



Ministerio de Asuntos  
Campesinos y Agropecuarios



INFOBOL



Organización Internacional  
de las Maderas Tropicales

# **INVENTARIO FORESTAL NACIONAL Y PROGRAMA DE CONTROL DE LOS RECURSOS FORESTALES DE BOLIVIA**

PD 17/99 Rev. 3 (F)

## **INFORME TECNICO DEL AREA DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA**



Este documento fue elaborado dentro el marco del Proyecto Inventario Forestal Nacional y Programa de Control de los Recursos Forestales de Bolivia PD 17/99 Rev. 3 (F) (INFOBOL), ejecutado por el Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios MACA y la Organización Internacional de las Maderas Tropicales OIMT.

## **PROYECTO INFOBOL**

**Avenida Camacho No. 1471**

**Teléfono/Fax: 2200803**

**Site : [www.infobol.gov.bo](http://www.infobol.gov.bo)**

**Email: [info@infobol.gov.bo](mailto:info@infobol.gov.bo)**

**Avenida Camacho No. 1471**

## **MACA**

**Avenida Camacho No. 1471**

**Teléfono: 591-2358797**

**Fax: 591-2336041**

**Casilla: 4536**

**Avenida Camacho No. 1471**

## **Personal del Proyecto**

E. Rafael Joffré Rojas

Richard Ramos Lopez

Ryszard Chuquimia Riveros

Manuel Morales Udaeta

Gladys Tesoro Michel Pinaya

Karina Barrancos Ríos

Gonzalo Miranda Rojas

Yaruska Castellón Geier

Ronald Gonzáles Romero

Luis Mario Sandoval

Nelson Chuquimia Loza

Justo H. Ponce Cruz

Coordinador General

Coordinador Técnico

Consultor en Base de Datos

Consultor en Inventarios Forestales

Consultor en SIG

Administradora

Técnico en SIG

Técnico en SIG

Técnico en Base de Datos

Técnico en Inventarios Forestales

Auxiliar de Administración

Asistente de Oficina

Responsable **ÁREA DE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)**

Reservados todos los derechos.

Se puede reproducir citando la fuente.

© INFOBOL

## RESUMEN

El presente informe resume las actividades desarrolladas por el área de SIG del Proyecto INFOBOL, las mismas que han sido orientadas para alcanzar el objetivo principal que es la “Actualización del Mapa Forestal de Bolivia”.

El Área SIG del proyecto INFOBOL a partir del mes de mayo de 2003, ha implementado un Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica orientado en su **primera fase** a la recopilación y sistematización de la información cartográfica digital del área Forestal del país.

Durante el desarrollo de la **segunda fase**, ha generado el proceso metodológico orientado a la “Actualización del Mapa Forestal de Bolivia”, documento técnico que contiene la propuesta metodológica, una sistematización del marco legal vigente en el país, metodologías de clasificación vegetal y un manual de procedimientos técnicos para el tratamiento digital de imágenes de satélite.

De acuerdo a los requerimientos técnicos necesarios para el procesamiento digital de imágenes, se inicia la **tercera fase** de trabajo, en la misma se procedió a realizar un monitoreo de la vegetación, utilizando la técnica de sobrevuelos de reconocimiento, actividad orientada a realizar un levantamiento de información en campo sobre la disposición de la cobertura vegetal de las regiones, Amazónica, Chiquitana, Chaqueña y Perichaqueña del país, técnica que permite el ahorro de tiempo y dinero, permitiendo realizar un reconocimiento rápido de las unidades en estudio.

La **cuarta fase**, paralela a la anterior, que por ser la mas laboriosa se la ha dividido en etapas para explicar en forma detallada el Proceso Técnico de Actualización del Mapa Forestal de Bolivia, habiendo generado durante este proceso tres mapas forestales preliminares correspondientes a los departamentos de Pando, Santa Cruz y La Paz.

Como **quinta fase**, se describen otras actividades desarrolladas adicionales al objetivo principal, como la asistencia a la X Conferencia Latinoamérica de Usuarios de SIG, entre el 10 al 12 de Septiembre en la ciudad de Santa Cruz, elaboración de un artículo para el desarrollo del boletín N° 1 del Proyecto; así como también apoyo en la generación de cartografía temática del Área de Base Datos e Inventarios Forestales.

## **I. ANTECEDENTES**

El proyecto INFOBOL, dependiente de la Viceministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, del Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, financiado por la Organización Internacional de las Maderas Tropicales OIMT.

