



**Corporación Andina  
de Fomento**



**BOLFOR**  
Proyecto de Manejo  
Forestal Sostenible



**Geosystems**  
*Orientando soluciones*

## BOLIVIA

Determinación del daño  
causado por los incendios  
forestales ocurridos en los  
Departamentos de Santa  
Cruz-Beni en los meses de  
agosto y septiembre de 1999

**Informe Final**

Abril, 2000

## **PRESENTACION**

*La ejecución de esta evaluación y los resultados que se presentan son un esfuerzo conjunto de la Corporación Andina de Fomento (CAF) y del Proyecto Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR), que han aportado los recursos necesarios para realizarla.*

*Esta no es una evaluación oficial ni del Gobierno de Bolivia ni de USAID y se ha hecho con el único fin de presentar información actualizada sobre el impacto de los incendios forestales, que pueda ser utilizada para la definición de acciones que prevengan la ocurrencia de este tipo de eventos.*

## Tabla de Contenido

---

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CRONOLOGÍA DE LOS ACONTECIMIENTOS	2
3. OBJETIVOS	4
4. RESUMEN DE ACTIVIDADES PRINCIPALES	4
5. METODOLOGÍA	5
5.1. Obtención de la Serie de Imágenes NOAA	5
5.2. Creación de una base digital SIG de las áreas de estudio	6
5.3. Lectura y corrección de las imágenes de satélite	6
5.4. Rectificación de las imágenes de satélite	7
5.5. Extracción de la información utilizable	7
5.5.1. Edge Matching	7
5.5.2. Mejoras y realces en la imagen	7
5.6. Clasificación de las imágenes de satélite y generación del plano de cobertura del suelo	8
5.7. Elaboración de la cartografía de incendios	8
5.8. Obtención de un set de datos meteorológicos	8
5.9. Definición de los patrones de distribución de los incendios	9
5.10. Trabajos de campo	10
5.11. Estimación de las emisiones de carbono a la atmósfera	10
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
6.1. Incendios detectados en el período	11
6.2. Datos climáticos	12
6.3. Incendios por tipo de vegetación	16
6.4. Clasificación de incendios según las clases de uso del Plan de Uso del Suelo de Santa Cruz	17
6.5. Clasificación de los incendios según las clases de uso del Plan de Uso del Suelo de Beni	20
6.6. Incendios por áreas protegidas	20
6.7. Incendios por Territorios Comunitarios de Origen (TCO)	21
6.8. Incendios por municipios	22
6.9. Efectos de los incendios por pueblos y poblaciones	24
6.10. Incendios por red de caminos	24
6.11. Determinación de los patrones de incendios	25
6.12. Determinación del daño causado por los incendios forestales	27
6.12.1. Estimación del valor económico	27
6.12.2. Emisión de carbono	28
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y CARTOGRÁFICAS	30
ANEXO MAPAS	32

## Introducción

Todos los años Bolivia y otros países vecinos como Brasil, Paraguay y Argentina, sufren de incendios forestales provocados, ya sea por la incorporación de nuevas tierras forestales a usos agropecuarios o bien a la quema de grandes extensiones de pastizales naturales.

Estos incendios causan el cambio físico de la vegetación, que al quemarse libera una variedad de gases en la atmósfera que causan y agravan el efecto invernadero. Por ejemplo se estima que los incendios forestales de conversión de tierras forestales a agropecuarias contribuyen aproximadamente con un 30 % del incremento anual de concentración de Carbono CO<sub>2</sub> en la atmósfera (Kaufman y Justice, 1998)

La liberación de gases (reactivos químicos) durante la quema de la vegetación de las regiones tropicales influencia directamente en los procesos químicos que existen en la troposfera, esta influencia llega incluso a afectar regionalmente y globalmente la distribución de ozono llegando incluso a ser relacionada con la lluvia ácida.

Recientes estudios muestran que los incendios forestales, relacionados con quemas de bosques, prácticas de deforestación por fuego, y el manejo de sabanas naturales, es la mayor fuente de emisión de gases como NO, CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, SO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, otros no-metano hidrocarburos como los encontrados con los aerosoles. Por consiguiente resultan un importante factor del cambio climático mundial (Stith et al., 1981; Crutzen et al., 1985; Fishman et al., 1986; Andreae et al., 1988; Browell et al., 1988; Kaufman et al., 1992).

Estimaciones globales indican que la quema anual de biomasa puede ser asociada con el 38 % del ozono en la Troposfera, 32 % del monóxido de carbono, más del 20 % del hidrógeno, no-metano hidrocarburo, y óxido de nitrógeno, y aproximadamente el 39 % de las partículas de carbono orgánico (Levine, 1991; Andreae, 1991), llegando incluso a ser consideradas de igual importancia que las emisiones de la industria química del mundo desarrollado (Crutzen et al., 1985; Crutzen y Andreae, 1990).

Es reconocido que el 70 % u 80 % del total anual de incendios forestales, se producen en las regiones ecuatoriales y subtropicales (Greenburg et al., 1984; Andreae, 1991). Esta concentración de emisiones, justamente en los lugares que más energía radiante reciben de parte del sol, altera todos los procesos químicos que se realizan en la troposfera. El cambio de cobertura del suelo y del comportamiento de las nubes, en primer lugar altera el albedo, calentando o enfriando más el clima, segundo las partículas emitidas a la atmósfera por un incendio puede afectar la microfísica y las propiedades de radiación de las nubes. Estas partículas sirven como núcleos de condensación al interior de la nube, resultando su aumento en un incremento de la cobertura de la nube, y por ende resulta una nube más reflectiva de lo normal. Este incremento de la cobertura de la nube incrementa el albedo o capacidad reflectiva de la atmósfera en ese lugar, por ende todo el régimen pluviométrico se ve afectado, alterando por ende el régimen de lluvias (Kaufman y Justice, 1998)

El resultado de los incendios naturales y de los procesos relacionados con la deforestación producida, con los efectos del fuego y el cambio de energía y agua entre la superficie del suelo y la atmósfera está directamente relacionado con el cambio de albedo de la superficie del suelo, incrementando los niveles energéticos del suelo a un nivel local y regional. Este cambio, aumenta el nivel de energía absorbida por el suelo de la radiación solar, incrementando la temperatura del mismo. Este cambio de temperatura del suelo afecta a una variada gama de procesos, incluyendo a los nutrientes, disponibilidad de agua (humedad) y respiración microbiana. El cambio de cobertura del suelo ocurrido durante un incendio reduce los niveles de evapotranspiración y altera la pluviosidad. En los bosques tropicales las tierras descubiertas de su cobertura arbórea sufren rápidamente de procesos erosivos y los ríos de sedimentación. El mismo cambio de bosque a sabana hace que disminuya la capacidad de evapotranspiración, por ende la capacidad de retener humedad de la atmósfera disminuye, recalentándola local y globalmente (Kaufman y Justice, 1998)

Las acciones del fuego, en los ecosistemas terrestres además de los efectos enunciados, también modifican la fauna presente en los bosques tropicales eliminándola o bien cambiando drásticamente sus hábitos de comportamiento, rutas de migración, lugares de apareamiento, dormitorios de aves y animales son devastados por las acciones del fuego.

Aunque se han enunciado una serie de acontecimientos ocurridos por las acciones de la quema de los bosques, en este informe se analiza solamente el aspecto forestal que ha sido el recurso natural más afectado, y además el recurso hacia el cual Bolivia ha instaurado un modelo de aprovechamiento de los recursos forestales, basado en la aplicación de la Ley Forestal o Ley 1700.

## **Cronología de los acontecimientos**

Según estimaciones, tanto del Proyecto BOLFORD como de la Superintendencia Forestal, anualmente en Bolivia se queman más de 100 mil hectáreas por año (Bolford, 1994). Durante los meses de agosto y septiembre de 1999, lo que podría ser considerado “año normal”, se transformó en uno de los peores desastres ambientales de los últimos años. Esta vez la palabra *desastre* fue empleada porque el fuego en su avance arrasó a su paso, a varios pueblos y comunidades, causando muertos y heridos y cientos de hogares destruidos, el más importante e impactante tuvo lugar en Ascensión de Guarayos. Este acontecimiento despertó la conciencia de instituciones y proyectos, entre ellos el propio proyecto BOLFORD que usando técnicos y tecnología de punta, comenzó un seguimiento satelital por medio de imágenes proveídas por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) del comportamiento de las quemaduras en el país. Este seguimiento de lo que ocurría, se convirtió en el corto plazo en fuente de información para la prensa y las propias autoridades gubernamentales. Sin embargo, es importante resaltar, a como también se hizo en el momento, que este desastre no es un desastre natural, pues en todo momento se reconoció, y esta evaluación lo ha confirmado, que este desastre es un desastre de origen humano y no un desastre natural como las inundaciones en Venezuela, las erupciones de volcanes en diferentes partes del mundo, o inclusive el incendio que ocurrió en la misma época en una refinería en Turquía, después de la ocurrencia de un terremoto. Por lo tanto si no es un desastre natural, se puede prevenir.

Después de dos semanas de ocurrido el incendio del pueblo de Ascensión de Guarayos, el proyecto BOLFOR y la Superintendencia Forestal informaban a la prensa local el día 25 de agosto que los incendios habían quemado a su paso más de 3 millones de hectáreas centradas principalmente en el Departamento de Santa Cruz y correspondientes en su mayor parte a tierras de uso agropecuario.

El día 28 de agosto se informa a la prensa, que a pesar de los daños provocados por los incendios anteriores, el fuego continuaba en Santa Cruz, específicamente en San Matías. El proyecto BOLFOR comunica que algunos productores han iniciado nuevas quemas.

El día 1 de septiembre se da la voz de alerta que se han detectado incendios en el Departamento del Beni, además de los ya registrados en Santa Cruz.

En un nuevo recuento, entregado a la prensa el día 11 de septiembre, la superficie arrasada por el fuego alcanza a los 3,6 millones de hectáreas de las cuales alrededor del 5% corresponde a tierras boscosas.

El día 15 de septiembre se informa que existen 373 focos de incendios en el Departamento del Beni, alcanzando una superficie de 133,000 hectáreas.

El día 19 de septiembre, nuevamente el proyecto BOLFOR, comunica a la prensa local, que los incendios continúan sin control y que al menos cinco de los focos detectados, están muy cercanos de la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

El día 22 de septiembre se da a conocer un nuevo recuento a la prensa, se informa que en el Departamento del Beni las tierras alcanzadas por el fuego suman 1,9 millones de hectáreas, que sumadas a las 3,6 de Santa Cruz dan 5,5 millones de hectáreas en todo el país.

El día 26 de septiembre el proyecto hace un comunicado de prensa, donde lamenta la situación y llama a la reflexión tanto de la comunidad como de las autoridades locales, porque se comienzan a integrar nuevas zonas al mapa de fuegos, se advierte además que las elevadas temperaturas 34°, la escasez de precipitaciones, humedad, y los fuertes vientos, más la propia conducta de la gente son factores determinantes de riesgo.

El día 02 de octubre se entrega a la prensa un nuevo reporte, el que alcanza una superficie de 4,2 millones de hectáreas en el departamento de Santa Cruz, paradójicamente el día del árbol en Bolivia se celebra el día 2 de octubre.

A pesar de la profunda campaña comunicacional iniciada por BOLFOR, el día 14 de octubre el proyecto entregaba el reporte de incendios a la fecha, se establecieron 351 focos activos en el país, y el fuego ya estaba presente en otros departamentos, como es el caso de Cochabamba, Tarija, La Paz y Pando.

El día 14 de octubre de 1999 se reporta a la comunidad que la Superintendencia Forestal iniciaba acciones legales contra algunos de los autores de las quemas o chaqueos ilegales sobre 34.000 hectáreas.

El día 16 de octubre se declara emergencia ambiental y se prohíben las quemas y chaqueos en el departamento de Santa Cruz.

El día 19 de octubre, nuevamente el proyecto BOLFOR, hace un llamado de alerta acerca de la gravedad de los hechos, que de continuar incluso algunos pueblos estarían amenazados. Las informaciones que se proporcionaban ya no iban en el sentido de llamar la atención sobre la magnitud del daño sino indicándose que las condiciones de alta temperatura, la ocurrencia de incendios previos, la no-precipitación y la debilidad de la vegetación presentaban condiciones más que óptimas para la ocurrencia de incendios de mayor magnitud y peligro.

Mientras en Bolivia los hechos parecen “casi olvidados” en el vecino Brasil que sufrió una situación similar el año 1999, se prepara para este año con un ambicioso plan de protección a la selva contra los desmontes, chaqueos y quemas ilegales, que corresponde a su más grande esfuerzo de la historia en esta área, la campaña prevé una inversión de 14,1 millones de dólares americanos sólo para el año 2000, el plan contempla la ocupación de 800 fiscales distribuidos en la selva, sobre los 170 tradicionales.

Es de resaltar la actitud que tuvo la prensa local (radio, impresa y televisión) que dieron una gran cobertura al desastre y sirvieron como un medio clave para hacer llegar información a la población sobre la magnitud de los eventos que estaban ocurriendo.

## **Objetivos**

- Determinación del área afectada por los incendios por tipo de cobertura vegetal clasificadas por estrato arbóreo.
- Determinación de los centros poblados y población afectada.
- Determinación de los patrones de ocurrencia de los incendios. Por tipo de vegetación, accesibilidad y uso del suelo.
- Cuantificación aproximada de los daños expresada en U\$ dólares americanos.
- Estimación de las emisiones de carbono por tipo de vegetación afectada.

## **Resumen de actividades principales**

Esta evaluación incluyó los siguientes pasos:

- Obtención de la serie de imágenes AVHRR con presencia de incendios para los meses de estudio. Fueron procesadas en lo que se refiere al correcto georeferenciamiento e interpretación de energía radiante. A fin de localizar con exactitud los focos de incendios forestales y su comportamiento. Este procesamiento se hizo en cooperación con la NOAA de USA.
- Obtención de una serie de imágenes LANDSAT – TM, anteriores a los primeros incendios reportados, con el fin de confeccionar un mosaico georeferenciado de las mismas. Después se procedió a su clasificación por estratos (bosque alto, medio, bajo, pastos, áreas agrícolas y urbanas) con la finalidad de obtener un mapa forestal lo más actualizado posible.

