



BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL



0005773

**Identificación de Especies
y Mediciones de Altura en
Plantaciones de Pino Insig-
ne y Eucalipto, Mediante
Fotografías Aéreas.**

INSTITUTO FORESTAL
SANTIAGO - CHILE



Boletín Informativo N°

Noviembre 1963

EL INSTITUTO FORESTAL es un Proyecto del Gobierno de Chile con la asistencia del Fondo Especial y la FAO de las Naciones Unidas para el desarrollo de los recursos e industrias forestales.

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES Y
MEDICIONES DE ALTURA EN PLAN-
TACIONES DE PINO INSIGNE ME-
DIANTE FOTOGRAFÍAS AEREAAS.

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

DR. BERTRAM HUSCH
Asesor de la FAO en Inventarios
en el Instituto Forestal.

La identificación de especies
y mediciones de altura fueron
realizadas por los Srs. G. Bus-
tos, D. Campos, H. Cárcamo, B.
Husch, J. Ortega y B. Zentilli.

INSTITUTO FORESTAL.
Santiago de Chile

TABLA DE MATERIAS

	Pág.
1.- Introducción	3
2.- Procedimientos	4
3.- Resultados	5
3.1.- Identificación de especies...	5
3.2.- Medición de altura en planta- ciones de pino insigne	7
3.3.- Medición de altura en planta- ciones de eucalipto	13
4.- Resumen	14
Apéndice	

1.- INTRODUCCION.

La experiencia que existe con respecto al uso de fotografías aéreas en trabajos forestales, indica que, para realizar interpretaciones y mediciones dentro de ciertos límites de exactitud, es indispensable contar con escalas mayores de 1:20.000.

Se ha visto que las escalas más pequeñas son útiles para fines generales, tales como la preparación de planos básicos o la estimación de superficies. Los costos de las fotografías aéreas y la siguiente interpretación aumentan a medida que aumenta la escala. En consecuencia, es importante usar una escala lo más pequeña posible; pero siempre que proporcione la información requerida dentro de los límites de precisión estipulados.

La estimación de la altura de los árboles y de los rodales en fotografías aéreas es muy valiosa en los inventarios forestales. La altura es una de las variables de un rodal que puede medirse directamente en las fotografías aéreas, teniendo además estrecha relación con su volumen. Una vez elaboradas las relaciones de volumen y altura para su uso en fotografías aéreas, será posible clasificar en términos aproximados, los volúmenes de los rodales directamente de las fotografías.

En Chile, hasta el momento existe poca información respecto a las mejores características que deben tener las fotografías aéreas para su uso en trabajos forestales. El experimento descrito en este informe se llevó a cabo con el objeto de proporcionar información más específica sobre la identificación de especies y la medición de alturas en plantaciones de pino insignie, Pinus radiata D. Don, y eucalipto, Eucalyptus spp., en fotografías aéreas.

Se disponía de fotografías tomadas recientemente en tres escalas para una zona cercana a la ciudad de Lebu, en la provincia de Arauco. Los tres tipos de fotografías, eran:

fotografías infrarrojas	escala 1:10.000
fotografías infrarrojas	escala 1:15.000
fotografías pancromáticas	escala 1:50.000

En la zona cubierta por estas fotografías hay numerosas plantaciones de pino insignie y eucalipto, muy similares a las que se encuentran en la región central de Chile.

2.- PROCEDIMIENTOS.

El experimento consistió en elegir, en los alrededores de Lebu, 13 plantaciones de pino insigne y 8 de eucalipto con el propósito de representar diversas alturas de rodal y densidades. En cada una de las plantaciones se marcó un punto de muestra.

Estos puntos se ubicaron cuidadosamente de modo que su ubicación coincidiera en las fotografías de las tres escalas.

Seis personas, sin conocimiento previo de los rodales, identificaron las especies y midieron las alturas en cada punto, mediante el método de paralaje para medir altura, empleando la fórmula siguiente:

$$a = \frac{A d_p}{P + d_p}$$

Donde:

a = Altura del árbol o del rodal en metros

A = Altura de vuelo sobre el terreno en pies

d_p = Diferencia absoluta en paralaje entre la base y copa de los árboles en 0,01 mm.

P = Promedio de las distancias entre los puntos principales y conjugados de un par estereoscópico de fotografías en mm..