Inicia sus actividades en el mes de Octubre del año 2002, luego de un prolongado proceso de gestiones que se inician a partir del año 1993, la Misión de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) tras culminar sus estudios en el país en octubre de 1996, presenta como una de las prioridades más apremiantes; la necesidad de implementar un inventario forestal nacional y establecer un programa de control de los recursos forestales titulado “Promoción del Desarrollo Forestal en Bolivia” presentada al Vigésimo primer período de Sesiones de la OIMT

En base a las recomendaciones de la OIMT (1997), el Gobierno Boliviano gestiona y promueve el Proyecto INFOBOL cuyo objetivo es la evaluación global de los recursos forestales, de manera de sintetizar la información cuantitativa y cualitativa, tanto estática como dinámica a través de muestreos homogéneo que utilice como base un mapa forestal elaborado con criterios fisonómicos, fisiográficos y otros a partir de imágenes satelitales recientes, de tal forma que se pueda obtener resultados útiles para la producción de madera, productos no maderables, protección y conservación de la naturaleza, etc., para cada tipo de bosque y por departamentos, que permita planificar el desarrollo forestal sustentable de Bolivia.

En el proceso de implementación del Proyecto se dividen tres áreas operativas:

- Base de Datos
- Inventarios Forestales
- Sistema de Información Geográfica

El área de Sistemas de Información Geográfica (SIG) encargada del establecimiento de un Sistema Información Geográfica Forestal y cuyo principal objetivo es la actualización del Mapa Forestal de Bolivia, en base a análisis espacial integrando técnicas de sensoramiento remoto y los SIG orientadas a la generación de cartográfica temática forestal.

## **II. INTRODUCCION**

El Proyecto INFOBOL, inicia en el país la ordenación forestal sostenible a través del Inventario Forestal Nacional y la actualización del Mapa Forestal de Bolivia, en cumplimiento de las recomendaciones de la OIMT (1997).

La actualización del mapa forestal, a definido una leyenda que es sensible a los objetivos del inventario forestal y por consiguiente, esta orientada a una base fisiográfica/geomorfológica, fisonómica y climática, que permite la integración de otros criterios de operatividad de la producción forestal.

Aspectos que determinan el concepto esencial del diseño del proyecto, en el marco de la evaluación global de los recursos forestales del país de manera estática y dinámica a través de un sistema de muestreo homogéneo, a partir de imágenes de satélite recientes.

La información a ser generada permitirá desarrollar planes de ordenación del uso de los recursos forestales, permitiendo la identificación geográfica de las clases de bosques con el objetivo de definir los límites y establecer los criterios de manejo apropiados.

## **III. TEXTO PRINCIPAL**

El presente informe resume las actividades realizadas por el área de Sistemas de Información Geográfica del Proyecto INFOBOL, teniendo como principal objetivo la "Actualización del Mapa Forestal de Bolivia".

Cuyo desarrollo se describe en las siguientes fases:

### **3.1. Fase I Recopilación de Información Básica**

La identificación de las diferentes fuentes de información, tanto primaria como secundaria, permitió realizar la recopilación de información de diferentes fuentes en base a convenios de intercambio de información y pedidos directos a las diferentes instituciones, reparticiones de gobierno, proyectos y organizaciones no gubernamentales.

La información cartografía recopilada, existente en el país comprende principalmente mapas a escala pequeña (Escala de trabajo 1:250.000 y Escala de publicación 1: 1.000.000), se ha recopilado y sistematizado información cartográfica sobre los recursos naturales y otros que permiten al proyecto contar actualmente con una base cartográfica digital importante de los principales estudios realizados en el país.

Esta fase se constituye en una tarea constantes del área SIG, debido al continuo desarrollo de esta actividad por otras instituciones del país; esta fase presenta dos actividades:

### **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.

### **Sistematización de la base de datos cartográfica digital.**

Del análisis de la información se genero una base de datos georelacional del proyecto, la Información recopilada, analizada y sistematizada se encuentra disponible en la Base de Datos Geográfica del Proyecto.

## **3.2. FASE II Generación del Proceso Metodológico del Mapa Forestal**

Esta fase comprende el desarrollo del documento Técnico "Propuesta Metodológica para la Actualización del Mapa Forestal de Bolivia.

La metodología propuesta para la actualización del Mapa Forestal de Bolivia, fue planificada considerando las recomendaciones de la (OIMT 1999), que establecen realizar el monitoreo de la vegetación utilizando imágenes satelitales LANDSAT 7 ETM de las gestiones 1999 al 2001, además de los aspectos antes mencionados se definieron tres criterios fundamentales: el climático que permitirá caracterizar la unidad de bosques en base a los índices bioclimáticos, el fisiográfico determinado por las provincias fisiográficas generalizadas por regiones naturales y su aspecto geomorfológico definido por las áreas homogéneas y por último el criterio base orientado a definir la fisonomía de los bosques determinada por el sistema de clasificación de la UNESCO (1973), se adjunta documento en el anexo I.

