

## ESTIMACION DE VOLUMENES MADERABLES EN BOSQUES MIXTOS TROPICALES MEDIANTE LA UTILIZACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS

Wilfredo Ojeda <sup>1</sup>  
José Terrazas Antón <sup>2</sup>

### RESUMEN

El presente trabajo trata de mostrar las bondades de las fotografías aéreas en la estimación de volúmenes de madera en bosques mixtos tropicales mediante la aplicación del método del Muestreo Doble por Regresión. Se estima el volumen de madera del bosque mediante una Clave de Estereogramas Fotográficas, corregida por medio de mediciones en el terreno.

El trabajo se realizó en la microregión de Iberia-Iñapari departamento de Madre de Dios, en donde se midieron un total de 59 parcelas terrestres, y 494 parcelas fotográficas. Se concluyó que, en base a esta nueva metodología, es posible estimar el volumen maderable del bosque, obteniéndose aproximaciones bastante aceptables.

### SUMMARY

The present work attempts to show the utility of aerial photographs in the estimation of timber through the application of the Regression Double Sampling method.

This method uses photostereograms with ground checking. Field work was performed in the micro-region of Iberia-Iñapari, department of Madre de Dios, Perú, where 59 ground plots were measured. These measurements were completed with the evaluation of 494 photo plots.

### 1. INTRODUCCION

La presente investigación intenta resaltar las ventajas de la fotografía aérea, mediante el método de Muestreo Doble por Regresión, en la evaluación de madera de la masa boscosa y que puede significar un importante aporte en la reducción de costos y tiempo en la ejecución de los trabajos de inventarios forestales, así como el de poder evaluar áreas de muy difícil accesibilidad. Mediante este método se trata de buscar una combinación óptima, en forma sencilla y práctica, entre el uso de fotografías aéreas y mediciones de campo, integrando métodos de muestreo, análisis de regresión y técnicas de fotointerpretación.

El método es particularmente recomendado para evaluaciones a nivel semidetallado y exploratorio, no pretendiendo el mismo reemplazar a otros métodos convencionales de inventarlos, los cuales, según el diseño y objetivos que tengan, pueden ser más precisos y dar mayor información acerca de las características del bosque.

<sup>1</sup> Profesor asociado de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNA La Molina, y funcionario de la Dirección General Forestal y Fauna de Ministerio de Agricultura.

<sup>2</sup> Bachiller en Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina,

## 2. REVISION DE LITERATURA

En los últimos tiempos, la fotografía aérea ha ocupado un papel preponderante en la planificación y ejecución de los inventarios forestales en los bosques tropicales heterogéneos. Hush (4), afirma que este material puede proporcionar a los inventariadores una gran cantidad de información valiosa con rapidez y economía al mismo tiempo. Esto es muy importante para áreas forestales extensas y de difícil accesibilidad. Malleux (6), reafirma el ahorro monetario que se obtiene con el uso de la técnica de la fotointerpretación e incide que el uso de las fotografías aéreas debe ser intensificado, de manera que se pueda utilizar al máximo este material que es mucho más accesible que otros sensores remotos.

Según Spurr (10), en base a la fotointerpretación, la masa boscosa puede ser cuidadosamente estudiada y medida con sorprendente precisión, obteniéndose gran exactitud estadística con un mínimo de trabajo de campo. Sin embargo, la mayoría de los autores coincide en que, si bien la fotografía aérea es un poderoso auxiliar en los inventarios forestales, no se pueden hacer inferencias basadas exclusivamente en ellas, estando dichos trabajos subordinados, al menos en una parte de sus informaciones, al trabajo de los grupos de reconocimiento en el terreno (4) y (9).

Por otra parte, el método de Muestreo Doble está considerado en inventarios forestales dentro de lo que se denomina muestreos en varias fases o multifase. Básicamente, el método consiste en realizar una medición inicial en las fotografías aéreas y luego otra en el campo, de tal forma que luego se pueda establecer una relación o regresión entre ambos parámetros: volumen en el terreno (y) y volumen en las fotografías aéreas (x) (7). Este método ha sido ampliamente utilizado en bosques homogéneos de otras latitudes, en algunos casos con ciertas modificaciones (8); los fundamentos teóricos y estadísticos se explican ampliamente en los textos de Cochran (1), Loetsch (5) y Spurr (9).

En lo que respecta a los bosques tropicales heterogéneos, esta metodología no ha sido suficientemente desarrollada. Es recomendada por FAO (2) y Guerrero (3) la aplicó en un trabajo de investigación en Colombia. En el Perú se aplicó un diseño similar en un trabajo profesional para el Proyecto Especial Pichis Palcazú (12).

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Descripción del Área de Estudio

#### 3.1.1 Localización

Departamento : Madre de Dios  
 Provincia : Tahuamanú  
 Distrito : Iberia

Geográficamente delimitada por las coordenadas siguientes:

11° 24' 57"	69° 30' 15"	11° 19' 02"
69° 31' 16"	11° 15' 43"	69° 27' 01"
11° 19' 46"	69° 28' 03"	(Figura 1)

### 3.1.2 Clima

Subhúmedo y cálido; temperatura media anual de 25 °C; precipitación total anual promedio de 1 750 mm.