- Se recopiló información existente en diversas instituciones entre ellas el propio proyecto BOLFOR, acerca de inventarios forestales u otros estudios previos realizados tanto de flora y fauna, e incendios forestales, en el área de interés.
- Se recopilaron reportes meteorológicos de AASANA, del estado del tiempo en los meses de Agosto y septiembre, específicamente vientos, temperaturas y precipitaciones.
- Una vez confeccionados los mosaicos y clasificadas las imágenes, se realizó un reconocimiento y trabajo de campo en el área de los incendios más representativos. En estos lugares se establecieron parcelas de muestreo y tomaron fotografías.
- Entrevistas o consultas a los habitantes del área de influencia del proyecto acerca de las características de los propios incendios.
- Posteriormente se procedió en el GIS, a correlacionar los incendios detectados con los tipos de cobertura vegetal, caminos y uso del suelo, detectando el patrón dominante. Para ello se analizaron por medio de operaciones GIS tipo NEAR o POINTDISTANCE e INTERSECT, los focos de los incendios con las capas seleccionadas. Obteniendo así los totales por cobertura, por uso del suelo y por tipo de camino.
- Evaluación ambiental del área de influencia de los incendios forestales, documentando con fotografías, cartografía, e imágenes de satélite.
- Una vez obtenidos todos los datos se procedió a una cuantificación económica de los daños producidos por los incendios. Para ello se estimó el valor de los daños causados en casos clave y se extrapolaron estos valores a toda el área que incluyera la misma cobertura.
- Considerando los tipos de vegetación identificados, la biomasa existente y la biomasa quemada se produjeron algunas estimaciones de las emisiones de carbono a la atmósfera.
- Evaluación de las principales instancias de Gobierno (nacional, departamental, municipal) en términos de su capacidad y reacción con respecto a los incendios.

## Metodología

### 1.1. Obtención de la Serie de Imágenes NOAA

A partir de un convenio de cooperación entre la oficina de la Agencia Internacional para el Desarrollo de USA en La Paz (USAID), el Proyecto BOLFOR y la NOAA, fue posible recibir vía Internet las imágenes de satélite NOAA 14 y 15 ya analizadas por personal de NOAA, correspondientes a Agosto, Septiembre y Octubre de 1999. Posteriormente se recibieron vía courier y en CD los archivos sin analizar.

Del total de imágenes recibidas se seleccionaron las de agosto y septiembre de mayor calidad, que presentaran menos nubes, que cubrieran la totalidad del área analizada y en las que los focos de incendios fueran más visibles. El hecho de que no todas las imágenes NOAA listadas en la Tabla N° 1, hayan sido clasificadas responde a que en algunas de ellas existía una alta nubosidad y/o humo que dificultó la correcta interpretación del tamaño de los incendios y por lo tanto no fueron utilizadas en el análisis.

En la siguiente tabla se incluye la lista de las imágenes analizadas. El nombre de las imágenes incluye la fecha y la hora (UTC) a la que fueron obtenidas. Por ejemplo 08012008, corresponde a la imagen tomada el 1 de agosto a las 20:08UTC.

**Tabla N° 1. Lista de imágenes analizadas**

08012008	08041934	08051922	08052335	08090010	08092347
08111956	08121944	08131933	08142336	08192010	08201955
08211943	08221932	08232337	08270011	08272016	08272348
08282005	08282326	08291954	09011919	09012337	09050011
09052015	09052349	09062326	09081941	09091929	09100000
09101918	09142349	09152002	09152327	09161951	09171939
09181928	09190000	09192338	09230012	09232013	09232349
09242201	09242327	09251950	09261938		

### **1.2. Creación de una base digital SIG de las áreas de estudio**

A partir de la digitalización y estructuración topológica de la cartografía topográfica básica IGM (Instituto Geográfico Militar, 1994) escala 1:250,000 se creó una base digital SIG, conteniendo los siguientes planos de información:

- Caminos y huellas
- Ríos, quebradas y cuerpos de agua
- Áreas anegadizas y ciénagas
- Centros poblados
- Infraestructura existente en la zona (caminos, carreteras, pistas de aterrizaje, etc.)

Además de la información obtenida de las cartas topográficas IGM, se han incluido las siguientes capas de información:

- Plan oficial de Uso de Suelo del Departamento de Santa Cruz
- Plan no-aprobado del Uso de Suelo del departamento del Beni
- Mapa Forestal de Bolivia
- Mapa de Tierras Comunitarias de Origen
- Mapa de Áreas Protegidas
- Mapa de Secciones Municipales
- Mapa de Distribución de Concesiones Forestales

### **1.3. Lectura y corrección de las imágenes de satélite**

Se obtuvieron imágenes Landsat TM (bandas 3, 4 y 5) para ser utilizadas en la actualización del mapa forestal de Bolivia y obtener de ellas la información de tipos de vegetación. Por medio de las operaciones de lectura, se realizaron despliegues simples y resúmenes estadísticos de los datos, como medio para inspeccionar las características de calidad de las imágenes. Las imágenes, tanto las NOAA como las Landsat fueron georeferenciadas localmente y analizadas y clasificadas para obtener los focos de incendios ocurridos en los meses de estudio y la clasificación de la vegetación.

Las imágenes Landsat TM utilizadas en el presente proyecto se detallan en la Tabla N°2, el nombre se da con base en el World Reference System:

**Tabla N° 2. Imágenes Landsat TM utilizadas**

001-70	232-71	231-70	227-73	229-72	231-72
233-71	232-69	231-69	228-72	230-71	228-73
233-70	231-71	230-73	228-71	230-72	229-71

#### **1.4. Rectificación de las imágenes de satélite**

Las operaciones de rectificación se realizaron con el propósito de corregir errores en la geometría de la imagen, como los errores en la posición de los elementos geográficos en la imagen, relativas a sus posiciones reales en el terreno.

Para el proceso de correcciones geométricas fue utilizada la base digital SIG generada a partir de la digitalización y estructuración topológica de la cartografía escala 1:250,000 del IGM de Bolivia. Estos procedimientos se hicieron utilizando el software Erdas-Imagine ver 8.4.

#### **1.5. Extracción de la información utilizable**

Después de completar las etapas de lectura, correcciones y rectificación de las imágenes, se procedió a la etapa de aislamiento y extracción de información utilizable de la imagen que corresponde al área cubierta por los departamentos de Santa Cruz y Beni.

Este proceso consistió en aislar el área a ser estudiada y reducir así el tamaño del archivo a ser empleado, optimizando consecuentemente el tiempo y recursos.

##### **1.5.1. Edge Matching**

Este proceso consiste en la creación de un archivo general conteniendo la información combinada de las imágenes consideradas para el área de estudio. Este archivo general o mosaico, se utilizó en todos los procesos analíticos posteriores.

##### **1.5.2. Mejoras y realces en la imagen**

Los procesos de mejoras y realces realizados en la imagen compuesta (bandas 3, 4 y 5) fueron destinados principalmente a mejorar el aspecto visual de la misma. El proceso fue realizado manipulando los ámbitos de brillo presentes en la imagen mediante procesos lineales de manipulación de los archivos de estadísticas de la imagen y ecualización de histogramas. Además de hacer una pasada por un filtro lineal tipo 5x5 summary para facilitar la interpretación de elementos lineales como ser caminos, ríos y bordes de cobertura.

## **1.6. Clasificación de las imágenes de satélite y generación del plano de cobertura del suelo**

A partir de la clasificación multiespectral de la imagen y del Mapa Forestal de Bolivia (Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, 1994), se generó un mapa forestal actualizado (imágenes de 1998 y 1999) de la zona de estudio.

El proceso de la clasificación multiespectral de la imagen realizado en Erdas-Imagine 8.4, consistió en organizar los píxeles de la misma, en clases individuales o categorías, basados en los valores de los datos digitales.

El proceso de clasificación se inició con el reconocimiento de patrones espaciales en lugares determinados en la imagen. Posteriormente se realiza el entrenamiento del sistema, para el reconocimiento automático de los patrones detectados en el resto de la imagen.

El proceso de entrenamiento utilizado en el presente proyecto correspondió al entrenamiento supervisado. En este proceso el entrenamiento es controlado por el analista. El proceso de identificación de los patrones detectados fue auxiliado por toda la información complementaria que se pudo recabar de la zona de estudio y el propio Mapa Forestal de Bolivia (MDSP, 1994), previamente digitalizado, el que fue actualizado en lo correspondiente a los desmontes ocurridos y la determinación de bordes y fronteras de las coberturas vegetales.

## **1.7. Elaboración de la cartografía de incendios**

A partir de la interpretación y posterior vectorización de la clasificación de incendio en las imágenes NOAA 14 y 15, se elaboró un mapa general con la distribución espacial de los incendios ocurridos en el período de los meses de agosto y septiembre de 1999, la escala de trabajo empleada correspondió a 1:250,000. Esta información fue usada posteriormente en las sobreposiciones temáticas realizadas.

Las clasificaciones diarias de incendios sobre las imágenes NOAA, fueron vectorizadas y reunidas por medio del comando UNION de ARC/INFO, en una sola capa de información, luego se disolvieron los bordes internos de los polígonos, por medio del comando DISSOLVE de ARC/INFO, lo que produjo polígonos consolidados a los que se le calculó su superficie. De esta manera se evita la posibilidad de que la misma superficie de incendio sea sumada dos o más veces.

## **1.8. Obtención de un set de datos meteorológicos**

Se obtuvieron los datos correspondientes a temperaturas, vientos y precipitaciones diarias, para los meses de agosto y septiembre. Estos datos fueron ingresados al sistema SIG, en forma de punto, referido al lugar de la estación meteorológica. Las estaciones meteorológicas utilizadas fueron:

Departamento	Estaciones
Santa Cruz	Viru Viru, San Matías y Puerto Suárez
Beni	Magdalena, Riberalta y Trinidad

### 1.9. Definición de los patrones de distribución de los incendios

En esta etapa usando toda la información fuente disponible, el Sistema de Procesamiento Digital de Imágenes y el Sistema de Información Geográfica en forma conjunta, se procedió a la determinación de los patrones de distribución de los incendios forestales, considerando durante el proceso de determinación de los patrones espaciales, los siguientes criterios:

- Usos de Suelo según los Planes de Uso del Suelo.
- Tipos de Coberturas del suelo según Mapa Forestal actualizado.
- Proximidad a las comunidades y pueblos encontrados en el área de influencia.
- Proximidad a carreteras y vías de acceso caracterizados por tipo de camino.

Los niveles de información que fueron empleados durante el proceso de definición de los patrones de distribución espacial, fueron los siguientes:

- Imágenes de satélite procesadas, Mosaico (SIG- Erdas-Imagine).
- Plano de distribución de incendios forestales (SIG)
- Mapa Forestal de Bolivia
- Planos topográficos básicos digitalizados (SIG)
- Planos de uso de suelos (SIG)
- Plano de caminos y huellas (SIG).
- Plano de ríos, quebradas y cuerpos de agua. (SIG)
- Plano de centros poblados e infraestructura existente en la zona (SIG).

Para la determinación de los patrones de distribución se utilizaron las siguientes herramientas SIG del software ARC/INFO:

- La unión cartográfica fue realizada mediante el subprograma (comando) UNION. El comando UNION [in\_cover] [union\_cover] [out\_cover] {fuzzy\_tolerance} calcula la intersección geométrica de dos coberturas de polígonos. Todos los atributos definidos en cada cobertura son mantenidos en la cobertura de salida (out\_cover).
- El plano producto de la unión cartográfica fue posteriormente interceptado con el plano conteniendo los incendios detectados. Para ello se utiliza el subprograma INTERSECT. El comando INTERSECT [in\_cover] [intersect\_cover] [out\_cover] {POLY/LINE/POINT} {fuzzy\_tolerance} calcula la intersección geométrica de dos coberturas preservando únicamente los atributos contenidos en el área común (interceptada) a ambas coberturas. Los atributos de ambas coberturas son unidos en la salida, usado en incendio por uso y cobertura del suelo.
- Los criterios de proximidad han sido analizados usando, los comandos BUFFER, NEAR y POINTDISTANCE, según sea el caso. El comando BUFFER <in\_cover> <out\_cover> {buffer\_item} {buffer\_table} {buffer\_distance} {fuzzy\_tolerance} {LINE | POLY | POINT | NODE} {ROUND | FLAT} {FULL | LEFT | RIGHT} calcula el área de influencia respecto de un elemento seleccionado que puede ser una línea, punto o

polígono, que luego es interceptada con la cobertura de interés. En este caso corresponde a los incendios y caminos o pueblos. El comando NEAR <in\_cover> <near\_cover> {LINE | POINT | NODE} {search\_radius} {out\_cover} {NOLOCATION | LOCATION} calcula la distancia de cada punto o foco de incendio con el vecino más cercano en otra cobertura, por ejemplo un camino, lago, río u otro elemento. El comando POINTDISTANCE <from\_cover> <to\_cover> <out\_info\_file> {search\_radius} calcula la distancia entre los elementos puntuales contenidos en una cobertura con todos los elementos puntuales contenidos en otra cobertura, en este caso se midieron las distancias de los focos o centros de incendios (punto) a los centros poblados.

### 1.10. Trabajos de campo

Una vez obtenida la cartografía de incendios, se iniciaron las actividades de campo, con el fin de establecer las características de los incendios y comprobar las observaciones realizadas en gabinete. Además se elaboró una evaluación de las características ambientales del área incendiada y de influencia. Por otra parte se realizaron entrevistas a los propios habitantes del área. Las planillas de campo y la metodología de campo utilizadas se encuentran en el anexo Manual de Campo.

