



0006074

c. 3.

23 ADR. 1300

INFORME TECNICO Nº 75



UN METODO PARA
EVALUAR LA EXACTITUD DE
LA FUNCION DE VOLUMEN

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL



INFOR

INSTITUTO FORESTAL
SANTIAGO-CHILE

JUNIO 1979

Informe Técnico Nº 75

UN METODO PARA
EVALUAR LA EXACTITUD DE LA
FUNCION DE VOLUMEN

Jorge Vallejos Sepúlveda

SANTIAGO — CHILE

JUNIO 1979



Instituto Forestal
Inscripción N° 49.738
Junio 1979.

Instituto Forestal
Huérfanos 554 — Casilla 3085
Santiago — Chile

INDICE

	Página
RESUMEN	5
1. INTRODUCCION	7
2. METODOLOGIA	7
2.1. Datos Básicos	7
2.2. Enunciado del Problema	7
2.3. Procedimiento de Comparación	8
2.3.1. Hipótesis Asociadas	8
2.3.2. Determinación del Sesgo en la Función de Volumen	8
2.3.3. Determinación de la Exactitud de la Función de Volumen	10
2.4. Corrección del Volumen Estimado	11
2.5. Procesamiento de la Información	12
3. RESULTADOS	12
3.1. Identificación y Clasificación del Sesgo	12
3.2. Estudio de la Exactitud de la Estimación	13
3.3. Tabla de Volumen Corregidas	13
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	14
APENDICE	15
BIBLIOGRAFIA	24

RESUMEN

En este trabajo se entrega un método de análisis estadístico que permite determinar la eficiencia de una función de estimación. El procedimiento es una extensión del planteamiento desarrollado por Freese (1960); la modificación consiste en expresar el error admisible en términos porcentuales. Además se proporciona un criterio estadístico para identificar posibles sesgos en la función de estimación.

Como ejemplo práctico, el método se aplica a las tablas de volumen de coigüe (*Nothofagus dombeyi*), raulí (*Nothofagus alpina*) y roble (*Nothofagus obliqua*), construídas por el Instituto Forestal y la Corporación de Fomento de la Producción.

1. INTRODUCCION.

La cuantificación del recurso bosque a través de Inventarios Forestales, es de fundamental importancia para planificar su aprovechamiento y facilitar la selección de alternativas de inversión. Dentro de la serie de antecedentes que entrega el inventario, destaca en forma relevante la apreciación del volumen del área. En consecuencia, es preciso disponer con anterioridad de alguna función de estimación que permita cubicar los árboles individuales de las unidades de muestreo, hacer la inferencia con la técnica de muestreo seleccionada y estimar el parámetro dentro de un intervalo de confianza preestablecido. Para tal efecto, se han desarrollado distintos métodos de construcción de Tablas de Volumen, cada uno con sus ventajas y desventajas.

Hasta hace poco, Chile disponía de un solo estudio sobre tablas de volumen para especies nativas, en la zona de Valdivia (Corporación de Fomento de la Producción, 1952). Recientemente, el Instituto Forestal también se ha interesado en este problema y para entregar los resultados del Inventario Forestal del Complejo Panguipulli, construyó funciones preliminares (Ferreira, 1975). Puesto que los desvíos de los volúmenes observados respecto de la curva que los estima, (es decir, la ecuación de estimación) pueden ser excesivos para un límite de tolerancia, convendría disponer de algún indicador que independiente del juicio personal, permitiera al usuario medir la calidad del modelo. Las tablas de volumen construidas por ambos organismos, proporcionan una fuente de datos reales. A partir de ellas, el trabajo que aquí se presenta, fue hecho para desarrollar un método basado en pruebas estadísticas que respetando ciertos supuestos de distribución, evalúe la exactitud de la función de volumen.

2. METODOLOGIA.

2.1. Datos Básicos.

La información en referencia proviene del archivo del Departamento Inventarios y Mensura, y corresponde a las mediciones hechas por CORFO en el proyecto Mensura Forestal de la Provincia de Valdivia, e INFOR proyectos Inventario Forestal Complejo Maderero Panguipulli y Factores que Determinan el Rendimiento Potencial y Real de los Bosques Nativos Chilenos y la Necesidad de Nuevas Tablas de Volumen para Especies Nativas, en Inventarios Forestales para planificar el desarrollo socio económico de la región y mejorar los sistemas de medición en Bosque Nativo.

El inventario de CORFO para la provincia de Valdivia (1952), cubrió una zona de 530.700 ha de bosque nativo, que se extiende desde el litoral a la Cordillera de Los Andes. El Instituto Forestal (1975), inventarió en el Complejo Maderero y Forestal Panguipulli un área de 158.000 ha de bosques naturales, ubicada en el sector cordillerano andino de la provincia.

Para cubicar los árboles individuales, CORFO elaboró tablas de volumen en 24 especies e INFOR en 10 de ellas. El estudio considera investigar sólo las funciones de Coihue, Raulí y Roble en atención a la importancia de estas especies en la región. La Tabla N° 1 indica el resumen de datos básicos.

TABLA N° 1. Número de observaciones por especie, usado en la construcción de las Tablas de Volumen.

