

## ESTUDIO METODOLOGICO DE INVENTARIOS DE RECONOCIMIENTO EN BOSQUES NATURALES

Fernando Cox Z. (\*)

C. D. Oxf: (524.61)

### RESUMEN

#### RESUMEN

Se presentan las bases de un sistema de inventario cuyo objetivo principal es evaluar las existencias potenciales destinables a diversos usos industriales, de un recurso altamente heterogéneo como es el que proviene de los bosques naturales del sur de Chile.

Aún cuando el sistema ha sido desarrollado para la evaluación de los recursos madereros actualmente disponibles en grandes áreas, éste se adecúa perfectamente a los variados objetivos que derivan de la introducción de bosques naturales a manejo intensivo.

#### SUMMARY

This work presents the basis for an inventory system whose principal objective is the evaluation of the existing potential for diverse industrial uses of a highly heterogeneous resource such as that represented by the native forests of southern Chile.

Even though the system has been developed for the evaluation of the timber resources presently available in extensive areas, it is suitable for the varied objectives related to the intensive management of the native forests.

#### ZUSAMMENFASSUNG

In der nachfolgende Arbeit werden die Grundlagen eines Inventurverfahrens entwickelt, das die Erfassung potentieller Holzvorraete des sehr heterogenen, suedchilenischen Naturwaldes ermöglicht. Diese Vorraete koennten die verschiedensten industriellen Verwendungen haben.

Obwohl das Verfahren fuer Grossrauminventuren gedacht ist, kann en den vielseitigen Aufgaben angepasst werden, die der Umwandlung des Naturwaldes in einen intensiv genutzten Wirtschaftswald entstehen.

#### INTRODUCCION

El aprovechamiento de los extensos recursos forestales naturales del sur de Chile se

presenta actualmente como uno de los medios más adecuados para acelerar el desarrollo económico y social de la región.

Actualmente están en estudio una serie de proyectos de desarrollo que contemplan la puesta en marcha de grandes complejos industriales, cuyo objetivo es posibilitar el aprovechamiento integral de este material, altamente heterogéneo en cuanto a composición, dimensión y calidad.

El bosque natural puede producir materia prima hoy día utilizable por prácticamente la totalidad de las industrias de la madera, comenzando por las chapas y contrachapados, la madera aserrada y durmientes, y la celulosa y tableros.

Pese a que en principio el bosque puede proporcionar madera para cualquiera de estas industrias, éstas no pueden ser siempre transportadas hasta la planta en la cuantía requerida y al costo conveniente. De aquí que todo proyecto de industrialización de los productos del bosque nativo debe partir por una evaluación física de las existencias que proporcione toda la información requerida al costo más bajo posible.

Este proceso denominado inventario forestal, debe proporcionar una estimación de las existencias potenciales netas de madera rolliza o de productos elaborados. Tal condición hace que los inventarios del bosque nativo una actividad que reviste cierta complejidad.

El diseño de un inventario forestal requiere el ensamble de una serie de técnicas diferentes entre las cuales destacan la fotogrametría y técnicas de fotointerpretación, las técnicas biométricas o estadísticas, las técnicas dendrométricas, las técnicas de procesamiento de datos y las técnicas de programación y análisis de operaciones.

El rasgo característico de un inventario forestal moderno es la flexibilidad en el sentido que permita evaluar el mayor número de alternativas de aprovechamiento del bosque, aún cuando éstas sean planteadas con posterioridad a su realización.

La diversidad de alternativas que se presentan en el empleo de cada una de estas técnicas, así como la forma en que éstas son en-

---

(\*) Doctor Ingeniero Forestal, Pro Decano de la Facultad de Ingeniería Forestal, Casilla 567, Universidad Austral de Chile, Valdivia.

sambladas para configurar el sistema de un inventario, son prácticamente infinitas. Muchas de ellas quedan definidas por características propias de la región (bosque, infraestructura), de los profesionales o en general de los trabajadores forestales y el equipo, instrumental o facilidades existentes. Es necesario estructurar los sistemas de inventario teniendo en cuenta todos estos elementos. No es posible adoptar, por tanto, técnicas exitosamente empleadas en otras regiones o países sin antes probar su eficiencia en las nuevas condiciones.

El inventario forestal del Complejo Forestal y Maderero Panguipulli, provincia de Valdivia, que posee una superficie boscosa de aproximadamente 160.000 hectáreas, ha dado la oportunidad de iniciar la prueba sistemática de modernas técnicas de inventariación. Las técnicas que configuran el sistema de inventario elaborado para la evaluación de las existencias del Complejo han sido mejoradas y aplicadas en una segunda oportunidad en la evaluación de los recursos forestales de la zona costera de la provincia de Valdivia, sobre una superficie de 470.000 hectáreas (Cox y Peters, 1975).

El sistema de inventario ha sido diseñado en forma tal que sus partes puedan ser modificadas tendiendo a una optimización por aproximaciones sucesivas, sin necesidad de modificar substancialmente su estructura.

A fin de facilitar la presentación del sistema se ha dividido éste en etapas y sólo se describen en detalle aquellas que pueden presentar mayor interés.

### 1. Sistema de estratificación

La estratificación tiene por objeto dividir el área boscosa en unidades homogéneas a fin de identificar superficies descriptibles mediante parámetros comunes y de aumentar la eficiencia del muestreo reduciendo el error de estimación.

