

## APLICACIONES DE LA FOTOINTERPRETACIÓN Y SU INTEGRACIÓN A LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL ÁMBITO FORESTAL. PRECORDILLERA ANDINA DE LA REGIÓN DEL MAULE, CHILE

C. A. Mena, F. H. Berrios, J. E. Gajardo y Y. M. Ormazábal

[cmena@pehuenche.otalca.cl](mailto:cmena@pehuenche.otalca.cl)

*Dpto. de Gestión Forestal y Ambiental, Fac. de Cs. Forestales, Universidad de Talca. Av. Lircay s/n. Talca. Chile.*

### RESUMEN

En el presente estudio se utilizó la técnica de la fotointerpretación para recabar información de una zona forestal, y para posteriormente, ser usada como apoyo para la restitución aerofotogramétrica. En este contexto, la restitución se utilizó como el enlace entre la fotointerpretación y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), tecnología que hoy en día es considerada una necesidad básica para las empresas privadas y entidades públicas. De esta forma, el objetivo general del presente estudio consiste en aportar al mejor uso de los SIG en la fotointerpretación forestal y en forma específica, elaborar mediante las técnicas fotointerpretativas planos forestales y confeccionar un inventario forestal usando fotografías aéreas. De acuerdo a los resultados obtenidos, se pudo evidenciar que el uso de la fotointerpretación no debe ser excluyente con los SIG. Por el contrario, deben complementarse, para así obtener información territorial óptima. Además, la utilización de la fotografía aérea para construir inventarios forestales, es válida ya que la diferencia volumétrica con un inventario hecho en forma tradicional, no es significativa.

### ABSTRACT

In the present study the technique of the photointerpretation was used to successfully obtain information of a forest zone, and for later, to be used like support for the aerial-photogrammetric restitution. In this context, the restitution was used as the connection between the photointerpretation and the Geographic Information System (GIS), technology that nowadays is considered a basic necessity for the private companies and public organizations. Of this form, the general mission of the present study consists of contributing to the best use of the GIS in the forest photo-interpretation and specific form, elaborating by means of the photointerpretive techniques forest flat and to make a forest inventory using aerial photographs. According to the obtained results, it was possible to be demonstrated that the use of the photo-interpretation does not have to be excluding with the GIS. On the contrary, they must be complemented, thus to obtain optimal territorial data. In addition, the use of the aerial photography to construct forest inventories, is valid since the volumetric difference with an inventory done in traditional form, is not significant.

**PALABRAS CLAVE:** fotointerpretación, cartografía forestal y Sistemas de Información Geográfica.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad las operaciones forestales demandan una gran cantidad de información. Por ejemplo, para una cosecha forestal se requiere información alfanumérica de inventarios de especies, productos, equipos, permisos, restricciones legales y ambientales, entre otras; y en forma gráfica, curvas de nivel, caminos, pendientes, áreas de protección, límites, cursos de agua, etc. Esta información no es estática, ya que en la medida que se va cosechando el bosque, las coberturas y toda la información vinculada

a ellas van cambiando. Es decir, se trata de un proceso continuo de ingreso, transformación y salida de información. Toda esta información puede ser obtenida en forma óptima y a bajo costo, mediante el uso de la fotografía aérea y la aplicación de la fotointerpretación (Pasqualini et alii. 2001). Sin embargo, este ciclo requiere necesariamente de un sistema capaz de administrar y procesar todos los datos demandados por los usuarios de forma oportuna, precisa y económica (Mena y López, 1999).

Los Sistemas de Información Geográfica se pueden definir como bases informatizadas de datos con algún tipo de componente espacial (Bosque et alii. 1994). Esto significa que la información que almacenan (sean mapas, estadísticas o datos climáticos sobre un territorio) está referenciada geográficamente, por lo que todas estas variables pueden relacionarse mutuamente de formas muy diversas, gracias a que la información que contienen se encuentra en formato digital (Chuvieco 1996).

De acuerdo a lo anterior, resulta interesante y necesario, establecer un procedimiento de integración de la Fotointerpretación y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicado al Sector Forestal, con la finalidad de aportar una metodología que apoye, aproxime e incentive a los usuarios de la fotointerpretación a familiarizarse con los SIG, sin dejar de lado el apoyo técnico-analógico que entrega el uso eficaz de la fotografía aérea.

**Objetivos general:** Aportar al mejor uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la fotointerpretación forestal.

**Objetivos específico:** Proponer una metodología de aplicación de la fotointerpretación y su integración a los SIG, referida a los temas forestales de: Compilación de planos forestales y Desarrollo de inventario forestal con fotografía aérea.