ESPECIE	N° OBSERVACIONES	
	INFOR	CORFO
COIHUE	31	16
RAULI	53	15
ROBLE	70	22

2.2. Enunciado del Problema.

Normalmente, los resultados obtenidos por algún método de estimación difieren en cierta medida de los valores reales. Esto es corriente que suceda al elaborar tablas de volumen, ya sea por métodos gráficos o analíticos; y el mérito de la estimación, puede juzgarse a través de pruebas estadísticas que evalúan una diferencia tolerable.

Al realizar el Inventario Forestal en el año 1952, CORFO decidió aplicar un método gráfico para estimar el volumen cúbico de los árboles muestra. Por otra parte, INFOR en el año 1974 con un objetivo similar, resuelve la construcción de las tablas de volumen basándose en el método analítico (análisis de regresión paso a paso), aprovechando las ventajas computacionales con que cuenta para tal efecto.

Ambos métodos definen al volumen cúbico sin corteza en función de dos variables independientes, diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura aprovechable (H).

Luego:

$$V = f(DAP, H)$$

El examen visual de los valores estimados por los dos métodos a una condición común de DAP y H, indica que habrían diferencias notorias, y surge la pregunta ¿Cuál técnica es más eficiente para estimar los correspondientes valores "Reales"?

Para responder esta interrogante, se determinó someter a pruebas de exactitud las funciones de estimación; comparando los valores obtenidos de estas funciones con sus respectivos valores observados, en las tablas de volumen de tres especies, a saber, Coihue (*Nothofagus dombeyi*), Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*).

2.3. Procedimiento de Comparación.

2.3.1. Hipótesis Asociadas.

Probar el grado de correspondencia entre los valores de estimación y observados especifica la exactitud* de la función de volumen; siendo necesario examinar la eventual presencia de sesgo** e imprecisión*** (únicas fuentes supuestas de inexactitud) en la función.

2.3.2. Determinación del sesgo en la función de volumen.

La prueba de χ^2 , es el procedimiento de comparación que permite determinar la exactitud del modelo en estudio, actuando como índice de dispersión (Snedecor, 1964), en base al cociente, desviaciones entre los valores estimados y reales al cuadrado y una varianza hipotética límite (FREESE, 1960).

Para esto, se parte de los supuestos estadísticos

que las observaciones son independientes, distribuidas normalmente y el valor

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2 / \sigma^2$$

para una población, es una cantidad que se distribuye como χ^2 con n grados de libertad.

El plantamiento de la prueba en los términos antes enunciados, corresponde a una evaluación global de la exactitud de la tabla de volumen (incluyendo sesgo e imprecisión), y por ende, se corre el riesgo de descartar una función, sin haber conocido el efecto que tiene deducir la acción del sesgo (posible) y que podría entregar una función corregida de exactitud aceptable.

Luego, en primer término será necesario identificar la naturaleza del sesgo (constante o alguna función matemática); posteriormente, aislado y descontado su efecto, medir la precisión, concluyendo si la estimación está dentro de márgenes aceptables dada la exigencia de exactitud.

La representación matemática del sesgo requiere ajustar los valores de estimación sobre los observados, entregando un modelo rectilíneo hipotético del tipo:

$$Y = b_0 + b_1 x \quad (1)$$

donde:

Y	=	volumen estimado
b_0	=	intercepción de la ordenada sobre el origen.
b_1	=	pendiente de la recta
x	=	volumen real.

La figura 1 muestra en forma gráfica las características del modelo condicionado.

* Exactitud : Estrictamente hablando, la exactitud se refiere a una función identidad tal que a cada elemento del dominio, le asocia el mismo elemento en el recorrido. En otras palabras, es el éxito obtenido al estimar el valor verdadero de una cantidad.

** Sesgo : Diferencia entre el valor esperado de un estimador y el valor poblacional verdadero que se trata de estimar (Washabaugh, 1972)

*** Imprecisión : Técnica insesgada, pero entrega estimaciones que varían excesivamente respecto de los valores reales.

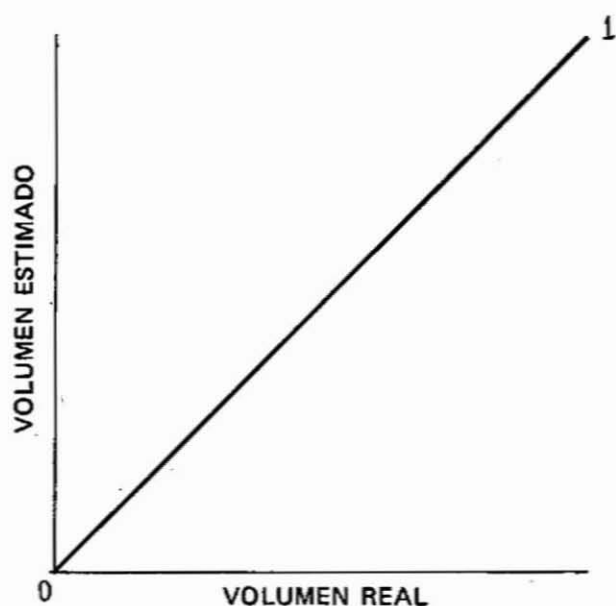


FIG. 1 Curva hipotética de comparación para probar la presencia y significación de Sesgo en la función de volumen.