La estratificación del bosque se realiza en base a la interpretación de imágenes captadas por sensores remotos, generalmente fotografías aéreas verticales. Mientras mayor es la escala de las fotos, más intensa puede ser la estratificación.

En los bosques naturales, a semejanza de los bosques tropicales, la fotointerpretación se encuentra sujeta a limitaciones de tal orden que hacen muchas veces más eficiente la estratificación sobre fotos de pequeña escala. (Howard, J.A. y Lanly, J.P., 1975).

Dada la relación existente entre las caracte-

terísticas de desarrollo de un tipo boscoso y los elementos del medio, como altitud, pendiente, exposición, pluviosidad, suelo, etc. se puede pensar que la información obtenida en cartas topográficas o estudios generales de tipo climático, edáfico, geológico o ecológico, pueden servir de base para mejorar el proceso de estratificación. El presente diseño tiene como uno de sus objetivos el reunir información bajo un sistema normalizado que permita estudiar más adelante los mencionados elementos como base para una estratificación intensiva.

El programa nacional de cubrimiento fotográfico contempla la toma periódica y regular de fotografías escala 1:50.000 para todo el territorio y 1:20.000 para algunas zonas, dentro de las cuales se encuentra toda el área boscosa natural de interés económico. Este hecho debe ser considerado al diseñar un sistema de estratificación para inventarios de bosque nativo.

El sistema de estratificación empleado en los primeros proyectos realizados bajo este diseño se basa primeramente en una subdivisión del bosque en tipos forestales. Este a su vez se subdivide en clases de cubrimiento de copas.

La identificación de tipos forestales puede lograrse con bastante seguridad en fotografías de escala media o pequeña (Instituto Forestal, 1966; D. Rodríguez, 1973). Se han desarrollado incluso claves para la identificación de los principales tipos (Instituto Forestal, 1965). El tipo forestal se asocia con los factores productivos del medio y puede así presumirse que una homogeneidad tipológica está relacionada con una productividad homogénea del sitio.

La clasificación por cubrimiento de copas reconoce 3 niveles: densidad alta (100 a 70% del área cubierta por las copas, densidad media (70 a 40%) y densidad baja (bajo 40%).

Mientras que el reconocimiento de tipos controla una cierta medida de homogeneidad del sitio, como factor natural de productividad, la densidad de copas controla la intervención humana o el efecto de catástrofes naturales que reducen la productividad real del sitio.

La influencia humana y natural puede ser de orden tan variado que no es dable esperar una alta homogeneidad interna de los estratos en zonas boscosas extensas. En el reconocimiento de grandes áreas es conveniente por lo tanto, subdividir el área adicionalmente en sectores. Ello no debe responder a decisiones arbitrarias, sino que a la asociación de factores naturales o humanos que aún cuando sean

difíciles de reconocer por un cambio notorio de apariencia en la imagen fotográfica, tienen efectos claros en el desarrollo del bosque. La división geográfica puede también responder a estructuras de propiedad de la tierra o a unidades geográficas de planificación.

En el inventario de la zona costera de la provincia de Valdivia se ha reconocido un tipo único en las altitudes inferiores —tipo mixto (Valdiviano)— el que se ha subdividido en 3 zonas:

- Zona boscosa al norte de Niebla, hasta la latitud de San José de la Mariquina. Esta zona ha sido afectada más intensamente que el resto por el proceso de colonización.
- Zona al sur de Corral, con exposición occidental e influencia marina. La influencia marina y la ausencia de todo abrigo contra los fuertes vientos del noroeste condicionan una formación boscosa peculiar.
- Sector interior al sur de Corral, el cual presenta las mejores condiciones naturales de desarrollo y ha sido objeto de una menor alteración por el hombre.

## 2. Sistema de muestreo

El muestreo de terreno es la etapa del inventario que absorbe la mayor proporción de costos. Los procedimientos óptimos o simplemente adecuados que se emplean en otras etapas del inventario están fijadas en gran medida por los recursos disponibles: instrumental, instalaciones, personal técnico, características del bosque, etc. Aún cuando estos mismos recursos determinan a menudo la naturaleza del muestreo, algunas características de éste pueden ser siempre objeto de una optimización económica. El sistema que se presenta corresponde a un sistema de muestreo parcialmente optimizable.

En zonas extensas de difícil acceso, el tiempo requerido para alcanzar un punto en el bosque es grande, no así el requerimiento para efectuar observaciones o mediciones en su vecindad. Esto conduce al empleo de técnicas de muestreo agrupado, o muestreo por conglomerados. Ellos se caracterizan por la medición de árboles en dos o más parcelas vecinas, las que se distribuyen generalmente de acuerdo a un arreglo geométrico regular, como cuadrado, rectángulo, triángulo o en línea.

El proceso de optimización requiere de la obtención de funciones de costo y de errores. La función de costos se basa fundamentalmente en el área del bosque, el costo de recorrido de una unidad de distancia y el costo de localización y de medición de un conglomerado.

La función de costos podrá ser más o menos compleja, según los factores que incluya. Ella puede incluir, entre otras variables, la superficie de las parcelas, su número y su dispersión representada por el perímetro del conglomerado. En los casos más complejos estas funciones pueden incluir como variables el costo de medición de los árboles individuales, costo de delimitación de una parcela, etc.

Las funciones de errores incluye algunas variables comunes a la anterior: superficie de las parcelas, distancia entre parcelas. Puede incluir también variables discretas como forma y orientación de los conglomerados.

