

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS

Estado de su Utilización en el Sector Silvoagropecuario Chileno

Marcelo Miranda S.
mmirands@puc.cl
Departamento de Ciencias Forestales

Las Ciencias Silvoagropecuarias se caracterizan por estudiar principalmente aquellos fenómenos asociados a los recursos biológicos terrestres que se relacionan en forma directa con los bienes y servicios que son demandados por la sociedad (principalmente alimentación, infraestructura y esparcimiento). En este contexto los Sistemas de Información Geográficos (S.I.G.), entendidos como sistemas de hardware, software y procedimientos que facilitan la obtención, gestión, manipulación, análisis y salida de datos espaciales georeferenciados, son un conjunto de herramientas que sirven de apoyo a la toma de decisiones, permitiendo manejar datos e información cuya características principales son su distribución geográfica, ser escalables y poseer una variabilidad temporal.

Desde su integración en el sector forestal a mediados de los años 80, el uso de S.I.G. ha implicado fuertes cambios metodológicos en los esquemas de trabajo de profesionales y técnicos, los que hasta hoy se han relacionado principalmente con la forma de adquisición, almacenamiento y administración de datos espaciales georeferenciados y su presentación final en informes. Como resultado de este proceso se observa que en el sector público y privado existen múltiples bases de datos y sistemas cartográficos digitales con información sobre los diferentes recursos naturales del país.

Por otra parte, en este mismo

lapso no han existido grandes avances en el área de análisis e integración de datos espaciales orientado a la solución de problemas y toma de decisiones, no cumpliendo los S.I.G. con su objetivo de apoyo a la gestión de recursos. Debido a esto, en las empresas públicas y privadas, existe una lenta inversión en tecnologías de geoinformación, produciéndose una obsolescencia de los sistemas y datos, principalmente por la creencia de que estas tecnologías no satisfacen las demandas de los usuarios.

Este trabajo tiene por objetivo realizar un análisis del estado actual de utilización de los S.I.G. en el sector silvoagropecuario chileno, dando énfasis en la existencia de información, las capacidades de análisis e integración de datos que hoy se han desarrollado y en aspectos relacionados con la educación y capacitación en el área agrícola y forestal. Finalmente se presentan las potenciales áreas de desarrollo que tendrán en el corto plazo los S.I.G. en el sector silvoagropecuario.

Origen de la información digital

Un punto fundamental en el momento de decidir la utilización de tecnología S.I.G. para la solución de un problema es saber si existe información. Aspectos como las coberturas o capas temáticas a utilizar, las escalas y formatos existentes, las fuentes y la calidad de los datos, resultan más influyentes en el éxito final de un sistema que la elección de un determinado programa o equipos computacionales.

La información, en un modelo de

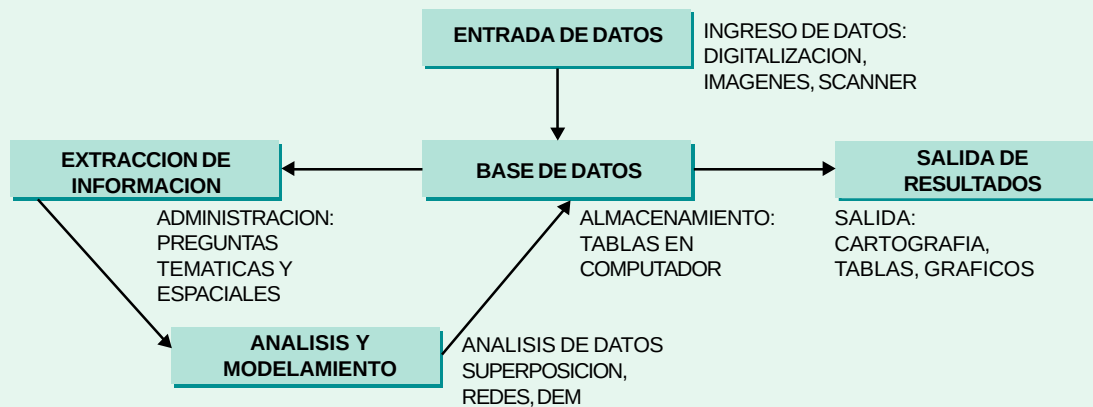
S.I.G., es un flujo que ingresa, se almacena, se extrae, se analiza, y luego sale transformada en un formato útil a los usuarios tomadores de decisiones (Figura 1).