Hipotéticamente, esto significa que si existiera una perfecta correspondencia entre el volumen estimado y el volumen real, el ajuste entregaría una relación funcional cuya constante de regresión tendría valor cero y el coeficiente de regresión, valor unitario. Luego, es posible plantear dos hipótesis a probar, esto es:

$$H_0 : \beta_0 = 0 \quad H_1 : \beta_0 \neq 0 \quad \text{y}$$

$$H_0 : \beta_1 = 1 \quad H_1 : \beta_1 \neq 1$$

La dócima para estas hipótesis (Ostle, 1973) es:

$$t_{b_0} = \frac{(b_0 - 0)}{S_{b_0}} \quad \text{con } n-2 \text{ G.L.} \quad (2)$$

$$t_{b_1} = \frac{(b_1 - 1)}{S_{b_1}} \quad \text{con } n-2 \text{ G.L.} \quad (3)$$

donde:

S_{b_0} = error estándar de la constante de regresión

S_{b_1} = error estándar del coeficiente de regresión

t_{b_0} = valor de t calculado para la constante de regresión b_0

t_{b_1} = valor de t calculado para el coeficiente de regresión b_1

Los valores resultantes, se comparan con los tabulares de la distribución t de STUDENT.

El tamaño de la región crítica se fijó para una probabilidad $\alpha = 0.05$, con contraste bilateral.

Las variaciones del sesgo que pueden manifestarse respecto de la línea hipotética, se visualizan en la Fig. 2. Esta indica que si:

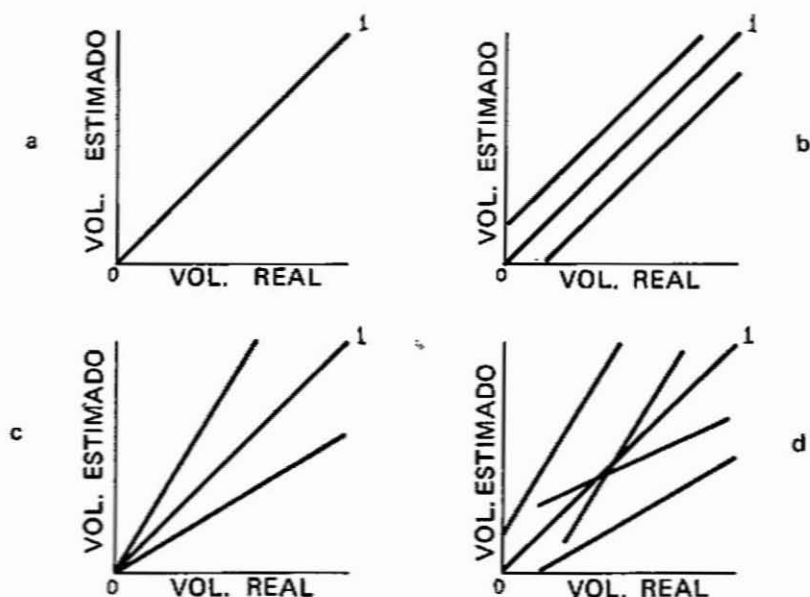


FIG. 2 Expresiones posibles del Sesgo en la función de volumen

- 2-a. El ajuste obtenido no entrega diferencias significativas respecto de las restricciones pendiente de la recta (coeficiente de regresión) igual uno, e intercepción de la ordenada sobre el origen (constante de regresión) igual cero, la estimación es insesgada.
- 2-b. Por el contrario, al no haber diferencias significativas en la pendiente pero sí en la intercepción la función de volumen, estará sobre o sub-estimando en forma constante.
- 2-c. Las diferencias se manifiestan sólo en la pendiente y no en la intercepción, el método de estimación sobre o sub-estima en forma variable y finalmente,
- 2-d. Se encuentra significación en las diferencias de ambas condiciones, se deduce que el modelo es afectado por un sesgo variable, pudiendo comportarse de dos maneras: únicamente sobre o subestimar a través de todo el rango de valores observados, o, a partir de un cierto punto de este rango, subestimar en un sentido y sobre-estimar en el otro.

2.3.3 Determinación de la Exactitud de la Función de Volumen.

Caracterizada la naturaleza del posible sesgo que afecta la función; la siguiente etapa es entonces, medir la precisión habiendo descontado la acción del sesgo. En la actividad forestal es corriente ocupar expresiones del error admisible en términos relativos; y desde un punto de vista práctico, resulta más cómodo usar este criterio para fijar el nivel de exactitud que debe tener una Tabla de Volumen. Otros problemas pueden ser abordados convenientemente empleando valores absolutos (Véase FREESE, 1960).

La varianza hipotética (σ_i^2), que restringe el límite de dispersión entre los valores de estimación y observados con un 95% de confianza, se obtiene de explicitar el error admisible como un porcentaje del valor real, esto es:

$$E_i = \frac{P \cdot \mu_i}{100} \quad (4)$$

al introducir (4) en la varianza hipotética queda que:

$$\sigma_i^2 = \frac{E_i^2}{1.96^2} = k^2 \mu_i^2 \quad (5)$$

donde:

$$K^2 = \frac{p^2}{196^2}$$

Empleando la prueba χ^2 para evaluar la exactitud de la estimación, se tiene:

1º La estimación es insesgada

$$\chi_1^2 = \frac{196^2}{p^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{x_i}{\mu_i} - 1 \right]^2 \quad (6)$$

con n G.L.