### 3.1.3 Fisiografía

Casi en su totalidad el área de estudio está constituida por terrenos ondulados de contornos y pendientes suaves y colinas bajas de pendientes moderadas.

### 3.1.4 Uso actual de la tierra

En la microrregión se practica la agricultura y ganadería en pequeña escala. Una de las principales actividades es la extracción del látex de la Shiringa (*Hevea brasiliensis*), por la abundancia de esta especie. La extracción de madera es en la actualidad casi nula.

### 3.1.5 Tipos de bosque

Según el estudio de la UNA - La Molina (11) realizado en 1982, en esta microrregión existen los siguientes tipos de bosque:

- Bosque alto de mediana densidad
- Bosque alto de mediana densidad con presencia de "Paca"
- Bosque alto de mediana densidad con presencia de palmas
- Bosque bajo de alta densidad
- Bosque bajo de alta densidad con presencia de palmas
- Bosques bajos, bosques secundarios y agricultura.

## 3.2. Diseño experimental

El diseño que se a empleado es un Muestreo Doble por Regresión, con una población de 494 parcelas fotográficas distribuidas sistemáticamente sobre toda el área de estudio y una muestra de 59 parcelas, también distribuidas sistemáticamente, con su respectivo levantamiento de campo para la elaboración del análisis de regresión.

## 3.3. Materiales y equipo empleado

Campo:

- Brújula de mano "Suunto Co", modelo KH- 14
- Eclímetro "Suunto Co"
- Forcípula
- Cuerda de nylon, machetes
- Formularios de campo.

Gabinete

- Fotografías aéreas pancromáticas de tipo vertical a la escala de 1:20,000 del Proyecto N\* 334-81 Octubre 1981.
- Fotoíndice y mosaico aerofotográfico a la escala de 1:100,000
- Plano aerofotográfico controlado a la escala de 1:20,000
- Estereoscopio de espejos marca WILD.
- Pantógrafo óptico.
- Sectador radial y equipo para triangulación radial mecánica.