En nuestro país, la existencia de información digital sobre recursos naturales tiene su origen principalmente en instituciones del estado cuyo funcionamiento se remonta principalmente a los años 60. Vuelos aereofotogramétricos, catastros geológicos de suelos y vegetación, instalación de estaciones meteorológicas y de aguas dan origen a instituciones como el Servicio Nacional de Geología y Minería (S.E.R.N.A.G.E.O.M.I.N.), Centro de Información de Recursos Naturales (C.I.R.E.N.), Instituto Forestal (I.N.F.O.R.), Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (I.N.I.A.) y Dirección General de Aguas (D.G.A.), cuya evolución ha sido de instituciones estatales a semi privadas con alta responsabilidad en su financiamiento.

El esfuerzo de estas instituciones en la incorporación de las tecnologías S.I.G., durante los años 1990 – 1995, ha generado que hoy la mayor parte de la información sobre recursos naturales esté disponible en formatos digitales. Esta situación por si sola no ha asegurado aspectos relacionados con la calidad y actualidad de los datos, tema que es crítico en el momento de realizar alguna integración de éstos.

Por otra parte, a principios de los años 90, las universidades estatales a través de proyectos financiados por fondos de investigación y desarrollo tecnológico y las empresas privadas con fondos propios (en forma espe-

Figura 1
Modelo de sistema de información geográfico y flujo de información



Fuente: elaboración propia

cial las grandes forestales de la VII y VIII región), entran como actores en la generación de datos digitales, mejorando el estándar en relación con la exactitud y periodicidad de recolección de éstos.

En ambos casos, la información digital es de exclusivo uso de las instituciones que las generan, siendo los mecanismos de acceso, en el caso de las instituciones del estado, la compra directa a un alto costo, por medio de convenios, o a través de una modalidad informal semejante al trueque.

Por otro lado, las empresas privadas poseen su propia red de datos la que es compartida lógicamente por aquellos usuarios pertenecientes a dichas empresas.

A partir del año 1995, se destaca que, bajo iniciativas que partieron en la VI y XII regiones del país con los proyectos Sistema de Información Regional de la VI Región (SIRIG) y Sistema de Información Geográfica Regional XII Región (SIGREL) se ha intentado implementar sistemas de bases de datos digitales con el objetivo de almacenar toda la información temática sobre los recursos naturales de una región que han producido diferentes instituciones del país. En estos proyectos se ha buscado obtener una máxima estandarización respecto a la georeferenciación de objetos (caminos, ríos, ciudades, bosques, entre otros), siendo la descripción de éstos responsabilidad de las instituciones que los han generado.

Estas iniciativas han permitido a

las instituciones del estado involucradas un acceso a información digital estandarizada en forma rápida e independiente de organismos centrales; un avance sustancial en la incorporación de profesionales al manejo de tecnologías S.I.G. debido al aumento del trabajo multidisciplinario, una disminución de los costos de proyectos y montos de licitación (antiguamente, los costos de generación de bases de datos digitales consumían alrededor del 70% de los presupuestos de los proyectos que incorporaban tecnologías S.I.G.); una nueva orientación de los proyectos, dando mayor énfasis al análisis de datos y solución de problemas específicos y generación de nuevos productos digitales. Todo este desarrollo se ha logrado principalmente utilizando la información temática del territorio que estaba disponible pero dispersa.

Finalmente, se puede destacar que la falta de una política integradora de instituciones públicas y privadas genera un alto costo de la información de recursos naturales, una gran duplicidad temática, una falta de estandarización por ausencia de protocolos bases de trabajo y un nulo control de los errores en los análisis y generación de aplicaciones S.I.G..

Coberturas temáticas, escalas de trabajo y fuentes de información digital

Debido a que los S.I.G. han sido implementados con el objetivo de apo-

yar la toma de decisiones, la información digital utilizada se puede agrupar en áreas temáticas, las que están relacionadas con recursos de origen común. Las principales áreas temáticas que hoy se consideran en su desarrollo son:

- *Clima*: la información se relaciona con aspectos meteorológicos como precipitación, temperatura, evapotranspiración y sus derivados, los que son medidos en redes de estaciones manuales y automáticas, las que se concentra de preferencia en sectores de uso agrícola y urbano. Las escalas de trabajo más utilizadas son 1:250.000, 1:500.000 y 1:1.000.000, donde se expresa información modelada de evapotranspiración, zonas agroclimáticas y curvas de precipitación y temperaturas (entre otras), producto de modelos de interpolación espacial.

