
PROGRAMA DE INVENTARIO CONTINUO DE LOS RECURSOS COMPRENDIDOS EN LOS ECOSISTEMAS FORESTALES NATIVOS.

Carlos Bahamondez y Marjorie Martin, Instituto Forestal, Sede Valdivia, Chile. cbahamon@infor.cl; mmartin@infor.cl

RESUMEN

Los inventarios forestales son una herramienta indispensable para la planificación, no solo productiva sino que también en materia de manejo forestal, protección, infraestructura caminera y otros muchos aspectos relacionados con el quehacer forestal.

Tradicionalmente los inventarios de los recursos forestales respondían a necesidades específicas de proyectos y en áreas geográficas determinadas, reunían información sobre superficie, especie o tipo forestal y existencias volumétricas, y a menudo no eran actualizados o esto se hacía muchos años después.

Hoy se requiere de información actual sobre los recursos forestales, sean éstos plantaciones o bosques nativos, y de más detalle, en especial en los segundos. Los bosques tienen una multiplicidad de funciones que desde hace años han estado adquiriendo cada día mayor importancia, más allá de la madera para fines industriales, como madera aserrada, pulpa y papel, tableros, chapas y otros, los bosques ofrecen una variedad de otros bienes y servicios, como alimentos, productos medicinales, extractos, aceites esenciales, plantas ornamentales, curtientes, semillas y muchos otros, y diversos servicios ambientales, relacionados con el suelo, el clima, el agua, la flora y la fauna, el paisaje y otros.

Iniciado el Siglo XXI, ya resulta impensable el manejo forestal en términos sustentables sin considerar la multifuncionalidad de los bosques y, muy especialmente, de los bosques nativos. Esta es la razón por la que el Instituto Forestal está desarrollando un Programa Permanente de Inventario Forestal Continuo de los Recursos Forestales, que tiene por objeto mantener actualizado el inventario forestal del país y con información no solo de superficies y volúmenes sino también de vegetación menor, regeneración natural, sanidad, fauna, suelo, erosión, agua y otros factores del sitio y del entorno, indispensables para el manejo forestal integral y sustentable, considerando las potencialidades y la estabilidad del recurso.

En presente trabajo se muestra brevemente el marco conceptual metodológico de este Programa de Inventario Forestal Continuo.

Palabras clave: Inventario Forestal Continuo, Inventario Ecosistémico.

SUMMARY

Forest inventory is a key tool to forest planning, not only regarding to production but also to forest management, protection, infrastructure and many other subjects related to forestry.

Traditionally, forest resources inventories were carried out to support specific projects or particular information needs on the forest resources of a particular area, results usually were represented as areas and stockings, and further updates were not considered.

Nowadays, updated and more detailed information on forest resources is required, for both planted and native forests and especially for the second. Forests have a great variety of functions which had acquired an increasing importance during the last years. Beyond wood for industrial purposes, as sawn wood, pulp, boards and others, forests provide a number of goods and services, as foods, medicinal products, oils, ornamental plants, seeds, tannins, and many others, and services related to air, water, soil, climate, flora and fauna, landscape, and others.

Beginning the XXI Century, sustainable forest management is unthinkable without taking in due account that variety of functions of forests, mainly the native ones. This is the reason why the Chilean Forest Institute is carrying out, as an special priority, the Forest Continuous Inventory Program whose main objective is to maintain an updated country's forest inventory with the forest areas and stocking data and also with information on minor vegetation, regeneration, soils, water, erosion, fauna, phytosanitary subjects, natural regeneration, and other site and environment factors, representing important inputs for forest management accordingly to the potential and the stability of the resources.

This paper offers a summarized overlook on the conceptual and methodological framework of the Continuous Forest Inventory Program.

Key words: Forest Continuous Inventory, Ecosystemic Inventory.

INTRODUCCIÓN

En el año 1999 el Instituto Forestal propuso al Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI) de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) el proyecto Nueva Capacidad para la Configuración de un Sistema Único de Información Forestal, el cual considera el problema de la generación de información para el sector forestal chileno, bajo una perspectiva de eficiencia metodológica y tecnológica, para apoyar a los entes que toman decisiones respecto del sector forestal.

