analizar la curva área-especies en los bosques venezolanos, propone que las áreas de muestreo mínimas requeridas para inventariar el bosque deben ser de 10,000 m<sup>2</sup>, sin embargo, en el presente trabajo, se ha observado que existen puntos de inflexión antes de llegar a la hectárea. Probablemente los patrones de dispersión de las especies de los bosques venezolanos andinos ricos en especies, puedan ser distintos a los de la selva baja peruana.

Lamprecht (1990) considera que se obtiene el área mínima cuando una ampliación de ésta en un 10%, produce un incremento en especies menor del 10%, sin embargo, para el presente trabajo se considera como área mínima representativa de la unidad muestral cuando al incrementar en 4 % el área de muestreo, se produce un incremento < 2 % de las especies.

Zamora (2010), al acumular parcelas de 0,10 ha en un bosque transicional húmedo a seco, en Costa Rica, la curva especies/área, declinó a partir de 2 ha, estableciendo que la

tendencia de la curva obedece a una ecuación polinómica, utilizando el criterio de la primera derivada y que el punto de inflexión indicaría el área máxima donde se dejarán de muestrearse nuevas especies.

Según Gentry y Ortiz (1993) mencionan que el área mínima para zonas de bosque húmedo tropical, específicamente de Perú, sería de 1 ha, en donde la composición de especies se representaría adecuadamente. Sin embargo, el área de muestreo calculado el presente estudio se refiere a un área mínima necesaria, que si se requiere mayor representatividad del muestreo podría ampliarse a una ha.

Comparando con los países vecinos, como Bolivia, Ecuador y Colombia, quienes tienen bosques tropicales similares a los nuestros, utilizan unidades de muestreo para el inventario de árboles, desde 0,36 ha hasta 0,50 ha, excepto Brasil quien usa muestras de 1,25 ha. Lo obtenido en el presente estudio equivalente a 0,81 ha se refiere a los tipos de bosques que se encuentran en las microcuencas de Nanay, Itaya y Tahuayo, del departamento de Loreto.

En Perú, el MINAM (2015) publica la “guía de inventario de la flora y vegetación” y en donde establece para la selva baja con criterio florístico el tamaño de la unidad muestral en 0,50 ha, para árboles  $\geq 10$  cm de DAP, lo cual difiere con el del presente estudio que determina un área mínima de muestreo de 0,81 ha para los bosques de selva baja de Loreto.

El SERFOR (2016) publica el marco metodológico para realizar el inventario nacional forestal basado en criterios de costo y accesibilidad, estableciendo para la selva baja, unidades muestrales de 0,35 ha para fustales ( $\geq 10$  cm de DAP). Asimismo, utiliza el tamaño de 0,70 ha, pero para árboles  $\geq 30$  cm de DAP. Ambos tamaños están por debajo del valor encontrado en el presente estudio de investigación en donde se definido un tamaño de 0,81 ha para el inventario de especies arbóreas  $\geq 10$  cm de DAP, basado en el criterio florístico.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1 La tendencia de la curva del modelo área-especies resultó ser de tipo logarítmica (Ln), es decir un incremento notable del registro del número de especies distintas en las primeras subparcelas de muestreo de  $400 \text{ mm}^2$  y que luego decae progresivamente en las últimas subparcelas de un total de 25, con pequeños incrementos, entre 1 % y 2 %.
- 6.2 La aplicación del modelo área-especies llamado también “curva de acumulación de especies”, permitió determinar un tamaño mínimo representativo de la unidad muestral o parcela de muestreo igual a 0,81 ha para realizar los inventarios forestales de los bosques de tipo aluvial y de colina baja de la selva baja o selva tropical de la provincia de Maynas, departamento de Loreto.
- 6.3 Las evaluaciones forestales que utilicen unidades muestrales de 0,81 ha o mayor en los bosques aluviales y de colina baja de la selva baja del departamento de la provincia de Maynas, así como del departamento de Loreto, contarán con resultados suficientes y válidos en la estimación de los parámetros del bosque.
- 6.4 Cada unidad muestral de 0,81 ha levantada en bosques primarios aluviales y de colina baja de la selva baja de Loreto, permitirá registrar la diversidad de especies arbóreas y de palmeras arborescentes aproximadamente en un 80 %, tomando como referencia la ha.
- 6.5 El modelo área-especies podría ser aplicado para la determinación del tamaño de parcelas muestrales en otras cuencas del departamento de Loreto, así como en otros tipos de vegetación como los pantanos de palmeras (aguajales); de igual modo, en otros tipos de ecosistemas de la selva alta o yunga peruana.

## VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Continuar con las investigaciones relacionadas con la aplicación del modelo área-especies para la determinación del tamaño mínimo necesario o representativo de la unidad muestral en otros tipos de bosques de Loreto, así como de otros departamentos del país que tienen ecosistemas de selva baja y de selva alta o yunga.
- 7.2 Realizar investigaciones del modelo área-especies, utilizando grillas algo mayores de 1 ha, de tal forma que permita ampliar el análisis del comportamiento del incremento lento del número de especies en áreas mayores y poder determinar un tamaño no solamente mínimo sino óptimo, en todos los tipos de bosques de la selva baja, no solo de Loreto sino en otros departamentos, con el fin de contribuir a una base nacional de datos estándar.
- 7.3 Probar con grillas rectangulares que permita comparar con las grillas cuadradas respecto a posibles variaciones de los patrones de dispersión de las especies en el bosque.
- 7.4 Para la aplicación del modelo área-especies en la determinación del tamaño de las parcelas muestrales o unidades muestrales, se debe tener en cuenta que el bosque debe ser primario, es decir, sin afectación por actividades antrópicas o por factores naturales, porque sesga los resultados y por tanto las conclusiones.

### VIII. REFERENCIAS

Burga, R. (1993). *Determinación de la estructura total y por especie en tres tipos de bosques en Iquitos-Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.

<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstreams/25e8dae0-387f-41e6-bf41-7845b9b927b7/download>

Burga, R., Ríos, R., Tello, R. Urquiza, J., D. y Del Castillo, D. (2010). Tamaño óptimo de la unidad muestral para inventarios forestales en el sector Caballococha - Palo Seco - Buen Suceso, provincia de Mariscal Ramón Castilla, Loreto, Perú. *Conoc. amaz.* 1(1), 49-56.

<https://revistas.unapiquitos.edu.pe>

Comisión Nacional Forestal de Méjico (2013). *Inventario Forestal y de suelos*.

[https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/externos/2022/DocumentosMetodologicos/2013/Anexo\\_procedimientos\\_muestreo\\_2013.pdf](https://www.conafor.gob.mx/apoyos/docs/externos/2022/DocumentosMetodologicos/2013/Anexo_procedimientos_muestreo_2013.pdf)

Del Valle, A. (1996). La asíntota de la curva especies-área como expresión de la riqueza biológica. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 11(1).

[https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/BCR\\_Documento\\_Metodologico\\_Biodiversidad.pdf](https://biocarbonstandard.com/wp-content/uploads/BCR_Documento_Metodologico_Biodiversidad.pdf)

Flores, M., Flores, M., Zevallos, Baldoceda, R. y Flores, Y. (2017). Caracterización ecológica de los bosques de palmeras del Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR) Macuya-Huánuco. *Mentor Forestal*, 01(2017), 35 – 45.

<https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/download/395/674/2310>

Gentry, A. (1988<sup>a</sup>). Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proc. Nat. Acad.*, 85, 156-159. [https://www.uvm.edu/~dbarring/241/241\\_PUBS/gentry1988-1.pdf](https://www.uvm.edu/~dbarring/241/241_PUBS/gentry1988-1.pdf)

Gentry, A. y Ortiz, R. (1993). *Patrones de composición florística en la amazonía peruana. En: Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*. Universidad de Turku-ONERN.

<http://www.mobot.org/MOBOT/Research/curators/pdf/Gentry-Ortiz-1993.pdf>

Hubbel, S. & Foster, R. (1983). Diversity of canopy trees in a neotropical forest and implications for conservation. In: Sutton, S.L., T.C. Whitmore and A.C. Chadwick (eds.). *Tropical Rain Forest: Ecology and Management*. (pp. 25-41). Blackwell Scientific. <https://www.scielo.sa.cr/scieloOrg/php/reflinks.php?refpid=S0034-7744199900040000600013&lng=en&pid=S0034-77441999000400006>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2018). *Manual de Campo. Inventario Nacional de Colombia*. República de Colombia.

[https://visionamazonia.minambiente.gov.co/content/uploads/2023/04/Manual\\_IFN\\_Colombia\\_v4.pdf](https://visionamazonia.minambiente.gov.co/content/uploads/2023/04/Manual_IFN_Colombia_v4.pdf)

Jiménez-Valverde, A. & Hortal, J. (2003). *Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos*. Museo Nacional de Ciencias Naturales.

[https://jhortal.com/pubs/2003-Jimenez-Valverde&Hortal\\_Rev\\_Ib\\_Aracnol.pdf](https://jhortal.com/pubs/2003-Jimenez-Valverde&Hortal_Rev_Ib_Aracnol.pdf)

Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos*. República Federal de Alemania. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/1232>

Macedo, C. (2012). *Tamaño óptimo de la unidad de muestreo para inventarios forestales en la comunidad campesina de Tres Unidos, Distrito del Alto Nanay. Región Loreto*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana].