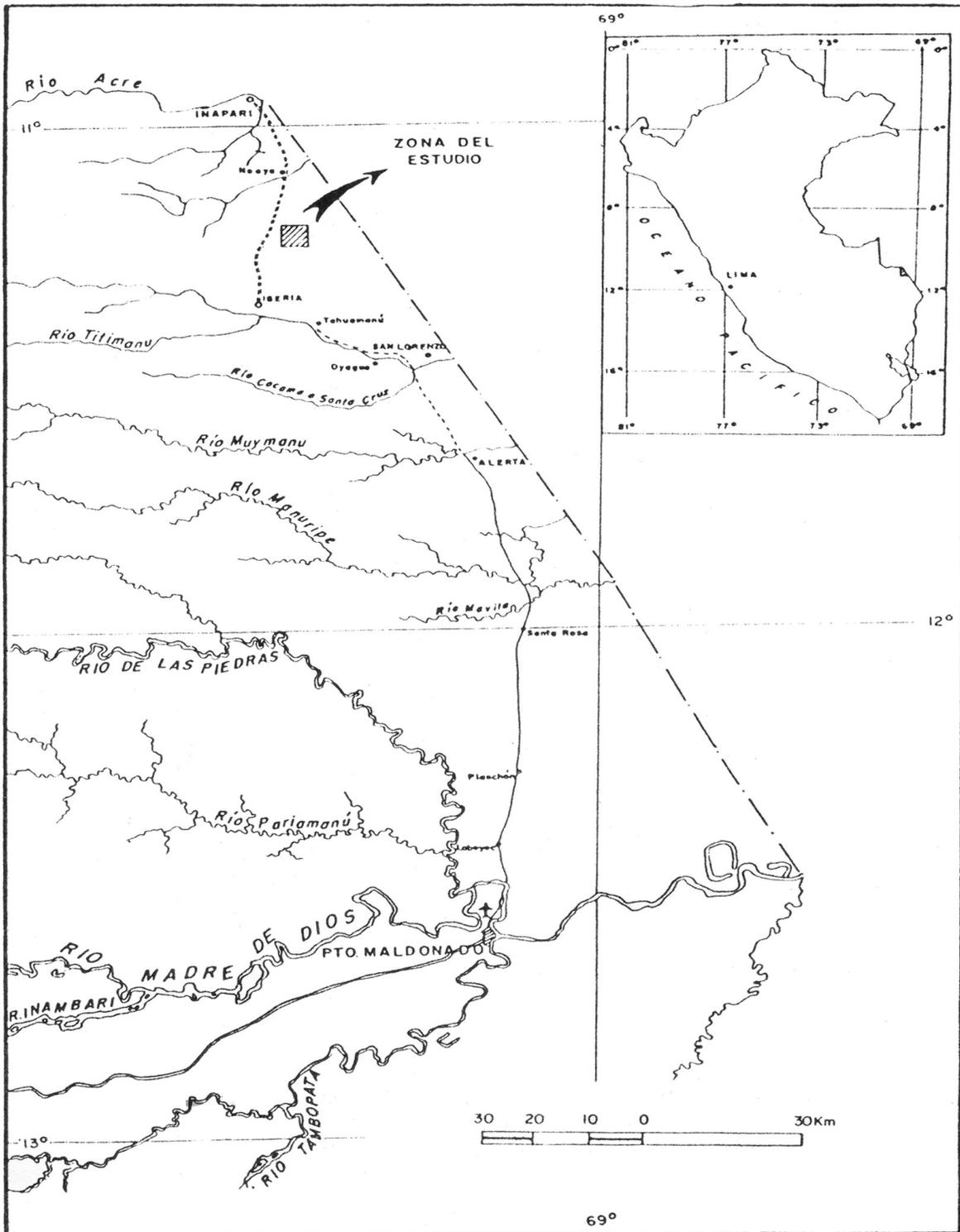


Fig. 1. Mapa de ubicación del estudio

### **3.4. Metodología**

El trabajo se realizó en tres fases: Preparación previa en gabinete, trabajo de campo y trabajo de gabinete.

#### **3.4.1. Preparación previa en gabinete**

En esta fase se recopiló y analizó información existente sobre el área de estudio. En base a este análisis se eligió dentro de la microrregión el área específica donde se realizaría el trabajo (7.8 km x 6 km = 4 680 ha).

Luego se procedió a fotointerpretar el área elegida de modo de dividirla en áreas aparentemente homogéneas, tanto en lo fisiográfico como en lo florístico.

El próximo paso fue la elaboración de un mapa sobre la base de las fotografías aéreas mediante el método de Triangulación Radial Mecánica. En el mapa base resultante, se cuadrículó el área elegida en cuadrículas de 300 metros de lado, resultando 494 de ellas (Figura 2). En forma similar, se cuadrículó el área sobre las fotografías aéreas, de modo que cada cuadrícula en la foto tuviera su correspondiente en el mapa base. Se tuvo especial cuidado en realizar esta operación, cuadriculando primero en el plano aerofotográfico y luego pasando las líneas de las cuadrículas a las fotografías aéreas. De esta manera, el cuadrículado en las fotografías aéreas tuvo un mínimo de desplazamiento por efecto de relieve del terreno.

Las cuadrículas trazadas sobre las fotografías aéreas constituyeron fotoparcels, eligiéndose cierto número del total de ellas que fueron levantadas en el campo y las cuales cubrieron toda una gama de volúmenes del bosque, desde el más bajo hasta el más alto, para luego elaborar la Clave de Estereogramas Fotográficos; a estas parcelas se les denominó PARCELAS TESTIGO. Por otro lado, se escogió cierto número de parcelas fotográficas (aproximadamente 15 por cada tipo de bosque) que también fueron medidas en el campo (su volumen) en base a las cuales se elaboraría luego el análisis de regresión y las correlaciones respectivas para así obtener el volumen promedio ajustado por hectárea y el error de muestreo; a estas parcelas se les denominó PARCELAS DE VERIFICACION.

#### **3.4.2 Trabajo de campo**

Se inventariaron un total de 50 parcelas, entre testigos y de verificación, que fueron elegidas previamente en el gabinete.

Los sitios levantados dentro de cada parcela tuvieron forma de cruz, teniendo cada uno de los lados de este 0.125 ha (10 m x 25 m), lo que hizo un total de 0.5 ha por cada parcela inventariada.

Las parcelas inventariadas fueron distribuidas sistemáticamente en forma continua y en línea, proporcionalmente a la superficie de cada uno de los tipos de bosque delimitados.

En cada una de las parcelas se tomaron los siguientes datos: especie, DAP (diámetro a la altura del pecho 1.30 m), altura total, altura comercial y diámetro de copa de todos los árboles a partir de los 30 cm de D.A.P.