- *Agua*: esta área se relaciona con la información del recurso hídrico superficial y subterráneo asociado a ríos, canales y cuerpos de agua, identificando como unidad de análisis espacial la cuenca y la micro cuenca. Se consideran aspectos como la calidad, cantidad y uso del recurso. Los datos son utilizados a escalas 1:1.000 a 1:20.000 en un nivel predial (red de drenajes y canales), 1:50.000 a 1:1.000.000 para los diferentes niveles de cuencas

hidrográficas.

- *Geología y geomorfología*: incluye información sobre aspectos básicos de la geología y geomorfología, función de la generación de áreas de riesgo para el desarrollo de actividad agrícola y forestal. Las escalas de trabajo son 1:10.000 para problemas de detalle y 1:250.000 a 1:1.000.000 para zonificaciones regionales.

- *Suelos*: la información en esta área se relaciona principalmente con el uso actual, potencial o capacidad de uso, descripción de perfiles modales para series de suelos y aspectos de productividad. Son clásicos los mapas de asociaciones de suelos escala 1:250.000 de ODEPA, las cartas de series de suelos 1:20.000 y los estudios agrológicos de valles agrícolas de la IV a la X Región desarrollados por CIREN. En sec-

tores de uso preferentemente forestal la información es muy reducida, concentrándose en aquellos propietarios que han desarrollado estudios particulares.

- *Biota*: principalmente incluye información relacionada con el recurso vegetal natural y artificial. La cartografía de vegetación es desarrollada en forma continua en predios de uso forestal, la que se asocia a redes de inven-

Cuadro 1

Lista de instituciones que han desarrollado análisis y aplicaciones utilizando S.I.G. relacionadas con el área silvoagropecuaria

Institución	Sistemas Desarrollados
Pontificia Universidad Católica de Chile (P.U.C.), Centro de Percepción Remota & Sistemas de Información Geográfica	Sitio Web con catálogo interactivo de imágenes satelitales NOAA y Landsat
Pontificia Universidad Católica de Chile (P.U.C.), Facultad de Agronomía y Forestal	Sistema de ordenación territorial de la comuna de Santo Domingo
Pontificia Universidad Católica de Chile (P.U.C.), Centro de Percepción Remota & Sistemas de Información Geográfica	Metodología para la confección de modelos digitales de terreno a partir de curvas de nivel y cotas
Pontificia Universidad Católica de Chile (P.U.C.), Centro de Percepción Remota & Sistemas de Información Geográfica	Aplicaciones de imágenes RADARSAT en la evaluación de praderas en la región de Magallanes
Ministerio de Agricultura, Comisión Nacional de Riego	Sistema para la determinación de la evapotranspiración potencial
Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Chillán	Agricultura de precisión, desarrollo de S.I.G. predial
Servicio Nacional de Geología y Minería	Cartografía geológica automatizada
Instituto Geográfico Militar	Sitio Web con catálogo interactivo de cartografía convencional y sistema ORCA, para la visualización de ortofotos digitales
Servicio Aéreo Fotogramétrico	Sitio Web con catálogo interactivo de fotografías aéreas y vuelos aereofotogramétricos
Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Industrial	Sistema PLANEX para planificación de actividades forestales
Universidad de Chile, Centro de Agricultura y Medio Ambiente	Modelos de crecimiento de especies forestales utilizando teledetección y SIG. Proyecto OTAS de ordenamiento territorial de la Región Metropolitana
Comisión Nacional de Medio Ambiente	Sistema nacional de información ambiental S.I.N.I.A
Corporación Nacional Forestal – Comisión Nacional de Medio Ambiente	Sitio Web con para búsqueda y visualización de información del catastro nacional del bosque nativo y Sistema administrador del catastro nacional del bosque nativo
Gobierno Regional VI Región	Sistema SIRIG VI, para el análisis y visualización de información de recursos naturales
Gobierno Regional XII Región	Sistema de información geográfica regional
Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas	Sistema para búsqueda y visualización de datos relacionados con estaciones meteorológicas y aguas
Universidad de Chile, Departamento de Manejo Forestal	Sistema QUITRAL para la gestión de incendios forestales