Se han propuesto modelos de optimización que pueden ser empleados en este estudio una vez derivadas las funciones básicas mencionadas. (Arvanitis, C. y O'Regan W., 1972; FAO, 1974).

De acuerdo a la mayor o menor intensidad del muestreo, a la menor o mayor inaccesibilidad del área, al mayor o menor tamaño de las parcelas, el número óptimo de parcelas por conglomerado puede ser menor o mayor. El muestreo aleatorio irrestricto se aproximará así como un caso límite de tamaño del conglomerado.

La optimización del proceso de estratificación se puede lograr igualmente en la medida que se conozca la reducción de la varianza interna de los estratos y el costo de estratificación para un gran número de factores.

En los inventarios realizados bajo este diseño se han empleado conglomerados con el mayor número posible de parcelas que, en condiciones promedio, puede medir una brigada en un día de trabajo. Aún cuando un diseño con un número variable de parcelas por conglomerado es tratable estadísticamente, es conveniente adoptar un diseño con conglomerados de tamaño constante.

El diseño empleado inicialmente corresponde a un muestreo estratificado con distribución aleatoria de conglomerados. El criterio de afijación empleado consiste en la asignación de ponderaciones diferentes a los estratos, según su interés comercial estimado a priori.

Para los efectos estadísticos, el muestreo por conglomerados se asimila a un muestreo en etapas, aún cuando es necesario destacar que se trata de dos procedimientos diferentes. En el muestreo por conglomerados las parcelas no son en sí unidades de muestreo, sino que solamente unidades de registro de la información, las que aportan finalmente a la determinación de un valor único para el conglomerado.

A objeto de poder trabajar con conglomerados incompletos, sea que éstos se originen por partición de conglomerados en 2 estratos diferentes, o por medición incompleta, se ha empleado un estimador de razón. A fin de evitar los sesgos derivados de una posible asociación entre la frecuencia de conglomerados incompletos y características tipológicas del bosque, este estimador es el de media de razones. El promedio y error típico por Hectárea y por estrato se han determinado empleando las siguientes expresiones:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{a n_j} \sum_{i=1}^{n_j} \frac{m_i \bar{x}_{ij}}{m_i}$$

$\bar{x}_{ij}$  = Promedio total por hectárea del conglomerado i, que posee  $m_i$  parcelas.

$n_j$  = Número de conglomerados en el estrato j.

$a$  = Superficie de las parcelas.

$m_i$  = Número de parcelas en el conglomerado.

El error de estimación del promedio por hectárea del estrato j:

$$S_{\bar{x}_j}^2 = \frac{1}{a^2 n_j (n_j - 1)} \left[ \sum_{i=1}^{n_j} \left( \frac{m_i \bar{x}_{ij}}{m_i} \right)^2 - \frac{\left( \sum_{i=1}^{n_j} \frac{m_i \bar{x}_{ij}}{m_i} \right)^2}{n_j} \right]$$

El valor medio poblacional por hectárea:

$$\bar{x}_t = \sum_{j=1}^k w_j \bar{x}_j$$

$k$  = Número de estratos.

$w_j$  = Proporción de área del estrato j respecto al área boscosa total.

El error de estimación del promedio total poblacional en %:

$$S_{\bar{x}_t} \% = \frac{100}{\bar{x}_t} \sqrt{\sum_{j=1}^k w_j^2 S^2 \bar{x}_j}$$

## 2. Estimación de existencias brutas actuales.

La alta heterogeneidad que caracteriza a los recursos madereros del bosque nativo motiva una presentación altamente desagregada de existencias. El destino de uso que pueda darse a la madera dependerá tanto de las especies como de su calidad y dimensión.

En el sistema que se propone, el volumen cúbico bruto, sin corteza es empleado como expresión básica de cuantía de madera. Esta es asignada, por secciones, a categorías de calidad y dimensión, separadamente para cada especie.

Las existencias son presentadas así, para cada estrato, en forma de un arreglo a 3 dimensiones (V) donde cada elemento  $v_{i,j,k}$  representa el volumen —como promedio por hectárea— para un estrato dado, correspondiente a una especie "i", a la clase diamétrica —central de la sección— "j" y de la clase de calidad "k".

A continuación se describe el procedimiento de estimación de existencias brutas y netas, ilustrando esquemáticamente en la figura 1.

