



MINISTERIO DE ASUNTOS
AGROPECUARIOS,
CAMPEÑINOS Y PESCA

(MACIA)



ORGANIZACIÓN
INTERNACIONAL DE LAS
MADERAS TROPICALES

(OIMT)



Informe Técnico

Área de SIG

PD 17/99 Rev. 3 (F)
INVENTARIO FORESTAL NACIONAL Y PROGRAMA DE
CONTROL DE LOS RECURSOS FORESTALES DE BOLIVIA

LA PAZ, MARZO DEL 2003

PERSONAL PROYECTO INFOBOL:

Ing. Rafael Joffré Rojas	Coordinador General
Ing. Richard Ramos López	Coordinador Técnico
Sr. Ryszard Chuquimia Riveros	Consultor en Base de Datos
M.Sc. Manuel Morales Udaeta	Consultor en Inventarios Forestales
Sta. Karina Barrancos Ríos	Administradora
Sr. Gonzalo Miranda Rojas	Técnico en GIS
Sr. Ronald Gonzales Romero	Técnico en Base de Datos
Sr. Justo Ponce Cruz	Asistente Técnico
Ing. Rolvis Pérez	Técnico en Inventarios Forestales
Sta. Roxana Villegas Illanes	Secretaria
Sr. Nelson Chuquimia Loza	Auxiliar de Oficina

PD 17/99 Rev. 3 (F) “INVENTARIO FORESTAL NACIONAL Y PROGRAMA DE CONTROL DE LOS RECURSOS FORESTALES DE BOLIVIA”

Email: inventario_forestal@hotmail.com
info@infobol.gov.bo
www.infobol.gov.bo

Dirección: Avenida Camacho No. 1471 zona central
Teléfono – Fax: 2200803

Ministerio de Asuntos Agropecuarios, Campesinos e Indígenas

La Paz – Bolivia

INFORME TECNICO DEL ÁREA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

RESUMEN

El Área SIG del proyecto INFOBOL tiene como premisa el implementar el Sistema de Información Geográfico Forestal del país (SIGF), constituyendo la herramienta que permita la toma de decisiones para la generación de políticas en beneficio y desarrollo sostenible del recurso forestal. De esta manera el presente informe técnico pretende mostrar el trabajo desarrollado para la definición del sistema más adecuado que cumpla con los requerimientos técnicos y tecnológicos en beneficio del país.

Tendencias modernas, se caracterizan por la administración de grandes Bases de Datos dentro una estructura Cliente-Servidor, con bases de datos distribuidas, en las que la necesidad de ser compartidas con otras instituciones requiere el adecuado empleo de tecnologías de información (TI). Estos sistemas deben seguir los requisitos de interoperabilidad, de manera que permitan el acceso a la información espacial por diferentes instituciones y la sociedad en general, a estos sistemas se los denomina “**SIG’s orientados a la sociedad**” (“*society-oriented GIS*”).

Adoptado este sistema, el esfuerzo fue avocado a la identificación de la técnica de modelado de datos más versátil, para de esta manera transformar este mundo real a un mundo computacional, de la forma mas sencilla y eficiente. Donde la Metodología Orientada a objetos nos proporciona todas las cualidades y necesidades ya mencionadas. Labor que se lleva acabo en estrecha coordinación con el Área de Base de Datos.

Así mismo, con la finalidad de contar con los insumos necesarios para encara el modelado de datos del sistema, se realiza el respectivo análisis de la información recopilada, pricipalmente en los aspectos técnicos de:

- Formato de origen.
- Sistemas de referencia.
- Proyección cartográfica.
- Contenido de los atributos de las coberturas espaciales.

Para lo cual se reviso la normativa existente en el país, tanto en el aspecto forestal (Ley 1700, reglamento y normas técnicas), como el especto cartográfico., actualmente el proyecto cuenta con Bases de Datos Personales (“*Personal Geodatabases*”), con la información depurada, base para planificación del inventario forestal y posterior validación de la información recopilada en el futuro, disponiendo de los insumos necesarios para encarar claramente el diseño del modelo de datos del sistema.