Para las mediciones e interpretaciones usaron estereoscopios, Abrams C B - 1 con barra de paralaje "height finder".

Para cada par estereoscópico de fotografías se calcularon factores de paralaje de altura en metros por milímetro de diferencia en paralaje y todas las personas usaron los mismos factores.

Cada persona hizo sus identificaciones y mediciones en forma independiente sin ver los resultados de las otras personas. Cada uno midió las alturas de las fotografías de las diferentes escalas en distintos días y entregando de inmediato sus resultados. En ningún caso una persona pudo hacer referencia a sus mediciones anteriores con fotografías de otras escalas cuando empezaba a trabajar con una nueva serie de puntos de muestra. Siempre se hicieron esfuerzos para eliminar cualquier influencia exterior que afectara las interpretaciones o mediciones de una persona.

Después de terminar con las interpretaciones y mediciones se ubicaron cuidadosamente los puntos de muestra en el terreno para identificar las especies y medir las alturas.

3.- RESULTADOS.

3.1.- Identificación de especies.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de la identificación de especies. Usando fotografías escala 1:10.000 (infrarrojas) en un total de 21 plantaciones interpretadas individualmente por las 6 personas, hubo solamente 2 identificaciones incorrectas, las dos cometidas por la misma persona. Cinco personas identificaron todas las plantaciones correctamente, con una excepción. Una plantación joven con una altura de 6 metros, en que existía una gran cantidad de matorral denso, se clasificó como matorral en vez de pino insigne. El matorral tenía tanta altura y densidad como para ocasionar un cambio en la apariencia característica de las plantaciones de pino, por lo cual se consideró correcta cualquiera de las 2 clasificaciones. Se hicieron las mismas identificaciones en las fotografías escala 1:15.000 y 1:50.000.

TABLA 1.
Resumen de identificación de especies en las fotografías.

Escala de las fotografías.																			
Puntos Nº	1:10.000						1:15.000						1:50.000						Especies reales
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F	
1	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	P	E	(P)	E	E
2	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
3	M	M	P-M	M	P-M	M	E	M	P	M	P-M	P-M	M	M	E	M	M	M	P *
4	E	E	E	E	E	E	E	(P)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
5	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
6	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
7	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
8	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
9	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
10	E	E	E	E	E	E	E	(P)	E	E	E	E	E	E	E	E	E	(M)	E
11	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
12	P	E	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
13	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
14	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
15	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
16	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
17	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	(P)	(P)	E	E	(P)	E
18	E	E	(P)	E	E	E	E	(P)	E	E	E	E	(P)	(P)	(P)	(P)	(P)	(P)	E
19	P	P	(E)	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	(E)	P	P	P	P
20	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
21	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	(P)	(P)	E	E	(P)	E
ERRORES																			
2						3						1 3 4 1 2 4							

A.B.C.D.E. y F.: Foto-interpretadores

P.- : Pino insigne

E.- : Eucalipto

M.- : Matorral

() : Error

* Plantación nueva de pino insigne con matorral.

Usando las fotografías de 1:15.000 (infrarrojas) ocurrieron solamente 3 equivocaciones, nuevamente todas atribuibles a una persona. Los errores fueron uniformes: tres plantaciones de eucalipto se clasificaron como pino.

En la identificación de especies en las fotografías de 1:50.000 (pancromáticas) se presentaron 15 errores. Dos personas cometieron una equivocación cada una; una persona hizo dos errores; otra, tres, y dos personas hicieron 4 errores cada una. Catorce de las 15 equivocaciones ocurrieron en la identificación de plantaciones de eucalipto. En 13 de los 14 errores, las plantaciones de eucalipto se identificaron incorrectamente como pino y, en un caso, como matorral.

Aparentemente, la exactitud en la identificación de las plantaciones de pino y eucalipto fué más o menos igual en las fotografías infrarrojas a escala 1:10.000 y 1:15.000. La diferencia entre pino y eucalipto en las fotografías pancromáticas 1:50.000, mereció menos confianza por la mayor dificultad para identificar las plantaciones de eucalipto. Debido a que, entre pino y eucalipto, se encontró muy poca diferencia de tono, puede concluirse que su ventaja residió más en su mayor escala en las fotografías infrarrojas que en el tipo de película. La separación entre pino y eucalipto, a estas escalas, fué principalmente una función de diferencias en textura más bien que de contrastes en tono. Las plantaciones de pino tuvieron una textura más fina y uniforme, mientras que las de eucalipto tuvieron una textura más variable con una apariencia plumosa.