Fuente: Elaboración propia

tarios de productividad y sanidad en escalas de trabajo 1:10.000 a 1:20.000. La cobertura de esta información alcanza a la totalidad de las plantaciones artificiales del país. En forma paralela se destaca el catastro nacional del bosque nativo, cuyo esfuerzo llevó a «mapear» la totalidad del territorio en escalas 1:50.000, 1:100.000, 1:250.000, obteniendo una visión global de las existencias de recursos forestales artificiales y naturales del país. Por otra parte, INFOR mantiene una red nacional de inventarios forestales de plantaciones en convenio con empresas forestales. Finalmente, se destaca que estas iniciativas poseen metodologías de trabajos diferentes tanto para la interpretación, ingreso y análisis de

la información, lo que requiere de un método apropiado para su utilización combinada. Desde un punto de vista agrícola destaca la información del VI Censo Nacional Agropecuario preparada por el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.). Para la fauna, sólo existen estudios aislados asociados a ambientes y especies específicas, los cuales no presentan una componente geográfica importante.

- *Recursos Humanos:* considera la información del medio humano visto principalmente como calidad de vida rural y existencias de mano de obra. Se utilizan estadísticas y la información cartográfica se concentra a nivel

comunal. La fuente principal es I.N.E. y sus compendios estadísticos. Se destaca como fuente de información agrícola el VI Censo Nacional Agropecuario.

- *Información base:* incluye toda la información que sirve de apoyo para el mejor entendimiento de los tópicos anteriores y que no necesariamente tiene una injerencia sobre el ámbito silvoagropecuario en forma directa. Se consideran los criterios de división territorial e información política y administrativa utilizados en el país, localización de infraestructura vial y de centros poblados, redes de drenajes, curvas de nivel, entre otros. Las escalas más utilizadas son principalmente 1:25.000, 1:50.000, 1:250.000 y

Cuadro 2

Lista de instituciones que disponen de laboratorios y carreras de pregrado relacionadas con los S.I.G. en el área silvoagropecuario

Institución	Laboratorio	Pregrado
Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago	CPR&SIG, DICTUC, Geografía, Biología, Arquitectura, Construcción Civil, Transporte	Geografía, Agronomía, Ingeniería Forestal
Universidad de Chile, Santiago	CEE (Fac Ingeniería), Geografía, Arquitectura, Ingeniería Forestal	Geografía, Ingeniería Forestal, Agronomía
Universidad de Concepción, Concepción	EULA, Programa Multidisciplinario de Percepción Remota, Facultad de Ingeniería	Ingeniería Forestal, Agronomía
Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso	Geografía, Oceanografía	Geografía
Universidad de Santiago, Santiago	Ingeniería Geográfica, Geomensura	Ingeniería geográfica
Universidad Austral de Chile, Valdivia	Ingeniería Forestal	Ingeniería Forestal
Universidad de Valparaíso, Valparaíso	Meteorología	No posee
Universidad de La Serena, La Serena	Recursos Naturales	Geografía
Universidad de La Frontera, Temuco	Ingeniería Forestal	Ingeniería Forestal
Universidad de Magallanes, Punta Arenas	Instituto de La Patagonia, Facultad de Ingeniería, Centro de los Recursos Energéticos	No posee
Universidad de Talca, Talca	Agronomía, Ingeniería Forestal	Ingeniería Forestal, Agronomía
Universidad de Tarapacá, Arica	Programa de S.I.G. y Percepción Remota	No posee
Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago	Cartografía, Geomensura	Cartografía
Universidad Católica del Temuco, Temuco	Ingeniería Forestal	Ingeniería Forestal
Universidad Mayor, Santiago	Laboratorio de Ciencias de Información Geográfica, Ingeniería Forestal	Ingeniería Forestal, Agronomía

Fuente: Centro de Percepción Remota y S.I.G, 2001. Pontificia Universidad Católica de Chile.

1:1.000.000, provenientes del Instituto Geográfico Militar. En forma especial es posible generar datos a escalas mayores, lo que siempre está asociado a trabajos específicos.

Análisis e integración de información espaciales en Chile

El análisis espacial puede ser entendido como el estudio de la estructura y relaciones de los datos (en su componente geográfica y de atributos), orientado a entender la naturaleza y comportamiento de un fenómeno, o la acción de recopilar y procesar datos con el objetivo de obtener información que ayude a la caracterización o toma de decisiones.