Como podemos apreciar los avances del Área están de acuerdo al Cronograma de Actividades de proyecto y no presentan retrasos significativos.

INTRODUCCION

El preservar nuestros recursos naturales, como componente del medioambiente, se ha convertido en una necesidad imperiosa, ya que ellos marcan de alguna manera la sobrevivencia de nuestra especie y su conservación inmiscuye a todos. Nuestro país cuenta con cerca de 48% de su superficie con vegetación de diferentes especies y principalmente bosques naturales únicos en la región, aproximadamente 53.44 millones de hectáreas de bosques, definidas en cuatro grandes regiones naturales: la región Amazónica, Chiquitana, Chaqueña y Andina; situadas en el departamentos de Santa Cruz, La Paz, Cochabamba, Beni, Pando, Tarija y Chuquisaca.

La planificación del desarrollo forestal de Bolivia requiere como base el conocimiento cualitativo y cuantitativo de sus recursos forestales, su potencial y de las posibilidades de su desarrollo futuro. Este conocimiento debe incluir los tipos de bosque, sus capacidades, extensiones, ubicación, especies, volúmenes, etc. de tal manera de poder conocer las posibilidades de los bosques del país para satisfacer las necesidades de su pueblo a través de los diversos productos y servicios que se pueden derivar de ellos.

En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) "Son un conjunto poderoso de herramientas para recopilar, almacenar, recuperar, transformar y visualizar datos sobre el mundo real, generando un sistema de soporte a la decisión que integra datos referenciados espacialmente en un ambiente de respuestas a problemas" (Burrough 1986 y Cowen 1988). Los cuales nos permitirán contar con la herramienta tecnológica necesaria para confección del mapa forestal y el análisis espacial que debe llevarse a cabo para el inventario forestal, apoyados por la generación de información a partir de la clasificación de imágenes de satélite.

TEXTO PRINCIPAL

Enmarcados en este objetivo general el Área de SIG del proyecto INFOBOL, tiene como objetivos específicos los siguientes:

- La recopilación e integración de la información existente a la base de datos espacial.
- Realizar el análisis espacial y la clasificación asistida a partir del procesamiento de imágenes de satélite.
- Actualizar el Mapa Forestal de Bolivia.
- Implementar el Sistema de Información Geográfico Forestal del país (SIGF).

Por cuanto, el Área de SIG no puede ser ajena a la evolución de la tecnología para el cumplimiento de estos objetivos, siendo necesario adecuarse a las tendencias modernas, caracterizadas por la administración de grandes Bases de Datos dentro una estructura Cliente-Servidor, acopladas a poderosos administradores de Bases de Datos relacionales y programas de procesamiento de imágenes, con acceso a través de redes locales y remotas, con interfaz vía Internet.

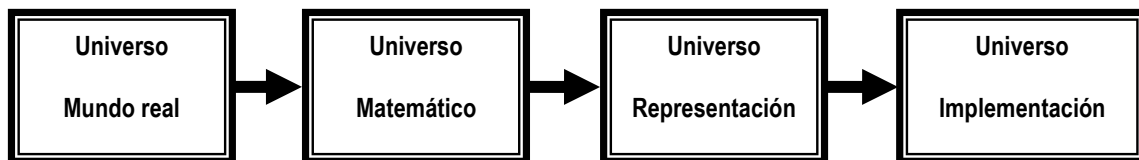
Como bases de datos distribuidas, la necesidad de ser compartidas con otras instituciones requiere el adecuado empleo de tecnologías de información (TI). Estos sistemas deben seguir los requisitos de interoperabilidad, de manera que permitan el acceso a la información espacial

por diferentes instituciones y la sociedad en general, a estos sistemas se los denomina “**SIG’s orientados a la sociedad**” (“*society-oriented GIS*”).

Las técnicas para el modelado de datos constituyen el conjunto de herramientas conceptuales utilizadas para estructurar datos espaciales en un sistema computacional. El proceso de modelaje es una de las características inherentes al diseño de sistemas y es posible distinguir cuatro universos (niveles de abstracción) [Gomes y Velho, 1995], comprendidos en.