CORFO adjudicó a INFOR la realización de este trabajo y producto de esto se genera un modelo integrado de datos que permite tratar toda la información de superficies y existencias de las formaciones nativas y exóticas del país, el cual es manejado en forma estándar y única por un sistema que evita dobles cifras oficiales o contradicciones y aumenta la eficiencia en la obtención y publicación de resultados. Adicionalmente, se genera un conjunto de pruebas piloto relacionadas al rescate de información desde terreno para las formaciones nativas por la vía de la aplicación del concepto de Inventario Continuo de los recursos, lo cual permite describir las grandes tendencias, dar cuenta de las mejores opciones productivas del recurso según su contexto local y geográfico, y permite establecer políticas de mediano y largo plazo basadas en antecedentes cuantitativos objetivos, estadísticamente sólidos y confiables. La aplicación piloto es efectuada en la Región de La Araucanía.

Como resultado es definido el diseño del Inventario Continuo de los recursos comprendidos en los ecosistemas nativos, así como su natural y necesaria conexión e interrelación con el proyecto Catastro Vegetacional de CONAF y CONAMA, el cual da cuenta de la dinámica de las clases de uso del suelo y sus tipos forestales, mientras que el Inventario Continuo aborda las existencias de productos y los factores ambientales allí presentes, complementándose así para constituir una poderosa herramienta de producción de información. Esta iniciativa resulta única en Sudamérica y su nivel de desarrollo técnico se encuentra ampliamente sustentado por el apoyo de países como Finlandia, Estados Unidos y Canadá entre otros.

En el año 2001 se dio inicio, bajo el Programa de Inventario Continuo de INFOR, al proyecto Caracterización Productiva de los Recursos Forestales Nativos de las Regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos, también financiado por FDI – CORFO y adjudicado a INFOR en Diciembre del 2001, en el Tercer Concurso Regional de Proyectos del FDI.

Este proyecto en las tres regiones mencionadas comprende la aplicación de metodologías de sensores remotos, modelos digitales de terreno, cartografía del Catastro CONAF-CONAMA e información auxiliar, en un esquema de inventario de múltiples fuentes, utiliza todo tipo de información existente para apoyar sus estimaciones; de múltiples niveles, ejecuta mediciones no solo de árboles de tamaño maderable tradicional, sino toda la gama de tamaños desde la regeneración a adultos; y de múltiples recursos, da respuesta a varios tipos de recursos además de los individuos arbóreos, considera suelo, desechos, fauna, y bioindicadores, como líquenes y otros. Es un inventario de carácter continuo, busca obtener una adecuada caracterización productiva de los recursos contenidos en los ecosistemas forestales nativos y permitir su posterior monitoreo en el marco de las demandas de información nacional e internacional.

Los resultados de este proyecto involucran aspectos de diversa índole, temas como existencias, crecimiento, mortalidad, superficies, biodiversidad, uso del suelo, vida silvestre, aspectos sanitarios, bienes y servicios del bosque, tales como paisaje, acumulación de carbono, y posibilidades productivas actuales y futuras, entre otros, son antecedentes que responden a diversos niveles de precisión en materia de generación de resultados e información del proyecto.

Como herramienta para enfrentar esta tarea y otras relacionadas a los ecosistemas forestales, se ha considerado el uso de esquemas muestrales, caracterizados por ser sólidos y con indicadores de calidad estadística, ser lo más amplios posible, dar respuesta al máximo de interrogantes, ser consistentes en el tiempo, proveer información actualizada y oportuna, ofrecer antecedentes importantes para apoyar el proceso de toma de decisiones y ser de bajo costo relativo.

En el contexto descrito el proyecto forma parte de los lineamientos estratégicos de INFOR, en especial en lo referente a la necesidad de establecer un Programa de Inventario Continuo de los Recursos Asociados a los Ecosistemas Forestales Nativos en Chile, que tiene por objetivo el promover la generación de información respecto al estado y condición de los bosques naturales del país por la vía del procesamiento y análisis de los datos recolectados en forma periódica desde puntos permanentes en terreno.