## METODOLOGÍA

**Área de estudio:** el estudio se llevó a cabo en la estación experimental forestal de la Universidad de Talca, predio El Picazo, ubicada en la Precordillera Andina de la VII Región del Maule, provincia de Talca, comuna de San Clemente. Tiene una superficie aproximada de 1450 ha, ocupadas principalmente por vegetación nativa, plantaciones de pino radiata, plantaciones de eucaliptos y otras especies de bosque nativo esclerófilo. Presenta altitudes que bordean los 400 y 900 m.s.n.m. y sus coordenadas geográficas son: 35°31'19" a 35°33'19" Latitud Sur, 71°08'45" a 71°12'49" Longitud Oeste.

### Compilación de planos forestales

**Recopilación y análisis preliminar de la información:** se realizó una actividad de fotolectura de reconocimiento de la zona de estudio. En este reconocimiento se anotaron las zonas u objetos de

difícil identificación en las fotografías y que posteriormente fueron disipadas en terreno.

**Etapas fotointerpretativa:** en el estudio de las fotografías del predio el Picazo, fueron considerados criterios de reconocimiento fotointerpretativo (tono, forma, tamaño, textura, etc.), usando conjuntamente una carta topográfica 1: 50000 de la zona.

**Transferencia de información y creación de planos:** se traspasó toda la información generada en la fotointerpretación, mediante una superposición sobre transparencias y posterior trazado en papel diamante.

**Integración de la Fotointerpretación a los Sistemas de Información Geográfica:** los planos confeccionados en la etapa anterior, aportaron elementos de reconocimiento y de control con la finalidad de servir de apoyo técnico a los especialistas encargados de la restitución aerofotogramétrica. Posteriormente y para finalizar, se traspasó la información al SIG ARC/VIEW versión 3.1, para visualizar las coberturas y generar los planos temáticos.

### Inventario Forestal con Fotografía Aérea

Para llevar a cabo el inventario forestal, utilizando fotografía aérea, se realizó como primera actividad, un inventario forestal tradicional, con la finalidad de tener un parámetro de comparación. Para esto se llevó a cabo, las siguientes etapas:

**Actividades Previas al Inventario:** para el diseño del inventario, se definió la forma de las unidades muestrales como circular, y el tamaño de 500 m<sup>2</sup>. La distribución espacial elegida fue el muestreo sistemático y el error de muestreo máximo empleado, fue de 10%, apropiado para bosques artificiales.

**Ejecución del Inventario:** con la información obtenida anteriormente, se procedió a ejecutar el inventario en terreno.

Posteriormente, se procedió con la ejecución del Inventario con Fotografía Aérea, lo cual consideró:

**Medición de Diámetros de Copa:** se trabajó sobre una fotografía aérea ampliada desde una escala 1:20000, hasta una escala aproximada de 1:5000. La medición fue realizada con una plantilla (de material transparente) para medir diámetro de copas, sobre

árboles pertenecientes a las parcelas medidas en el inventario tradicional, es decir, se midieron los mismos árboles de terreno. Se consideraron los diámetros de copa de 100 árboles en milímetros y luego se realizó una conversión de la escala 1:5000, para dejar los diámetros de copa (Dcopa) en metros.

**Ajuste de un modelo de regresión por el método de los mínimos cuadrados:** aprovechando una fuerte relación entre tamaño de copa DAP que existe en algunas especies, una función local de volumen puede transformarse en una tabla de volumen aéreo. De esta forma, con las mediciones hechas en el punto anterior, se procedió a realizar un ajuste de un modelo de regresión con los datos de diámetros de copa, por el Método de los Mínimos Cuadrados (MMC), con el objetivo de obtener un Modelo de regresión, que al ingresar datos de diámetros de copa, prediga valores de Diámetro a la altura del Pecho (DAP).

**Validación del Modelo:** se validó estadísticamente el ajuste mediante la utilización de una prueba de bondad de ajuste. Dicha prueba fue Kolmogorov-Smirnov con un 95% de confianza. Se evaluó el valor p de esta prueba, resultante de la comparación del DAP real y el DAP generado por el modelo, el cual se determinó ingresando 50 datos de diámetros de copa de los DAP reales.

**Inventario Forestal con Fotografía Aérea y el Modelo Generado:** de las 22 parcelas usadas en el inventario tradicional, se usaron 14 en forma aleatoria para medir su diámetro de copa en mm.; luego se transformaron a metros y posteriormente, estos diámetros se ingresaron al modelo. El modelo arrojó DAP por parcela, los cuales se ingresaron a la plantilla de Excel utilizada para calcular el inventario final con fotografía aérea. Finalmente esta información cuantitativa recolectada del inventario, se ingresó a la base de datos digital de la zona de estudio, añadiendo un tema nuevo llamado inventario y creando una tabla asociada a este tema, en la cual se ingresaron los valores volumétricos del inventario realizado con fotografía aérea.