- El universo del ***mundo real***, que incluye las entidades de la realidad a ser modeladas en el sistema.
- El universo ***conceptual*** (matemático), que incluye una definición matemática (formal) de las entidades a ser incluidas en el modelo.
- El universo de ***representación***, donde las diversas entidades formales son cartografiadas para la representación gráfica utilizada en el modelo.
- El universo de ***implementación*** donde las estructuras de datos y algoritmos para las operaciones con los datos geográficos son elegidos, basados en consideraciones como desempeño, capacidad del equipamiento y tamaño de la masa de datos.

Figura 1. Técnica de Modelado



Estas técnicas de diseño y modelado también han evolucionado, donde el Área de SIG adopto el **Modelo de Datos Orientado a Objetos**, nueva técnica diferentes sistemas. El propósito específico de este nuevo modelo de datos es permitir al usuario crear entidades geográficas, proporcionando un conjunto de datos inteligentes, con los cuales se puede representar el comportamiento natural de estos y definir las relaciones entre entidades geográficas. Permitiendo el desarrollo de aplicaciones espaciales mediante la representación de las propiedades dinámicas de una entidad geográfica (objeto), independientemente del caso a ser implementado, de esta manera, este objeto obtiene una característica fundamental de ser “reusado” en otra aplicación.

El Modelo de Datos Orientado a Objetos brinda un relacionamiento directo entre el modelo físico de implementación de los objetos (construcciones, parcelas, etc.) y el modelo lógico en el cual fue concebido, dejando de lado el típico modelo entidad-relación y sus respectivas relaciones.

Así mismo, el Modelo de Datos Orientado a Objetos permite implementar la mayoría de los comportamientos diseñados por el usuario sin necesidad de código alguno. Muchos comportamientos son implementados mediante dominios, reglas de validación, y otras funciones. Es así, que ESRI lanza al mercado la versión 8 de ArcInfo, Introduciendo este modelo, denominado “**Geodatabase Data Model**”.

De esta manera las actividades realizadas en el periodo comprendido en este informe son las siguientes:

2. Recopilación de información

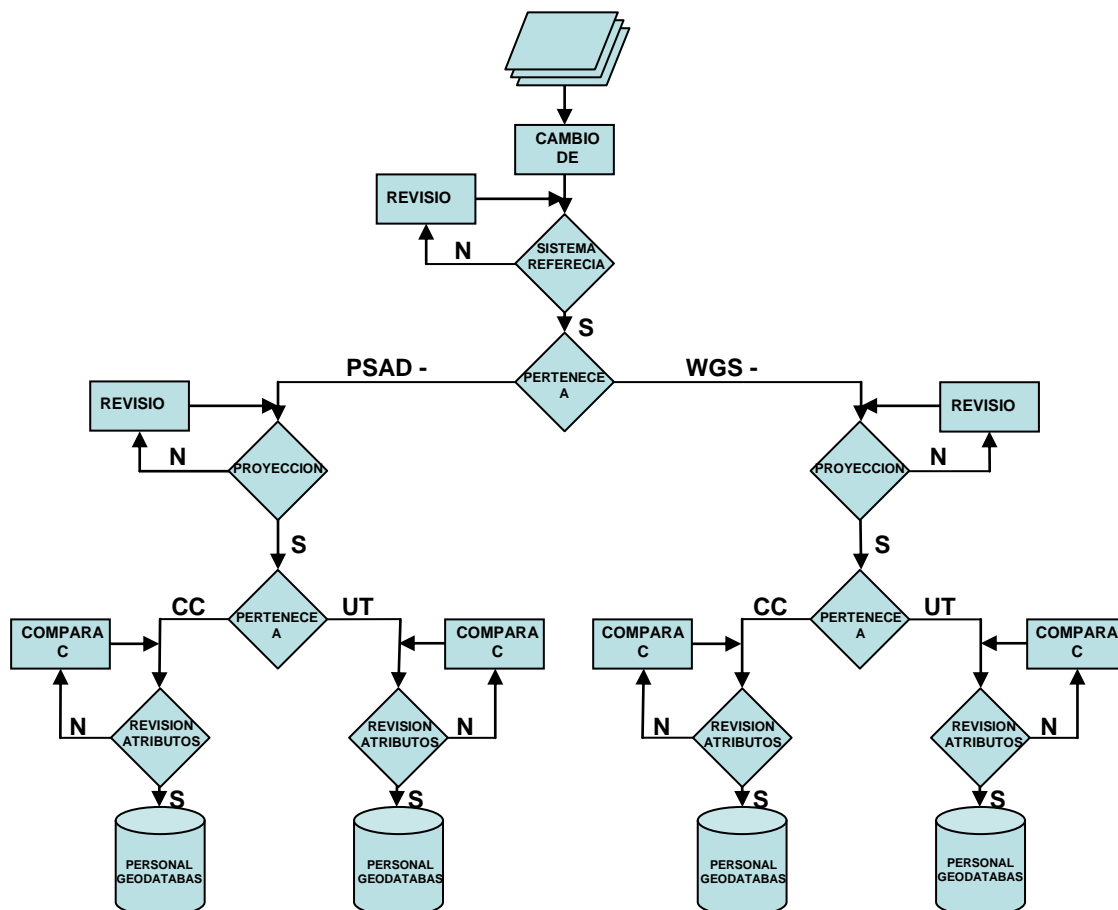
La identificación de las diferentes fuentes de información, tanto primaria como secundaria y el análisis de requerimiento de información para la generación de la base de datos georelacional del proyecto, constituye una tarea constante del área SIG. La cartografía existente en el proyecto INFOBOL comprende principalmente mapas a escala pequeña (Escala de trabajo 1:250.000 y Escala de publicación 1: 1.000.000), dada la necesidad de contar con la base cartográfica para la planificación y posterior ejecución del inventario forestal nacional. De esta manera y enmarcados en convenios de intercambio de información y pedidos directos a las diferentes instituciones, reparticiones de gobierno, proyectos y organizaciones no gubernamentales, nos permiten contar actualmente con la información detallada en el *Anexo 1* al presente informe.

3. Análisis de la información recopilada.

Para el análisis de la información recopilada se genero un flujo lógico que contempla los requerimientos técnicos de información espacial, tales como:

- Formato de origen.
- Sistemas de referencia.
- Proyección cartográfica.
- Contenido de los atributos de las coberturas espaciales.

Figura 2. Flujo lógico de análisis



En base a este flujo lógico se llegaron a las siguientes conclusiones:

Formato de origen

En la actualidad se puede apreciar una fuerte tendencia al empleo de productos ESRI, tanto en las instituciones públicas y privadas, constituyendo el formato shape (*.shp) el más común. Sin embargo, ciertas coberturas fueron proporcionadas en formato PC ArcInfo (*.arc) y ArcInfo (*.arc y *.E00). Para lo cual se realizó un cambio de formato a shape, principalmente por la facilidad en la manipulación de estos datos y la compatibilidad de los programas de procesamiento de datos raster, como son los programas especializados de procesamiento de imágenes.

Sistemas de referencia.

Los principales sistemas de referencia en el país son: Datum Provisional para Sudamérica del año 1956 (Provisional Sud American Datum PSAD – 56) y el Sistema Geodésico Mundial del año 1984 (World Geodetic System WGS – 84), cuyos principales parámetros se detallan a continuación:

- **PSAD – 56**

El Datum Provisional para Sudamérica del año 1956, toma como referencia el Elipsoide de Hayford, también llamado elipsoide Internacional de 1909, cuyos valores pueden ser apreciados en la *tabla 2*, tomando como origen de referencia horizontal La Canoa – Venezuela, con orígenes en coordenadas 08° 34' 17,170" de Latitud Norte y 63° 51' 34.880" de Longitud al Oeste de Greenwich y como referencia vertical el nivel medio del mar del Mareógrafo de Arica - Chile.