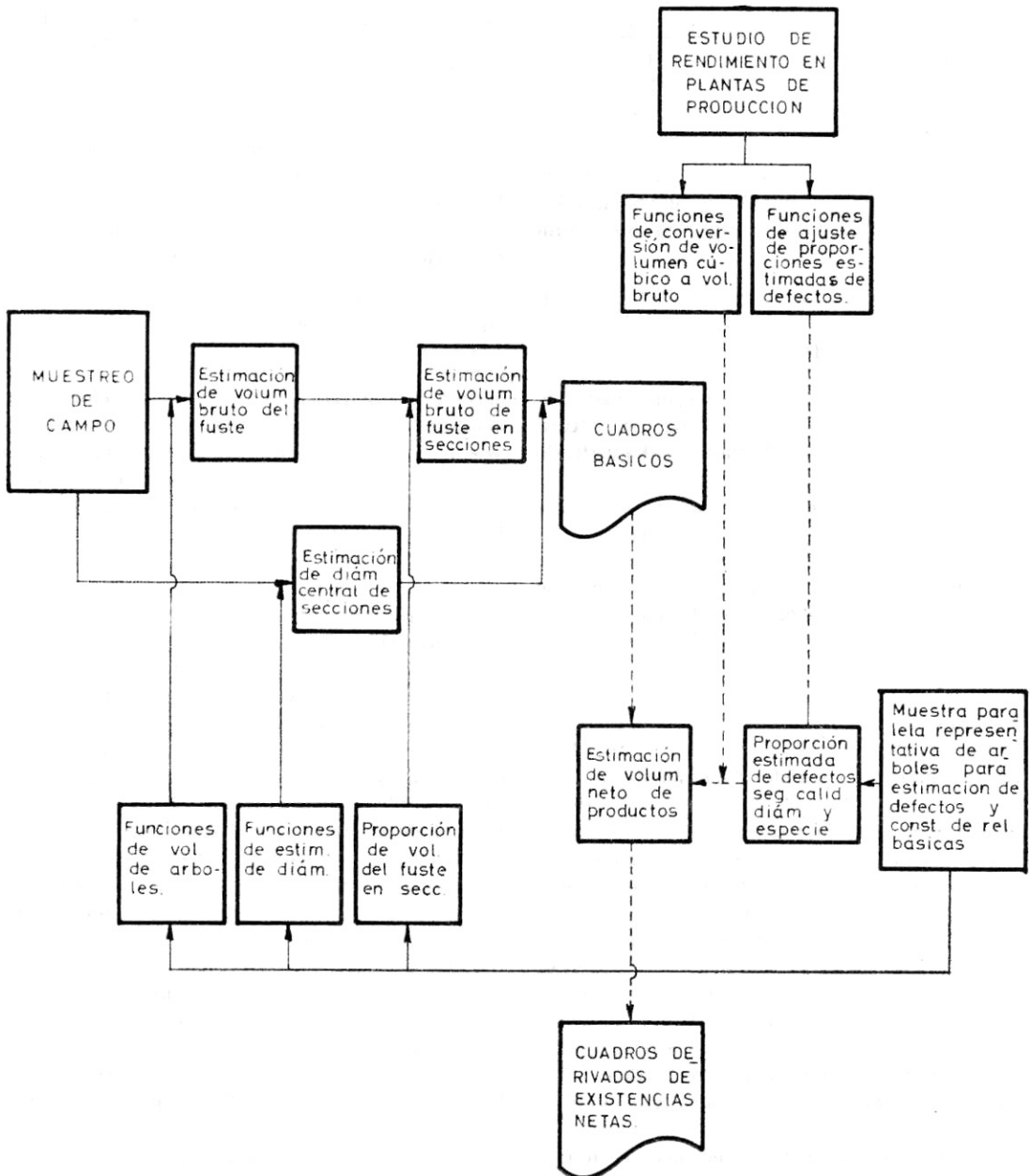
Para la obtención de las existencias actuales se emplean una serie de relaciones básicas que, en tanto no puedan definirse en forma general, deben ser ajustadas específicamente en cada caso. Para ello se ha realizado en los dos inventarios regionales mencionados y en forma paralela a la mensura de terreno, un muestreo en el el cual se ha reunido información de árboles individuales. Para asegurar la representatividad de la muestra logrando al mismo tiempo mantener este proceso dentro de costos razonables, se ha obviado un muestreo simultáneo, a manera de un muestreo en fases, efectuándose en cambio la recolección sistemática de información a lo largo de líneas de muestreo distribuidas sobre todos los tipos forestales y orientadas en forma que cubran la mayor gama posible de condiciones diferentes de sitio.

### 3.1. División del fuste en secciones

Para efectos de la asignación de existencias a categorías de calidad y dimensión, se ha dividido el fuste en un número variable de secciones de igual longitud. Mediante este sistema de seccionamiento se persiguen 2 fines principales:

- Separar los procesos de seccionamiento y de la medición de altura representativa del árbol, dando con ello una mayor flexibilidad a la primera actividad.
- Mantener la dimensión de las secciones en un rango de dimensión que sin tener la rigidez de los procedimientos habituales, resulte en dimensiones usuales de trozado efectivo y por ello de comercialización y clasificación de las trozas.

Fig 1. SISTEMA DE DETERMINACION DE EXISTENCIAS



En el cuadro N° 1 se presenta el número de secciones en que se divide el fuste, dependiendo de su longitud.

**Cuadro N° 1.- Número de secciones de igual tamaño en que se divide el fuste para efectos de su clasificación.**

Longitud del fuste (m)	Número de secciones
4 a 7.9	1
8 a 15.4	2
15.5 a 23	3
sobre 23 m	4

El seccionamiento se practica con ayuda de una reglilla dividida en 4 secciones iguales empleando un principio geométrico muy simple.

$$\frac{V}{d^2 h} = b_0 + b_1 h + b_2 \frac{1}{h} + b_3 \frac{1}{d^2} + b_4 \frac{1}{dh} + b_5 \frac{1}{d^2 h}$$

Los términos que dieron mejor resultado son en conjunto el inverso de la altura (1/h), el inverso de los diámetros al cuadrado (1/d<sup>2</sup>) y la interacción de ambos (1/d<sup>2</sup>h).

mo modelo más simple puede recomendarse en general aquél que emplea el inverso de la altura:

$$\frac{V}{d^2 h} = b_0 + b_1 \frac{1}{h}$$

Al emplear la variable dependiente  $\frac{V}{d^2 h}$ ,

se logra mantener la varianza, si no totalmente homogénea, al menos con un rango de variación menor, dando así mayor validez al análisis de regresión paso a paso.