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP\\_58ae8e0748c8c0ce14cd4a2c42ba\\_b774/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_58ae8e0748c8c0ce14cd4a2c42ba_b774/Details)

Marmillod, D. (1982). *Methodik und Ergebnisse von Untersuchungen über Zusammensetzung und Aufbau eines Terrassenwaldes im peruanischen Amazonien*. [Tesis doctoral, Universsity of Gottingen] Repositorio Institucional Gottingen.

Matteuci, S. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. (Monografía N<sup>a</sup> 22. Serie Biológica). Organización de los Estados Americanos.

<http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiatevegetal.pdf>

Ministerio de Ambiente de Ecuador. (2011). *Evaluación Nacional Forestal: Manual de Campo*.

<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/items/7bd3db55-886f-4c9a-b363-0fb2462ed8b8>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. 2015. *Guía de Inventario de la flora y vegetación*.

<https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/gua-a-de-flora-y-vegetacion.compressed.pdf>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas*. p.

<https://www.actualidadambiental.pe/descarga-documento-minam-presento-moderno-mapaNacionaldeEcosistemas/>

Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2012). *Manual de Campo. Evaluación Nacional Forestal*. República del Ecuador.

<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/items/7bd3db55-886f-4c9a-b363-0fb2462ed8b8>

Mostacedo T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Proyecto manejo Forestal Sostenible. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia*. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)

<http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>

Proyecto INFOBOL. (2004). *Inventario forestal de Bolivia y programa de control de los recursos forestales de Bolivia*.

[https://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2122/technical/SEGUNDA%20PART\\_E-DISE%C3%91O%20CEIF.pdf?v=1709218118](https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2122/technical/SEGUNDA%20PART_E-DISE%C3%91O%20CEIF.pdf?v=1709218118)

Reguera, C. (2018). *Tamaño mínimo de unidad muestral para inventarios forestales en el distrito del Alto Nanay, Loreto-Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.

[https://www.researchgate.net/publication/393102254\\_Modelo\\_para\\_definir\\_el\\_tamaño\\_de\\_la\\_unidad\\_muestral\\_de\\_los\\_inventarios\\_forestales](https://www.researchgate.net/publication/393102254_Modelo_para_definir_el_tamaño_de_la_unidad_muestral_de_los_inventarios_forestales)

Rollet, B. (1978). *Tropical Forest Ecosystem. A State-of-knowledge Report*. Presses Universitaires de France. Unesco.

<https://www.redalyc.org/pdf/113/11311106.pdf>

Rosales, R. (2018). *Caracterización de dos bosques de colina en áreas de perforación del lote 174 - Ucayali*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencia Forestales]. Repositorio Institucional UNAP.

<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/items/c54dc522-1b7e-4181-8acd-9381edfe37bb>

Servicio Nacional Forestal [SERFOR]. (2016). Marco Metodológico del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2da ed.)

<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-marco-metodologico-inventario-nacional-forestal-fauna-silvestre>

Silva, L. & López de Souza, A. (2018). Determinación de la intensidad de muestreo en inventario forestal continuo en un bosque tropical lluvioso denso, Amazonia Oriental.

*Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 15(37).*

<http://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/3601>.

Soto, R. (2013). *Tamaño mínimo de unidad muestral para inventarios forestales en la cuenca del río Morona, provincia del Datem del marañon.* [Tesis de postgrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.

[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP\\_83c00d16ec0a22b2a616cabb0fce67/Cite](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_83c00d16ec0a22b2a616cabb0fce67/Cite)

Vázquez, P., Cañibano, A., Real, M. y D'Andrea, R. (2018). Desarrollo De Procesos Cognitivos Básicos: La Función Potencial En Contexto. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa.* Sección 2/ Propuestas para la enseñanza de las matemáticas, 31(1), 289.

<https://funes.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/tainacan-items/32454/1152229/Sastre2018Desarrollo.pdf>

Villacorta, F. (2012). *Relación de la abundancia y estructura diamétrica en tres tipos de bosque y especies más importantes en la cuenca media del río Arabela.* [Tesis de

pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio Institucional UNAP.

<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/items/d966fec8-2af8-4561-8ec0-2700a7b0f1cf>

Zamora, M. (2011). *Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica*. [Tesis de grado, Instituto Tecnológico de Costa Rica]. <https://core.ac.uk/download/pdf/60991546.pdf>

Zunino, M. & Zullini, A. (2003). *Biogeografía: La dimensión espacial de la evolución*. Fondo de Cultura Económica.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0065-17372003000300010](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372003000300010)

## IX. ANEXOS

### Anexo A

*Ubicación del de las grillas de evaluación a nivel de cuencas*