En general, usando los tres tipos de fotografías, la identificación de la vegetación como plantación forestal no ofreció ninguna dificultad. Los contornos regulares de las plantaciones y la uniformidad de tono y textura se combinaron para permitir la identificación fácil, sobre todo de pino insignie. Un poco más de dificultad se encontró en las plantaciones de eucalipto, sobre todo en las de mayor edad, a las cuales las cortas repetidas les han dado una apariencia más irregular.

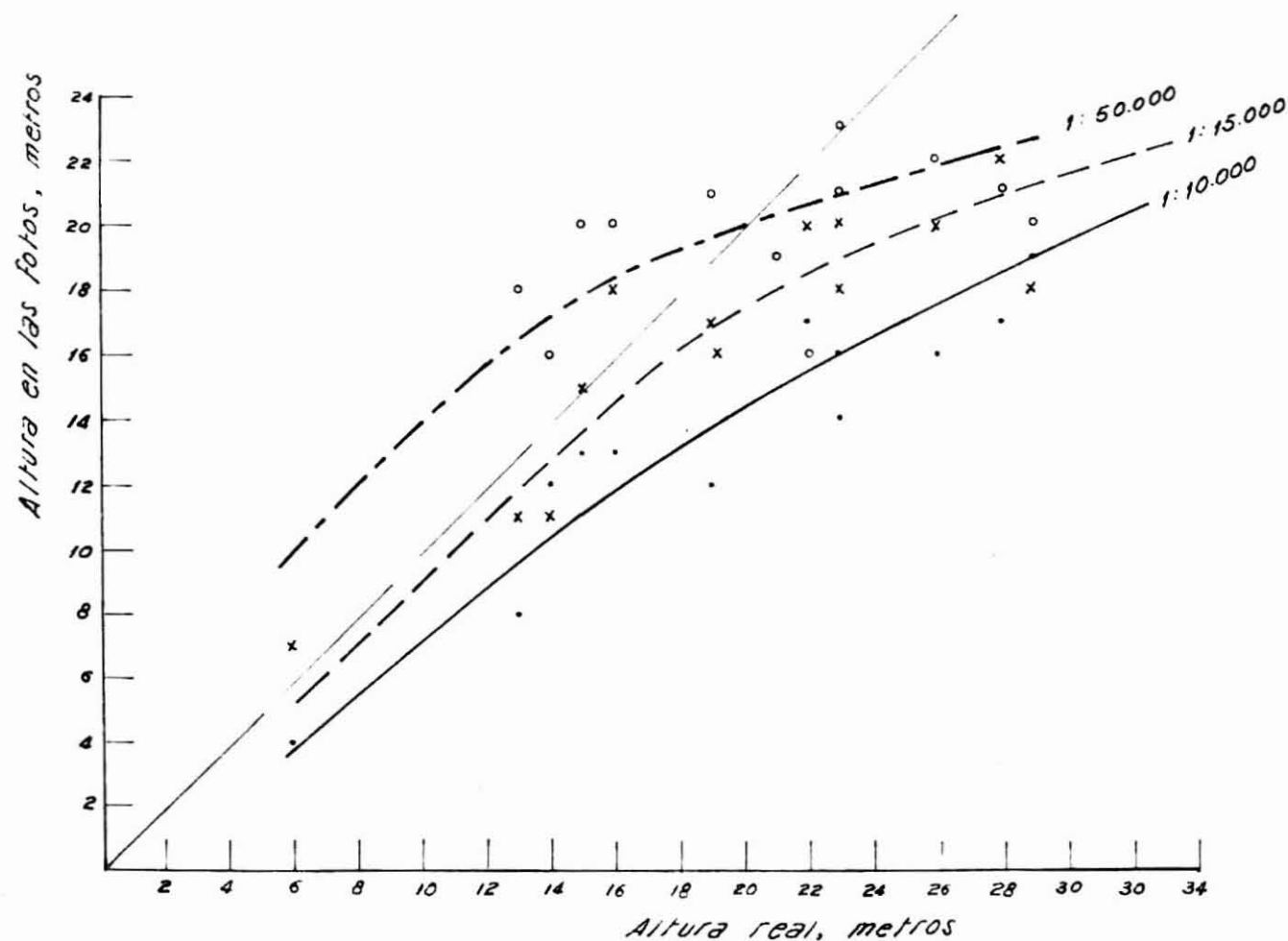
3.2.- Medición de altura en plantaciones de pino insignie.