2º A la estimación se le elimina un sesgo constante

$$\chi_2^2 = \sum_{i=1}^n J_i^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n J_i \right]^2}{n} \quad (7)$$

con n-1 G.L.

3º A la estimación se le elimina un sesgo variable.

$$\chi_3^2 = \frac{\left[\sum_{i=1}^n J_i^2 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n J_i \right]^2}{n} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^n J_i l_i - \frac{\left[\sum_{i=1}^n J_i \right] \left[\sum_{i=1}^n l_i \right]}{n} \right]^2} \quad (8)$$

con n-2 G.L.

$$J_i = \frac{x_i}{K \mu_i}$$

$$l_i = \frac{1}{\mu_i}$$

donde:

x_i = volumen estimado de la i-ésima observación.

μ_i = volumen real de la i-ésima observación.

K = constante que depende de la exactitud propuesta.

p = valor del error admisible en porcentaje.

J_i = transformación de datos

l_i = transformación de datos

n = número de observaciones

G.L. = grados de libertad

$\chi_{1,2,3}^2$ = valor de χ^2 calculado en la respectiva situación

Los valores resultantes se comparan con los tabulares de la distribución χ^2 para un $\alpha = 0.05$. Si el valor calculado, es menor que el valor crítico de la tabla χ^2 para los respectivos grados de libertad, se infiere que la estimación proporciona la exactitud requerida.

En el ejemplo considerado, se resolvió especificar la exactitud de la función de volumen, de modo que los valores estimados estuvieran dentro del 10% de los valores reales.

2.4. Corrección del Volumen Estimado.

Si el ajuste de volumen estimado sobre volumen real (Fórmula 1) manifiesta tendencia de sesgo significativo y cuya eliminación permite aceptar la ecuación de volumen, la corrección del volumen estimado. Se determina por un modelo de predic-

ción inversa (OSTLE, 1973) del tipo:

$$\mu = \frac{X - b_0}{b_1}$$

Cuyos coeficientes se calculan por:

- (9) OBSERVACION: Las constantes expresadas en las ecuaciones (10) y (11) son las mismas que se obtuvieron en la ecuación (1).

2.5. Procesamiento de la Información.

En la determinación de las funciones del sesgo, por mínimos cuadrados, se ajustaron regresiones separadas para cada especie, agregando el cálculo del error estándar de la constante. El análisis de la exactitud de la ecuación de volumen, requirió de un cómputo secuencial, en ausencia de programa para tal efecto. Los cálculos se ejecutaron en el terminal de computación APL/360 del INFOR.

3. RESULTADOS.

3.1. Identificación y Clasificación del Sesgo.

Los resultados acerca del tipo de sesgo volumétrico se resumen en los cuadros 1 y 2 y figuras 3, 4, 5, 6, 7, y 8 del Apéndice.

El examen visual de los gráficos, señaló que aparentemente todas las funciones estaban bajo la influencia de un sesgo variable. Sin embargo, al usar la prueba t (cuadros 1 y 2 del Apéndice) se concluye la clasificación dada en la Tabla N° 2

TABLA N° 2. Determinación y Clasificación del Sesgo en la Función de Volumen, por especie y organismo; según significación obtenida en los Cuadros 1 y 2.

ESPECIE	FUNCIONES DEL INFOR	FUNCIONES DE CORFO
Coihue	Insesgada	Sesgo variable
Raulí	Insesgada	Insesgada
Roble	Sesgo variable	Sesgo constante

3.2. Estudio de la Exactitud de la Estimación.

Para conocer la bondad de ajuste entre los valores de estimación observados, se resolvió utilizar la prueba χ^2 en sus expresiones (6), (7) y (8) considerando la información proporcionada por la d.cima de t.

El análisis de significación de la prueba, resumido en los cuadros 3 y 4 del Apéndice; determinaron, de acuerdo a la exactitud especificada (10%), los resultados que se presentan en la Tabla N° 3.

TABLA N° 3. Resultados de la Exactitud de la Función de Volumen por especie y organismo; según significación obtenida en los Cuadros 3 y 4.

ESPECIE	FUNCIONES DEL INFOR	FUNCIONES DE CORFO
Coihue	Inexacta	Exacta
Raulí	Inexacta	Exacta
Roble	Inexacta	Inexacta

3.3 Tabla de Volumen Corregidas..

Del examen de las Tablas N° 2 y 3, corresponde eliminar el sesgo variable sólo en la función de Coihue de CORFO.

Reemplazando los datos en las ecuaciones (10) y (11) los coeficientes de regresión corresponden a: los valores:

CORFO

COIHUE :	$b_0 =$	1.1104	$b_1 =$	1.0236
----------	---------	--------	---------	--------

Substituyendo: b_0 y b_1 en la ecuación (9) se tiene que la función corregida para estimar volúmenes, está dada por:

CORFO

COIHUE	
VOLUMEN CORREGIDO	$= \frac{\text{VOLUMEN TABLA} - 1.1104}{1.0236}$

En la ecuación (1) la prueba t no detecta sesgo para la función de Raulí hecha por CORFO; el índice de dispersión χ^2 tampoco reconoce diferencias significativas en la estimación insesgada; luego, el uso de estas tablas puede hacerse directamente, no requiriendo de un ajuste para estimar los volúmenes.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El análisis estadístico planteado permite inferir que:

- 1°. De las especies en estudio, algunas funciones construidas por INFOR y CORFO, al emplearlas en su expresión original, entregarían estimaciones tendenciosas del volumen observado.
- 2°. Ante la evidencia que proporciona la muestra, aplicando la prueba χ^2 como medio de evaluar la exactitud de la estimación; se rechazan todas las funciones elaboradas por INFOR y Roble de CORFO, por encontrarse diferencias significativas entre los valores de estimación y reales, dados los niveles de probabilidad y tolerancia especificados.