## RESULTADOS

**Compilación de planos forestales:** a continuación se muestran los resultados de la etapa fotointerpretativa (Figura 1 y Figura 2).

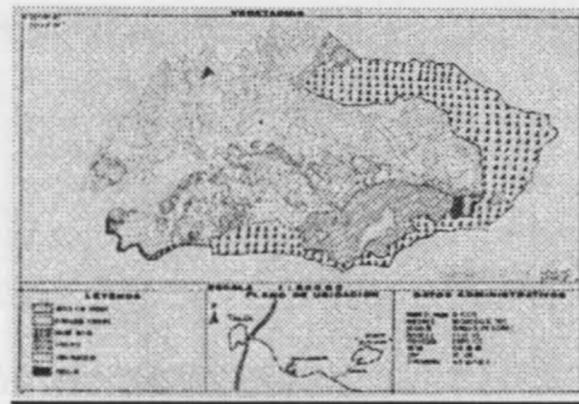


Figura 1.- Plano de vegetación resultante de la fotointerpretación.

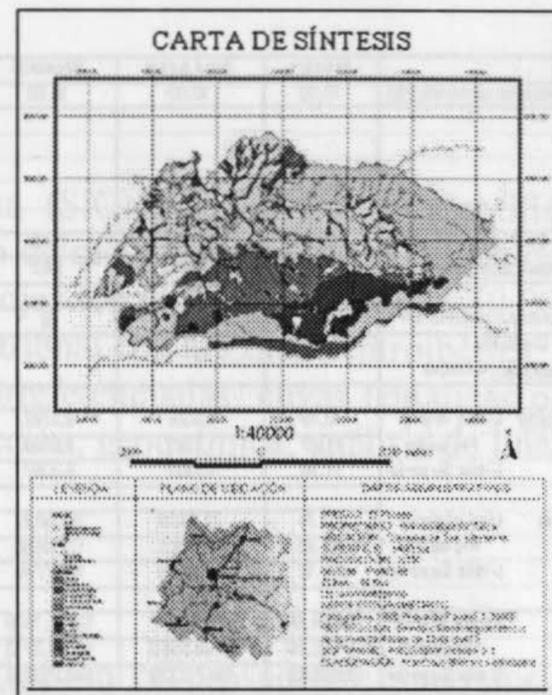


Figura 2.- Carta de síntesis resultante de la restitución aerofotogramétrica.

**Inventario forestal con fotografía aérea:** los resultados obtenidos para esta aplicación, se muestran a continuación (Tabla 1, Tabla 2, Figura 3 y Figura 4).

	Arboles	Area basal	Volumen
Error máximo admisible (%)	10.00	10.00	10.00
Error muestra	1.02	0.11	0.88
Error muestral porcentual	8.40	9.68	9.78
¿Se acepta inventario?	SI	SI	SI
Unidades muestrales faltantes	0	0	0
U. Muestra			
Limite Inferior	11.12	1.0336	8.1237
Promedio	12.14	1.1444	9.0048
Limite Superior	13.16	1.2552	9.8858
Hectárea			
Limite Inferior	222.33	20.6720	162.4731
Promedio	242.73	22.8876	180.0950
Limite Superior	263.12	25.1033	197.7169
Total			
Limite Inferior	17662.16	1642.1810	12906.8666
Promedio	19282.25	1818.1938	14306.7468
Limite Superior	20902.35	1994.2067	15706.6270

Tabla 1.- Resultados volumétricos del inventario tradicional.

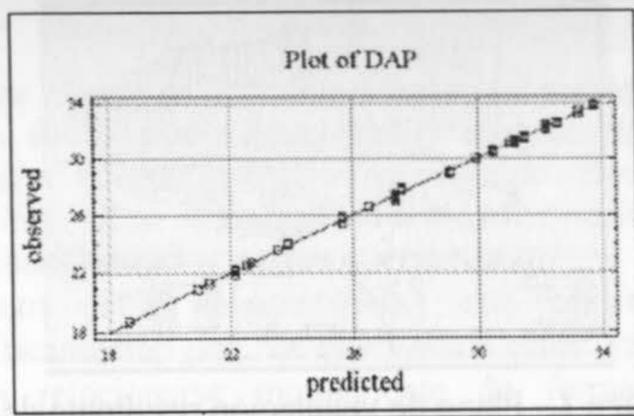


Figura 3.- Gráfico de valores predichos v/s valores observados.