Así, el proyecto Caracterización Productiva de los Recursos Forestales Nativos de las Regiones de La Araucanía, los Ríos y Los Lagos constituyó la primera etapa en la implementación operativa del Programa de Inventario Continuo. El trabajo se inició en las regiones indicadas, cuya importancia relativa, desde el punto de vista de sus posibilidades de desarrollo sectorial, es alta, dada su actual infraestructura vial y portuaria, su densidad poblacional y la superficie de bosques que acumulan. Se trata de 4,5 millones de hectáreas de bosque nativo, que representan más del 30% de la superficie total de este recurso en el país.

El objetivo general es ahora de carácter más operativo que metodológico, a diferencia del proyecto del año 1999, y busca crear la información base sobre las existencias y potencialidades de los recursos forestales asociados a los ecosistemas nativos en las regiones en estudio, información imprescindible para la planificación productiva de los recursos bajo conceptos de equilibrio ecológico, social y económico.

MARCO METODOLÓGICO

Como una forma de simplificar los ecosistemas se ha recurrido a modelarlos de acuerdo a ciertas características que les son más relevantes, éstos representan en forma objetiva los componentes principales de vegetación, suelos, agua y vida silvestre. Para ello se recurre a la definición de un conjunto de más de 60 variables clasificadas en:

Variables del entorno

Variables de parcela

Variables de árboles

Variables del suelo

Variables de regeneración y vegetación

Variables de mortalidad y desechos leñosos

Muestreo de líquenes

Diseño Muestral

El Inventario Continuo considera un diseño bi-etápico en conglomerados distribuidos en forma sistemática en malla triangular. La unidad muestral corresponde a un conglomerado de tres parcelas circulares concéntricas de radio fijo y de área equivalente.

La malla sistemática es irregular en el sentido de los ejes Norte-Sur (7 km) y Este-Oeste (5 km), y cada punto de intersección o vértice del triángulo corresponde a una unidad muestral. En la Figura N° 1 detalle del diseño y de la parcela concéntrica que compone cada conglomerado.

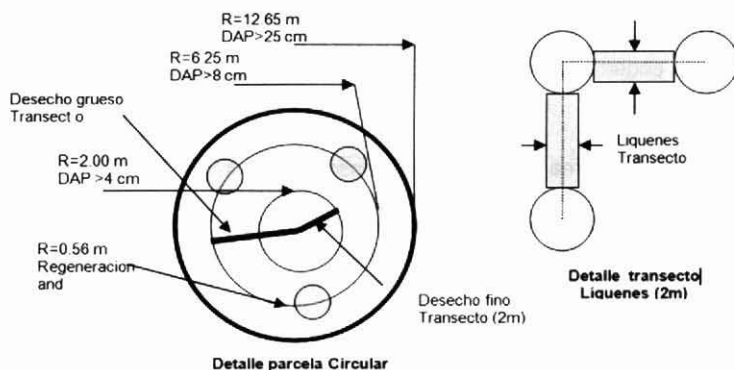


Figura N° 1. Layout del diseño muestral aplicado en terreno

A partir de las unidades muestrales definidas en el diseño muestral y del número definitivo medido en la toma de datos de terreno en la temporada verano de 1999-2000, se procede a calcular algunos estadígrafos que reflejan la calidad de la estimación por la vía de describir la incertidumbre estadística asociada a los estimados. Así, los estimados de las existencias volumétricas (m^3ssc) de la población definida según los párrafos anteriores son:

- Cálculo de la Media Total y Existencias Totales

$$\mu = \frac{\sum_{mn} V_{ij}}{MN}$$

Donde:

μ : Media total estimada (m^3ssc / ha)

V_{ij} : Volumen cúbico sólido en pie de la parcela i ($i=1, N$), de la unidad $j=\{1, M\}$

- Cálculo del Error Estándar de la Media Total

El error estándar de la media total se estima a partir de la siguiente expresión de errores cuadrados entre unidades primarias, en el supuesto que la población en ambas etapas es infinita de acuerdo a:



$$\text{Var}(\mu) = \frac{\sum_j^M n_j (v_j - \mu)^2}{\left(\sum_j^M n_j\right)(M-1)}$$

Donde:

- v_j : Volumen medio por hectárea de la unidad j ($\text{m}^3\text{ssc} / \text{ha}$)
- μ : Volumen medio total del área de estudio ambas regiones
- n_j : Número de parcelas secundarias de la unidad j
- M : Número total de unidades primarias muestreadas

- Cálculo del Error Asociado a la Media Total

El cálculo del error de la media total y por ende de las existencias estimadas se calcula como:

$$\text{Error}(\mu) = t_g \hat{S}$$

Donde:

Error (μ) : Error de la media total (m^3ssc)

\hat{S} : Desviación estándar de la media en (m^3ssc)

De forma similar, las expresiones anteriores se aplican para esquemas más desagregados de estimación, como cálculo de las existencias a nivel regional, provincial, por tipo forestal, por ejemplo, y sus respectivos errores muestrales.