Los resúmenes de las mediciones de altura se muestran en las Tablas 1 y 2. Las mediciones originales se indican en el Apéndice.

En la figura 1, se muestra una comparación de las alturas de las plantaciones de pino, medidas en las fotografías, en relación a las

Relación entre la altura real y la
medida en las fotos. - Pino insignie

Figura 1



• 1:10.000
x 1:15.000
o 1:50.000

alturas verdaderas. Las curvas se basan en los promedios de las 6 alturas medidas por las 6 personas.

Las alturas de los rodales de pino, medidas en las fotografías escala 1:10.000, fueron más bajas que las alturas reales. El valor de la diferencia aumentó en relación directa con la altura del rodal. En las fotografías 1:15.000 se presentó la misma relación, pero las diferencias entre las alturas de las fotografías y las reales fueron uniformemente más pequeñas. Las alturas medidas en las fotografías 1:50.000 mostraron una relación distinta. Las alturas de rodales de pino hasta 20 metros, estimadas en las fotografías, señalaron ser mayores que las alturas reales. Los rodales con alturas superiores a 20 m. se subestimaron en las fotografías y las diferencias aumentaron en proporción directa con la altura de la plantación.

Los cálculos de las diferencias entre las alturas medidas en las fotografías y en el terreno dieron un promedio de desviación de - 5,8 metros (5,8 metros menos que la altura real) para fotografías de 1:10.000; -3,1 metros para una escala de 1:15.000, y 0,4 metros para las fotos de 1:50.000. El pequeño promedio de las desviaciones del último tipo es el resultado del efecto compensativo de las sobre y sub-estimaciones.

Una indicación adicional de gran valor para comparar las mediciones de altura es la magnitud de la variación encontrada en el promedio de las 6 mediciones de altura para cada rodal y escala, que se expresa mediante la desviación standard. En conformidad con esto se calcularon las desviaciones para las 6 alturas de cada plantación medida por las 6 personas en los tres tipos de fotografías. Los resultados de estos cálculos con sus promedios correspondientes, se indican en la figura 2.

La magnitud de la variación de las alturas de los rodales de pino medidas en las fotografías 1:50.000 fué en la mayoría de los casos más grande que las que se encontraron con las otras dos escalas. Entre las desviaciones standard de los otros dos tipos de fotografías aparecieron diferencias poco importantes. El promedio de los coeficientes de variación para las fotografías 1:10.000 fué de 22,1 %; para las fotografías 1:15.000 de 23,4 %, y para las fotografías 1:50.000 aumentó a 33,6 %. No se encontró ninguna relación entre el tamaño del coeficiente de variación y la altura de los rodales para las tres escalas.

Comparación de las alturas reales y las tomadas en las fotos usando paralaje.- Pino insigné.