	Arboles	Area basal	Volumen
Error máxima admisible (%)	10.00	10.00	10.00
Error porcentual	0.88	0.08	0.48
Error porcentual porcentual	7.99	5.08	5.42
¿Se acepta inventario?	Si	Si	Si
Unidades	0	0	0
Muestreos faltantes			
U. Municipal			
Limite Inferior	10.19	1.0907	8.3781
Promedio	11.07	1.1087	8.8584
Limite Superior	11.98	1.1827	9.3387
Hectáreas			
Limite Inferior	200.74	21.0108	167.5622
Promedio	221.45	22.1541	177.1658
Limite Superior	239.12	23.2545	188.7749
Total			
Limite Inferior	16184.89	1689.3387	13311.1430
Promedio	17590.29	1758.5363	14074.2713
Limite Superior	18995.88	1847.3339	14837.3998

Tabla 2.- Resultados volumétricos del inventario con fotografía aérea.

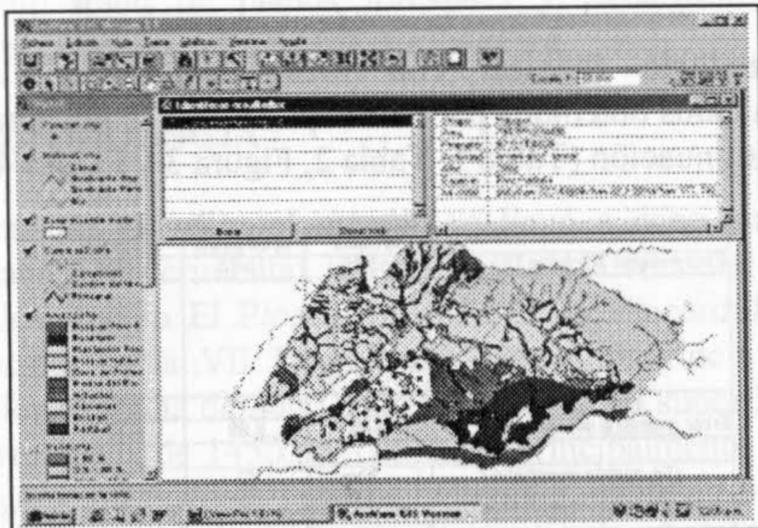


Figura 4.- Vista del SIG Arc/View 3.1 con la información espacial y tabla con datos, relacionados al inventario generado con fotografía aérea.

## CONCLUSIONES

- La metodología propuesta para realizar la compilación de planos forestales, se plantea como una herramienta opcional importante para la elaboración de planos temáticos forestales a partir de la

fotointerpretación de fotografías aéreas blanco y negro, escala 1: 20.000.

- El inventario forestal realizado por medio de la medición de diámetros de copa en fotografías aéreas y correlación de éstos con el diámetro a la altura del pecho (DAP), es válido y puede ser usado como un auxiliar importante para disminuir trabajo de terreno, especialmente en el inventario de grandes extensiones de terreno y en zonas de bosques de difícil acceso.

- La información recolectada en el inventario con fotografía aérea, puede ser ingresada a la base de datos digital del predio y generar una vista en la cual aparezcan datos espaciales y alfanuméricos, de la zona inventariada. De esta manera, la información volumétrica del rodal, se transforma en datos dinámicos, es decir, se pueden ir variando a medida que la información se actualice con nuevas mediciones y a la vez, ir generando planos temáticos actualizados, para ser utilizados como referencia en alguna potencial intervención del bosque.

- Los SIG presentan gran versatilidad y adaptabilidad en labores de inventario, planificación, análisis y manejo forestal, lo cual permitirá desarrollar nuevas y variadas aplicaciones prácticas en un futuro próximo. De esta forma, la utilidad de estos sistemas en combinación con técnicas tradicionales, está limitado sólo al interés de los ingenieros y técnicos forestales que los empleen. Esto implica que el profesional forestal, debe interiorizarse en estos sistemas computacionales, apreciando su importancia y ductilidad en la toma de decisiones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bosque, J.; Escobar, F.; García, E.; Salado, M. 1994. Sistemas de información geográfica: prácticas con PC ARC/INFO e IDRISI. Madrid, España.
- Chuvieco, E. 1996. Fundamentos de teledetección espacial. Madrid, España.
- Mena, C; López, C. 1999. Eliminación del error de superficie en fotografías aéreas verticales y sus efectos en faenas de inventario y cosecha forestal. Congreso Internacional de geografía. Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas. Temuco, Chile.
- Pasqualini, V.; Pergent-Martini, C.; Claubaut, P.; Marteel, H. 2001. Integration of Aerial Remote Sensing, Photogrammetry and GIS Technologies in Seagrass Mapping. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. Volumen 67. p 99-105.