## **3.3. Fase III Proceso de Actualización de Mapa Forestal de Bolivia**

El proceso de actualización, se inicia a partir del mes de agosto, realizando dos actividades paralelas, la primera referida a la generación de los Modelos Digitales de Terreno y el proceso inicial de la actividad II Tratamiento Digital de Imágenes de Satélite, que corresponde al proceso más laborioso que consiste en la georeferenciación de las 61 imágenes LANDSAT 7 ETM.

### **3.3.1. Actividad I. Generación de los Modelos Digitales de Terreno**

Para la generación de los Modelos Digitales de Terreno, se ha digitalizado 84 cartas a escala 1:250.000, en base a las curvas de nivel se han generado modelos digitales de terreno, información básica que permitirá integrar las bases cartográficas con las imágenes de satélite, para realizar la ortorectificación monoscópica, proceso que ha sido concluido al 100%, y se han generado los modelos digitales para las 61 imágenes, como se muestra en el mapa índice N° 1

### **3.3.2. Actividad II. Procesamiento digital de Imágenes**

El procesamiento digital de imágenes fue, desarrollado de acuerdo a las siguientes etapas:

#### **Etapas I**

Con referencia al Tratamiento Digital de 61 imágenes LANDSAT 7 ETM+, se han desarrollado los siguientes procesos:

- Importación
- Empaquetado
- Corrección atmosférica
- Corrección Geométrica
- Remuestreo a 15 metros
- Generación de los Índices Índice de Vegetación Normalizada (NDVI), Índice de suelo y Humedad (ISH), Índice de Vegetación y Suelo (MSAVI).
- Ecuilibración

El avance de trabajo en esta etapa alcanza a un 67%, habiéndose procesado 41 imágenes, cubriendo los departamentos de Pando, La Paz y Santa Cruz.