El volumen total del fuste es luego repartido entre las secciones en base a coeficientes de distribución. Estos coeficientes muestran una alta consistencia (Husch, Miller y Beers, 1972; J. P. Lanly, 1969) que ha sido corroborado en estudios preliminares realizados en la zona cordillerana de la provincia de Valdivia.

### 3.3. Clasificación de calidad de las secciones

Cada sección del fuste se clasifica según calidad, tomando en consideración 3 factores: sanidad, forma y cantidad y distribución de ramas. Dada la inexistencia de normas para la clasificación de trozas y al no existir aún

El rango de longitud de fuste correspondiente a cada número de secciones asegura a éstas una longitud que siempre fructuará entre 12 y 24 pies (3.75 y 7.5 m).

### 3.2. Volumen de secciones

La determinación del volumen de secciones se hace indirectamente, con ayuda de funciones de volumen de árboles y mediante el empleo de coeficientes de distribución de volumen en el fuste (Lanly, 1969).

Las funciones de volumen de árboles se han construido mediante análisis de regresión paso a paso, empleando un modelo que incluye los términos que en pruebas preliminares resultaron relacionadas significativamente con la variable dependiente empleada:

estudios objetivos sobre la asociación entre apariencia del árbol y cuantía de los defectos internos, se ha optado por una clasificación muy general y simple reconociendo 3 niveles para cada uno de los factores de clasificación. Estas calificaciones se registran separadamente.

### 3.4. Clasificación de las secciones según dimensión

La variable dimensional adoptada para caracterizar cada sección es el diámetro con corteza al centro de ella.

Este diámetro es estimado en base a funciones lineales muy simples que emplean como variables independientes el diámetro al comienzo de la copa y el diámetro a 1.30 m. Tales funciones son específicas para cada sección, según su número y posición y se han mostrado en principio en alto grado independientes de las especies y dimensión de los árboles.

Ello se explica por el hecho que el diámetro a estimar se ubica siempre a una misma altura relativa y en árboles ya segregados en clases de altura.

Una función que en estudios preliminares ha mostrado gran consistencia es la siguiente:

$$\frac{d_{ci,j}}{d} = a_{i,j} + b_{i,j} \frac{d_{cc}}{d}$$

$d_{ci,j}$  = diámetro al centro de la i-ésima sección en un árbol de "j" secciones.

$d$  = diámetro a 1.30 m.

$d_{cc}$  = diámetro al comienzo de la copa.

$a_{i,j}$ ;  $b_{i,j}$  = coeficientes de regresión.

El diámetro al comienzo de la copa puede ser estimado ocularmente con precisión aceptable. En caso de mayores exigencias podrá ser estimado con algún dendrómetro simple (pentaprisma de Wheeler o diatrombo), pero aún no se ha comprobado la imprescindencia de su empleo. Real (1976) ha demostrado además la existencia de una alta correlación entre el diámetro al comienzo de la copa —variable dependiente— el diámetro a la altura del pecho. Ello sugiere la posibilidad de desarrollar en el futuro estimaciones de diámetro central de secciones en base a esta última variable, obviando la determinación de diámetro al comienzo de la copa.

#### 4. Estimación de existencias netas

La estimación de existencias netas en relación a un determinado producto consiste en una modificación de la matriz de existencias brutas, reduciéndola por eliminación de aquellas categorías de especie, dimensión o calidad inaceptables y ajustando los restantes elementos mediante factores, funciones o matrices de ajuste construidos especialmente con tal fin.

Los elementos de ajuste de las existencias brutas de categorías aceptables se obtienen al relacionar las variables de clasificación de las secciones con las proporciones de volumen neto medido en los árboles que constituyen la muestra para ajuste de relaciones básicas. La relación entre la proporción de volumen neto y las variables de clasificación de secciones por dimensión y calidad se obtienen mediante técnicas estadísticas (Lanly, 1969).

Las funciones de defectos tienen un carácter específico, en tanto no se compruebe su validez general y deben ser, por lo tanto, ajustadas para cada inventario. De acuerdo a las funciones específicas de defecto ajustada, se obtendrá un coeficiente que al multiplicarlo por el volumen bruto proveerá de una estimación de existencias netas en pie de esa categoría. Estas funciones, según las peculiaridades de los defectos que afectan a cada especie podrán consistir de una o más variables independientes (diámetro central, diámetro a 1.3 m, calificación por sanidad, calificación por forma) o ninguna.

Este último caso conduce a la aplicación de factores promedios de descuento por defectos, como se procede frecuentemente en inventarios forestales.

La existencia netas en pie deben ser luego ajustadas a existencias netas estimadas en cancha de cargío, tomando en cuenta las pér-

didadas que se producirán en la explotación y la proporción de volumen dejado en pie. Aún cuando esta parte del sistema es en extremo costoso, es imprescindible obtener cifras aproximativas de validez general, para diferentes condiciones de explotación. De nada vale el esfuerzo destinado a obtener estimaciones de existencias en pie muy precisas, si no se hace debida consideración de estos últimos factores de reducción de disponibilidades.

#### 4.1. Estimación de volumen de productos

Las existencias netas mencionadas deben ser transformadas a volumen de productos mediante funciones apropiadas de transformación. Ellas deben basarse en el diámetro central como dimensión representativa de la sección.