Dada la capacidad de los S.I.G. de poder manejar una componente espacial y otra componente descriptiva, el análisis espacial puede orientarse a resolver las siguientes preguntas: ¿Cuál es el volumen promedio a cosechar en un bosque?, ¿Cuáles son los sectores con deficiencia de nitrógeno en un potrero?, ¿En qué parte de una localidad existe mayor probabilidad de heladas?, ¿Cuál es la pérdida de superficie productiva por la construcción de una línea de transmisión eléctrica?, ¿Cuál en el área potencial de abastecimiento de una agroindustria o aserradero?, ¿Cuál es la forma de avance de una plaga sobre un cultivo?, entre otras. Se destaca que todas estas preguntas están relacionadas con la localización de los recursos sobre el territorio y el valor que ellos poseen como atributo descriptivo.

Es posible observar en Chile que hasta hoy los mayores esfuerzos en el desarrollo de los S.I.G. se han concentrado en la implementación orientada principalmente a satisfacer el ingreso, almacenamiento y administración y producción de cartografía automática.

En general se observa poco desarrollo en el área de análisis espacial, pero si se observa un avance sustancial en la generación de aplicaciones computacionales para optimizar el trabajo rutinario de producción de mapas y visualización de información es-

pacial.

En el cuadro 1 se presenta una lista de iniciativas desarrolladas en nuestro país que han logrado un grado alto de desarrollo tecnológico en el área de análisis espacial y generación de aplicaciones computacionales en base a S.I.G..

Educación y capacitación

Tanto en nuestro país como en la mayoría de los países de Latinoamérica, la educación relacionada con los sistemas de información geográficos está orientada sólo a satisfacer las necesidades de manejo técnico y operativo de los diferentes equipos y programas computacionales disponibles en el mercado, existiendo un gran vacío en el área relacionada con el análisis de datos y manejo de información geográfica orientada a la toma de decisiones.

Este hecho se observa en los diferentes programas de pregrado y postgrado, donde el uso de los S.I.G. y sus herramientas de análisis espacial e interpretación de resultados se desarrolla dentro de cursos de fotointerpretación, geomensura ó cartografía, poniendo énfasis en el aprendizaje de algún programa computacional en particular.

Para una buena utilización de las tecnologías S.I.G., la educación debe satisfacer las necesidades de cuatro tipos de usuarios: técnicos orientados al manejo operativo de las herramientas computacionales, científicos orientados a la generación de nuevas tecnologías y metodologías para enfrentar problemas, académicos orientados a la transferencia tecnológica y profesionales relacionados con la gestión de recursos orientados a la toma de decisiones.

Este hecho se presenta como un gran desafío para aquellas universidades, institutos técnicos y empresas de capacitación que en la actualidad entregan enseñanza en el área de recursos silvoagropecuarios.

En el cuadro 2 se presenta una lista de instituciones educacionales que cuentan con laboratorios y carreras de pregrado donde se utilizan las tecnologías S.I.G.

Perspectiva Futura

Respecto al futuro de las tecnologías S.I.G. en el ámbito silvoagropecuario se puede indicar que:

- Las fuentes de datos e información a nivel regional deberán tender hacia consorcios entre entidades privadas y estatales, de manera de lograr una estandarización, mayor actualización y disminución de costos de trabajo. A nivel predial aumentará la demanda por datos digitales a escalas grandes (1:5.000, 1:1.000), relacionados con clima, suelos, agua, uso del suelo, infraestructura predial, entre otros.

- Los análisis espaciales estarán dirigidos a problemas temáticos cada vez más específicos integrando diferentes modelos de datos espaciales y realizando un reconocimiento mayor de la estructura estadística de ellos. Temas como la agricultura y silvicultura de precisión, monitoreo de plagas a grandes escalas, monitoreo de microclima, fotogrametría digital aplicada a la agricultura y la gestión forestal, geoestadística aplicada a estimaciones forestales y desarrollo de metodologías de análisis multicriterio para la toma de decisiones, serán de gran demanda en los próximos años.

- INTERNET se presentará como la herramienta estándar para realizar búsqueda e intercambio de información en un nivel comercial e institucional.

- La capacitación profesional se orientará a «cómo analizar los datos» y no al manejo técnico de programas. Se necesitará de personas especializadas en S.I.G. que cubran áreas relacionadas con clima, suelos, fisiología vegetal, ecología, vegetación y fauna, entre otras, tanto en un nivel conceptual como operativo. Además, INTERNET se presentará como un interesante medio de capacitación a distancia en el área. 