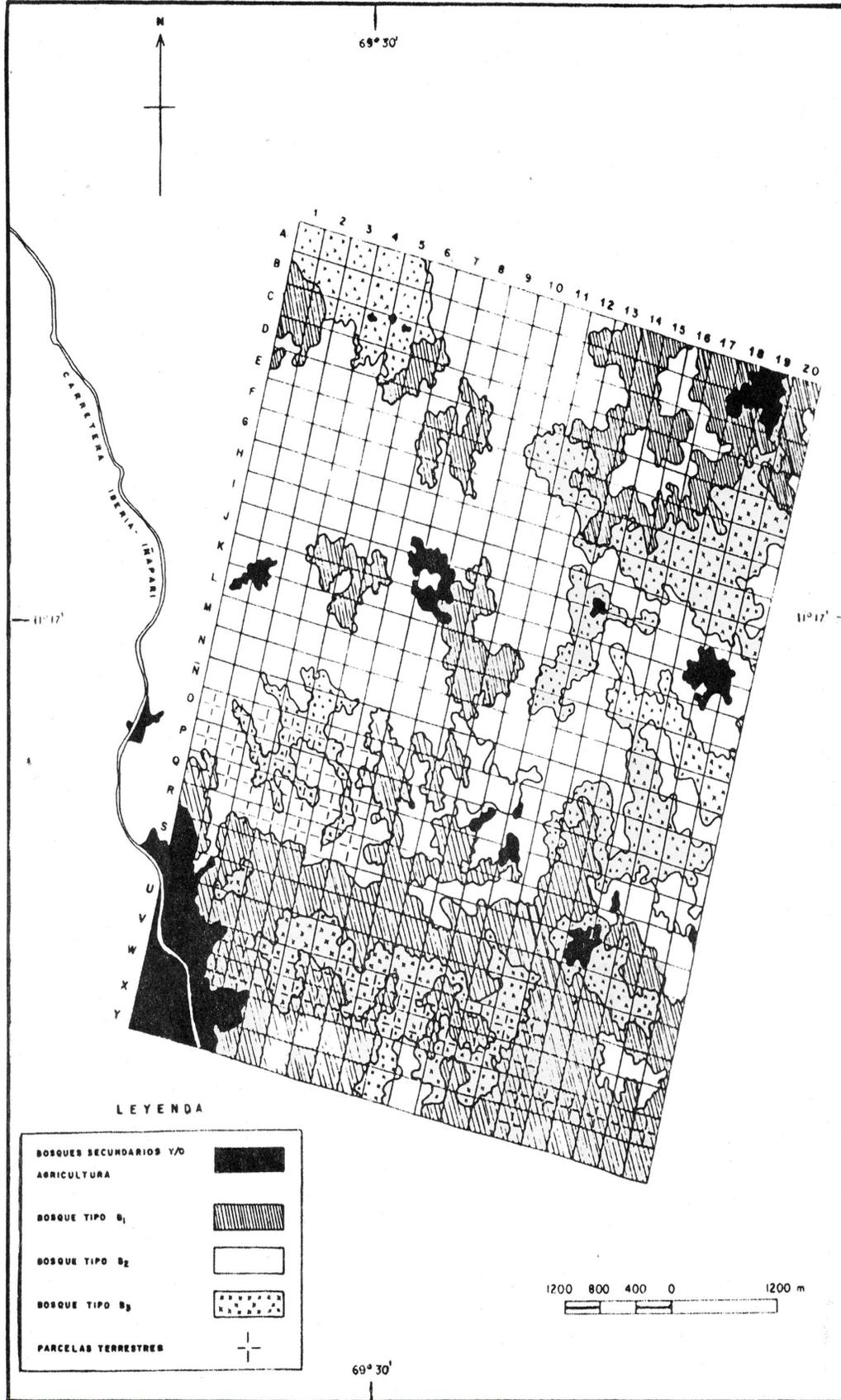


Fig. 2 Mapa por tipos de bosques y ubicación de las parcelas terrestres

### 3.4.3 Trabajo de gabinete

Luego del ordenamiento de la información tomada en el campo se calculó el volumen de los árboles por cada parcela inventariada mediante la presente ecuación que fue desarrollada por la Universidad Nacional Agraria La Molina, para la misma microrregión (II).

$$V = -1.546054 + 5.658372D - 0.977937D^2 + 0.320788D^2H$$

Donde:

V = volumen total (m<sup>3</sup>)

D = diámetro a la altura del pecho

H = altura comercial total (m)

A las parcelas testigo, se les agrupó en las siguientes clases de volúmenes: 60, 80, 100, 120, 140, 160 y 180 m<sup>3</sup>/ha. De todas ellas, se escogió la más representativa de cada clase con la cual se elaboró la Clave de Estereograma Fotográfico.

En base a la Clave de Estereogramas preparada y por comparación con éste, se fue estimando el contenido volumétrico de cada una de las fotoparcels trazadas en las fotografías aéreas. Se tuvo especial cuidado en realizar esta operación, visualizando bajo el estereoscopio de espejos cada una de las fotoparcels y asignándoles el valor adecuado, tratando en lo posible de eliminar los factores objetivos o subjetivos que pudieran influir en las estimaciones. Se estimaron 20 parcelas por hora en promedio, con un intervalo de descanso de 15 minutos entre hora y hora.

Con el volumen estimado en las fotografías aéreas (x) y el volumen medido en el campo (y) de las parcelas de verificación, se estableció una regresión lineal mediante la cual se obtuvieron los volúmenes promedio ajustados del total de parcelas fotográficas estimadas en la población. Los cálculos se hicieron para cada uno de los tipos de bosque delimitados y para el área total, habiéndose calculado previamente el coeficiente de correlación "r" para comprobar si existía regresión lineal o no, dando un nivel de probabilidad muy significativo al 95% de probabilidades.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Del trabajo de gabinete previo

Mediante la estratificación forestal sobre las fotografías aéreas se delimitaron los siguientes tipos de bosque (Cuadro I):

- a) Bosque alto y abierto (B<sub>1</sub>): con árboles de hasta 1.30 m. de D.A.P. y con alturas totales de hasta 15 m, buena accesibilidad y drenaje con pendientes suaves del orden del 5 %, Incidencia de "Aguano" (*Guarea sp*) y "Palo Bastón", (*Trhysodium sp*).
- b) Bosque bajo y denso con presencia de paca (B<sub>2</sub>): presenta árboles de hasta 60 cm. de D.A.P. y alturas totales mayores de 25 m. se encuentra alta incidencia de "Paca" (*Guadua sp*).
- c) Bosque bajo de poca densidad (B<sub>3</sub>): Presenta árboles con un tope de 40 cm de D.A.P. y árboles con una altura total de hasta 15 m; presenta árboles emergentes de mayor altura. Se consideran también aquí los bosques secundarios.