- **WGS - 84**

El Sistema Geodésico Mundial del año 1984, constituye un elipsoide Geocéntrico, que tiene su origen en el centro de masa de la tierra, por lo cual no define ningún datum sobre la superficie de la misma. Los parámetros matemáticos pueden ser apreciados en la *tabla 2*, este sistema constituye la referencia nacional de acuerdo a Ley Forestal de Bolivia Nro. 1700 y será considerada como base para la integración de la información en el sistema.

Tabla 1 - Elipsoides de Referencia

Elipsoide	Semi Eje Mayor	Semi Eje Menor	Achatamiento
Internacional de 1909	6.378.388,0	6.356.911,946	1 / 297,0
WGS84	6.378.137,0	6.356.752,314	1 / 298,257

Proyección Cartográfica

Las coberturas espaciales recopiladas se encuentran en dos principales Proyecciones Cartográficas: Cónica Conforme de Lambert y Transversa Universal de Mercator (UTM).

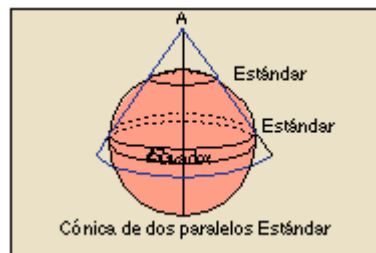
- **Cónica Conforme de Lambert**

La proyección conforme de Lambert (conserva la forma) es generada a partir de un cono, cuyo eje es coincidente con el eje de los polos, y dos paralelos estándar tangentes al elipsoide, teniendo como principal aplicación la representación de grandes extensiones de la superficie terrestre, tales como continentes y principalmente países.

Los parámetros oficiales en Bolivia para esta proyección son:

- 1er paralelo estándar : 11° 30' Latitud Sud
- 2do paralelo estándar : 21° 30' Latitud Sud
- Meridiano de Origen : 24° Longitud al Oeste de Greenwich
- Meridiano de referencia : 63° Longitud al Oeste de Greenwich
- Falso Norte : 1.000.000
- Falso Este : 0
- Factor de Escala : 0.9996

Figura 3. Proyección Lambert

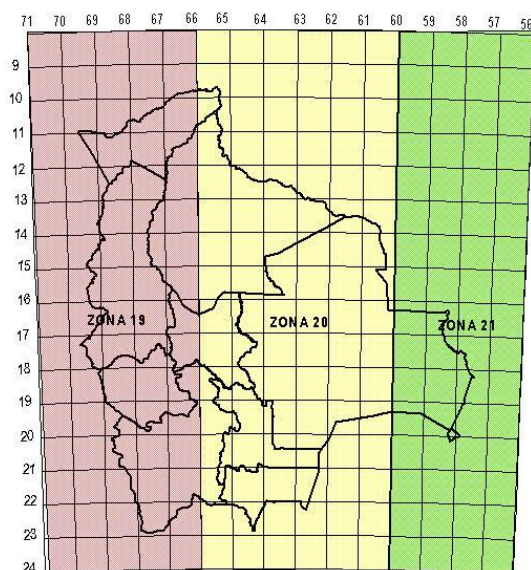


- **UTM**

Esta proyección es probablemente la más famosa de todas las proyecciones, y toma el nombre de su creador en 1569. Es una proyección cilíndrica que carece de distorsiones en la zona del Ecuador. Una de las características de esta proyección es que la representación de una línea con un azimut (dirección) constante se dibuja completamente recta. Nuestro país se encuentra en tres zonas UTM (19, 20 y 21), cuyos parámetros oficiales son:

- Meridiano central zona 19 : 69° Longitud al Oeste de Greenwich
- Meridiano central zona 20 : 63° Longitud al Oeste de Greenwich
- Meridiano central zona 21 : 57° Longitud al Oeste de Greenwich
- Falso Norte : 10.000.000
- Falso Este : 500.000
- Factor de Escala : 0.9996

Figura 4. Zonas UTM en Bolivia



Contenido de los atributos de las coberturas espaciales

Los atributos de las coberturas espaciales en formato shape son almacenados en tablas con extensión *.dbf, las cuales presentaron tres casos típicos que son detallados a continuación:

- Todos los atributos se encuentran en la tabla, como parte integrante de shape.
- Existe una o más tablas adicionales con la descripción de los atributos, que implica el establecimiento de la relación de cierto campo llave con la tabla integrante del shape y/o una tabla adicional, operaciones denominadas join y relate.
- La descripción de los atributos se encuentra en una leyenda establecida, denominada *.avl (ArcView Legend), siendo necesaria la relación de un campo específico de la tabla de atributos, integrante del shape, con la leyenda.