Materiales, Tecnologías y Metodologías Utilizadas

- Materiales Auxiliares de Apoyo

El inventario se basa en los polígonos de uso del suelo definidos por el proyecto Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales de Chile desarrollado por CONAF-CONAMA⁷ (1997). Adicionalmente, hace uso de información satelital, cartografía de curvas de nivel del Instituto Geográfico Militar (IGM) escala 1:50.000, e información resultante de proyectos relevantes desarrollados por INFOR, y otras instituciones afines.

- Tecnologías de Apoyo

El proyecto hace uso de tecnologías de Internet para el apoyo a sus operaciones por la vía de captura de datos en medio electrónico (PDA) en terreno, conexión a Internet y vaciado a Servidor de WEB. Se realiza una lectura directa y poblamiento de Base de Datos disminuyendo el tiempo de procesamiento y evitando errores por manipulación excesiva de los datos.

Otro aspecto de interés corresponde al uso de tecnologías de servidores de mapas para el apoyo a la difusión y transferencia de los resultados, tanto espaciales como tabulares. Esta tecnología permite el acceso interactivo a usuarios en WEB por medio del ARC IMS® de ESRI y manipulación en browser como Internet Explorer® de los mapas regionales y la base de datos asociada.

- Metodologías para Análisis y Generación de Resultados y Mapas Temáticos

Métodos de proyección y planificación de bosques son aplicados sobre el inventario con el objeto de conocer la disponibilidad futura de madera nativa, información altamente relevante al momento de definir planes tácticos de acción sobre determinadas áreas específicas o de interés.

Algunos de los mapas temáticos resultantes son generados por medio de métodos de interpolación estadística, ya sea paramétricos o no paramétricos. Métodos geoestadísticos son utilizados para la generación de mapas temáticos en conjunto con material auxiliar satelital y derivado del modelo de terreno (altitud y pendientes). Otros métodos son también aplicados de acuerdo a la naturaleza o definición del proceso bajo interpolación, así métodos como el k-vecino más cercano o similares se aplican también en algunos casos.

Todos los mapas raster y vectoriales y material similar, se manipulan y administran por medio de un Sistema Geográfico de Información institucional ARC/INFO® y PAMPAP®, mientras que el procesamiento de imágenes satelitales y digitales se realiza por medio del paquete EASI PACE® de PCI

RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL CONTINUO

Resultados Tabulares

Comprenden todas las tablas de resultados, que describen las existencias totales, por unidad geográfica, administrativa o tipos de bosque o especies. Innumerables tablas de este tipo comprenden una completa descripción del recurso nativo y su actual estado y condición.

Resultados Cartográficos

Los resultados cartográficos resumen y sintetizan los resultados en forma espacial, en mapas temáticos de volumen por hectárea, de Área Basal por hectárea, de número de árboles por hectárea, de productos por hectárea (como volumen pulpable, volumen aserrable, otros), a diversas escalas con referencia geográfica de los resultados del inventario, agregándole una dimensión y contexto a los valores de cuantificación y análisis.

En Figura N° 2 se muestra un ejemplo de resultados cartográficos, a escala 1:250.000, de la cartografía base del IGM (Instituto Geográfico Militar) en la carta Pucón.





Figura N° 2
CARTA TEMÁTICA DE VOLUMEN BRUTO (m³/ha) RESOLUCIÓN DE 1 HA

Secuencia de Resultados

El Programa de Inventario Forestal Continuo de INFOR contempla que cada año se realice, o se actualice según corresponda, el inventario de una región o grupo de regiones hasta tener cubierto el país desde las Regiones de Coquimbo a Magallanes, tanto para plantaciones como para bosques nativos. Posteriormente se continúa con las actualizaciones en períodos de 7 a 8 años en bosques nativos y anuales en caso de las plantaciones forestales.