TIPO DE BOSQUE	SIMBOLO	SUPERFICIE	%
Bosque Alto y Abierto	B <sub>1</sub>	1359	29,05
Bosque Bajo y Denso compresencia de Paca	B <sub>2</sub>	2200	47,00
Bosque Bajo con poca densidad y Bosques Secundarios	B <sub>3</sub>	1121	23,95
<b>TOTAL</b>		<b>4680</b>	<b>100,00</b>

En la Figura 2 se muestra el mapa forestal con las cuadrículas que tienen su correspondiente en las fotografías aéreas. El cuadrículado sobre las fotografías puede ser deficiente debido a los desplazamientos que sufren los detalles en ellas y que son inherentes a este tipo de material. Esto puede traer como consecuencia que erróneamente se correlacione una parcela fotográfica con una que no le corresponde en el terreno. Sin embargo, esta dificultad se puede salvar, como en el presente caso, contando con un plano aerofotográfico controlado correspondiente a las mismas fotografías con que se está trabajando y a igual escala. Con él, el cuadrículado puede ser ajustado lo más exactamente posible el tener puntos referenciales como chacras, quebradas y aun copas de árboles por donde pasan las rectas que conforman las cuadrículas.

#### 4.2. Del trabajo de campo

Definitivamente, la ubicación lo más exactamente posible en el terreno de las parcelas testigo y de las parcelas de verificación, juega un papel preponderante en el éxito de este tipo de inventarios puesto que, para confeccionar una buena y confiable Clave de Estereogramas, las parcelas testigo que se escojan para este fin deben tener un detallado chequeo de campo y se debe estar seguros de que la ubicación en que están en el terreno sea la misma que aparece en la fotografía aérea, ya que estas parcelas servirán como base para la estimación volumétrica tanto de las parcelas de verificación como las de toda la población. De igual manera, la ubicación exacta en el terreno de las parcelas de verificación es muy importante, porque sirve para correlacionar el volumen medido en estas parcelas (y) con el volumen estimado de las mismas en las fotografías aéreas (x), estando supeditado el éxito de tal correlación a que en el momento de la estimación de cada parcela de este tipo en las fotografías aéreas se esté evaluando su correspondiente levantada en el terreno.

#### 4.3. Del trabajo de gabinete final

##### 4.3.1. Clave de Estereogramas Verticales

La Clave de Estereogramas, preparada a partir de las parcelas fotográficas más representativas de cada clase volumétrica, se presenta en la Figura 3. Se puede notar en ella la diferencia de textura de la cubierta arbórea según cada clase, siendo fina y cerrada en los rangos volumétricos bajos y gruesa y algo abierta en los rangos volumétricos altos, lo que se debe a un menor o mayor volumen de las copas de los árboles de los doseles superiores y que reflejan un menor o mayor volumen de madera.

La estimación de volúmenes basándose en la Clave de Estereogramas fotográficos considera, entre otras, las siguientes características de la masa boscosa: altura relativa del dosel superior, diámetro de copas, grado de uniformidad del dosel superior, concentración de rodales con copas grandes, etc.

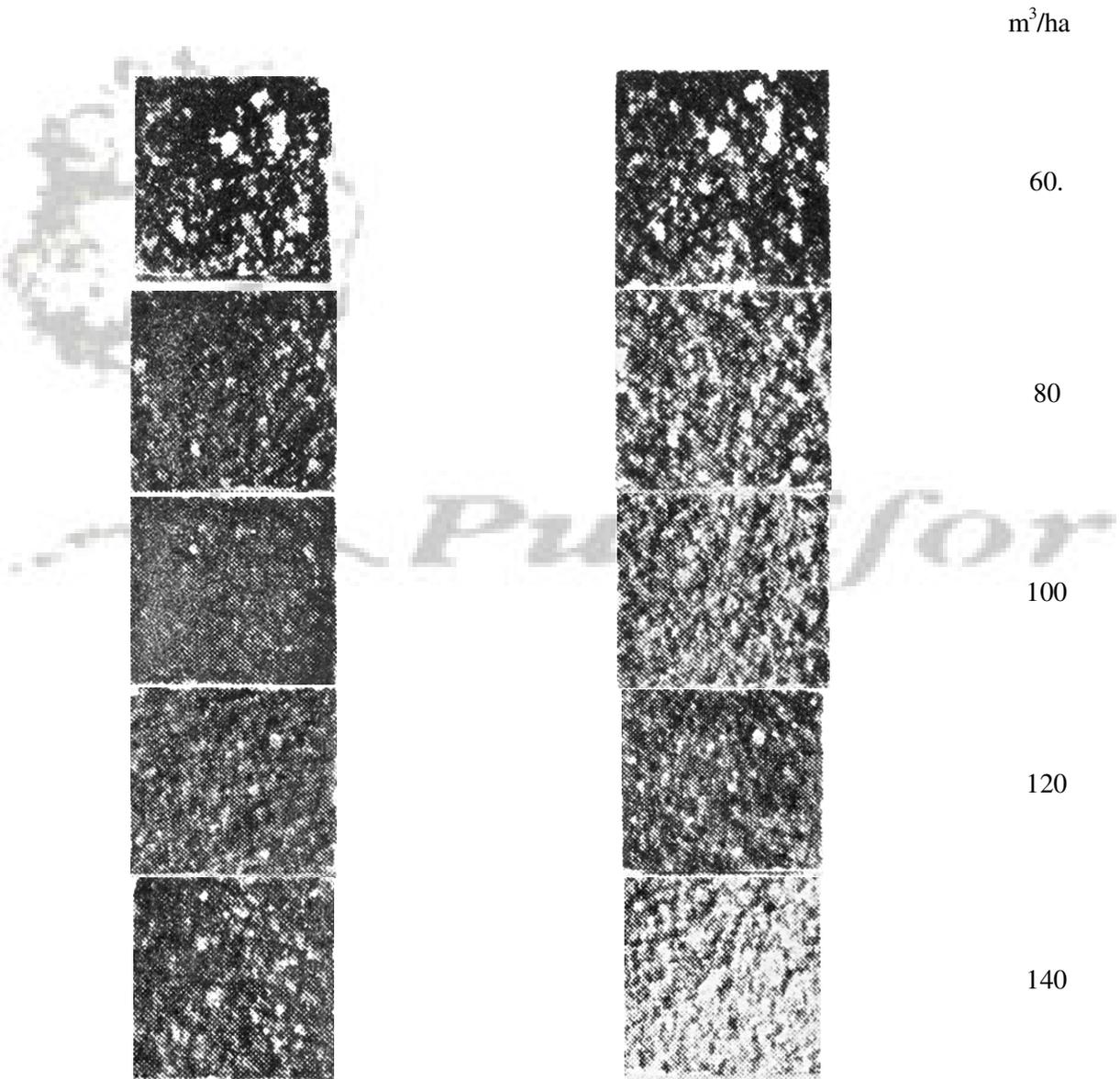
También, es de mucha importancia el nivel de conocimiento y experiencia que se tenga del bosque en estudio. Esto ayudará mucho en el momento de la estimación fotográfica dando una mayor amplitud de criterios y elementos de juicio para asignar los valores adecuados.