Figura 11

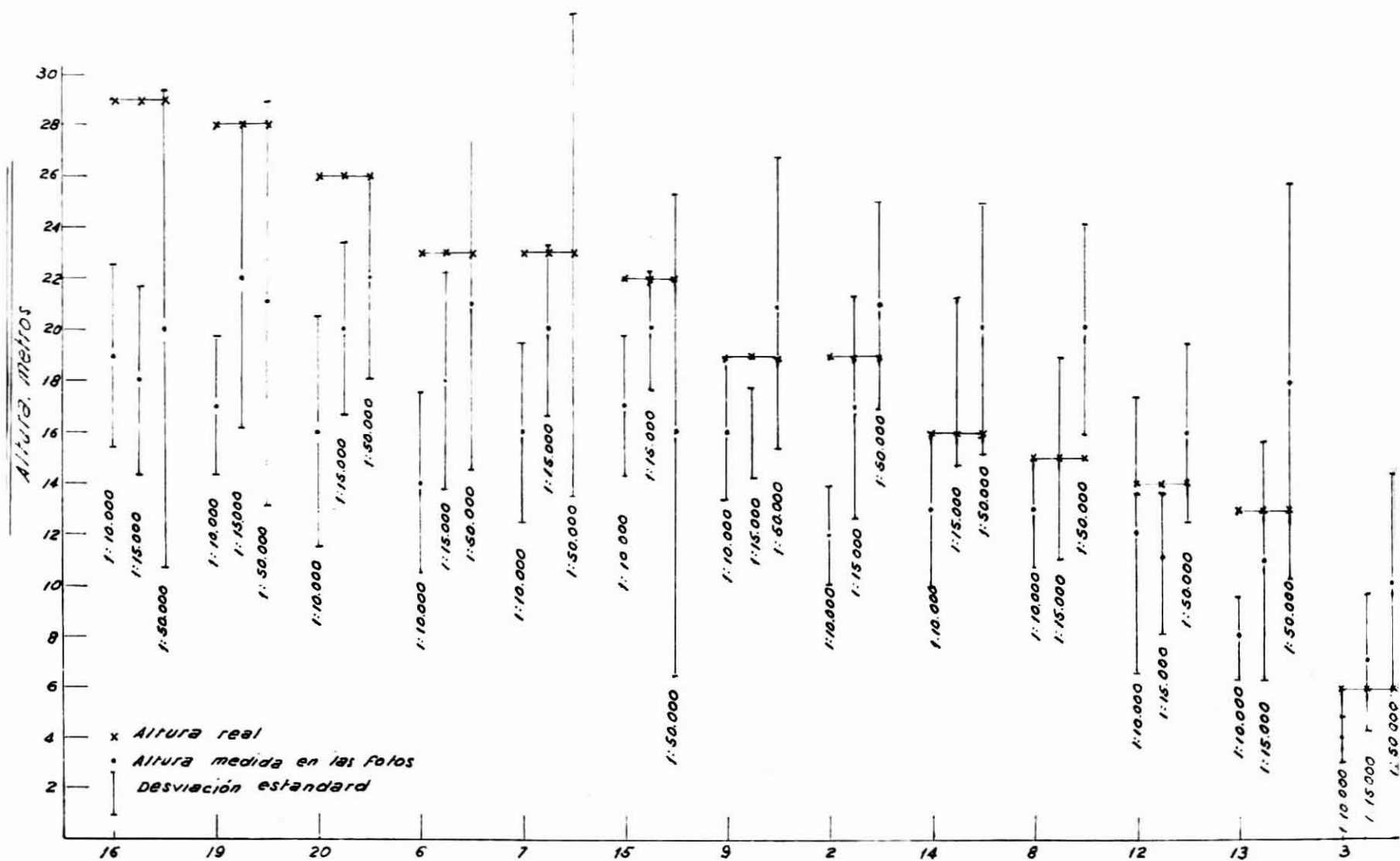


TABLA 2.

Resumen de mediciones de altura en plantaciones de
pino insigne en fotografías aéreas.

Punto N°	$\bar{x}$ Metros	n	$\bar{X}$ Metros	S Metros	C.V. %	Altura real Metros	Diferencia entre altu- ras observa- das y reales Metros
2	74	6	12.4	1.9	15.3	19	- 7
3	24	6	4.0	.9	22.5	6	- 2
6	87	6	14.5	3.5	24.1	23	- 9
7	95	6	15.8	3.5	22.2	23	- 7
8	76	6	12.7	2.3	18.1	15	- 2
9	97	6	16.2	2.5	15.4	19	- 3
12	70	6	11.7	5.4	46.2	14	- 2
13	47	6	7.8	1.6	29.5	13	- 5
14	76	6	12.7	3.0	23.6	16	- 3
15	99	6	16.5	2.7	16.4	22	- 5
16	112	6	18.7	3.5	18.7	29	- 10
19	100	6	16.7	2.7	16.2	28	- 11
20	95	6	15.8	4.5	28.5	26	- 10
					$\bar{C.V.}$ 22.1	$\bar{D}$	- 5.8
2	100	6	16.7	4.4	26.3	19	- 2
3	42	6	7.0	2.7	38.6	6	+ 1
6	108	6	18.0	4.2	23.3	23	- 5
7	118	6	19.7	3.3	16.8	23	- 3
8	89	6	14.8	3.9	26.4	15	0
9	93	6	15.5	1.8	11.6	19	- 3
12	64	6	10.7	2.8	26.2	14	- 3
13	68	6	11.3	4.7	41.6	13	- 2
14	106	6	17.7	3.3	18.6	16	+ 2
15	119	6	19.8	2.3	11.6	22	- 2
16	110	6	18.3	3.7	20.2	29	- 11
19	129	6	21.5	5.8	27.0	28	- 6
20	121	6	20.2	3.3	16.3	26	- 6
					$\bar{C.V.}$ 23.4	$\bar{D}$	- 3.1