Las reglas madereras comunes no podrán ser empleadas por el sistema sin una previa transformación. Es interesante, sin embargo, considerar la regla internacional, que en general ha resultado adecuada a las condiciones reales de rendimiento, para avanzar ideas sobre un posible modelo eficiente. La regla internacional sugiere una relación polinomial de 2° grado entre el volumen aserrable y el diámetro menor de la troza. No hay razón para pensar que la relación con el diámetro central sea diferente:

$$v. \text{ aserrado} = a + b d_c + c d_c^2$$

Por otro lado se acepta la siguiente función para estimar el volumen cúbico de la troza:

$$v = k d_c^3$$

De aquí que la proporción de volumen aserrable o la cantidad de pies madereros por metro cúbico (PVA) sea:

$$PVA = \frac{v. \text{ aserrado}}{v. \text{ cub. bruto}} = \frac{a + b d_c + c d_c^2}{k d_c^3}$$

$$PVA = b_0 + b_1 \frac{1}{d_c} + b_2 \frac{1}{d_c^2}$$

La estimación de volumen de otros productos puede realizarse en forma similar, a partir de funciones de transformación ajustadas en instalaciones industriales.

#### 4.2. Existencia hasta diámetros límites variables.

La evaluación de recursos para múltiples alternativas de aprovechamiento introduce un elemento que complica notablemente el siste-

ma de inventario, por cuanto será necesario determinar existencias hasta diferentes diámetros límite de utilización.

En un principio este problema se abordaba mediante el empleo de tantas funciones de volumen como diámetros límites se consideren (Instituto Forestal, 1966a). Ultimamente se ha procedido empleando funciones de ahusamiento o modelos de árboles (Loetsch, Zoehrer y Haller, 1973).

Con el empleo del sistema de presentación de existencias propuesto, el problema de estimaciones volumétricas hasta diferentes diámetros límites no representa un problema adicional, ya que el volumen acumulado hasta una clase de diámetro cualquiera (al centro de sección) corresponde con gran aproximación al volumen hasta igual diámetro límite. Esto quiere decir que la clase diamétrica al centro de las secciones puede a su vez considerarse como diámetro límite de aprovechamiento. La validez de este supuesto se basa en un largo promedio similar en las distintas clases diamétricas —hecho que en general se aproxima—, en una conicidad similar y en una distribución uniforme de secciones por clase diamétrica. El volumen contenido en una determinada clase diamétrica, sobre el diámetro límite fijado, queda compensado con el volumen que poseen las clases diamétricas superiores, bajo ese diámetro límite.

En el cuadro N° 2 se presenta a manera de ejemplo una tabla de existencia simulada, de estructura muy simple, que muestra cómo coincide el volumen entre clases diamétricas con los volúmenes entre diámetros límites, tomando las clases de diámetros centrales como éstos últimos. El ejemplo se ha desarrollado sobre los supuestos de igual longitud de secciones (5 m), igual conicidad (1 cm por metro lineal de sección) y un número uniforme de secciones por clase diamétrica. Puede verse que bajo estos supuestos la coincidencia es prácticamente absoluta.

Por cierto que el supuesto de distribución uniforme de frecuencias no se cumple, pero este hecho no es razón suficiente para depreciar esta tan simple aproximación hacia existencias segregadas según diámetros límites de utilización.

## 5. Información descriptiva de rodales

Además de la información sobre existencias actuales, comercialmente aprovechables, el sistema proporciona la información requerida

ordinariamente en la toma de decisiones para el manejo del bosque. Esta información es la siguiente;

- a) Tablas de rodal y existencias por hectárea. Presenta el número de árboles, área basal, volumen cúbico bruto (de fuste y copa) y, opcionalmente, estimaciones de existencias netas (Cox y Peters, 1975).
- b) Tablas de existencia de árboles de valor futuro. Fijado arbitrariamente un diámetro límite a 1.30 m, el sistema proporciona las existencias —número de árboles y volumen total— de los árboles de diámetros menores, clasificados por especie y clases de calidad. Para ello se emplea un criterio de clasificación de calidad que apunta, más que a su aprovechamiento comercial actual, a las posibilidades de desarrollo en el futuro.
- c) Información de las unidades muestrales. Se listan las características relevantes del bosque en cada unidad muestral: altura total dominante, diámetro medio, número de árboles, área basal y volumen cúbico total por hectárea. Proporciona, además, la suma de los volúmenes al cuadrado por sub-parcela, para un eventual cálculo de la intravarianza, cuando la unidad muestral corresponde a un conglomerado.

## 6. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información obtenida en un inventario puede efectuarse por diferentes sistemas que consideran un menor o mayor empleo de recursos computacionales electromecánicos o electrónicos. A medida que aumentan las exigencias de flexibilidad de la información, aumenta igualmente la necesidad de emplear procedimientos computacionales complejos.

El empleo de técnicas de procesamiento electrónico de datos en mensura forestal se remonta probablemente a los albores de la computación electrónica y ha experimentado un avance paralelo al que puede observarse en otras actividades (Loetsch, Zoehrer y Haller, 1973).

El sistema de inventario es tratado en su totalidad mediante procesamiento electrónico que se describe esquemáticamente en la figura 2.