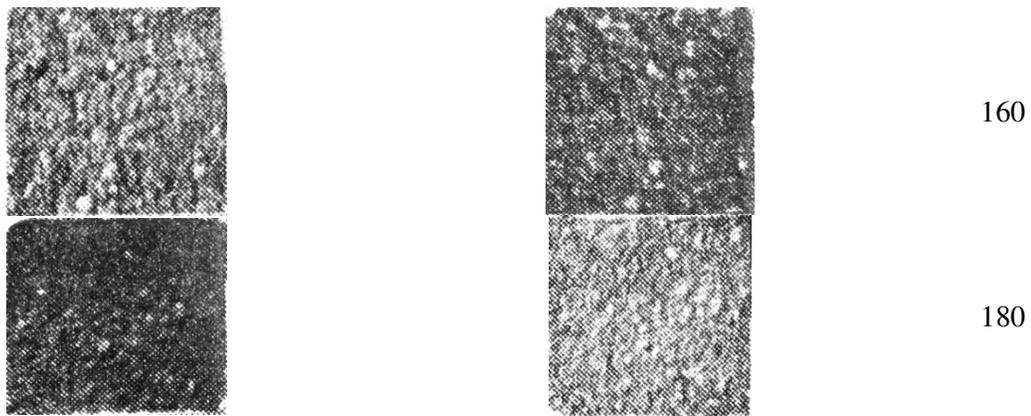
### 4.3.2. De las fotografías aéreas empleadas

Los aspectos a tomarse en cuenta para elegir las fotografías a usarse son: escala, calidad y antigüedad.

La escala de 1:20 000, que tienen las fotografías utilizadas, es la mínima aceptable para este tipo de trabajos. Recubrimientos aerofotográficos a mayor escala casi no se han realizado en nuestro país.

Algunas de las fotografías utilizadas presentan zonas de excesivo brillo, lo que dificultó, en cierta medida, la estratificación por tipos de bosque y la estimación de los volúmenes. Esta inconveniencia ha podido deberse a un deficiente revelado o a una mala calidad de la película usada.





**Fig. 3. Clave de estereogramas verticales**

La antigüedad de las fotografías también es importante, siendo naturalmente lo óptimo que sean lo más recientes posible. Esto es preferible, no tanto por la masa boscosa cuya densidad se supone relativamente estable el ser un bosque en su fase de sucesión clímax, sino por la intervención humana que pueda haber ocurrido. En el presente trabajo se utilizaron fotografías con 2 años de antigüedad, considerándoseles muy convenientes.

#### **4. 3. 3. Parámetros calculados**

En el Cuadro 2 se presentan los volúmenes estimados fotográficamente (x) (en base a la Clave de Estereogramas) y los medidos en el terreno (y) de las parcelas de verificación, existe una muy ligera tendencia a sobreestimar los valores volumétricos, en comparación con sus respectivas medidas en el terreno. Los valores se dan para cada tipo de bosque por separado indicándose, además, la respectiva codificación de cada parcela. En total suman 59 las parcelas correlacionadas.