$\bar{X}$ Promedio de alturas
n Número de mediciones
S Desviación Standard
 $\bar{D}$ Desviación media
 $\bar{C.V.}$ Coeficiente de variación

TABLA 2. (Cont.)

Punto N°	Metros	n	$\bar{X}$ Metros	S Metros	C.V. %	Altura real Metros	Diferencia entre altu- ras observa- das y reales Metros
2	124	6	20.7	4.0	19.3	19	+ 2
3	58	6	9.7	4.4	45.4	6	+ 4
6	125	6	20.8	6.5	31.2	23	- 2
7	136	6	22.7	9.5	41.8	23	0
8	117	6	19.5	4.1	21.0	15	+ 5
9	120	6	20.0	5.7	28.5	19	+ 1
12	96	6	16.0	3.5	21.9	14	+ 2
13	110	6	18.3	7.7	42.1	13	+ 5
14	119	6	19.8	4.9	24.7	16	+ 4
15	94	6	15.7	9.4	60.0	22	- 6
16	120	6	20.0	9.3	46.5	29	- 9
19	129	6	21.5	7.9	36.7	28	- 7
20	134	6	22.3	4.0	17.9	26	- 4
				$\bar{C.V.}$	33.6	$\bar{D}$	- .4

$\bar{X}$ Promedio de alturas
n número de mediciones
S Desviación Standard
 $\bar{D}$ Desviación media
C.V. Coeficiente de variación

TABLA 3.

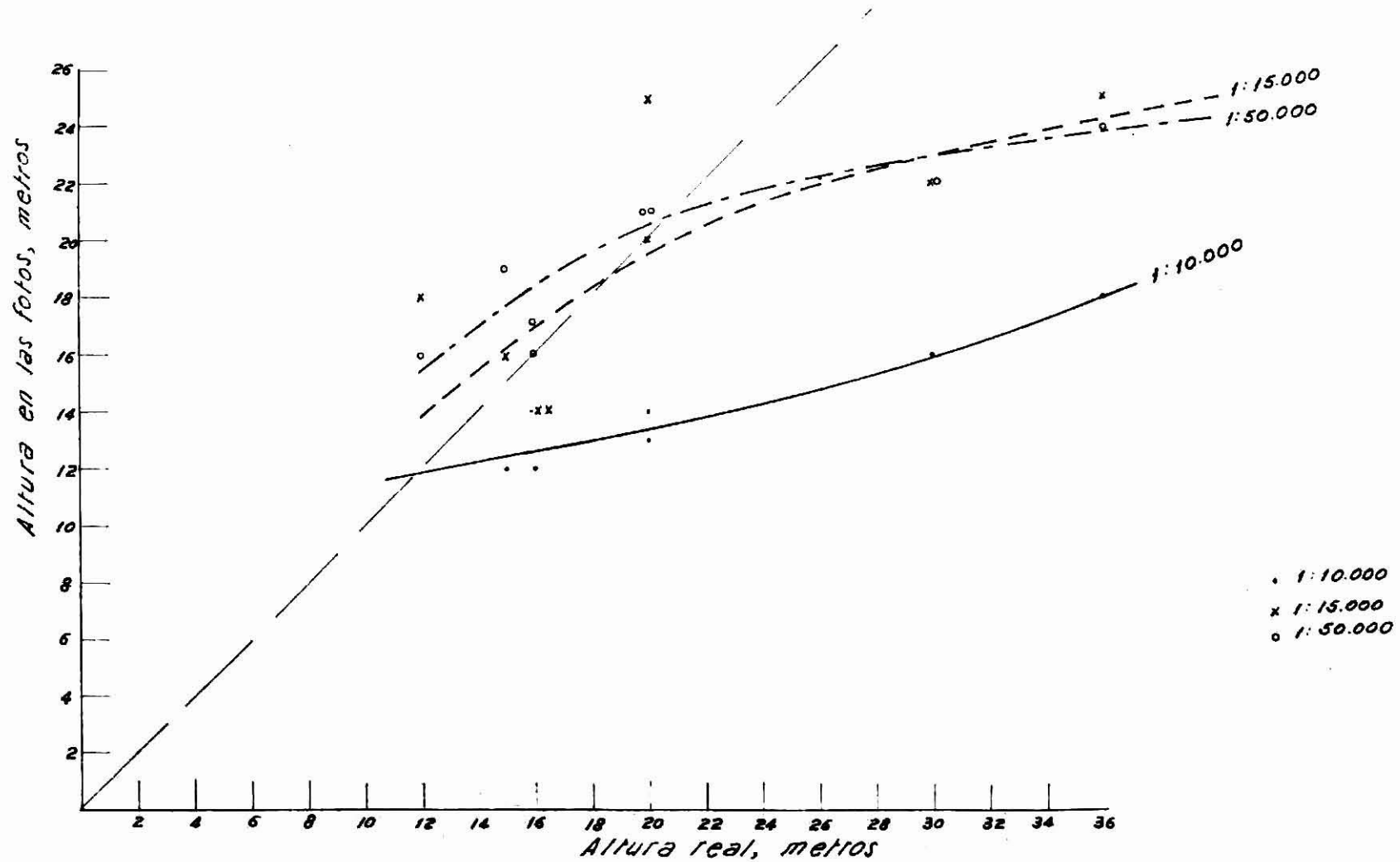
Resumen de mediciones de altura en plantaciones
de acaulipto en fotografías aéreas.