### 1.11. Estimación de las emisiones de carbono a la atmósfera

Se identificaron los diferentes tipos de vegetación que fueron afectados por los incendios. Con base en referencias bibliográficas y el trabajo de campo, se estimaron valores de biomasa presente en cada tipo de vegetación. Posteriormente con base también en referencias bibliográficas y la cuantificación de daños del trabajo de campo, se estimaron los valores correspondientes a la biomasa consumida. Los cálculos hechos se basan en la estimación de que el carbono liberado corresponde al 50% de la biomasa consumida por el fuego.

Kaufman *et al* (1994) incluye mediciones de biomasa presente y biomasa quemada en diferentes tipos de vegetación en Brasil, tipos de vegetación similares a los que se encuentran en el bosque chiquitano. Los valores de biomasa presente y biomasa consumida por tipo de vegetación se presentan a continuación:

<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Biomasa presente (Mg ha-1)</b>	<b>% de biomasa consumida</b>
Campo limpo (pasto)	7.1	97
Campo sujo (sabana)	7.3	92
Campo cerrado (sabana)	10	84

De acuerdo a Pinard (1999), se pueden considerar estimaciones de biomasa presente de alrededor de 125 Mg ha-1 para el bosque chiquitano y alrededor de 150 Mg ha-1 para bosques un poco más húmedos alrededor de Guarayos. Considerando un incendio como el ocurrido en la concesión La Chonta en 1994, pueden haberse consumido hasta 30.88 Mg ha-1, tal y como se detalla en la siguiente tabla.

<b>Diámetro de los Árboles (cm)</b>	<b>Biomasa presente (Mg ha-1)</b>	<b>% de biomasa quemada</b>	<b>Biomasa quemada (Mg ha-1)</b>
> 40	75	16	12
10 –40	38	27	10.26
< 10	13	74	9.62
Total	125		30.88

En las estimaciones de carbono liberado a la atmósfera, se consideran que se queman diferentes tipos de vegetación, las que contienen diferentes cantidades de biomasa y además considera que es posible que en un solo incendio no se queme toda la biomasa que estaba presente. Por ejemplo en un bosque no se quema toda la biomasa, a diferencia del pastizal, en donde las estimaciones reportan que se llega a quemar hasta un 98% de la materia orgánica presente.

## **Resultados y discusión**

### **1.12. Incendios detectados en el período**

El área total de estudio puede ser observada en el [Mapa N° 1](#), que muestra a los departamentos de Beni y Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

De la interpretación y clasificación de las imágenes NOAA, realizadas día a día según la Tabla N° 1, fueron obtenidos resultados diarios según el recuento de focos presentes en ellas (Tabla N° 3).

En la Tabla N° 3, se puede observar que los días más críticos correspondieron a los días 08/20, 08/29, y al día 08/21 en que los focos detectados sobrepasaron los 2000, y que además no hubo un solo día sin incendio en todo el período analizado.

Los polígonos consolidados producto de la clasificación los incendios detectados en las imágenes NOAA 14 y 15 se incluyen en el [Mapa N° 2](#). Que muestra la magnitud de los incendios forestales sobre los departamentos de Santa Cruz y Beni.

**Tabla N° 3: Días analizados y número de incendios**

<b>Día (mmdd)</b>	<b>Focos</b>	<b>Día (mmdd)</b>	<b>Focos</b>
0801	428	0823	1003
0804	1766	0827	623
0805	1836	0828	1569
0809	262	0829	2579
0811	1678	0901	1819
0812	1898	0905	1565
0813	1807	0906	878
0814	1109	0914	153
0819	1479	0916	789
0820	2872	0918	730
0821	2383	0919	384
0822	1230	0923	405

El total de la superficie afectada por los incendios en los departamentos de Santa Cruz y Beni entre el 1 de agosto y el 30 de septiembre de 1999, alcanzó a las **12,749,475 hectáreas**.

Al respecto es necesario aclarar que el satélite NOAA posee una resolución espacial de 1Km x 1Km, esto significa que el elemento mínimo que puede captar corresponde a un 1 kilómetro cuadrado, para evitar que pudiesen existir ambigüedades o exageraciones en la superficie calculada, se estableció la división por dos del pixel clasificado como incendio, es decir de un cuadrado se estableció un triángulo que ocupó la mitad de su superficie, suavizando los resultados sobre todo en aquellas áreas que no presentaron muchos incendios concentrados, sino que fueron más aislados espacialmente.

Como consecuencia de la resolución de las imágenes NOAA, puede suceder también que los incendios pequeños (menos de 100 hectáreas) no lleguen a determinarse, pero es compensado con la sobreestimación que puede suceder al identificarse incendios que son pequeños (menos de 100 hectáreas) pero muy calientes, emitiendo mucho calor y que el satélite los registre como de mayor tamaño. De todas maneras, sin importar la sobreestimación o subestimación de superficie que se haya dado, la superficie afectada por incendios en el periodo analizado, es muy importante.

### **1.13. Datos Climáticos**

Los datos climáticos detallados, obtenidos para las estaciones: Viru Viru, San Matías, Puerto Suárez, en Santa Cruz y las estaciones de Riberalta, Magdalena y Trinidad en el Beni, se incluyen el anexo Datos Climáticos.

La escasez de precipitaciones durante los meses anteriores al mes agosto de 1999 y el propio mes de agosto, acompañado de las altas temperaturas y fuertes vientos, imperantes en la región, provocaron que aumentaran las condiciones propicias para la propagación del fuego, es decir abundante material de fácil combustión como el pasto o la madera en condiciones de estrés hídrico o falta de agua.

Según se observa en la Tabla N° 4, correspondiente a los datos promedios de la región analizada, Santa Cruz y Beni, se puede constatar que el máximo de incendios se produjo durante el mes de agosto. Con base e los datos de esta tabla, no se encontró una relación significativa entre la velocidad del viento y el número de focos de incendio ( $r= 0.07$ ,  $n= 16$ ,  $p= 0.79$ ). Pero, sí hay una relación entre la temperatura y el número de focos de incendio. De acuerdo a la información de esta misma tabla, entre más alta es la temperatura, mayor fue el número de focos de incendio ( $r= 0.53$ ,  $n= 16$ ,  $p= 0.03$ )

En el mes de septiembre se observan las primeras precipitaciones en la región, con lo que la cantidad de focos de incendios detectados disminuye drásticamente, llegando a los 153 el día 14 de septiembre, después de las lluvias caídas los días 8, 9, 10 y el propio día 14 ya comentado.

Es importante comentar en este capítulo que las lluvias caídas en la totalidad de la región durante el mes de septiembre sin duda constituyeron un factor muy importante en el control del fuego y su propagación hacia otros sectores. Cabe destacar lo ocurrido el día 18 de septiembre que de 789 focos incendios disminuyeron a 384 focos el día 19 de septiembre gracias a las precipitaciones caídas durante ese día.

Sin embargo, las lluvias que cayeron durante el período tuvieron un impacto temporal en la reducción de los incendios y una vez que pasaron, los incendios volvieron a tomar fuerza. Esto se comprobó específicamente con un sobrevuelo que se realizó entre el 16 y 17 de septiembre después de que habían caído algunas lluvias. Tan solo dos días después de las lluvias, ya la ciudad de Santa Cruz, estaba nuevamente rodeada de incendios.

**Tabla N° 4. Datos meteorológicos promedio para la región versus focos de incendios para el mes de agosto 1999**

<b>Agosto 1999</b>				
<b>Día</b>	<b>Veloc. Viento (Km/hr)</b>	<b>Temp. (°C)</b>	<b>Precip (mm)</b>	<b>Focos</b>
1	5.83	22.73	0.0	428
2	5.50	24.55	0.0	
3	4.83	25.70	0.0	
4	5.50	26.22	0.0	1766
5	8.33	26.25	0.0	1836
6	13.00	27.18	0.0	
7	11.17	24.33	0.3	
8	14.83	21.02	0.0	
9	5.33	22.68	0.0	262
10	5.50	25.32	0.0	
11	11.33	26.68	0.0	1678
12	6.00	27.18	0.0	1898
13	14.33	25.00	0.0	1807
14	30.33	16.63	0.0	1109
15	28.83	14.25	0.0	
16	15.00	15.22	0.0	
17	2.67	18.70	0.0	
18	4.50	21.95	0.0	
19	9.00	25.65	0.0	1479
20	10.00	26.90	0.0	2872
21	11.83	27.27	0.0	2383
22	4.50	26.62	0.0	1230
23	7.67	25.60	0.0	1003
24	5.33	26.53	0.0	
25	7.50	26.52	0.0	
26	9.33	24.98	0.0	
27	4.50	26.25	0.0	623
28	5.67	26.68	0.0	1569
29	5.50	27.88	0.0	2579
30	10.67	29.18	0.0	
31	13.67	30.28	0.0	
<b>PROM/T</b>	<b>9.61</b>	<b>24.58</b>	<b>0.3</b>	<b>1533</b>

**Tabla N° 5. Datos meteorológicos promedio para la región versus focos de incendios para el mes de Septiembre 1999**

Septiembre				
				1999
Día	Veloc. Viento (km/hr)	Temp. (°C)	Precip (mm)	Focos
1	10.50	30.32	0.0	1819
2	11.67	30.13	0.0	
3	11.67	29.97	0.0	
4	10.17	30.30	0.0	
5	14.83	31.20	0.0	1100
6	17.00	31.38	0.0	878
7	20.33	31.87	0.0	
8	19.17	31.88	6.3	
9	13.50	26.07	14.1	
10	12.67	23.35	3.4	
11	5.83	27.30	0.0	
12	7.17	29.48	0.0	
13	16.33	30.87	0.0	
14	13.33	30.05	11.0	153
15	15.67	20.93	4.8	
16	9.67	23.03	0.0	789
17	7.83	27.18	0.0	
18	7.33	29.45	0.0	730
19	14.17	25.18	5.2	384
20	2.50	26.70	0.3	
21	4.83	28.17	0.0	
22	8.17	29.15	0.0	
23	3.67	30.37	0.0	405
24	7.67	28.43	4.5	
25	7.33	27.37	0.0	
26	9.00	28.60	2.0	
27	7.83	29.53	3.5	
28	11.17	30.02	0.0	
29	10.17	30.95	0.0	
30	10.17	30.25	0.0	
31				
<b>PROM/T</b>	<b>10.71</b>	<b>28.65</b>	<b>55.1</b>	782

Las precipitaciones que se presentaron en el mes de septiembre tuvieron un efecto muy importante en la reducción del número de focos de incendios.

#### 1.14. Incendios por Tipo de Vegetación

Con el correspondiente Mapa Forestal Actualizado con base en la clasificación digital realizada sobre las imágenes Landsat enumeradas en la Tabla N° 2. Esta actualización cubrió principalmente los departamentos de Santa Cruz y Beni, especialmente aquellos lugares desmontados desde 1992 a la fecha, además se tuvo especial cuidado en determinar las fronteras de las diferentes coberturas vegetales detectadas.

El Mapa Forestal actualizado fue interceptado con el Mapa de Incendios ([Mapa N° 2](#)), por medio del comando INTERSECT de ARC/INFO, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla N° 6. Distribución de incendios por tipo de vegetación**

Sup. en Ha.	Tipo de Vegetación
94,712	Bosque denso mayormente perennifolio ombrofilo de baja altitud no inundable amazónico
1,269,172	Bosque denso mayormente perennifolio ombrofilo de baja altitud inundable amazonico
4,062,430	Sabana arborea o arbustiva amazonico
851,618	Areas de intervencion agricola
2,597,770	Bosque denso o ralo mesofitico o tropofito de baja altitud no inundable chiquitano
2,983,086	Sabana arbolada (abajoy) chiquitano
11,761	Bosque denso mayormente perennifolio subhigrofito de altura montano bajo sub. yungueño
305,657	Bosque denso o ralo xerofitico de baja altitud y altura inundable chaqueña
235,446	Bosque denso o ralo xerofitico de baja altitud y altura no inundable chaqueña
13,967	Areas degradadas por mal manejo
5,589	Bosque denso o ralo mesofitico de altura montano bajo sub. perichaqueña
495	Bosque denso mayormente perennifolio subhigrofito de altura montano sub. yungueña
2,093	Bosque denso o ralo submesofitico a xerofito de altura montano andina
727	Bosque denso o ralo mesofitico de altura montano sub. perichaqueña
218,243	Sabana chaqueña
273	Bosque denso o ralo mesofitico de altura altimontano sub. perichaqueña
17,198	Bosque denso o ralo mesofitico o tropofito de baja altitud inundable chiquitano
77,569	Palmares chiquitano
1,671	Chaco serrano chaqueño
<b>12,749,475</b>	<b>GRAN TOTAL</b>

Con el fin de facilitar la interpretación de la Tabla N°6, se han reducido las clases, se han agrupado por región y la superficie afectada por incendios de cada región y tipo de vegetación se incluye en la Tabla N° 7.

**Tabla N° 7. Clases vegetacionales agrupadas por región**

<b>Superficie quemada (ha)</b>	<b>Región y tipo de vegetación</b>
7,265,429	Sabana
2,614,968	Bosque chiquitano
1,363,884	Bosque amazónico
865,584	Áreas agrícolas/chaqueo
541,103	Bosque chaqueño
77,569	Palmares chiquitano
20,938	Bosque montano
<b>12,749,475</b>	<b>GRAN TOTAL</b>

Destaca en primer lugar las sabanas, lugar donde el fuego es instrumento de mejora de praderas y además instrumento de limpieza de los chacos, que sin duda corresponde a los lugares donde en la mayoría de los casos se inició el fuego, como fue comprobado en la etapa de clasificación de las imágenes NOAA.

La distribución de los incendios por tipo de vegetación puede ser observada en el [Mapa N° 3](#). En este mapa se evidencia que los incendios tanto en el Departamento de Santa Cruz como en el de Beni producto del descontrol invadió regiones boscosas, principalmente en el Departamento de Santa Cruz, en donde el fuego fue provocado también con fines de desmonte de áreas boscosas como se analiza más adelante.