- 3°. En consecuencia, no se rechazan las tablas de Coihue y Raulí desarrolladas por CORFO.
- 4°. Que el hecho de aceptar las tablas de volumen de CORFO, podría deberse a que es más fácil ajustar un gráfico a un conjunto reducido de datos.
- 5°. El descarte de las funciones del INFOR se debería a que las variables independientes consideradas (funciones del conjunto básico DAP y H), no contribuyen significativamente a la explicación de la varianza.
- 6°. Este ensayo, es sólo una visión parcial del problema que implica el estudio y construcción de relaciones funcionales estimadoras de parámetros. No se analiza el efecto del tamaño muestral, que está relacionado directamente con la seguridad del modelo para representar la tendencia poblacional; variables a considerar en la formulación del modelo, selección que hasta el momento obedece a un criterio puramente empírico; ni la heteroscedasticidad de la varianza del volumen con un aumento de tamaño de las unidades de muestreo; cuestiones que merecen especial atención para mejorar la precisión de las tablas de volumen y que podrían ser materias de investigaciones posteriores.

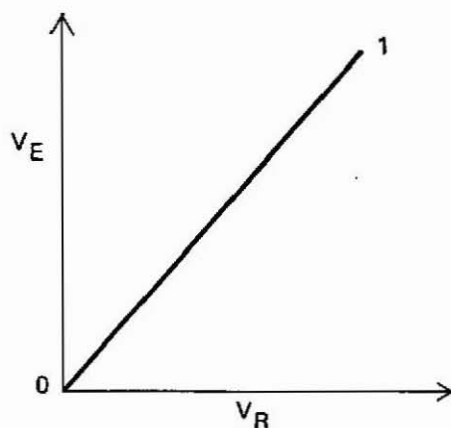
A P E N D I C E

CUADRO N° 1. IDENTIFICACION DE LA NATURALEZA DEL SESGO. TABLAS DE VOLUMEN DEL INSTITUTO FORESTAL.

RELACION : VOL. ESTIMADO = f (VOL. REAL)

PRUEBA DE HIPOTESIS : $H_0 : \beta_0 = 0$ $H_1 : \beta_0 \neq 0$

$H_0 : \beta_1 = 1$ $H_1 : \beta_1 \neq 1$



ESPECIE	Nº OBS.	t_{b_0} CALC.	t_{b_1} CALC.	G.L.	t (0.975) (n - 2)
COIHUE	31	0.5679	0.4462	29	2.0450
RAULI	53	1.3992	— 1.9711	51	2.0072
ROBLE	70	2.2117*	— 2.4848*	68	1.9952

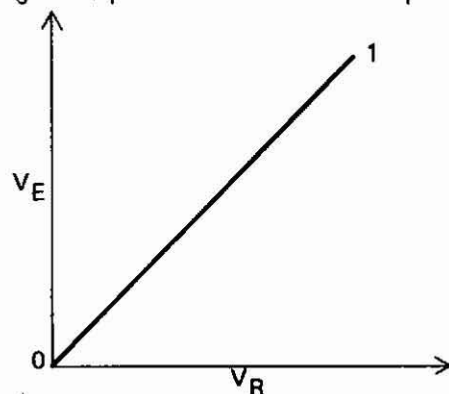
* Significativo para una probabilidad mayor 0.05

CUADRO N° 2. IDENTIFICACION DE LA NATURALEZA DEL SESGO. TABLAS DE VOLUMEN DE LA CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION.

RELACION : VOL. ESTIMADO = f (VOL. REAL)

PRUEBA DE HIPOTESIS: $H_0 : \beta_0 = 0$ $H_1 : \beta_0 \neq 0$

$H_0 : \beta_1 = 1$ $H_1 : \beta_1 \neq 1$



ESPECIE	Nº OBS.	t_{b_0} CALC.	t_{b_1} CALC.	G.L.	t (0.975) (n - 2)
COIHUE	16	0.6294	5.1265*	14	2.1450
RAULI	15	0.1481	1.0849	13	2.1600
ROBLE	22	2.1103*	1.4171	20	2.0860