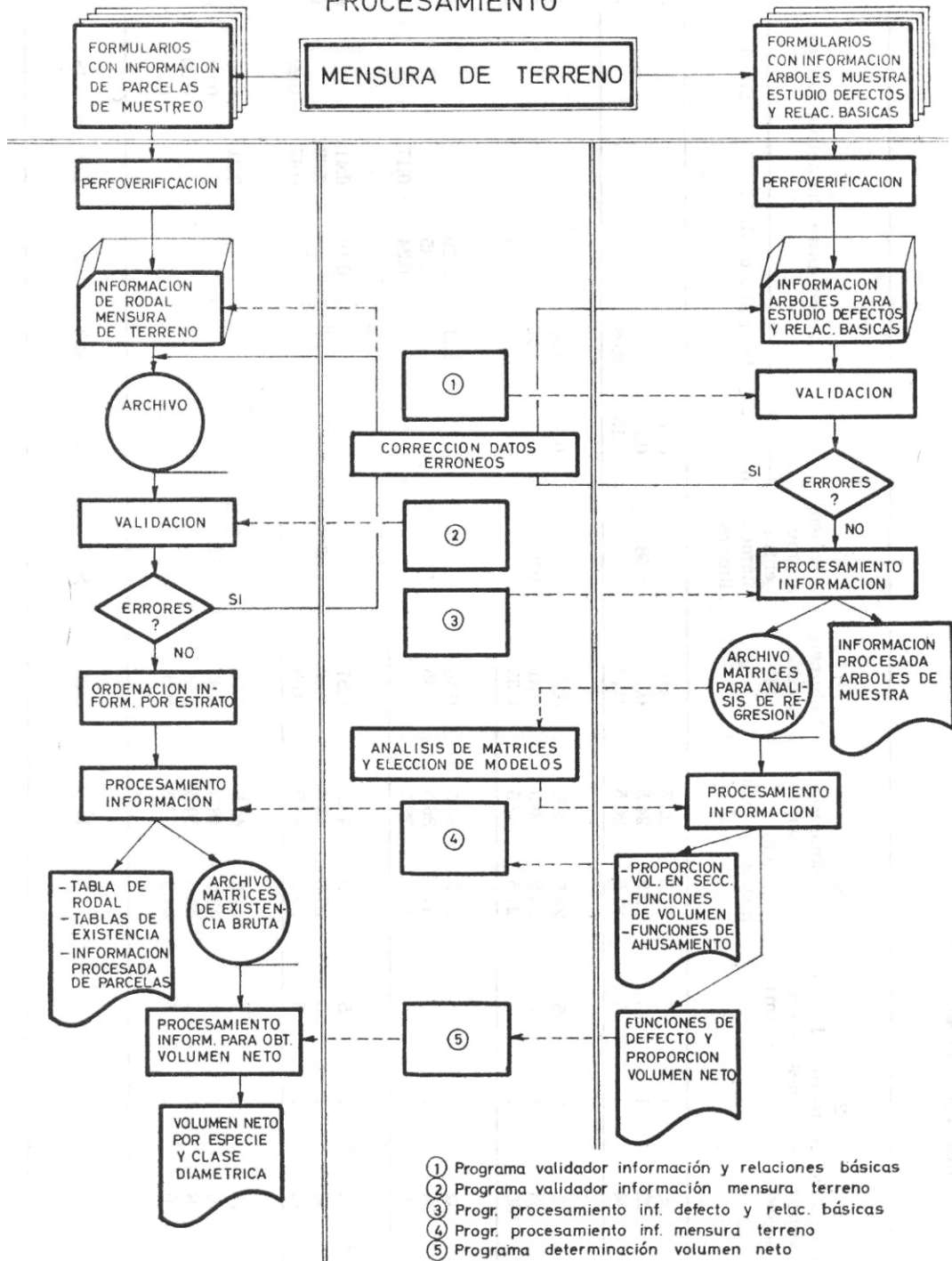
La mensura de terreno proporciona la información básica para la determinación de existencias y para la construcción de los cua-



**Cuadro N° 2.- Volumen entre clases de diámetro al centro de secciones comparado con volúmenes entre correspondientes diámetros límites. Ejemplo simulado.**

	1 Diámetro centro sección	2 Número secciones	3 Largo sección (m)	4 5 Diámetro sección (cm) menor mayor		6 Volumen sección m³	7 Volumen acumul. entre diámet. límites	Volumen entre diámetros límites							
				d < 25	25 >			d < 31	31 >	d < 37	37 >	d < 43	43 >	d	TOTAL
25	20	1	5	17.5	22.5	0.16	0.58	0.16						0.16	
	22	1	5	19.5	24.5	0.19		0.19							0.19
	24	1	5	21.5	26.5	0.23		0.15	0.08						0.23
31	26	1	5	23.5	28.5	0.27	0.93	0.07	0.20					0.27	
	28	1	5	25.5	30.5	0.31		0.31							0.31
	30	1	5	27.5	32.5	0.35		0.23	0.12						0.35
37	32	1	5	29.5	34.5	0.40	1.36		0.11	0.19				0.40	
	34	1	5	31.5	36.5	0.45		0.45							0.45
	36	1	5	33.5	38.5	0.51		0.34	0.17						0.51
43	38	1	5	35.5	40.5	0.57	1.89			0.16	0.41			0.57	
	40	1	5	37.5	42.5	0.63		0.63							0.63
	42	1	5	39.5	44.5	0.69		0.47	0.22						0.69
	44	1	5	41.5	46.5	0.76	3.47				0.21	0.55		0.76	
	46	1	5	43.5	48.5	0.83		0.83							0.83
	48	1	5	45.5	50.5	0.90		0.90							0.90
	50	1	5	47.5	52.5	0.98		0.98							0.98
TOTAL						8.23	8.23	0.57	0.93	1.36	1.89	3.48	8.23		

Fig. 2. SISTEMA DE DETERMINACION DE EXISTENCIAS NETAS PROCESAMIENTO



dros y parámetros descriptivos que se requerirán para el manejo del bosque. Proporciona también la información necesaria para la construcción de las relaciones dendrométricas básicas requeridas por el sistema:

- Funciones de volumen
- Funciones para estimación de diámetro central de secciones
- Coeficiente de distribución del volumen en el fuste
- Funciones de defecto y proporción de volumen neto.