Punto N°	$\sum X$ Metros	n	$\bar{X}$ Metros	S Metros	C.V. %	Altura real Metros	Diferencia entre altu- ras observa- das y reales Metros
1:10.000	1	72	6	12.0	2.9	24.2	16 - 4
	4	97	6	16.2	4.6	28.4	30 - 14
	5	107	6	17.8	4.8	27.0	36 - 18
	10	75	6	12.5	2.7	21.6	12 0
	11	71	6	11.8	1.7	14.4	15 - 3
	17	79	6	13.2	2.7	20.4	20 - 7
	18	85	6	14.2	4.1	28.9	16 - 2
	21	86	6	14.3	4.8	33.6	20 - 6
				$\bar{C.V.}$	24.8	$\bar{D}$	- 6.8
1:15.000	1	87	6	14.5	3.1	21.4	16 - 2
	4	130	6	26.7	5.6	25.8	30 - 8
	5	152	6	25.3	7.0	27.7	36 - 11
	10	109	6	18.2	3.9	21.4	12 + 6
	11	99	6	16.5	2.0	12.1	15 + 1
	17	118	6	19.7	2.9	14.7	20 0
	18	86	6	14.3	6.5	45.4	16 - 2
	21	150	6	25.0	2.5	10.0	20 + 5
				$\bar{C.V.}$	22.3	$\bar{D}$	- 1.4
1:50.000	1	95	6	15.8	4.1	25.9	16 - 0
	4	129	6	21.5	5.5	25.6	30 - 8
	5	142	6	23.6	5.8	24.6	36 - 12
	10	98	6	16.3	10.2	62.5	12 - 4
	11	116	6	19.3	9.8	50.7	15 - 4
	17	124	6	20.7	8.1	39.1	20 + 1
	18	102	6	17.0	7.6	44.7	16 + 1
	21	127	6	21.2	4.4	20.8	20 + 1
				$\bar{C.V.}$	36.7	$\bar{D}$	- 1.1

$\bar{X}$ Promedio de alturas
n número de mediciones
S Desviación Standard
 $\bar{D}$ Desviación media
C.V. Coeficiente de variación

*Relación entre la altura real y la medida
en las fotos.- Eucalipto.*

Figura 3



En resumen, las mediciones de altura en las fotografías a escala 1:10.000 y 1:15.000 dieron por resultado, uniformemente, estimaciones inferiores. Sin embargo, las mediciones en fotografías de 1:15.000 dieron mejores estimaciones. La cantidad de variación en las mediciones, usando las dos escalas, fué muy semejante. Las mediciones en las fotografías 1:50.000 fueron mucho menos uniformes, presentando sobre y sub-estimaciones que variaron de acuerdo con la altura del rodal. Además, la variación en una serie de mediciones de un mismo punto fué mayor que las de las otras dos escalas.