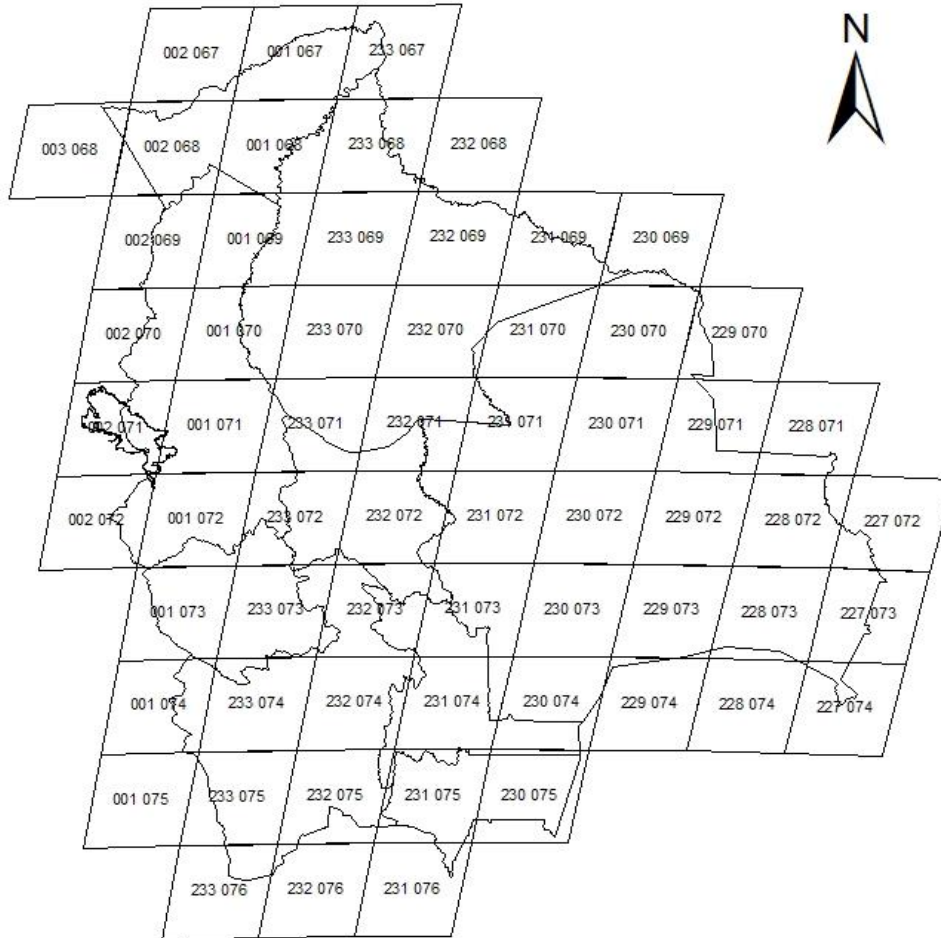
#### **Etapas II**

Correspondiente al proceso de integración de los modelos digitales de terreno con la imagen de satélite para la generación de la ortorectificación monoscópica, que permite observar el área monitoreada en las imágenes en tres dimensiones a objeto de poder realizar un análisis diferenciando áreas de montaña, iluminación y otras características del relieve, producto que facilita la clasificación, en esta fase se han concluido las imágenes correspondientes a los departamentos de La Paz, Pando y Santa Cruz.



**Figura N° 1**

# INDICE IMAGENES LANDSAT ETM+



### **Etapas III**

En este proceso esta caracterizado por los siguientes subprocesos:

- Cortes de las imágenes de acuerdo al Mapa Departamental
- Clasificación no supervisada
- Clasificación supervisada
- Conversión de Raster a Vector (Vectorización)
- Generación de coberturas
- Separación de coberturas
- Análisis visual y selección de clases
- Generación de clases temáticas
- Disolución de polígonos menores a la unidad mínima de mapeo 100.000 m<sup>2</sup> por imagen

La misma ha concluido para los departamentos de Pando, La Paz y Santa Cruz.

### **Etapas IV**

Integración de las coberturas para la construcción de mosaicos departamentales, generados en base a las coberturas que contienen las clases definidas por la clasificación y resultado del análisis visual exhaustivo, separación de clases confección de unidades homogéneas que generan nuevas categorías las mismas que caracterizan las unidades de vegetación las cuales son base para la confección de los mapas temáticos de cobertura vegetal forestal; Como consecuencia de este proceso se han concluido lo mapas forestales departamentales preliminares de Pando, Santa Cruz y La Paz.

### **Etapas V**

Compatibilización y validación de la información generada con la Información Oficial el País. Realizada la clasificación de acuerdo a los criterios fisonómicos del bosque se procederá a re proyectar e integrar las coberturas digitales del Mapa Forestal de año 1995, a las coberturas obtenidas mediante el geoprocesamiento, para validar y compatibilizar las unidades clasificadas, determinando sus cambios y otros aspectos inherentes a la clasificación digital.

### **Etapas VI**

Esta fase se caracteriza por el suavizado de polígonos, fase en la cual se encuentra el mapa del departamento de Pando, Santa Cruz y La Paz se adjunta en el anexo III.

## **Etapas VII**

Referida a la edición de la cartografía temática, y en ella se encuentran los departamentos de Pando, Santa Cruz y La Paz.

## **Etapas VIII**

Fase adicional en la cual se han generado los mosaicos imagen de Pando, Santa Cruz y La Paz, adjunto Anexo III

### **3.3.3. Actividad III. Sobrevuelo de reconocimiento**

La actividad tres referida a la verificación de las unidades de cobertura terrestre, principalmente las relacionadas con la cobertura vegetal y habiéndose observado unidades que mostraban dificultad y confusión en la identificación durante las pruebas de clasificación de imágenes, se solicitó realizar un trabajo de campo, el mismo que fue realizado utilizando como Técnica el sobre vuelo de reconocimiento, metodología que muestra ser altamente eficiente debido a la posibilidad de recorrer un amplio territorio en un corto tiempo, recopilando información espacial en formato digital, con la utilización de esta Técnica se logró realizar un monitoreo a la región Amazónica sobrevolando los departamentos de Santa Cruz, La Paz, Beni y Pando, se adjunta el documento Técnico producto de este trabajo en el Anexo III..

Así como también para la región Chiquitana, Chaqueña, Perichaqueña, se realizó un segundo sobre vuelo cubriendo el sudeste de Santa Cruz, Tarija y Chuquisaca ruta adjunta Mapa 4.1 anexo IV.

### **3.3.4. Actividad IV Otros trabajos realizados**

#### **✓ Apoyo a las Áreas de Base de Datos**

- En coordinación con esta se elaboró el mapa temático nacional sobre los Tipos de Derechos Forestales, vigentes al 2004.

#### **✓ Apoyo a las Áreas de Base e Inventarios Forestales**

- Para el Área de Inventarios Forestales se generó el Mapa temático sobre la distribución de Parcelas Permanentes de Muestreo.
- Elaboración del Plan General de Manejo de Canopy Botánicos.