La superficie de 865,584 hectáreas de áreas agrícolas, incluye áreas ya deforestadas y que están cultivadas y áreas en proceso de deforestación (chaqueo) para el establecimiento de nuevas actividades agrícolas.

En términos de bosque de producción, el bosque chiquitano es el más afectado con 2,614,968 hectáreas y en segundo lugar, las áreas de bosque amazónico.

### **1.15. Clasificación de los incendios según las clases de uso del Plan de Uso del Suelo de Santa Cruz**

La distribución de los incendios en el área del Departamento de Santa Cruz, de acuerdo al Plan de Uso del Suelo, tiene la siguiente distribución como se muestra en el [Mapa N° 4](#), y los valores calculados de superficie afectada son los que se muestran en la Tabla N° 8 listada a continuación:

**Tabla N° 8: Distribución del número de incendios por clase de uso según el Plus Santa Cruz y permiso de quema**

Clase de uso	Cantidad de incendios	Quema permitida?	Superficie quemada (ha)
B-G	1088	NO	1,610,588.81
GE-B1	465	SI	1,133,022.13
A I2	282	NO	666,287.93
RIN3	102	¿NO?	536,463.86
GE-C4	373	SI	497,469.53
GE-C1	212	NO	476,868.16
GE1	257	SI	401,631.35
B2	237	NO	298,337.01
AS2	377	NO	284,532.04
GE-F	253	NO	206,150.04
GE-AR	280	SI	197,366.96
AS-P3	149	SI	184,339.96
AI1	399	NO	171,271.24
RIN4	57	¿NO?	154,456.97
B-C	61	NO	124,648.33
AS3	83	NO	111,998.91
AI3	79	NO	101,409.65
RIN1	208	¿NO?	101,037.87
AS1	92	NO	98,486.17
AF	55	SI	77,974.90
GI2	85	NO	75,686.05
GE-C2	50	NO	60,656.36
RIN2	41	¿NO?	59,665.68
RIN6	105	¿NO?	55,021.15
AI-P	123	NO	28,528.31
Lg	104		28,418.74
AE-P	79	NO	28,133.40
B1	70	NO	24,379.01
ANMI3	45	¿NO?	16,701.77
GI1	66	NO	15,311.93
GE-P2	23	NO	14,354.86
GE -P1	6	NO	14,343.86
B-P1	142	NO	13,163.38
RVS1	20	NO	12,754.86
AS-P1	73	NO	10,166.58
ANMI1	58	NO	9,570.68
PH1	7	NO	9,364.96
PN2	16	NO	8,788.89
RIN7	10	¿NO?	8,065.22
PN1	55	NO	6,787.33
B-P3	11	NO	6,079.98
B3	20	NO	5,470.96
ANMI2	30	NO	4,719.59

**Continuación Tabla N° 8**

Clase de uso	Cantidad de incendios	Quema permitida?	Superficie quemada (ha)
GE-P	41	NO	3,515.05
PR1	6	NO	3,340.93
C	27	NO	3,202.56
B-P2	17	NO	3,030.76
GE-C3	25	NO	2,641.39
AR	26	NO	1,798.70
AS-P2	15	NO	1,586.42
Río	16	NO	1,566.87
Lagunas	4	NO	329.78
Salina	1	NO	262.37
FPP1	2	NO	234.48
Canal Tamengo	1	NO	30.56
<b>TOTAL con quema permitida</b>			<b>2,491,804.8</b>
<b>TOTAL quemado en Santa Cruz</b>			<b>7,972,015.24</b>

Cabe destacar que el Plan de Uso del Suelo del Departamento de Santa Cruz, no poseía al momento de su elaboración un Manual de Quemadas Controladas, como se dispone actualmente según la Resolución Ministerial N°131/97, y que regula las instancias y los lugares en que el fuego puede ser provocado previa autorización de la Superintendencia Forestal. El PLUS, sin embargo autorizó en muchos lugares esta práctica, pues se reconoció el uso de fuego como algo tradicional.

Como puede verse en la Tabla N° 8, de las 54 clases de uso en las que ocurrieron incendios, únicamente en 6 de ellas el PLUS permite el uso de las quemadas. En las clases de uso que permiten el fuego, resaltan las unidades de ganadería extensiva con manejo de bosque GE-B1, y la ganadería extensiva GE-C\_4 y otras que sumadas alcanzan a las **2,491,804.8 ha.**

Por otra parte, una clase de uso como la B-G (Bosque y Ganadería) presenta incendios en más de 1.6 millones de hectáreas, a pesar de que el PLUS no permite el uso del fuego como práctica de trabajo.

Del total de superficie quemada en Santa Cruz (7,972,015 ha.), se quemaron **5,480,210.4 ha.** en las que el PLUS no autoriza el uso de quemadas. Dentro de estas se destacan las unidades B-G, B1, B2, B3, B-C, todas ellas de marcado y comprobado carácter forestal, y las áreas protegidas de distintas connotaciones como el RIN (Reservas de Inmovilización), Parques Nacionales y las Áreas Naturales de Manejo Integrado (ANMI).

Vale aquí hacer el comentario del efecto de la quema sin control y como su ejecución en lugares autorizados, pero sin las previsiones del caso, puede tener como consecuencia que los fuegos se escapen y se termine quemando una superficie mucho mayor a la que supuestamente se quería quemar.

### 1.16. Clasificación de los incendios según las clases de uso del Plan de Uso del Suelo de Beni

Los incendios en el Departamento del Beni, de acuerdo al Plan de Uso del Suelo no aprobado aún, se muestran en el [Mapa N° 5](#), y los valores calculados de superficie afectada son los que se muestran en la Tabla N° 9.

**Tabla N° 9. Distribución de Incendios por clases de uso del Plus Beni (no oficial)**

Clase de uso	Cantidad de incendios	Superficie quemada (ha.)
Uso Ganadero Extensivo	2599	2,571,166.42
Uso Ganadero Ext. Limitado	1253	755,313.05
Uso Forestal Maderable	1353	449,723.45
Áreas de Protección	1242	484,704.30
Otras áreas de Uso Reservado	846	344,030.58
Uso Forestal Múltiple	187	74,166.22
Lagos y Lagunas	278	51,155.19
Uso Agrosilvopastoril	177	47,201.22
<b>TOTAL</b>	<b>7,935</b>	<b>4,777,460.44</b>

Es sorprendente que al leer el manual del Plan de Ordenamiento de Uso del Suelo en el departamento del Beni, no se mencione o haga referencia a los incendios que año tras año afectan a esta región, aunque si hacen referencia a la Resolución Ministerial N°131/97. Sin embargo adopta una postura clara en lo referente a los desmontes de superficies boscosas, en todos los usos asignados propone mantener las áreas boscosas existentes.

En la Tabla N° 9 se puede observar que el Uso Agropecuario encabeza la tabla similar a la situación del departamento de Santa Cruz, actividad que se desarrolla en amplios sectores de este departamento, preferentemente en los sectores de sabanas arboladas y pastizales. Lo que indica la alta concentración de incendios en este uso asignado.

### 1.17. Incendios por Áreas Protegidas

La distribución de incendios por las áreas protegidas afectadas se incluye en la Tabla N° 10. Se observa que el Área Natural de Manejo Integrado San Matías en Santa Cruz, corresponde a las más afectada, con un 47.3 % del total de su superficie afectado por el fuego, destaca que las áreas protegidas que le siguen (también de este mismo departamento) apenas llegan al 20 % del valor quemado en San Matías, lo que indica la enorme presión ejercida sobre esta región, tal y como se puede observar en el [Mapa N° 8](#).

Le sigue en importancia Otuquis Río Pimenta con un 41.5 % del total de su superficie afectada por la acción del fuego.

Destaca además la inclusión en esta lista del Parque Noel Kempf Mercado cuyos efectos de mitigación de carbono han sido licitados y adjudicados internacionalmente. Sin embargo la superficie quemada en este parque, considerando la superficie total del mismo, puede considerarse como poca (alrededor del 1.3%).

Las áreas protegidas por su condición especial de protección, no están libres de los efectos de los incendios, ni siquiera el caso del Parque Noel Kempf Mercado, que cuenta con un cuerpo de guardaparques y toda una administración que lo tiene a su cargo.

**Tabla N° 10. Superficie afectada por incendios en Áreas Protegidas (hectáreas)**

Nombre	Superficie total	# Focos	Superficie quemada	% Quemado
San Matías	2,854,234.00	372	1,349,276.20	47.3%
Kaa Iya	3,371,901.00	330	142,774.88	4.2%
Itenéz	1,270,364.00	128	119,930.90	9.4%
Isiboro Securé	1,212,477.00	78	97,468.72	8.0%
Otuquis Tucavaca	852,508.13	66	73,984.62	8.7%
Otuquis Río Pimenta	99,586.82	27	41,300.70	41.5%
Parque Noel Kempf Mercado	1,583,766.00	68	20,906.61	1.3%
Estacion Biológica del Beni	154,683.59	38	12,805.96	8.3%
Amboró	436,645.09	25	4,586.67	1.1%
Pilón Lajas	394,920.69	11	2,145.44	0.5%
Pantanal de Otuquis	40,165.09	3	1,088.74	2.7%
<b>TOTAL</b>	<b>12,271,251.41</b>	<b>1,146</b>	<b>1,866,269.43</b>	<b>15.2%</b>

### 1.18. Incendios por Territorios Comunitarios de Origen (TCO)

La distribución espacial de las TCO's afectadas por los incendios puede ser observada en el [Mapa N° 9](#), que muestra la concentración de incendios en el departamento del Beni y las TCO's de Santa Cruz. La magnitud de los incendios en Santa Cruz fue mucho mayor, y un ejemplo de ello fue lo sucedido en Guarayos, según se detalla en la Tabla N° 11.

El caso de la TCO Guarayos es la que más cobertura de la prensa tuvo, y eso que solo se quemó el 24 % de su superficie, pero es en esta TCO donde se encuentra tal vez el pueblo (Ascensión de Guarayos) que sufrió más el impacto de los incendios, 5 muertos y 350 casas destruidas son los saldos oficiales. Otro caso que debe resaltarse es el de Lomerío que tuvo comprometida el 73 % de su superficie bajo la acción del fuego. La situación de Lomerío es

también de especial atención porque no es una zona ganadera en donde la quema de los pastos pudiera haber dado paso a la quema de la mayoría de la superficie. Pero, se presentan abundantes pampas (ver [Mapa N° 3](#)) que habitualmente son quemadas por los residentes y también se practica la quema de los chacos para habilitar tierras para agricultura.

**Tabla N° 11. Incendios por TCO en los Departamentos de Santa Cruz y Beni.**

Nombre	Superficie Total	# Focos	Superficie Quemada	% Quemado
Guarayos	2,174,648.25	297	523,427.94	24%
Cayubaba	646,121.94	207	254,898.32	39%
Lomerío	283,379.53	46	205,496.13	73%
Yembiguasú	1,374,012.00	217	158,072.58	12%
Itonama	1,204,650.75	188	154,240.99	13%
Isoso	1,927,224.88	224	142,827.17	7%
Kaa_lya	3,345,169.50	327	136,494.23	4%
Cavineño	508,067.44	130	103,403.23	20%
Tipnis(Isiboro-Sécure)Titulado	1,210,125.13	78	97,442.08	8%
Monteverde	1,042,980.13	113	84,355.71	8%
Baures	498,353.34	37	79,387.31	16%
Chacobo/Pacahuara	505,466.84	61	57,659.12	11%
Joaquiniano	338,899.31	65	47,654.24	14%
Tim(Multietnico-Titulado)	337,912.84	41	34,731.53	10%
Santa Teresita	48,878.47	13	27,568.63	56%
Rincón del Tigre	96,339.17	23	20,869.85	22%
Takovo	274,108.22	64	20,099.95	7%
Tis (Siriono-Titulado)	61,915.60	32	12,749.25	21%
<b>TOTAL</b>	<b>15,878,253.34</b>	<b>2163</b>	<b>2,161,378.25</b>	<b>14%</b>

### 1.19. Incendios por municipios

Los incendios por municipios pueden ser observados en el [Mapa N° 10](#), entre los más afectados se encuentran en primer lugar San Matías seguido por San Ignacio (Santa Cruz), que sumados alcanzan a las **2,302,589.1** hectáreas.

Por porcentajes de la superficie con incendio respecto del total de la superficie de la sección se encuentra primero San Ramón con un 64 % de su área total quemada, le sigue San Joaquín con el 59 %, San Rafael con el 56 %, San Julián con un 55 %, San Matías y Santa Rosa del Sara con 53 %.

Interesante resulta el caso del Municipio de Ascensión de Guarayos, ubicado dentro de la TCO's Guarayos, a la que se hizo referencia anteriormente, porque a pesar de lo impactante que fueron aquí los incendios, en términos de superficie de incendios por municipio, se encuentra en el lugar 20 de los municipios más afectados.

En la Tabla N° 12 se puede observar la cantidad de incendios y la superficie afectada de los primeros 33 municipios en la región más afectados, que presentan 9,283 incendios para un total de 12,379,698.32 hectáreas incendiadas.