3.3.- Medición de altura en plantaciones de eucalipto.

La relación entre las alturas de las plantaciones de eucalipto medidas en las fotografías y las alturas reales, se muestra en la Figura 3. En las fotografías escala 1:10.000 las diferencias entre las alturas medidas en las fotografías y las reales, fueron pequeñas en los rodales de poca altura. Los errores aumentaron en los rodales más altos. Las relaciones para las fotografías 1:15.000 y 1:50.000, fueron muy similares. Con estas escalas se obtuvieron los mejores resultados en rodales de más o menos 20 metros de altura. Los rodales más pequeños se sobre-estimaron y los rodales de más de 20 metros se sub-estimaron. En las fotografías 1:10.000 las estimaciones más exactas se hicieron en rodales con menos de 16 metros de altura, mientras que se sub-estimaron considerablemente los rodales más altos.

Ambas escalas, 1:15.000 y 1:50.000, dieron mejores estimaciones que las de las fotografías escala 1:10.000.

La Figura 4 muestra los promedios y desviaciones standard de las alturas en plantaciones de eucalipto para las tres escalas. Al igual que en las mediciones de pino insigné, las variaciones mayores se encontraron en las fotografías 1:50.000. Los promedios de los coeficientes de variación de las mediciones para las tres escalas indican que la menor variación ocurrió en las mediciones de las fotografías 1:15.000. Para estas fotografías el promedio de los coeficientes de variación fué de 22,3 %; para las de 1:10.000, de 24,8 %, y para las de escala 1:50.000, de 36,4 %.

Los promedios de las desviaciones de alturas fotográficas en comparación con las alturas reales fueron -6,8 metros para la escala

1:10.000; - 1,4 por la de 1:15.000 y -1,1 para la escala 1:50.000. Las dos últimas escalas mostraron pequeños promedios de desviación, ya que las estimaciones de altura superiores o inferiores a la real tuvieron efectos compensatorios. Por otra parte, las fotografías escala 1:10.000 rindieron uniformemente estimaciones demasiado pequeñas.

4.- RESUMEN.

Este estudio ha mostrado que las escalas 1:10.000 y 1:15.000 son excelentes para diferenciación entre pino insignie y eucalipto. Sin embargo, las fotografías 1:10.000 no ofrecen una ventaja clara sobre las de 1:15.000. Las fotos de 1:50.000 son definitivamente inferiores para la identificación de especies. A causa de la escasa diferencia en el contraste de todo entre pino y eucalipto en las fotografías infrarrojas de mayor escala, se puede concluir que la ventaja reside en la escala y no en la película infrarroja.

En la medición de altura, las fotografías 1:15.000 dieron los mejores resultados, proporcionaron las estimaciones más cercanas a la realidad y además, presentaron los menores coeficientes de variación. A primera vista, las fotografías 1:50.000 parecen dar buenos promedios globales; pero los resultados tienen la desventaja concomitante de su gran variación entre mediciones individuales.

Es opinión del autor que disminuyendo la escala a 1:20.000 no variarían mucho los resultados de la identificación de especies en relación a los obtenidos con una escala 1:15.000. Además, al parecer, no hay una ventaja notoria al usar fotografías infrarrojas, ya que la diferencia esperada en contraste de tono entre pino y eucalipto no se materializa.

En relación al material de fotografía usado para la medición de alturas, una escala de 1:10.000 parece inferior a la de 1:15.000 en pino y eucalipto. Muy poca pérdida en precisión o aumento en variación debe presentarse con una escala de 1:20.000.

Por otra parte, usando película pancromática, una escala de 1:20.000 debe ser satisfactoria para la identificación de pino insignie y eucalipto y para la medición de alturas. También, es probable esperar que mejore la exactitud de las mediciones de altura al usar un instrumento más preciso que el "Abrams height finder" para la medición de paralaje.

Comparación de las alturas reales y las
medidas en las fotos usando paralaje
Eucalipto

Figura 4.