* Significativo para una probabilidad mayor 0.05

FIG. 3. FUNCION VOL. ESTIMADO - VOL. REAL
NATURALEZA SESGO TABLA INFOR
ESPECIE : COIHUE

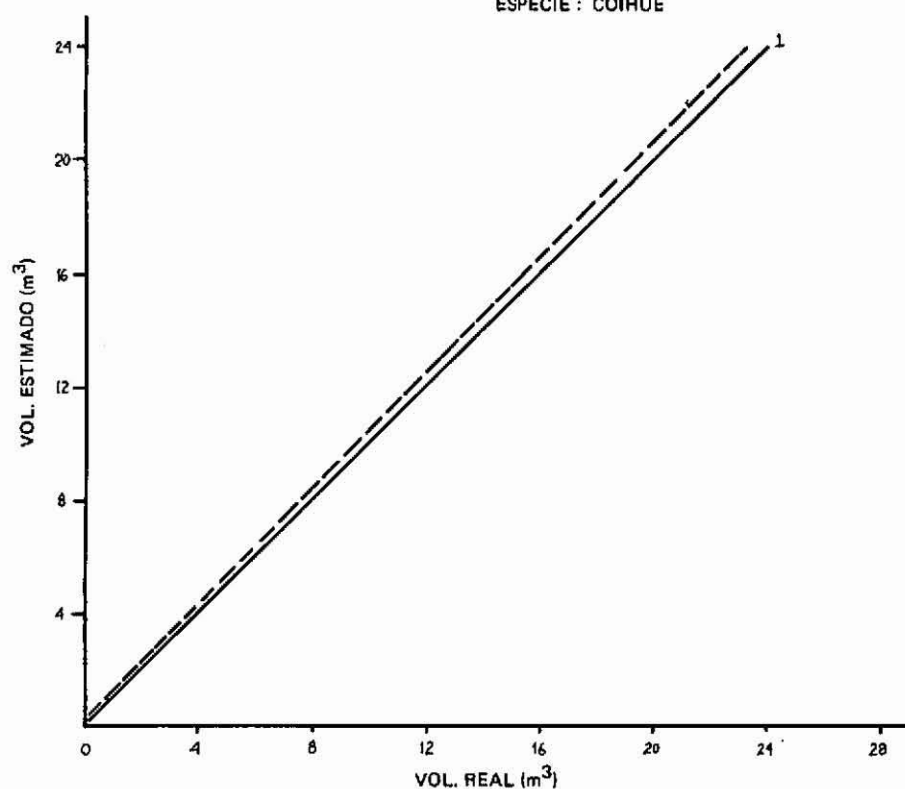


FIG. 4. FUNCION VOL. ESTIMADO - VOL. REAL
NATURALEZA SESGO TABLA INFOR
ESPECIE : RAULI

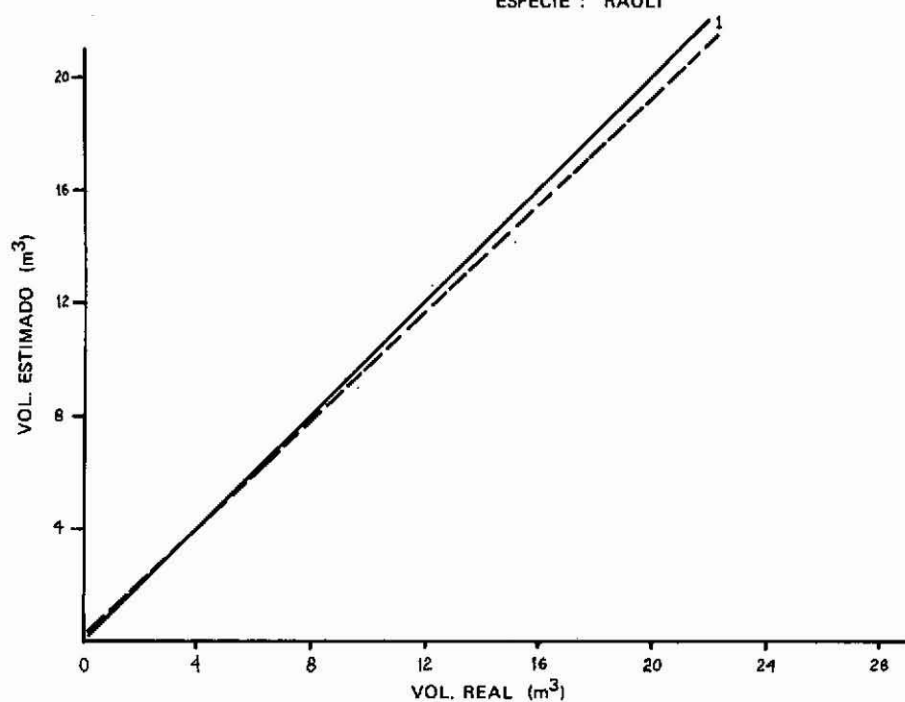


FIG. 5. FUNCION VOL. ESTIMADO - VOL. REAL
NATURALEZA SESGO TABLA INFOR
ESPECIE : ROBLE

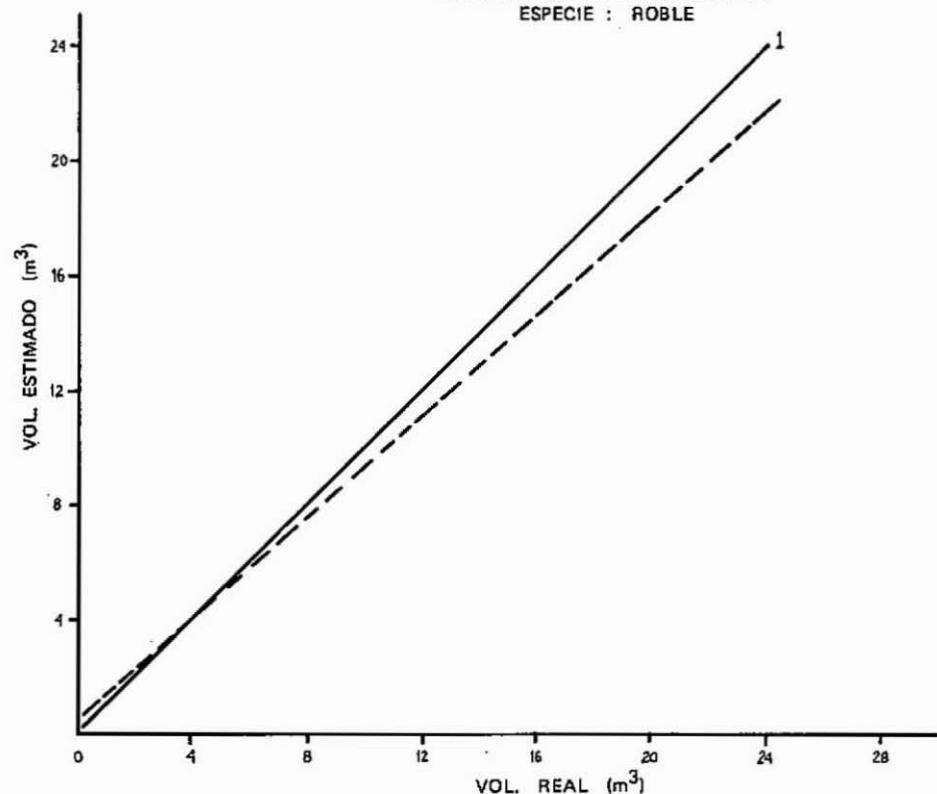


FIG. 6. FUNCION VOL. ESTIMADO - VOL. REAL
NATURALEZA SESGO TABLA CORFO
ESPECIE : COIHUE

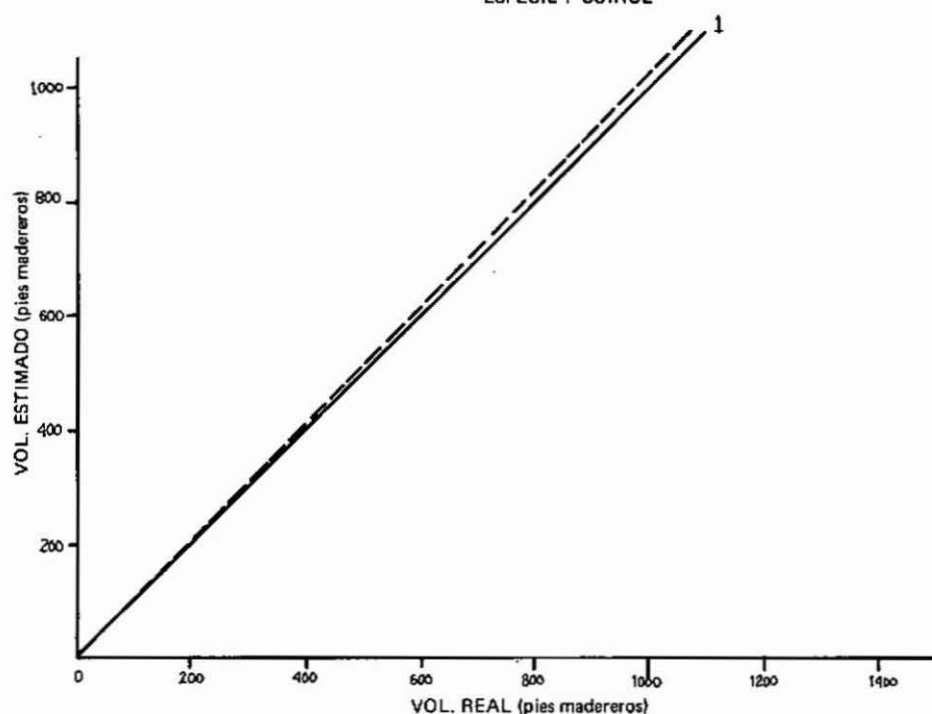


FIG. 7. FUNCION VOL. ESTIMADO - VOL. REAL
NATURALEZA SESGO TABLA CORFO
ESPECIE : RAULI

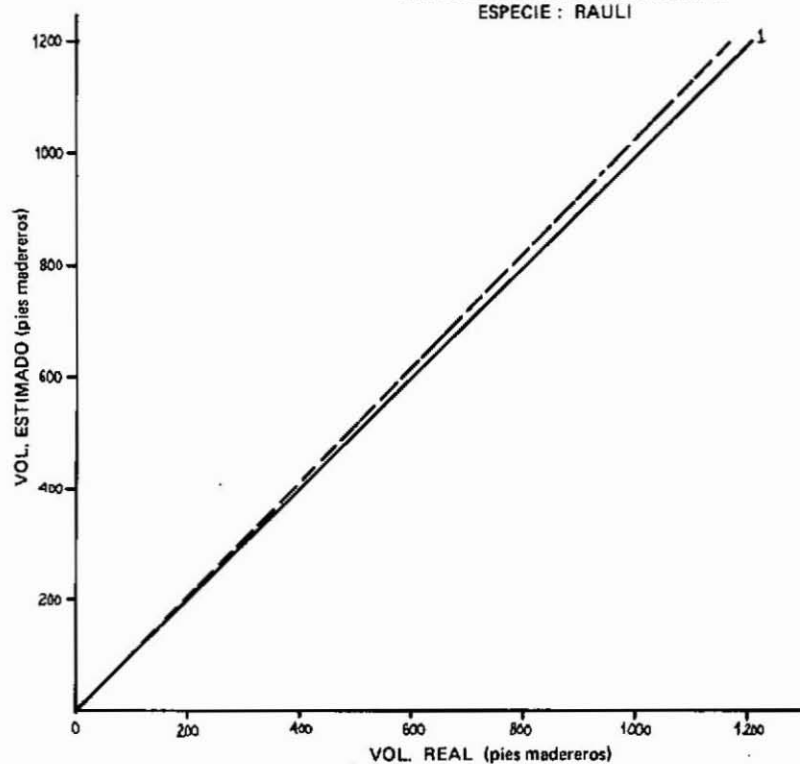
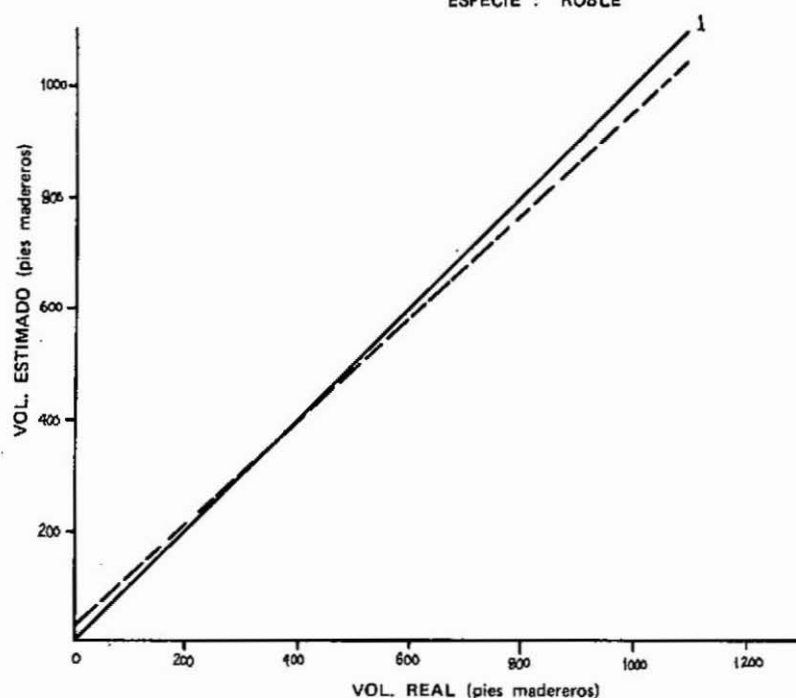


FIG. 8. FUNCION VOL. ESTIMADO - VOL. REAL
NATURALEZA SESGO TABLA CORFO
ESPECIE : ROBLE



CUADRO N° 3. EVALUACION DE LA EXACTITUD DE LA ESTIMACION. TABLAS DE VOLUMEN DEL INSTITUTO FORESTAL