**Tabla N° 12. Distribución de los incendios en los 20 municipios más afectados**

<b>Sección</b>	<b>Superficie Total</b>	<b># Focos</b>	<b>Superficie Quemada</b>	<b>% Quemado</b>
San Matías	2,677,243.49	361	1,422,473.95	53%
San Ignacio	4,184,342.53	519	880,113.20	21%
San Rafael	1,545,150.87	219	859,730.16	56%
Concepción	3,444,461.98	484	735,921.76	21%
San José de Chiquitos	2,214,108.36	371	664,235.49	30%
Exaltación	2,348,900.35	735	645,817.28	27%
Puerto Suárez	2,202,143.95	301	494,176.06	22%
San Ramón	768,721.66	187	489,275.89	64%
San Ignacio (Beni)	2,282,807.50	519	478,105.13	21%
Santa Ana	2,081,570.00	630	462,137.67	22%
Cabezas	6,862,991.36	765	458,159.65	7%
San Andrés	1,164,611.89	345	423,690.11	36%
El Puente	766,087.78	175	395,237.29	52%
San Joaquín	660,932.86	119	392,095.21	59%
San Julián	671,620.35	172	368,203.79	55%
Magdalena	1,487,659.32	252	331,935.20	22%
Santa Rosa	1,109,543.01	382	283,665.23	26%
Huarecaja	698,172.06	145	276,455.22	40%
San Javier (Beni)	934,916.20	239	263,151.47	28%
Ascensión de Guarayos	909,405.90	244	261,141.32	29%
Pailón	1,004,304.18	246	222,559.32	22%
Mineros	503,100.47	196	217,096.44	43%
Roboré	753,978.21	178	202,725.04	27%
San Miguel	889,320.45	179	195,765.03	22%
Santa Rosa del Sara	300,732.57	126	159,962.64	53%
Loreto	596,158.72	188	152,324.81	26%
Baures	1,500,388.15	132	123,620.59	8%
San Javier	262,284.60	113	112,741.55	43%
Reyes	958,615.04	218	110,768.16	12%
San Borja	967,067.85	228	101,099.48	10%
Riberalta	1,268,463.10	151	66,583.98	5%
Urubichá	1,600,255.28	76	65,459.51	4%
San Carlos	276,785.13	88	63,196.66	23%
<b>Totales</b>	<b>49,896,845.17</b>	<b>9283</b>	<b>12,379,624.29</b>	<b>24.81</b>

## 1.20. Efectos de los incendios por pueblos y poblaciones

Este análisis corresponde a una interpolación producto de los municipios afectados y los pueblos que fueron incluidos en la intersección con la cobertura de incendios. Sus resultados pueden ser observados en la Tabla N° 13, que por su tamaño se encuentra en la carpeta de anexos. En esta Tabla se observa que son **1,191** localidades pobladas, variando en su tipología desde el asentamiento dado en las haciendas hasta las cabeceras de sección municipal, las ciudades más grandes y pobladas no han sido consideradas, como es el caso de Santa Cruz y Trinidad porque presentan un bajo impacto directo de las acciones de los incendios, la población de estas ciudades por su elevado número y elevada densidad habría distorsionado la estimación de la población directamente afectada, cifra que alcanzó a los **423,673** habitantes, según datos del Censo de Población y Vivienda de Bolivia de 1992 (INE, 1992).

Sin embargo debe agregarse que la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, cuya población es más de un millón de habitantes, estuvo completamente cubierta de humo en al menos dos periodos de dos semanas cada uno. Durante estos periodos se reportaron en los diferentes medios de comunicación, un aumento importante de afectados por enfermedades respiratorias.

## 1.21. Incendios por red de caminos

En la Tabla N°14 se detalla la red de caminos de los departamentos de Santa Cruz y Beni, según su tipo de cubierta, hay un total 56,863 Km de camino de tierra, 5,885.9 Km de ripio y solo 46.27 Km de asfalto, este mapa fue confeccionado usando la cartografía IGM realizada entre los años 1968 al 1975 y el año 1994, que corresponde a la última actualización (ver [Mapa N° 1](#)).

En el [Mapa N° 6](#) se muestra el resultado de interceptar la cobertura de los incendios con la cobertura de los caminos, mostrándose con detalle el total de la red de caminos directamente “involucrada” en los incendios. En la Tabla N°15 se presentan los resultados de esta intersección. Se presentaron incendios en un total de 17,701.37 Km de caminos en ambos departamentos, con un total 8,594 tramos o secciones. De ellos el 90 % tuvo el camino más cercano al de cubierta de tierra, siendo el asfalto bastante reducido. Estos porcentajes han sido obtenidos del largo total de cada tipo de cubierta según vemos en la Tabla N° 14. Que muestra la marcada dominación de los tipos de caminos de tierra cercana al 91 % del total, en ambos departamentos.

**Tabla N° 14: Red caminera con extensión total por tipo de cubierta**

Red Total de Caminos			
Tipo	Tramos	Extensión Total km	%
Tierra	10,949	56,863.01	90.55%
Ripio	1,097	5,885.90	9.37%
Asfalto	35	46,27	0.07%
<b>Total</b>	<b>12,081</b>	<b>62,795.18</b>	100.00%

**Tabla N° 15. Incendios por tipo de cobertura de la red de caminos**

<b>Tipo de Camino</b>	<b>Tramos</b>	<b>Extensión de Caminos en km afectados por Incendios</b>	<b>%</b>
Tierra	7698	15,848.33	89.53%
Ripio	881	1,841.60	10.40%
Asfalto	15	11.45	0.06%
<b>Total</b>	<b>8594</b>	<b>17,701.38</b>	<b>100%</b>

A partir de las Tablas 14 y 15, como se muestra en la Tabla N° 16, se calculó el porcentaje de tramos o secciones afectados sobre los tramos totales de caminos por tipo de cubierta, de igual modo se hizo para la extensión, determinándose que el camino de ripio se encuentra en primer lugar, que a pesar de que el camino de tierra cubre casi la totalidad del área de estudio se encuentra en segundo lugar, y en tercer lugar se encuentra el asfalto, que de poseer un escaso porcentaje total departamental, presenta incendios en un 25 % de su trazado o extensión total con un porcentaje de tramos con incendios detectados sobre el total de los tramos para este tipo de cubierta del orden del 43%.

Como es sabido, Santa Cruz presenta más caminos de ripio y asfalto especialmente en la ruta 04 que corresponde al Tramo Santa Cruz – Puerto Suárez, otra ruta que también presenta ripio estabilizado es la ruta San Matías – San Ignacio. En el departamento del Beni los caminos de cobertura de tierra cubren la totalidad del área. Por razones de que la cartografía usada es bastante obsoleta faltó incluir el camino de asfalto en gran parte de su recorrido entre Santa Cruz y Trinidad del departamento del Beni lo que sin duda habría clarificado aún más el peso relativo de la cubierta de asfalto.

La Tabla N°16 muestra el porcentaje de tramos afectados por incendios y los porcentajes de extensión por cada de tipo de cubierta de camino analizada.

**Tabla N° 16. Distribución de incendios**

<b>Tipo</b>	<b>Tramos %</b>	<b>Extensión %</b>
Tierra	70%	28%
Ripio	80%	31%
Asfalto	43%	25%

### **1.22. Determinación de los patrones de Incendios**

A cada pueblo de los 1191 afectados por incendios, se les calculó un índice de accesibilidad, que consiste básicamente en calcular la distancia con su vecino más cercano, lo que posteriormente fue calculado para todo el grupo, este análisis entregó una distancia promedio de vecindad de 5 kilómetros.

Con base en esta distancia promedio de vecindad se confeccionó un buffer sobre los pueblos afectados, es decir se trazó un círculo de radio 5 km a cada pueblo afectado y además se confeccionó un buffer o área de influencia a toda la red de caminos de acuerdo a los valores que expresen el peso específico por tipo de cubierta. El camino de asfalto tiene más importancia relativa que el camino de tierra y de ripio. Para el caso del camino de tierra se le asignó el valor promedio de 5 km igual al área buffer de los pueblos. Los resultados espaciales de estas operaciones pueden ser observados en el [Mapa N° 7](#).

**Tabla N° 17. Distancias del buffer según cubierta**

<b>Tipo de Cubierta</b>	<b>Distancia mt</b>
Tierra	5,000
Ripio	7,500
Asfalto	10,000

Al combinar ambas coberturas (el área de influencia de los pueblos y los caminos) con la cobertura de incendios, de determinó una distribución casi lineal entre Santa Cruz y Puerto Suárez (ver [Mapa N° 11](#)). Este patrón se obtuvo también en el camino desde Santa Cruz hacia Trinidad y entre San Matías y San Ignacio que son los caminos presentan el mejor tipo de cobertura existente en ambos departamentos.

Por otra parte se puede observar que en el departamento del Beni, los fuegos son en su totalidad concentrados alrededor de los pueblos existentes y de la propia red caminera, a excepción de algunas regiones pequeñas que representan la incorporación de nuevas áreas y que escapan al patrón detectado.

En el departamento de Santa Cruz, la situación es bastante diferente de la del Beni, aquí se observan 11 áreas especialmente en los municipios de San Matías y San Ignacio en donde la distancia de incendios se escapa del patrón espacial detectado a distancias mayores, lo que indica que nuevas tierras, cubiertas de bosque en la mayoría de los casos, están siendo incorporadas al ciclo del fuego. Se considera que esta situación es favorecida porque estas nuevas tierras se encuentran en futuros corredores de integración bioceánica como es el caso del tramo Puerto Suárez - Santa Cruz y San Matías – San Ignacio - Santa Cruz.

Interesante resulta analizar aquellos lugares que estando dentro del patrón espacial, no presentaron incendios, como es el caso del núcleo formado por los pueblos de Santa Isabel, San Antonio, Singalito, Puerto Alvarez, La Estrella, El Porvenir, Leyton, Diez de Abril, Picaflor y otros, todos ubicados en la frontera de Santa Cruz y Beni.

Se estima que esta situación se debe básicamente a que en la mayoría de estos pueblos la principal fuente de ingresos está muy relacionada con las actividades forestales. En esta zona se nota la presencia de las empresas forestales en las concesiones Paragua, Tarumá, San Martín, Cinmma SRL, San Pedro, San Luis, Itenez, Oquiriquia, Lago Rey y la Palmitera Ichilo. (ver [Mapa N° 11](#)).

Sin embargo existe una gran cantidad de empresas que vieron afectado su patrimonio forestal por la acción del fuego, tal vez debido a que el impacto local de ellas sea muy reducido y los habitantes del lugar no vean en el corto plazo un beneficio económico con su presencia. Otra de las razones puede ser, porque las empresas afectadas no estuvieran operando normalmente. Este es el caso de las concesiones Mako, San José y Cimal-SFS.

### 1.23. Determinación del daño causado por los incendios forestales

#### 1.23.1. Estimación del valor económico

Para determinar el daño causado por los incendios forestales, se realizaron más de 25 visitas a terreno, a lugares que presentaron incendios, en muchos de ellos se constató que lo que se había quemado no correspondía a áreas boscosas, esto en la totalidad de las áreas del departamento del Beni, sin embargo en Santa Cruz esta situación cambió y fueron levantadas un total de 30 hectáreas de parcelas, ubicadas sobre el bosque más afectado en este caso el bosque chiquitano. Los resultados y fotos de este muestreo se incluyen en el anexo Informe de Campo.

Según la metodología seguida, fueron clasificados los árboles, según su valor comercial y grado de daño sufrido por el fuego, el resumen de los resultados se presenta en la Tabla N°18.

**Tabla N° 18. Daños causado por los incendios por hectárea**

<b>Cuadro de metros cúbicos por 1 ha. en Bosque Chiquitano</b>				
Valor Comercial	Clase de Daño			
	1	2	3	4
Muy valioso	4.31	6.96	0.64	0.47
Valioso	1.76	1.51	0.16	0.09
Poco valioso	9.08	16.72	2.32	1.69
Sin valor comercial	5.62	9.56	1.25	0.96

Según la Tabla N°18, los metros cúbicos dañados y muy dañado (clases 3 y 4) respectivamente, para las categorías muy valioso y valioso alcanzaron a los **1.36 metros cúbicos por hectárea** que extrapolados a todo el bosque chiquitano afectado por los incendios (2,614,968 ha), corresponde a **3,556,356.5 metros cúbicos**. De acuerdo a información recolectada mediante encuestas en el terreno, es posible considerar un valor promedio de US\$10 por metro cúbico en pie, lo que significa **35,563,565 de U\$ dólares americanos**.

Finalmente, las fuentes indican que una vez realizadas las operaciones de corta, rodeo, transporte y aserrio en tablas de estas trozas, el valor de la madera producida es de alrededor de US\$100 por m<sup>3</sup>, lo que se traduce en alrededor de **US\$350 millones**.

Es muy difícil asignar un valor monetario al daño causado por los incendios. El cálculo que se presentó en los párrafos anteriores de \$35 millones en árboles en pie y de \$350 millones si esa madera es aserrada, es solo un reflejo de las pérdidas que los incendios significan.

Debe llamarse la atención que este cálculo simbólico, incluye solamente las especies más valiosas que salieron en el muestreo e incluye solamente el volumen de los árboles cuya copa/fuste estaba dañado en más del 50% (clase 3) o completamente quemado (clase 4). A este valor podríamos agregar el daño o pérdida que a futuro pueden sufrir otros árboles de las clases 1 y 2. Además este cálculo simbólico incluye solamente la superficie quemada de bosque chiquitano y es seguro que en cada una de las superficies quemadas se presentaron pérdidas por la quema de los postes de los alambrados, de los postes de las líneas de transmisión eléctrica, de los cultivos agrícolas, de las casas de pueblos, etc.

### 1.23.2. Emisión de carbono

Los resultados estimados de la emisión de carbono corresponden a **82.64 millones de toneladas liberadas** y a **165.29 millones de toneladas de biomasa consumida**. Es de resaltar que nuevamente el bosque chiquitano es el más fuerte emisor seguido de las sabanas.

**Tabla N° 19. Valores de emisión estimada de Carbono a la atmósfera por tipo de vegetación**

<b>Cuadro de Estimación de emisiones de Carbono</b>				
<b>Superficie ha</b>	<b>Tipo de vegetación</b>	<b>Ton. biomasa consumidas/ ha</b>	<b>Ton. totales consumidas</b>	<b>Carbono liberado (millones ton.)</b>
865584.39	Áreas agrícolas/chaqueo	20.25	17,528,083.88	8.76
1363883.61	Bosque amazónico	27.00	36,824,857.40	18.41
7265429.42	Sabana	6.13	44,561,300.46	22.28
2614967.67	Bosque chiquitano	21.60	56,483,301.67	28.24
541102.71	Bosque chaqueño	16.20	8,765,863.89	4.38
20938.06	Bosque montano	25.00	523,451.56	0.26
77569.20	Palmares chiquitano	7.75	601,161.29	0.30
<b>Totales</b>				
<b>12,749,475.06</b>			<b>165.29</b>	<b>82.64</b>

## Conclusiones y recomendaciones

La primera conclusión a la que se llega, es que resulta penoso y angustiante realizar este tipo de trabajos, que son parecido al trabajo del médico forense que una vez muerto el paciente y realizada la autopsia puede encontrar las causas o condiciones que lo llevaron o condicionaron su muerte. Es en este sentido en que se ha orientado este trabajo, llevado a cabo sin ánimos de causar alarma pública o institucional alguna, pero sí presentando la realidad y esperando que esta realidad sirva más bien para establecer las directrices para futuras acciones.