El sistema está formado por 5 programas principales, escritos en Fortran IV. El mayor de ellos requiere de una capacidad de memoria cercana a los 90 K., por lo que debe ser procesado en un sistema IBM-360 o similar o superior en capacidad. Los programas son los siguientes:

- a) Programa validador de la información para relaciones básicas.
- b) Programa validador de la información para determinación de existencias.

Estos programas, junto con validar la información registrada en tarjetas, disco o diskettes proporciona algunos parámetros requeridos para la operación de los programas que los siguen, de aquí la inconveniencia de emplear programas estándar.

- c) Programa procesador de información para relaciones básicas. El programa genera las matrices de sumas y productos requeridos para los análisis de regresión. El ajuste de las funciones se realiza en un terminal APL-360, aprovechando las ventajas que para estas operaciones presenta un lenguaje conversacional (O. García, 1973).
- d) Programa procesador de la información para determinación de existencias. Este programa produce las tablas generales de rodal y existencia, las tablas de existencias comerciales y las tablas de existencia de árboles de valor futuro. Produce además una serie de parámetros característicos de

las unidades muestrales con número de árboles por hectárea, diámetro medio, área basal, volumen por hectárea y suma de volúmenes al cuadrado de las sub-parcelas para el cálculo eventual de la intravarianza.

- e) Programa para determinación de existencias netas. Este programa ajusta las matrices de existencia bruta mediante las funciones de proporción de volumen neto, los conjuntos de restricciones fijadas y los restantes elementos mencionados que conducen a la obtención de existencias netas. No existe un programa estándar desarrollado dada su especificidad.

Cuando han existido a priori objetivos claros respecto a la información de existencias netas que debe entregar el inventario, éstas han sido estimadas mediante subrutinas montadas en el programa d).

## CONCLUSION

El sistema de inventario presentado en general y en sus aspectos relevantes ha sido propuesto más bien como una primera aproximación y como una forma de captar información normalizada que permita evaluar éstas y otras alternativas de procedimiento.

No se ha entrado aquí en mayores detalles, especialmente respecto a las relaciones básicas que implementan el sistema, dado el interés meramente local de ellos tendrán y en consideración a que están en proceso varios estudios parciales respecto a ellas.

Los aspectos estadísticos del sistema son tratados en forma muy parcial, puesto que si bien el sistema proporciona el error probable de muestreo de las existencias cúbicas brutas totales, y resultaría fácil obtener adicionalmente los errores de muestreo correspondiente a cada categoría de existencias brutas segregadas por especie, calidad y dimensión, no es igualmente simple la determinación de errores probables para las existencias netas.

Se estima, finalmente, que el sistema diseñado puede ser útil y que sin pretender un carácter de máxima eficiencia, puede dar las respuestas más urgentes para el manejo y aprovechamiento racional del bosque nativo.

R E F E R E N C I A S

- ARVANITIS, L.G. y O'REGAN, W.G., 1972. Cluster or satellite sampling in forestry: A Monte Carlo computer simulation study. I.U.F.R.O. 3rd Conference Adv. Gr.For. Statistit. I.N.R.A. Publ. 72-3, Paris.
- COX, F. y PETERS, R., 1975. Inventario Forestal de la Cordillera de la Costa de la provincia de Valdivia. (Publicación mimeografiada de circulación restringida) 114 pp.
- FAO, 1974. Manual de inventarios Forestales con especial referencia a bosques mixtos tropicales.
- GARCIA, O., 1973. Programas en APL para regresión paso a paso. Instituto Forestal, Informe Interno F-1 (Mimeografiado).
- HOWARD, J.A. y LANLY, J.P., 1975. Detección remota para reconocer bosques tropicales. Unasylya, vol. 27 N° 108 p. 32-37.
- HUSCH, B., MILLER, C.I. y BEERS, T.W., 1972. Forest Mensuration. The Ronald Press Co., N.Y. 410 pp.
- INSTITUTO FORESTAL, 1965. Empleo de fotografías aéreas en inventarios del bosque nativo. Nota Técnica N° 3.
- INSTITUTO FORESTAL, 1966. Clasificación preliminar del bosque nativo de Chile. Informe Técnico N° 27.
- INSTITUTO FORESTAL, 1966a. Tabla de volúmenes para pino insigne. Boletín Técnico N° 2.
- LANLY, J.P., 1969. Estimation of the commercializable volumes in tropical forest inventories. I.U.F.R.O. Sec. 25 Conference 2-4 July 1969, Reinbek, Germany.
- LOETSCH, F., ZOEHRER, F. y HALLER, K.E., 1973. Forest Inventory. Vol. 2 B.L.V. Verlagsgesellschaft. München. 469 pp.
- REAL, P., 1976. Algunas relaciones dendrométricas básicas para inventarios en bosque nativo. En prensa.
- RODRIGUEZ, D., 1973. Fotointerpretación y producción de un mapa planimétrico: La zona del Complejo Panguipulli, provincia de Valdivia. Universidad Austral de Chile, Charlas y Conferencias N° 1.