#### **✓ Capacitación**

- Se capacitó al personal técnico del área de Base de Datos en principios básicos de Sistemas de Información Geográfica y el uso de los software Arc View 3.2. y ARC GIS 8.3, orientada a la recopilación analítica de la información de las diferentes fuentes.

- Así como también se capacitó a personal técnico del área en Inventarios sobre los principios básicos de Sistemas de Información Geográfica y el uso del software Arc View 3.2.
- Se impartió capacitación a Tesisistas de la Escuela de Ciencias Forestales de la Universidad Mayor de San Simón Cochabamba, en el Manejo de GPS
- En el departamento de Pando se brindo capacitación al personal de la Prefectura en principios básicos de SIG y el Manejo del Software Arc Vies.

✓ **Asistencia a la X Conferencia Latinoamericana de Usuarios de SIG**

Para cuyo evento se preparo un artículo, referido al Proceso Metodológico para la actualización del Mapa Forestal de Bolivia.

El evento fue realizado en Santa Cruz del 10 al 12 de Septiembre en el Hotel Los Tajibos, donde se presentó las actividades del Proyecto, a cargo del Coordinador General, la Consultora en SIG y el Consultor en Base de Datos.

✓ **Boletín del Proyecto INFOBOL**

Otra actividad desarrollada por esta Área ha sido contribuir al desarrollo del Boletín N° 1, con los siguientes aspectos: Anexo III.

✓ **Asistencia a la II Feria del Bosque Natural de Bolivia EXPO FOREST 2004**

Evento en el cual el Proyecto presento un espacio de exposición mostrando las actividades que se esta realizando.

## **V. CONCLUSIONES**

En conclusiones, el área de SIG del Proyecto, se ha logrado elaborar tres Mapas Forestales Departamentales, correspondientes a Pando, Santa Cruz y La Paz que deberán ingresar a la etapa de ajuste y socialización y cuyo laborioso trabajo se ha enmarcado en las recomendaciones realizadas por el ente Financiador OIMT, incluidas en sus publicaciones y directrices.

Debiendo hacer notar que durante el desarrollo del trabajo se han tenido retrasos considerables, debido principalmente a la lentitud de los procesos, hecho que se debe a la magnitud de información con la que se trabaja, característica del procesamiento de información satelital y su integración a los sistemas de información geográfica.

Se han generado documentos Técnicos que servirán como instrumentos de trabajo para diferentes usuarios relacionados al monitoreo de los recursos naturales y específicamente para el Área Forestal disponibles en el Proyecto y que serán difundidos por el Portal del Proyecto.

El Proceso Metodológico y el Manual de Procedimientos, han sido aplicados, permitiendo desarrollar y concluir los Mapas Preliminares, cuyo resultado permite concluir que la metodología propuesta es aplicable.

## **RECOMENDACIONES**

Con base en el proceso de actualización y considerando las dificultades inherentes a los largos y laboriosos procesos en el tratamiento digital de imágenes y el proceso de la integración vectorial, ajuste de la unidad mínima de mapeo se recomienda:

- Considerar el cronograma de actividades, considerando un tiempo adicional a la generación de los productos temáticos.
- Considerar que debería incluirse en el equipo de trabajo un Experto Ecológico especialista en Botánica Forestal para caracterizar mejor las unidades de bosque, debido a la complejidad en la caracterización de bosques y al no haber podido realizar un trabajo de campo que cubriera toda el área de bosques del país.

# ANEXO I

Nota: Referido a dos documento Técnicos adjuntos,

- Proceso Metodológico para la Actualización del Mapa Forestal de Bolivia
- Manual de Procedimientos para la Actualización del Mapa Forestal de Bolivia

# ANEXO II

- Informe del Sobrevuelo de reconocimiento orientado a la actualización del Mapa Forestal de Bolivia