Solo en los departamentos de Santa Cruz y Beni se ha determinado que alrededor de 12.7 millones de hectáreas han sido afectadas por los incendios ocurridos entre Agosto y septiembre de 1999.

La ocurrencia de incendios está fuertemente relacionada con la presencia de pastos y de caminos. La fuente principal de origen de los incendios es la quema de las pasturas con el fin de renovarlas y de controlar la presencia de malezas.

Entre más caminos se tengan y entre mejor calidad tengan los mismos se tiene una mayor presencia de incendios, lo que provoca que los incendios puedan llegar a ser mucho más peligrosos si se mantiene esta tendencia en el futuro dada además la cercanía con los centros poblados, 5 km o menos.

Las mayores pérdidas consecuencia de los incendios se presentan cuando se queman áreas boscosas, aunque se reconoce que algunos de los bosques quemados, como el bosque chiquitano, es posible que el fuego forme parte de la dinámica natural de algunos tipos de vegetación. Sin embargo, puede esperarse que la ocurrencia de incendios esta próxima época seca tenga consecuencias más serias, pues pueden presentarse incendios más intensos, que maten una mayor cantidad de árboles. Después de cada fuego sucesivo las copas de los árboles permiten mayor entrada de luz y se aumenta la velocidad de desecación, favoreciendo la ocurrencia de incendios (Nepstad *et al*, 1999). Los incendios forestales causan una retroalimentación positiva aumentando la susceptibilidad del bosque a incendios, aumentan la carga de biomasa presente para quemarse y aumentan la intensidad de los incendios (Cochrane *et al*, 1999).

Las estimaciones presentadas de pérdidas económicas y de emisión de carbono, si bien son preliminares y casi simbólicas, son un reflejo de la magnitud de pérdidas que pueden causar los incendios.

#### Algunas recomendaciones:

- Fortalecer el vínculo económico tipo obrero – patronal u otro, entre las empresas forestales y los habitantes del lugar. Que parece ser un fuerte incentivo a la conservación de los bosques e indica que el modelo forestal en la práctica está funcionando.
- Encaminar los esfuerzos a divulgar e implementar el Manual de Quemadas Controladas en el país.
- Se deben orientar todos los recursos humanos y técnicos, tanto en capacitación como en tecnologías hacia los municipios más involucrados y que fueron presentados anteriormente. Igual recomendación es válida para los TCO`s.
- Por diferentes razones, entre las que podríamos destacar la accesibilidad que poseen, se incorporan nuevas tierras forestales a usos agropecuarios principalmente en Santa Cruz que presenta la conducta de quemar bosque a diferencia del Beni donde sus habitantes aún no comienzan esta actividad voluntariamente y continúan usando el fuego como herramienta de limpieza de pastos y manejo de sabanas arboladas.

- Las imágenes de los satélites de la NOAA han mostrado ser una excelente herramienta para la cuantificación de los daños y el monitoreo de la ocurrencia de incendios. Debe promoverse para la próxima época seca, que mediante el uso de esta tecnología se haga seguimiento a los incendios que ocurran y que esta información sea bajada diariamente a los diferentes usuarios, sean estos municipios, propietarios privados, entidades de gobierno, concesionarios, etc.
- Este informe puede ser usado por cualquier planificador o autoridad para decidir el enfoque y la toma de acciones específicas para la prevención y control de incendios en Bolivia.

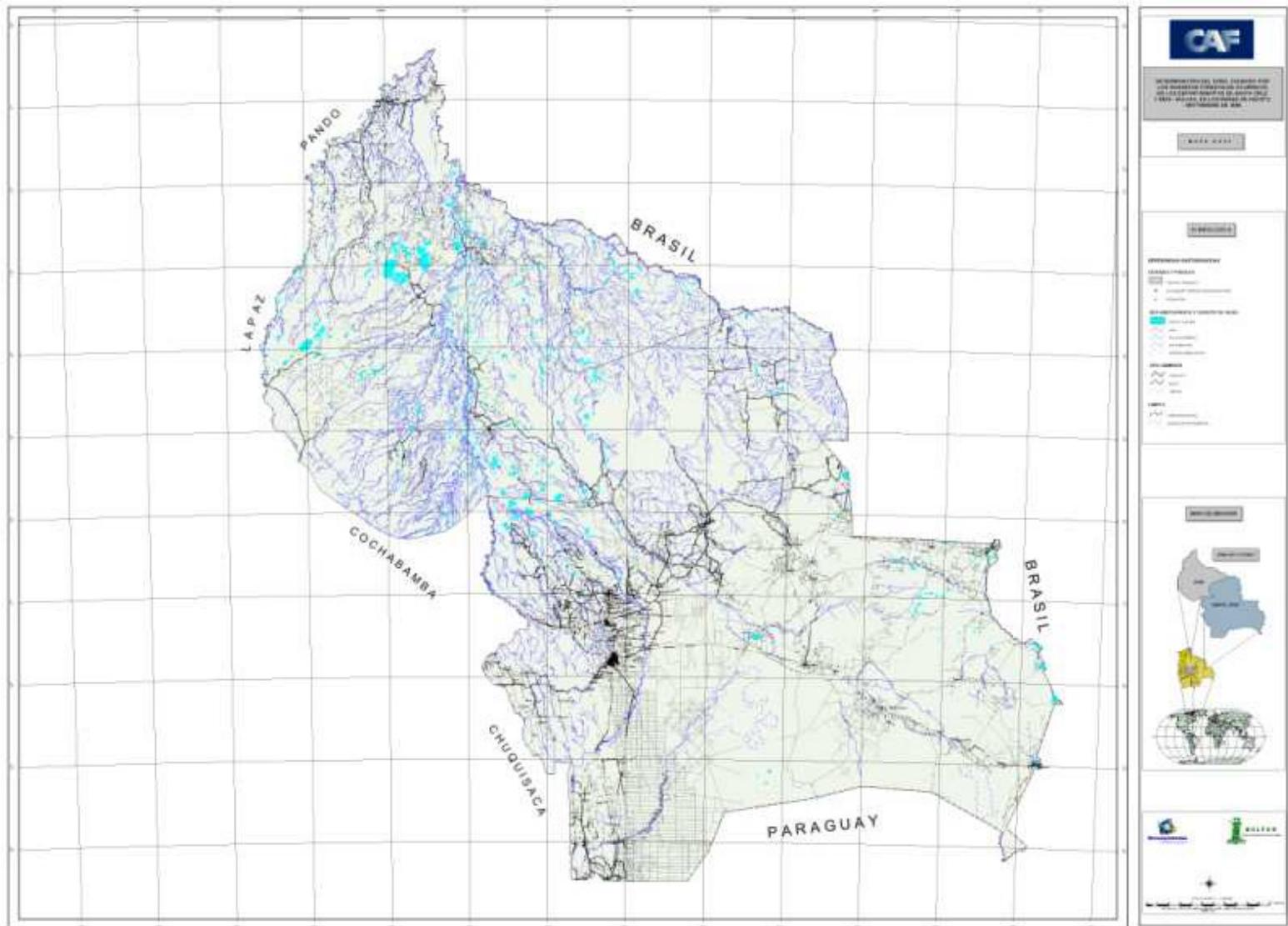
## **Referencias bibliográficas y cartográficas**

- BOLFOR, 1994. Boletín Informativo N° 1. Proyecto manejo forestal sostenible. Santa Cruz, Bolivia.
- Cochrane, M.A, et al. 1999. Positive feedbacks in the fire dynamic of closed canopy tropical forests. Science, Vol 284. June 1999
- Cordero. W., Martínez, I., Rojas, D., 1999. Estimaciones preliminares de los daños causados por los incendios forestales ocurridos en Santa Cruz. Publicación interna Proyecto BOLFOR. Santa Cruz, Bolivia.
- Instituto Geográfico Militar de Bolivia, 1994. Mapa de Carreteras Escala 1: 1,000,000. La Paz, Bolivia
- Instituto Geográfico Militar de Bolivia, 1994. Cartas Topográficas Escala 1:250,000. La Paz, Bolivia.
- Instituto Nacional de Estadísticas, 1997. Mapa de Secciones Municipales de Bolivia Escala 1:1,000,000. La Paz, Bolivia.
- Instituto Nacional de Reforma Agraria, 1998. Listado de Coordenadas de las Tierras Comunitarias de Origen de Bolivia
- Kaufman, Y., Holben, B., Tanré, D., & Ward, D., 1994. Remote sensing of biomass burning in the Amazon. Remote Sensing Reviews, 10, 51-90.
- Kaufman, Y., Kleidman, R., & King, M., 1998. SCAR-B fires in the tropics: Properties and their remote sensing from EOS-MODIS. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 103(D24), 31955-31968.
- Kaufman, Y., y Justice, C., 1998. Algorithm Technical Background Document MODIS FIRE PRODUCTS (Version 2.2 Nov. 10 1998) EOS ID 2741, 77 pp.

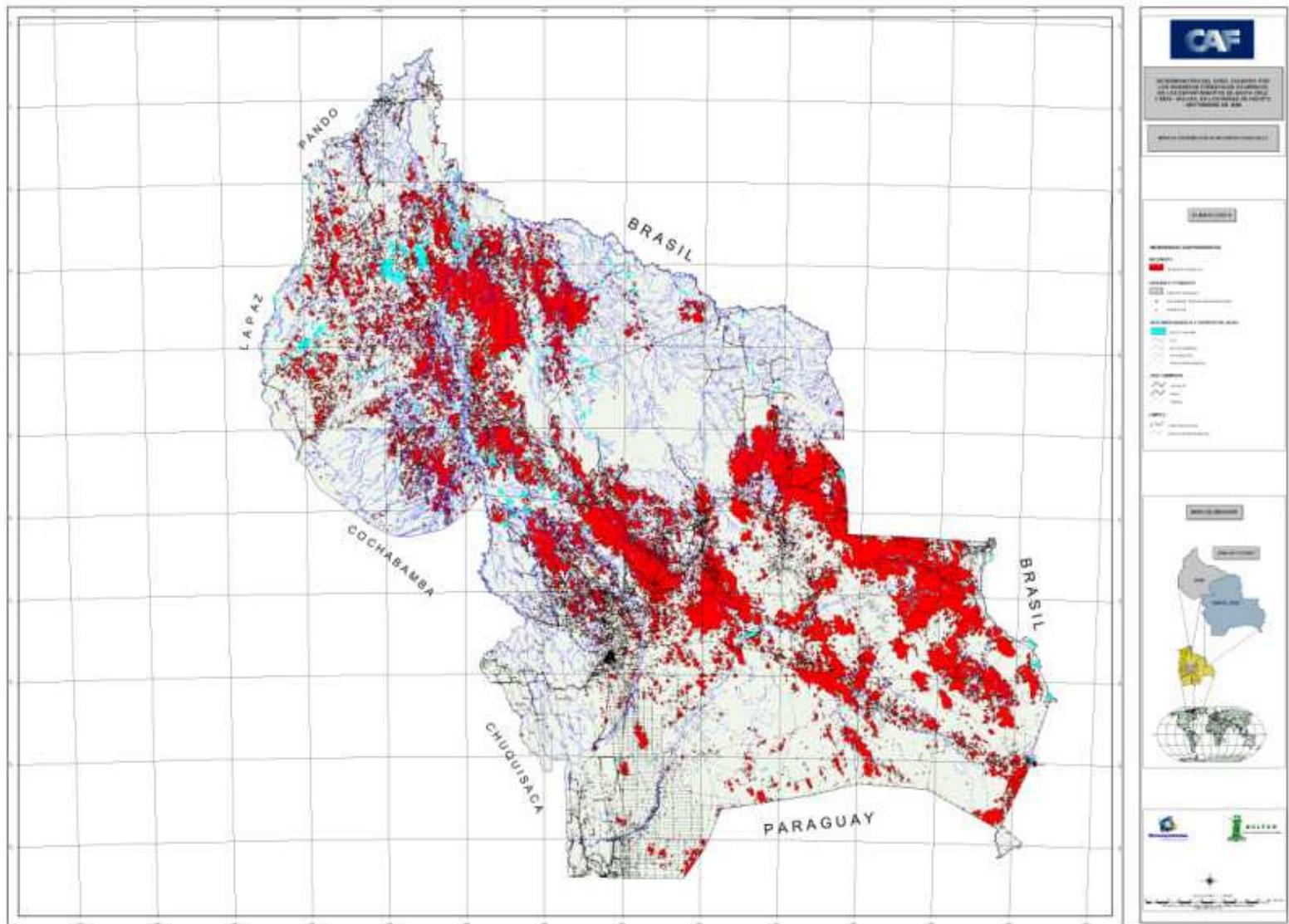
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, 1994. Mapa Forestal de Bolivia 1:1,000,000.
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, 1995. Mapa de Áreas Protegidas de Bolivia. 1: 1,000,000
- Neptad, D., Moreira, A., Alencar, A., 1999. Flames in the Rain Forest: Origins, Impacts and Alternatives to Amazonian Fires. The Pilot Program to Conserve the Brazilian Rain Forest. 161 pp.
- Pinard, M., 1999. Comunicación interna Proyecto BOLFOR sobre estimación de emisión de carbono para distintas coberturas vegetacionales. Santa Cruz, Bolivia.
- Plan de Uso del Suelo del Departamento del Beni, 1998. Mapa de Plus del Beni Escala 1:250,000. (No oficial).
- Plan de Uso del Suelo del Departamento de Santa Cruz, 1993. Mapa de Uso del Suelo de Santa Cruz Escala 1:250,000
- Prins, E., & Menzel, W., 1994. Trends in South American biomass burning detected with the GOES-VAS from 1983-1991. Journal of Geophysical Research-Atmospheres, 99(D8), 16719-16735.
- Superintendencia Forestal de Bolivia, 1998. Mapa de Concesiones Forestales de Bolivia. Escala 1:1,000,000.