Los Cuadros 3 y 4 muestran algunos parámetros estadísticos calculados, tanto para las parcelas de verificación, como para el total de las parcelas de la población. Los coeficientes de correlación "r" calculados muestran un alto grado de significación respecto a los "r", tabulares, lo que indica que existe una buena relación lineal entre los valores estimados sobre las fotografías aéreas y las respectivas medidas en el campo. Las desviaciones estándar no muestran mucha dispersión con respecto a las medias.

Los volúmenes promedios ajustados por cada tipo de bosque, así como los errores de muestreo se presentan en e: Cuadro 5. Se obtuvo un volumen promedio ajustado para toda la población de 116 m<sup>3</sup>/ha. Este bajo volumen hallado, en relación con el estudio realizado por la Universidad Nacional Agraria La Molina (1), parece deberse a la alta densidad de "Paca", existente en el área escogida para el presente trabajo. Por otro lado, el bajo error de muestreo calculado puede atribuirse a la estrecha correlación existente entre los valores medidos y estimados de las parcelas de verificación. En trabajos similares se han encontrado errores de 3.21 m<sup>3</sup>/ha (12) y 4.50 m<sup>3</sup>/ha (3).

**CUADRO 2 VOLUMENES MEDIDOS EN EL CAMPO Y ESTIMADOS FOTOGRAFICAMENTE DE LAS PARCELAS DE VERIFICACION POR TIPOS DE BOSQUE (M<sup>3</sup>/ha)**

TIPO DE BOSQUE	PARCELA	VOLUMEN MEDIDO(Y)	VOLUMEN ESTIMADO(x)
B <sub>1</sub>	10	143	140
	3R	108,7	150
	3V	64,1	75
	4V	156,4	140
	7V	124,9	125
	1 2V	116,0	120
	15V	83,7	115
	3W	211,9	150
	4W	128,6	120
	5W	166,6	170
	7W	99,5	100
	8W	146,6	155
	13W	170,8	160
	14W	109,4	115
	15W	102,4	115
	15W	179,4	155
	16X	147,7	140
	17X	112,9	110
	18X	178,8	160
	19X	112,2	115
20X	111,4	110	
15Y	112,3	115	
B <sub>2</sub>	10	170,0	140
	20	67,2	80
	30	94,6	103
	60	98,8	115
	70	86,6	115
	1P	148,6	140
	2P	115,8	120
	5P	111,9	120
	6P	123,7	115
	7P	81,3	90
	2Q	145,8	140
	3Q	138,9	135
	5Q	101,1	115
	6Q	141,5	145
	4R	169,9	140
	5R	135,5	125
	6R	110,7	115
	7R	86,9	110
	5V	109,2	110
	6V	205,6	150
6W	183,1	150	

TIPO DE BOSQUE	PARCELA	VOLUMEN MEDIDO(Y)	VOLUMEN ESTIMADO(x)
B3	40	136,0	130
	50	109,8	115
	3P	91,8	95
	4P	121,8	125
	4Q	105,8	115
	7Q	107,5	115
	8V	121,3	125
	9V	86,2	100
	10V	164,6	155
	11 V	72,8	80
	13V	139,0	135
	14V	100,3	100
	9W	97,6	110
	10W	106,9	95
11 W	117,8	125	
	12W	166,6	155

CUADRO 3 PARAMETROS CALCULADOS PARA LAS PARCELAS DE VERIFICACION

PARAMETRO	SIMBOLO	TIPO DE BOSQUE			TOTAL DE LA MUESTRA
		B 1	92	B3	
Número de parcelas	n	22,00	21,0	16	59
Volumen promedio de las parcelas estimadas	xe	129,70	122,6	117,1	123,8
Volumen promedio de las parcelas medidas	ye	131,10	125,0	115,4	124,7
Coefficiente de regresión	b	1,27	1,76	1,2	1,38
Variancia	S <sup>2</sup> d	374,00	223,2	56,4	246,9
Desviación estándar	Sd	19,30	14,9	7,5	15,7
Coefficiente de correlación calculado	r <sub>e</sub>	0,85	0,92	0,96	0,79
Coefficiente de correlación tabular	r <sub>0.05</sub>	0,42	0,44	0,50	0,25
Grado de significación	—	Muy signif.	Muy signif.	Muy signif.	Muy signif.
Ecuación de regresión	y <sub>1</sub> = a+bx	-33.311+1.268X <sub>1</sub>	-90.96+1.762X <sub>2</sub>	25.114+1.199X <sub>3</sub>	-45.959+1.379X

CUADRO 4 PARAMETROS CALCULADOS PARA EL TOTAL DE LAS ESTIMACIONES VOLUMETRICAS

PARAMETRO	SIMBOLO	TIPO DE BOSQUE			TOTAL DE POBLACION
		B1	82	B3	
Número de parcelas	N	156	232	106	494
Volumen promedio de las parcelas estimadas	R	128,8	113,2	105,3	117,4
Volumen promedio de las parcelas medidas	V(R)	1,267	1,576	6,413	0,896
Coefficiente de regresión	S(R)	1,125	1,255	2,532	0,946
Variancia	S2	197,66	365,83	679,81	448,84
Desviación estándar	S	14,059	19,126	26,073	-21,185