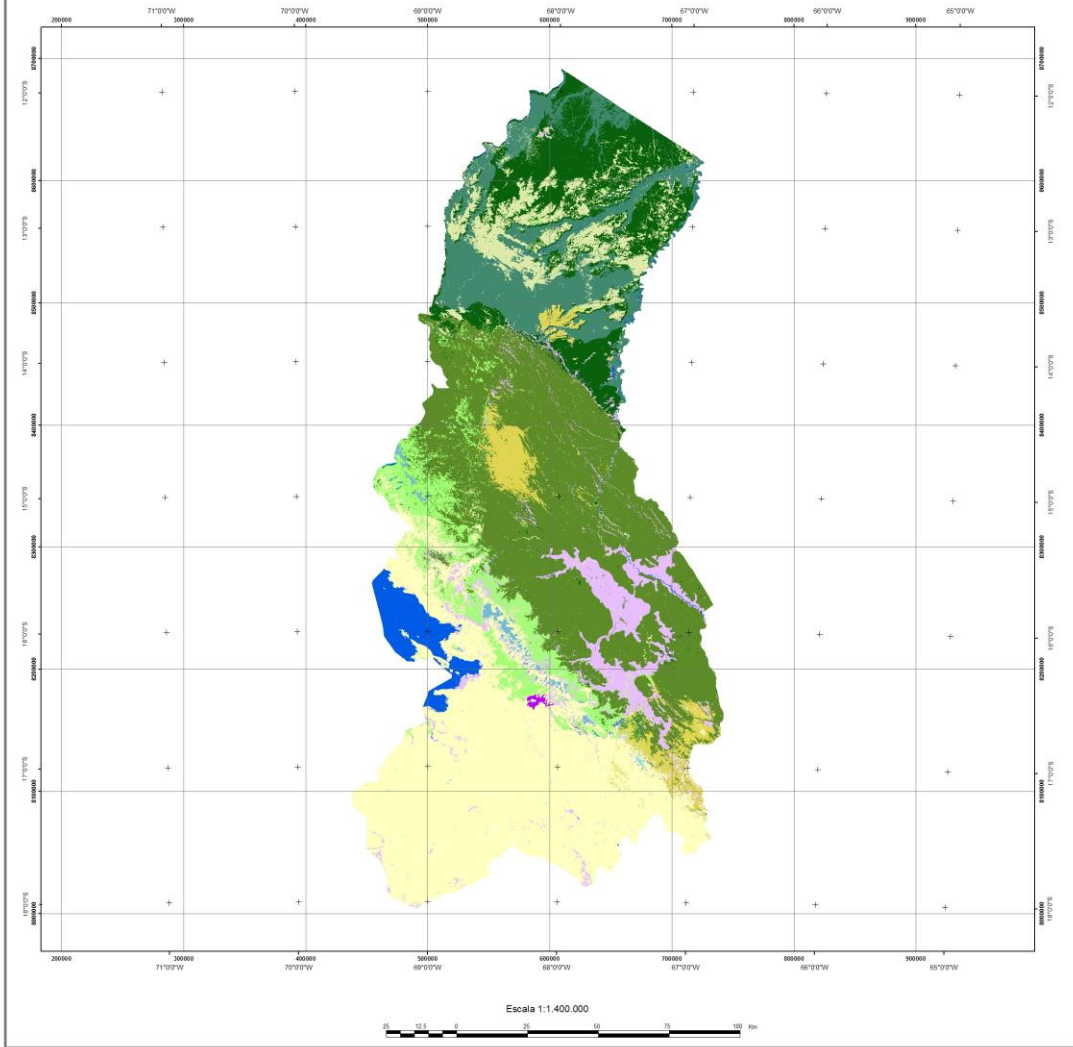


# ANEXO III

**Mapas Temáticos de los tres departamentos :**

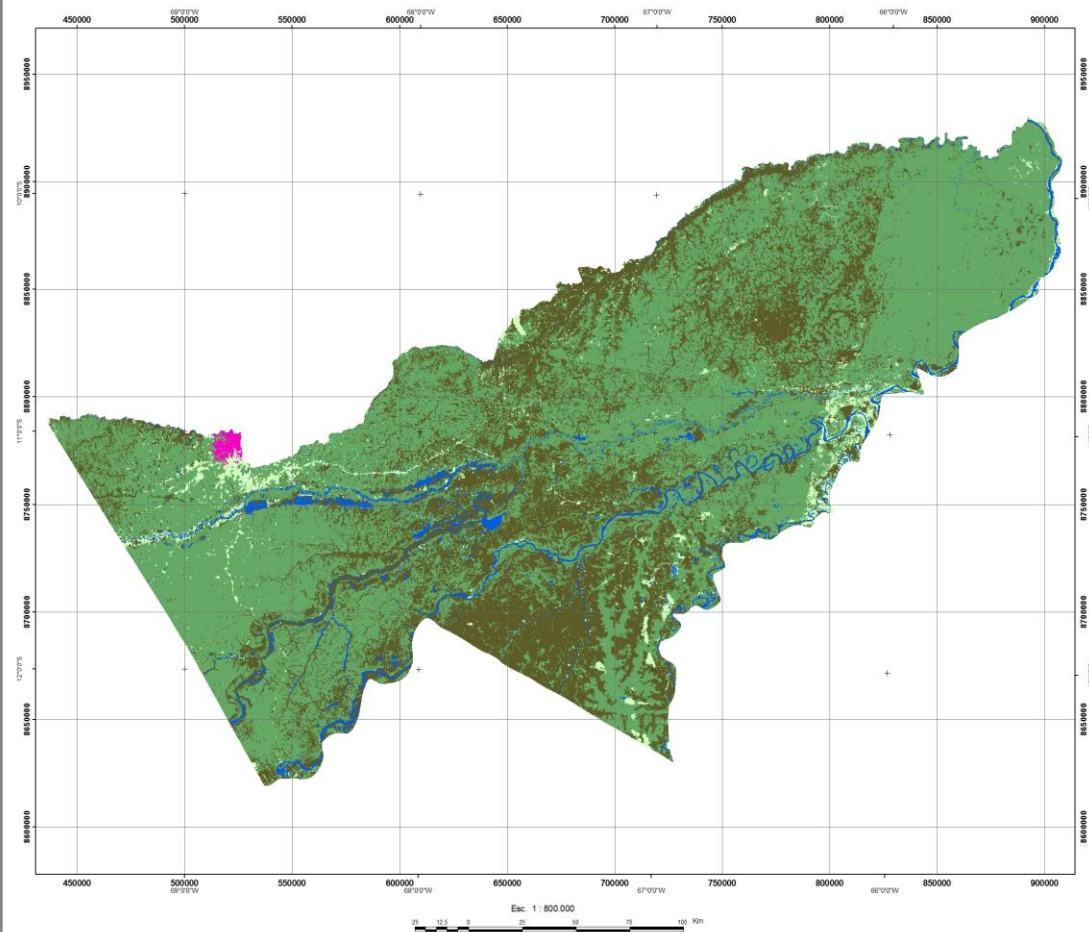
- **Pando**
- **Santa Cruz**
- **La Paz**

# MAPA FORESTAL PRELIMINAR DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ



<p>MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y AGROPECUARIO</p> <p>INSTITUTO NACIONAL DE MANEJO FORESTAL</p> <p>INSTITUTO NACIONAL DE MANEJO FORESTAL</p>	<p>Ubicación del Departamento en Bolivia</p>	<p>MOSAICO DE IMAGENES LANDSAT 7 ETM</p> <p>Composición de Bandas 4, 3, 2</p>	<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Bosque denso siempre verde ombrofilo de baja altitud</li> <li>■ Bosque denso siempre verde ombrofilo de baja altitud nivalcable</li> <li>■ Matorral denso semideciduo ombrofilo estacionalmente anegado</li> <li>■ Bosque denso siempre verde ombrofilo montano rubiado</li> <li>■ Matorral denso siempre verde ombrofilo nuboso</li> <li>■ Matorral denso o raro semideciduo ombrofilo rubiado</li> <li>■ Plantaciones forestales estensivas</li> <li>■ Agricultura extensiva</li> <li>■ Área Urbana</li> <li>■ Cuerpos de agua lagos y lagunas</li> <li>■ Hielo permanente</li> <li>■ Hielo temporal</li> <li>■ Otras tierras</li> </ul>	<p>SISTEMA DE PROYECCION</p> <p>Universal Transversa de Mercator Zona 19</p> <p>SISTEMA DE REFERENCIA</p> <p>WGS - 84</p>
--	--	---	--	---

# MAPA FORESTAL PRELIMINAR DEL DEPARTAMENTO DE PANDO



Ubicación del Departamento en Bolivia

MOSAICO DE IMAGENES LANDSAT 7 ETM +  
Composición de Bandas 54.3

**LEYENDA**

- Agricultura establecida
- Area urbana
- Bosque denso siempre verde ombrófilo de baja altitud
- Bosque denso siempre verde ombrófilo de baja altitud estacionalmente anegado
- Cuerpos de agua, lagos, lagunas y rios