DONDE : χ_1^2 = Corresponde a la estimación insesgada.

χ_3^2 = Corresponde a la estimación libre de sesgo variable.

ESPECIE	Nº OBS.	χ_1^2 CALC.	G.L. 1	χ_1^2 (0.95) (n)	χ_3^2 CALC.	G.L. 3	χ_3^2 (0.95) (n-2)
COIHUE	31	821.2656*	31	45.0000			
RAULI	53	303.8740*	53	71.0000			
ROBLE	70				593.2924*	68	88.3000

Significativo para una probabilidad mayor 0,05

CUADRO N° 4. EVALUACION DE LA EXACTITUD DE LA ESTIMACION. TABLAS DE VOLUMEN DE LA CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION.

- χ^2_1 Corresponde a la estimación insesgada
- χ^2_2 Corresponde a la estimación libre de sesgo constante
- χ^2_3 Corresponde a la estimación libre de sesgo variable.

ESPECIE	Nº OBS.	χ^2_1 CALC.	G.L. ₁	χ^2_1 (0.95) (n)	χ^2_2 CALC.	G.L. ₂	χ^2_2 (0.95) (n - 1)	χ^2_3 CALC.	G.L. ₃	χ^2_3 (0.95) (n-2)
COIHUE	16							3.7161	14	23.6800
RAULI	15	23.0567	15	25.0000						
ROBLE	22				665.0489*	21	32.6700			

* Significativo para una probabilidad mayor 0.05

BIBLIOGRAFIA

1. **CHILE, CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION.** Mensura Forestal de la provincia de Valdivia. (Vol. I.) 1952, 137 p.
2. **FERREIRA, R.O.** Tablas de Volúmenes Inventario Forestal Complejo Panguipulli, Santiago, Instituto Forestal. 1974. 14 p.
3. **FREESE, P.** Testing Accuracy. Forest Science, Washington D.C. Volume 6, Number 2, 1960. p. 139 - 145.
4. **OSTLE, B.** Estadística Aplicada, México, Editorial Limusa-Wiley S.A. 1973. 629 p.
5. **SNEDECOR, G.** Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación Agrícola y Biológica. México. Compañía Editorial Continental S.A. 1964, 626 p.
6. **WASGABOUGH, B. (et al)** Conferencias sobre muestreo. Curso Suplementario para un Estudio de Caso Sobre Encuestas y Censos. I S P Supplemental Course Series, N° 1 Agencia para el Desarrollo Internacional. 1972. 84 p.