4. Corrección y completamiento de datos

Cierta información tuvo que ser corregida y completada principalmente en aspectos de atributos, ardua labor que requirió tiempo considerable de ejecución, tal el caso de las curvas de nivel y otros mapas temáticos.

5. Integración de la información

Como resultado del análisis realizado, se encara actualmente la creación de la metadata necesaria para la integración de la información espacial a la Base de Datos general del proyecto, actividad que requiere de un análisis y revisión bibliográfica de los estándares a nivel nacional e internacional para la gestión de este tipo de información.

Así mismo, ya se tiene identificada y seleccionada la información relevante y complementaria para la ejecución de las tareas específicas del área SIG, que ya al estar depurada se encara actualmente una etapa crucial para la adecuada implementación de

un Sistema de Información Geográfica. Esta actividad es la definición del modelo de datos del sistema, que viene siendo coordinada con el Área de Base de Datos del proyecto, como la integración de información y datos, tanto alfanuméricos como espaciales, que será presentada como un documento técnico en un futuro próximo.

6. Revisión de las metodologías propuestas

La revisión de la o las metodologías propuestas por los diferentes expertos, vienen siendo una tarea constante por parte del Área, fundamentalmente en la mejor forma de adecuar el desarrollo tecnológico, principalmente en los programas especializados de procesamiento de imágenes y de la misma manera las ventajas de las imágenes de satélite actuales.

CONCLUSIONES

El objetivo de enunciar las conclusiones del presente informe, estas relacionadas con el cumplimiento de los objetivos del Área, de esta manera podemos mencionar:

- Fueron consideradas las normativas existentes en el país, tanto en el aspecto forestal (Ley 1700, reglamento y normas técnicas), como el aspecto cartográfico.
- Se cuenta con Bases de Datos Personales (“*Personal Geodatabases*”), con la información depurada, base para planificación del inventario forestal y posterior validación de la información recopilada en el futuro.
- Se adoptó la metodología adecuada para la implementación del Sistema de Información Geográfico Forestal (SIGF) del país.
- A criterio del Área se cuenta con los insumos necesarios para encarar claramente el diseño del modelo de datos del sistema.
- Los avances del Área están de acuerdo al Cronograma de Actividades de proyecto, sin presentar retrasos significativos.

RECOMENDACIONES

Las principales recomendaciones en el actual desarrollo del proyecto son:

- Continuar con la coordinación de actividades con sistemas similares dentro del sector forestal, para evitar la duplicidad de esfuerzos y inadecuado empleo de recursos.
- La coordinación al interior del proyecto con las demás Áreas constituye una necesidad imperiosa y debe continuar como es estuvo desarrollando hasta el momento.
- Continuar y dedicar mayor esfuerzo en adecuar las metodologías propuestas por los expertos a la actual realidad nacional y evolución tecnológica.

BIBLIOGRAFÍA

BORROUGH P., Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, 1986.

_____, Geoprocamiento para proyectos ambientales, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales del Brasil, 1998.

_____, Modelamiento de Datos en SPRING, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales del Brasil, 1999.

ZEILER M., *Modeling Our World*, 1999.

_____, Ley Forestal de Bolivia Nro. 1700, reglamento y normas técnicas, Gaceta Oficial de Bolivia, 1996.

_____, Documento de Proyecto (Pd 17/99 Rev. 3 (F) "Inventario Forestal Nacional Y Programa de Control de los Recursos Forestales de Bolivia", Organización Internacional de las Maderas Tropicales y Viceministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Bolivia, 1999.