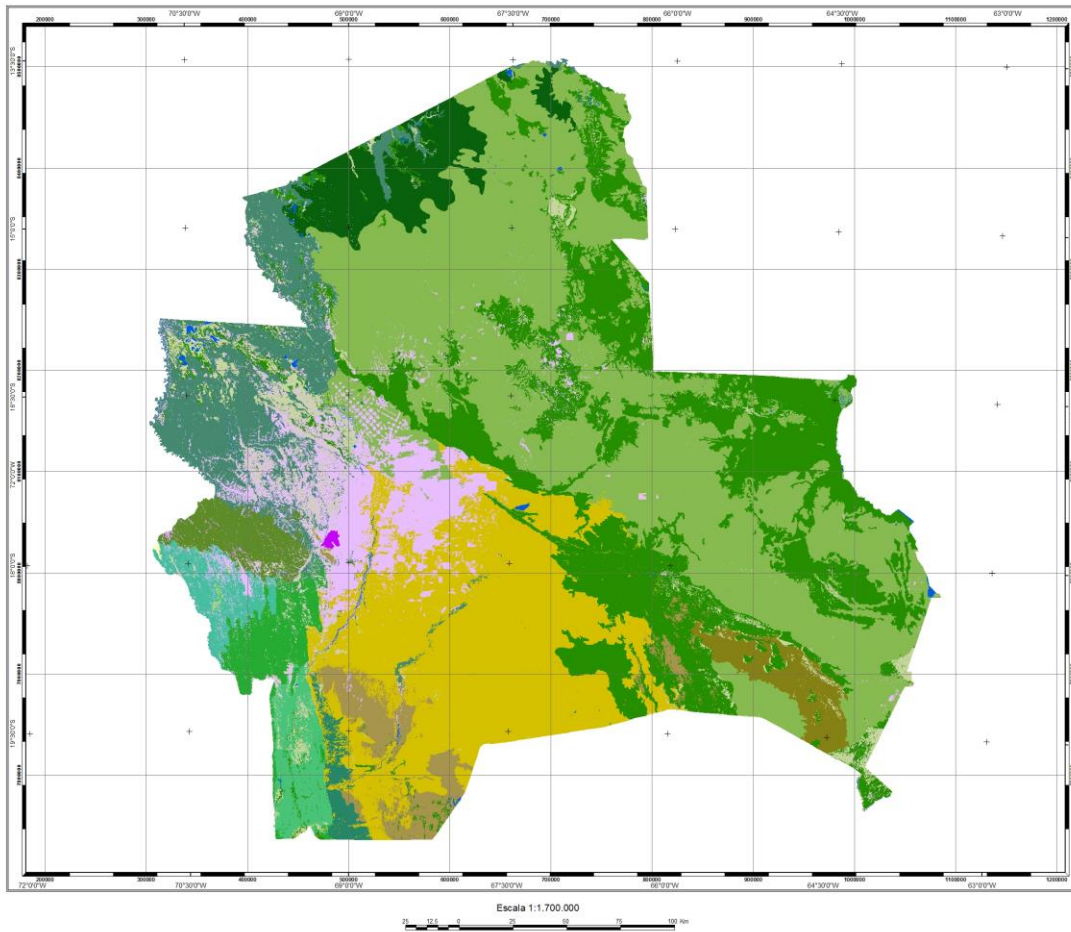
SISTEMA DE PROYECCION

Universal Transversa de Mercator  
Zona 19

SISTEMA DE REFERENCIA

WSG - 84

# MAPA FORESTAL PRELIMINAR DEL DEPARTAMENTO DE SANTA CRUZ



ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LAS MADERAS TROPICALES

MINISTERIO DE ASUNTOS CAMPESINOS Y AGROPECUARIOS

INFORCEL  
PROGRAMA DE CONTROL DE LOS RECURSOS FORESTALES DE BOLIVIA

**REFERENCIA**

**MOSAICO DE IMAGENES LANDSAT 7 ETM +**

Composición de Bandas 5,4,3

**LEYENDA**

- Bosque denso siempre verde ombrofilo de baja altitud
- Bosque denso siempre verde ombrofilo de baja altitud inundable
- Matorral denso deciduo ombrofilo estacionalmente anegado
- Matorral denso deciduo ombrofilo estacionalmente anegado
- Bosque denso siempre verde ombrofilo montano bajo rubilado
- Bosque denso deciduo estacional de baja altitud
- Bosque denso deciduo estacional de baja altitud inundable
- Matorral denso deciduo estacionalmente anegado
- Bosque denso semideciduo xeromorfo montano bajo
- Bosque denso semideciduo ombrofilo montano rubilado
- Bosque denso o raro semideciduo xeromorfo altoandino
- Matorral raro deciduo estacional de altura
- Bosque denso semideciduo xeromorfo de baja altitud
- Bosque denso deciduo xeromorfo
- Matorral denso o raro xeromorfo estacionalmente anegado
- Agricultura establecida
- Agricultura migratoria
- Área Urbana
- Cuerpos de agua lagos y lagunas
- Otras tierras

SISTEMA DE PROYECCION

SISTEMA DE REFERENCIA

Universal Transversa de Mercator  
Zona 20  
WSG - 84