## **Anexo mapas**

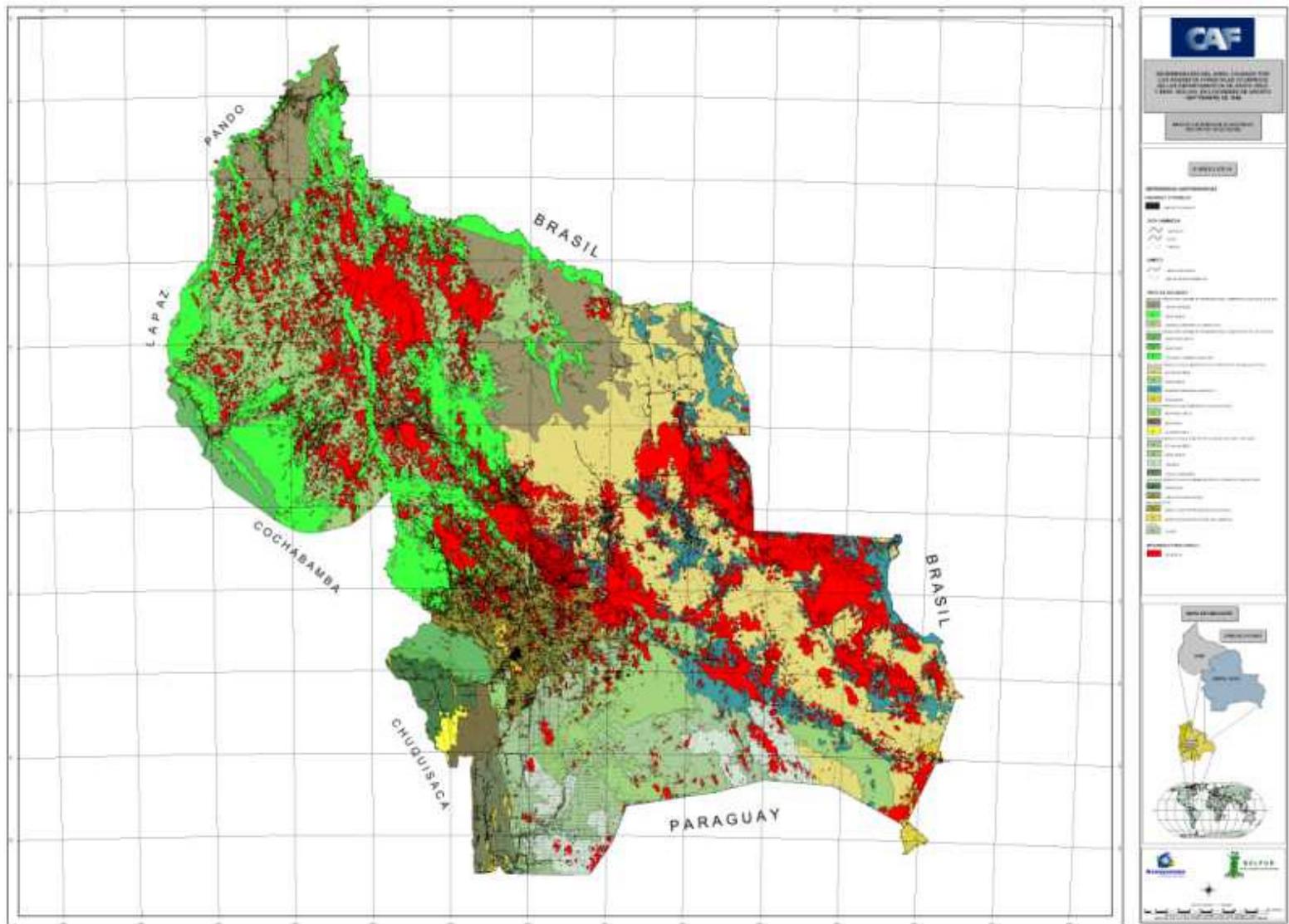
---



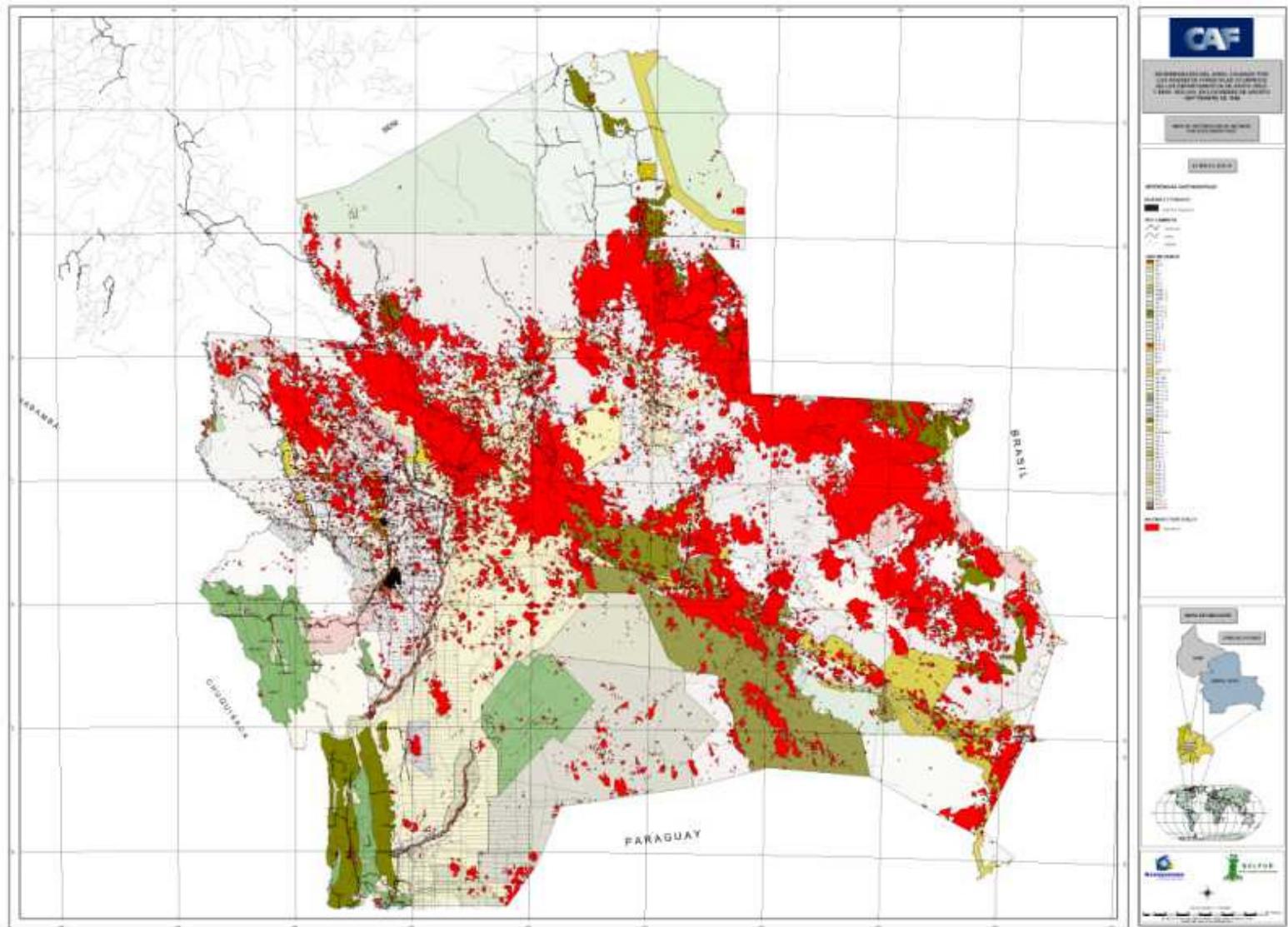
Mapa No. 1. Mapa base.



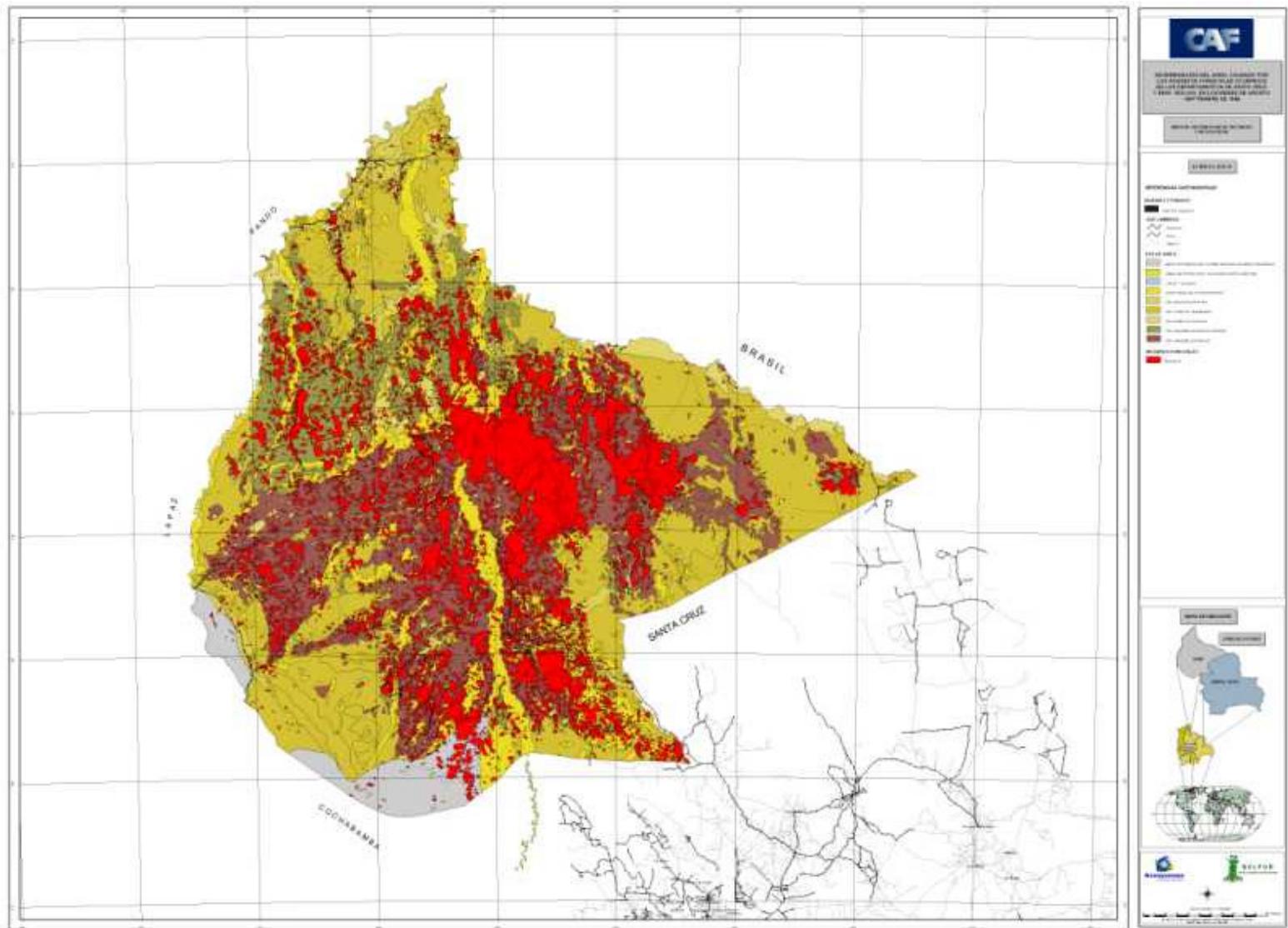
Mapa No 2. Distribución general de los incendios