_____, Manual de la OIMT para el seguimiento, el examen y la evaluación de proyectos, segunda edición, Yokohama, Organización Internacional de las Maderas Tropicales, 1998.

**Gonzalo Miranda R.
TECNICO EN SIG
PROYECTO OIMT INFOBOL**

ANEXO 1

CUADRO DETALLE DE LA CARTOGRAFÍA EXISTENTE EN EL AREA SIG DEL PROYECTO INFOBOL

**DETALLE DE LA CARTOGRAFÍA
EXISTENTE EN EL AREA SIG DEL PROYECTO INFOBOL**

Mapa	Fecha de la información	Fuente de la información (directamente obtenida, secundaria)	Frecuencia de actualización	Unidad administrativa responsable de la obtención	Resumen Metodología empleada	Uso
Limites internacionales	1997	Instituto Geográfico Militar (I.G.M.)	No previsto	Ministerio de Relaciones Exteriores – IGM	Levantamientos geodésicos en coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores	Oficial
División Administrativa (Departamental)	1997	IGM	No previsto	IGM	Levantamientos geodésicos en coordinación con los Gobiernos departamentales	Oficial
División Administrativa (Provincial)	1997	IGM	Constante	IGM	Levantamientos geodésicos previo consenso entre partes	Oficial
División Administrativa (Municipal)	1997	IGM	Constante	IGM	Levantamientos geodésicos previo consenso entre partes	No oficial
Forestal	1996	Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación (MDSP)	No prevista	Dirección General de Desarrollo Forestal	Interpretación de imágenes Landsat TM en formato duro	Oficial
Regiones Productoras	1999	Superintendencia Forestal	5 años	Superintendencia Forestal	Generalización a partir de los inventarios forestales existentes	Oficial
Tierras de Producción Forestal Permanente	2000	Superintendencia Forestal – Bolivia Forestal (BOLFOR)	No prevista	Superintendencia Forestal	Interpretación y clasificación de imágenes Landsat TM en formato digital	En aprobación
Reservas Forestales	1999	MDSP- Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), IGM, Plan de Acción Forestal para Bolivia (PAFBOL)	No prevista	Dirección General de Desarrollo Forestal	Interpretación Decretos Supremos (Creación, modificación, etc.) emitidos por la Gaceta Oficial de Gobierno boliviano	Oficial

Mosaico de Concesiones Forestales	2001	Superintendencia Forestal – SIFOR/BOL	Constante	Superintendencia Forestal	Generación de polígonos a partir de los instrumentos de gestión de la Ley Forestal 1700	Oficial
Hidrográfico	1997	IGM - ORSTOM	No prevista	Dirección Nacional de Conservación de Tierras y Cuencas	Levantamiento de la Carta Nacional (IGM) y actualización cartográfica mediante el proyecto “Carminia” con el gobierno francés	Oficial
Vial	1997	IGM – Servicio Nacional de Caminos (SNC)	No prevista	Viceministerio de transportes – SNC	Levantamiento de la Carta Nacional (IGM) y actualización cartografía	Oficial
Provincias Fisiográficas	1994	Servicio Geológico de Bolivia (GEOBOL)	No prevista	Servicio Nacional de Geología y Minas (SERGEOMIN)	MDSP	Oficial
Isotermas (1961 – 1990)	1992	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)	No prevista	SENAMHI	Estudio del Balance Hídrico de Bolivia (Proyecto PICHAP)	Oficial
Áreas Protegidas	2000	MDSP, SERNAP, INRA, IGM, PAFBOL	No prevista	SERNAP	Interpretación Decretos Supremos (Creación, modificación, etc.) emitidos por la Gaceta Oficial de Gobierno boliviano	Oficial
Plan de Uso del Suelo del Departamento de Santa Cruz	1996	Prefectura Del departamento	actualización constante	Prefectura del Departamento	Trabajos de campo e interpretación de imágenes de satélite Landsat TM	Oficial
Plan de Uso del Suelo del Departamento de Pando	1998	Proyecto ZONISIG	No prevista	Prefectura del Departamento	Trabajos de campo e interpretación de imágenes de satélite Landsat TM	Oficial