**CUADRO 5 VOLUMEN PROMEDIO AJUSTADO Y ERRORES DEMUESTREO POR CADA TIPO DE BOSQUE**

TIPOS DEBOSQUE	PARCELAS		VOLUMEN PROMEDIO AJUSTADO M <sup>3</sup> /ha (Y)	Sy.+0.05(m <sup>3</sup> /ha)	ERROR %
	MEDIDAS (n)	ESTIMADAS (N)			
B <sup>1</sup>	22	156	130,08	±8.58	±6.57
B <sup>2</sup>	21	232	112,13	±8.13	±7.2
B <sup>3</sup>	16	106	101,29	±7.43	±7.34
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>494</b>	<b>116,02</b>	<b>±4.9</b>	<b>±4.22</b>

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La técnica del Muestreo Doble por Regresión en Inventarlos Forestales, aparece como una alternativa confiable en la estimación de los volúmenes de madera de los bosques, pudiéndola situar a un nivel de reconocimiento y aun semidetallado, pues mediante el trabajo de campo que requiere esta metodología se puede reunir los datos que este último nivel necesita.
2. Los requerimientos técnicos que esta metodología exige son:
  - a) Un cuidadoso y meticuloso uso del estereoscopio, tanto en la estratificación forestal como al momento de la estimación volumétrica.
  - b) El trabajo de campo requiere de una ubicación lo más exactamente posible, de las parcelas prefijadas en las fotografías aéreas. Es necesario, entonces, un estricto control de las distancias en el terreno así como del uso de la brújula.
  - c) En esta metodología, la escala, calidad y antigüedad de las fotografías aéreas empleadas juegan un papel muy importante, recomendándose una escala de 1:20 000 a 1:10 000, fotografías lo más recientes posible y una torna y revelado aceptables.
  - d) Que el patrón a seguirse al momento de la estimación sea cumplido estrictamente, de tal manera que se reduzca al mínimo la subjetividad de las estimaciones.
  - e) Que el ejecutor del trabajo tenga amplios conocimientos y experiencia en trabajos de evaluación de bosques tropicales heterogéneos, así como en la utilización de fotografías aéreas y mapeamiento mediante ellas.
3. Las principales ventajas que se pueden obtener mediante la aplicación de esta técnica son:
  - a) Reducción considerable del trabajo de campo y por ende los costos del inventarlo.
  - b) Permite evaluar áreas de muy difícil accesibilidad reduciendo los riesgos que derivan de trabajar en tales zonas.
  - c) Permite el uso intensivo de las fotografías aéreas, material de costo relativamente bajo y de fácil acceso.
  - d) Puede ser usado para evaluar grandes extensiones.
4. Las principales desventajas que limitan el uso de esta técnica son:

- a) Escasez de recubrimientos aerofotográficos nacionales recientes y a escalas adecuadas (1:20 000 a 1:10 000) que permitan la optimización de estos materiales.
  - b) Relativa dificultad en la ubicación exacta en el terreno de las parcelas a correlacionar con las de las fotografías aéreas (parcelas de verificación).
  - c) Escasez de profesionales especializados en el uso intensivo de fotografías aéreas y con conocimientos apropiados de los Bosques Tropicales Húmedos.
5. Es necesario determinar el grado de error que existe en la medición del diámetro de copa en la fotografía aérea y la misma medición en el campo, para Bosques Tropicales Húmedos.
  6. Sería conveniente ensayar la presente metodología para diferentes tamaños y formas de sitios a levantarse en el campo; así como el de su distribución, a fin de definir qué puede ser lo más adecuado.

## BIBLIOGRAFIA

1. COCHRAN, W.G. Sampling Techniques. John Wiley & Sons. Inc. New York. 1953.
2. FAO. Manual de Inventarios Forestales Con Especial Referencia A Bosques Mixtos Tropicales. Roma. 1974. 193 p.
3. GUERRERO V., Manual. Estimación De Volúmenes Con Fotografías Aéreas Por Doble Muestreo En Bosques Tropicales Heterogéneos. INDERENA. Nota Técnica N° 13.
4. HUSCH, B. Planificación De Inventarios Forestales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 1971. 135 p.
5. LOETSH, F. & HALLER, K. Forest Inventory. Munich, BLV Verlagsgesellschaft, 1974. Vol. 1. 436 p.
6. MALLEUX O., Jorge. Inventarios Forestales en Bosques Tropicales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 1982.414 p.
7. MONTENEGRO M., Elmo. Manual de Dasometría. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 1971. 216 p.
8. SHIUE, C.J. and JOHN, H. A proposed Sampling Design for Extensive Forest Inventory: Double Systematic Sampling for Regression with Multiple Random Start. Journal of Forestry. September 1962. 60 (9).
9. SPURR, S.H. Forest Inventory. The Ronald Press Co. New York. 1952. 476 p.
10. Photogrammetry and Photo-interpretation. 2° Ed. Michigan. The Ronald Press Cp., New York. 1960. 472 p.
11. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. Evaluación y Plan do Manejo de los Recursos Forestales de la microrregión de Iberia Iñapari. Tomo 1. Lima. 1981.

12. \_\_\_\_\_. Estudio de Factibilidad Técnico-Económico para el abastecimiento de madera a la Industria forestal de Oxapampa y Villa Rica. Lima. Octubre. 1981.