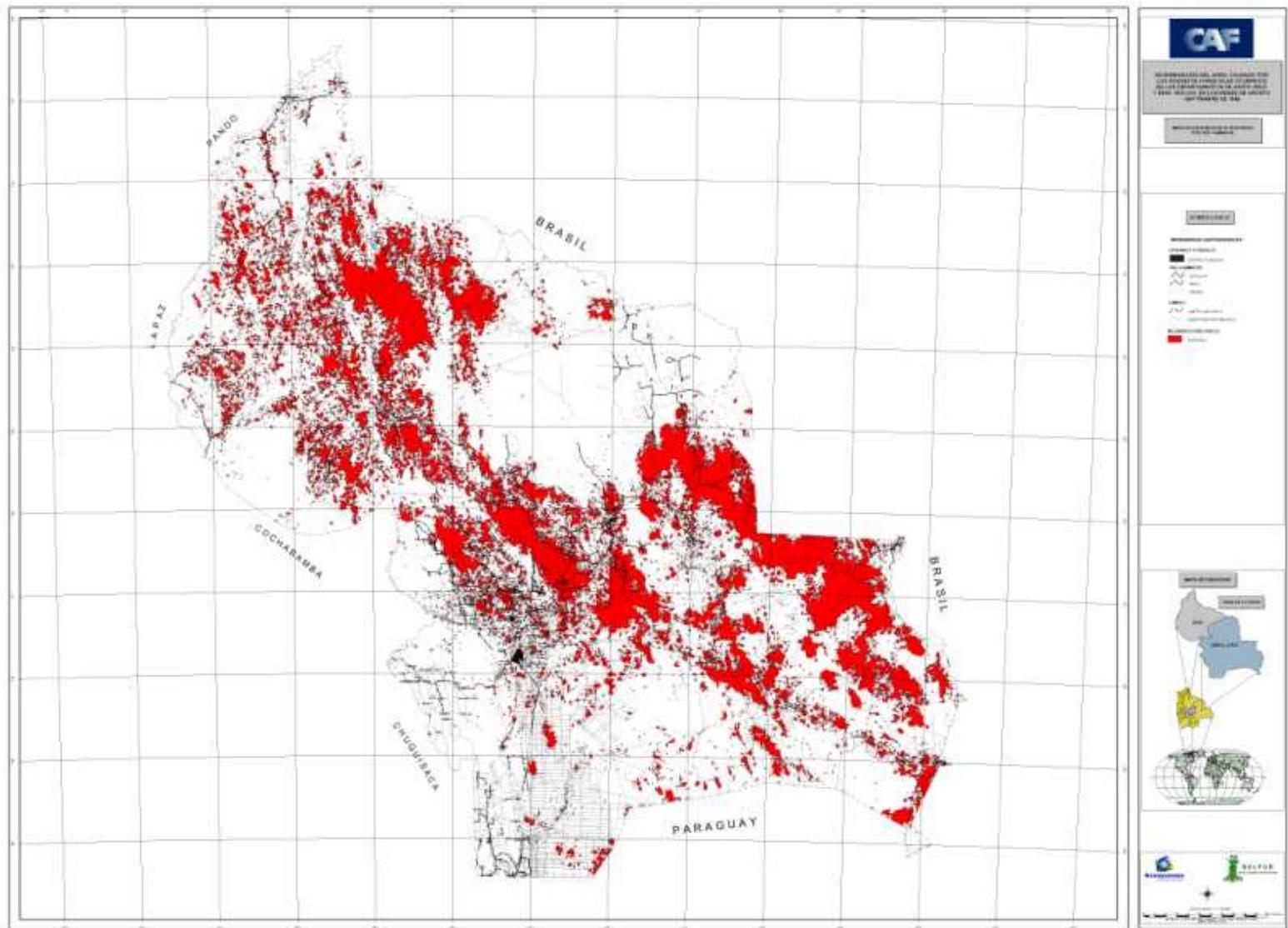
Mapa No 3. Distribución de los incendios por tipo de vegetación



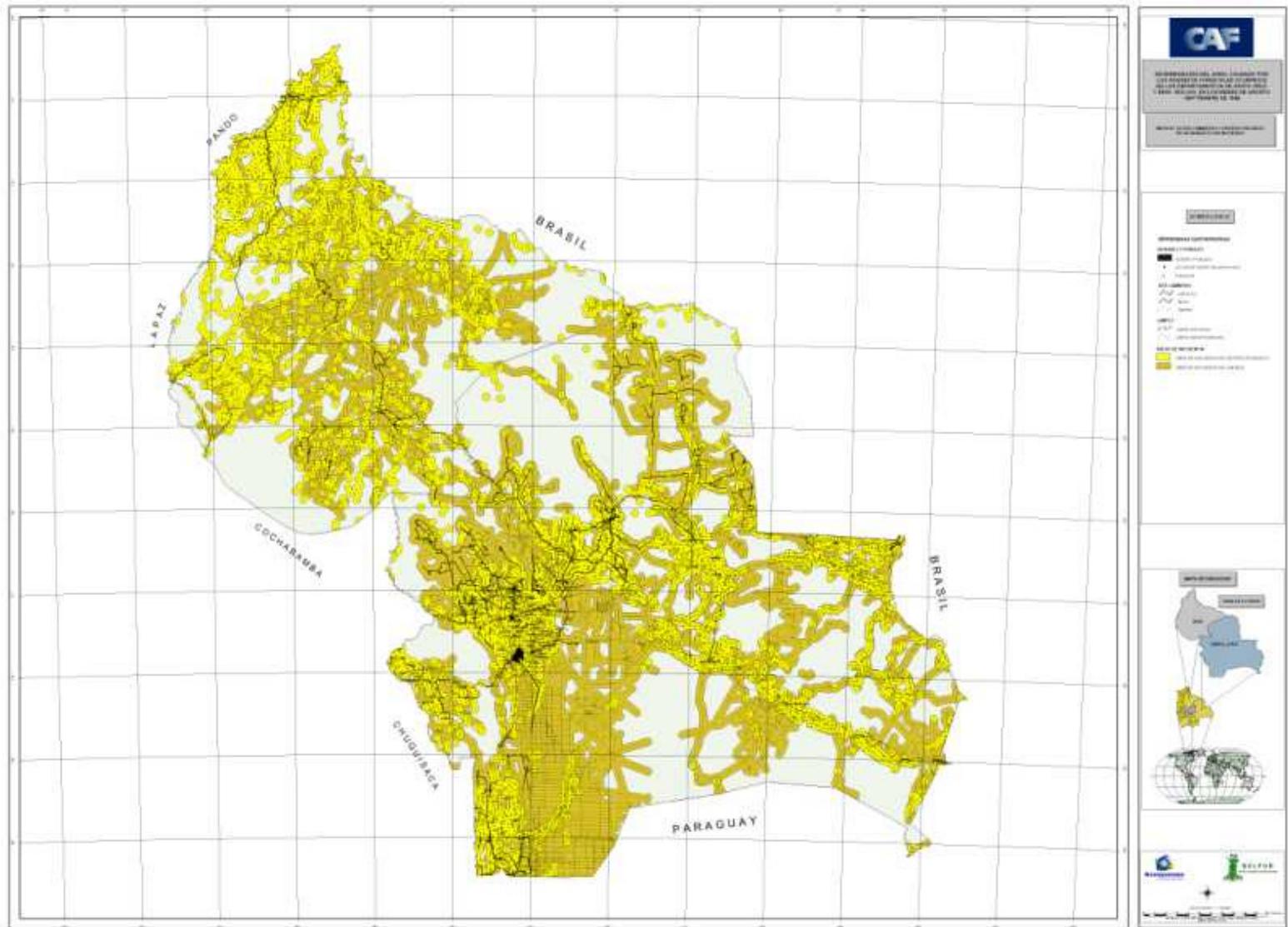
Mapa No. 4. Distribución de los incendios por clase de uso Plus Santa Cruz



Mapa No 5. Distribución de los incendios por clase de uso Plus Beni

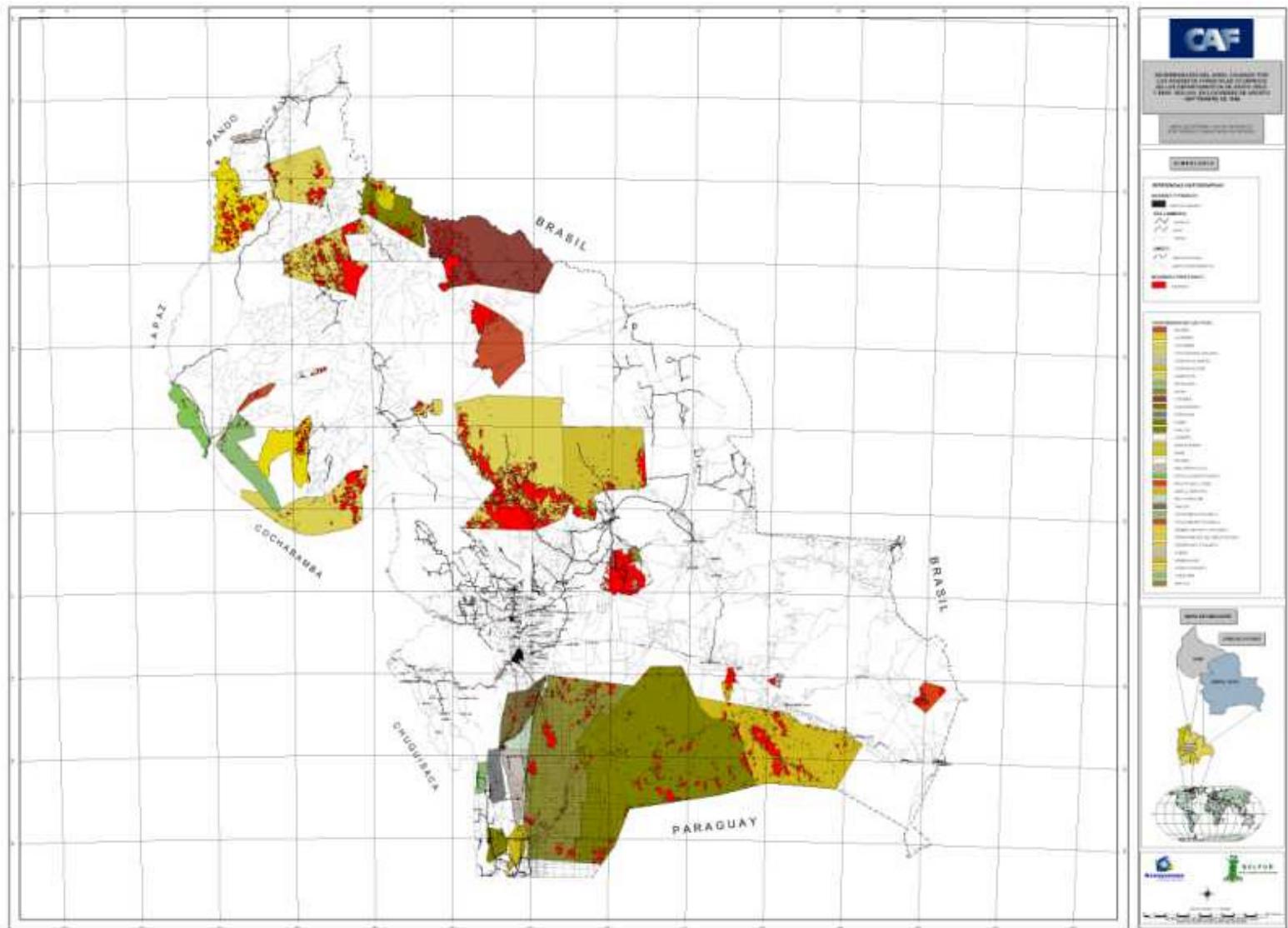


Mapa No. 6. Distribución de los incendios por red de caminos

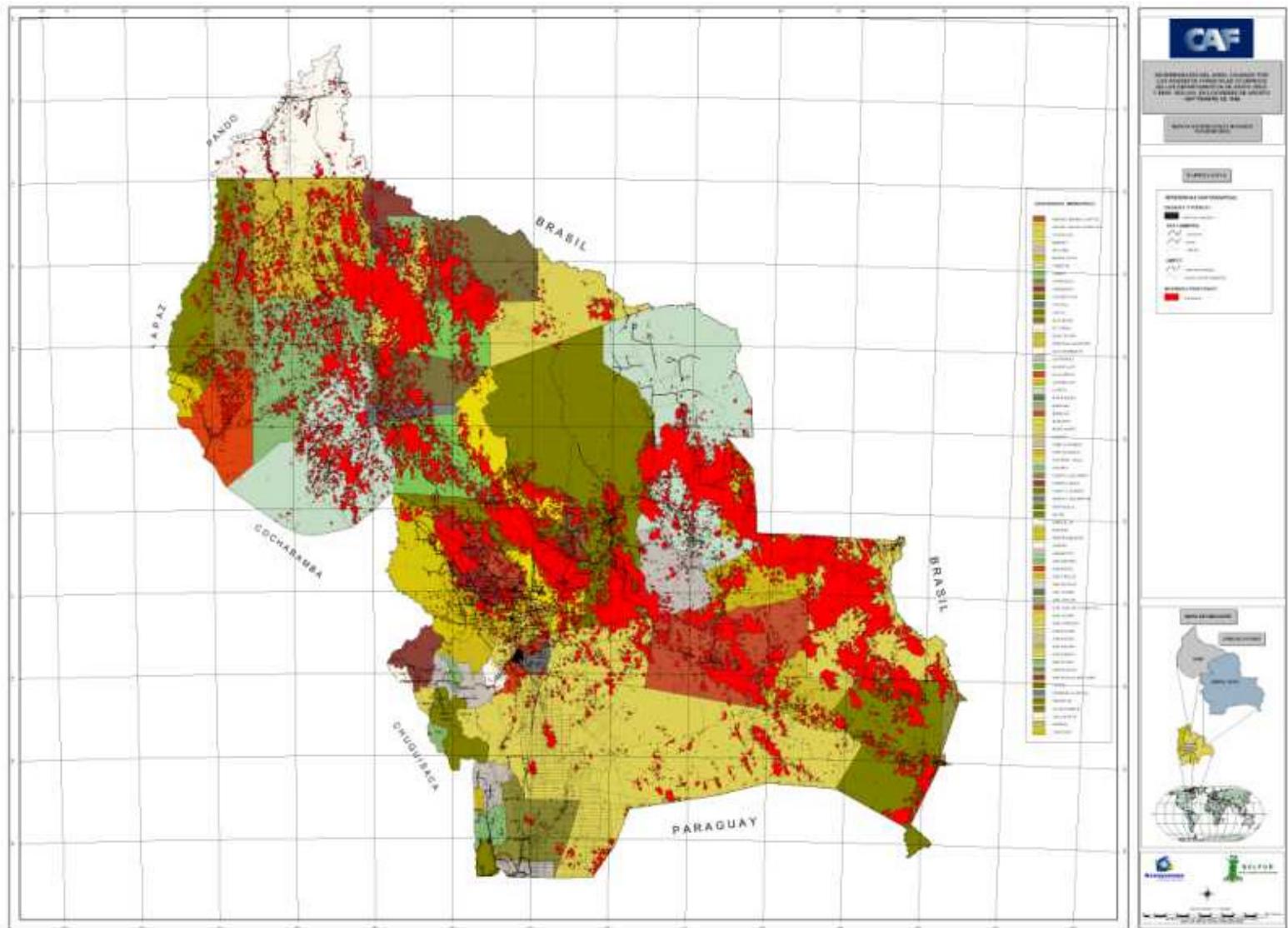


Mapa No 7. Área de influencia calculada por caminos y pueblos

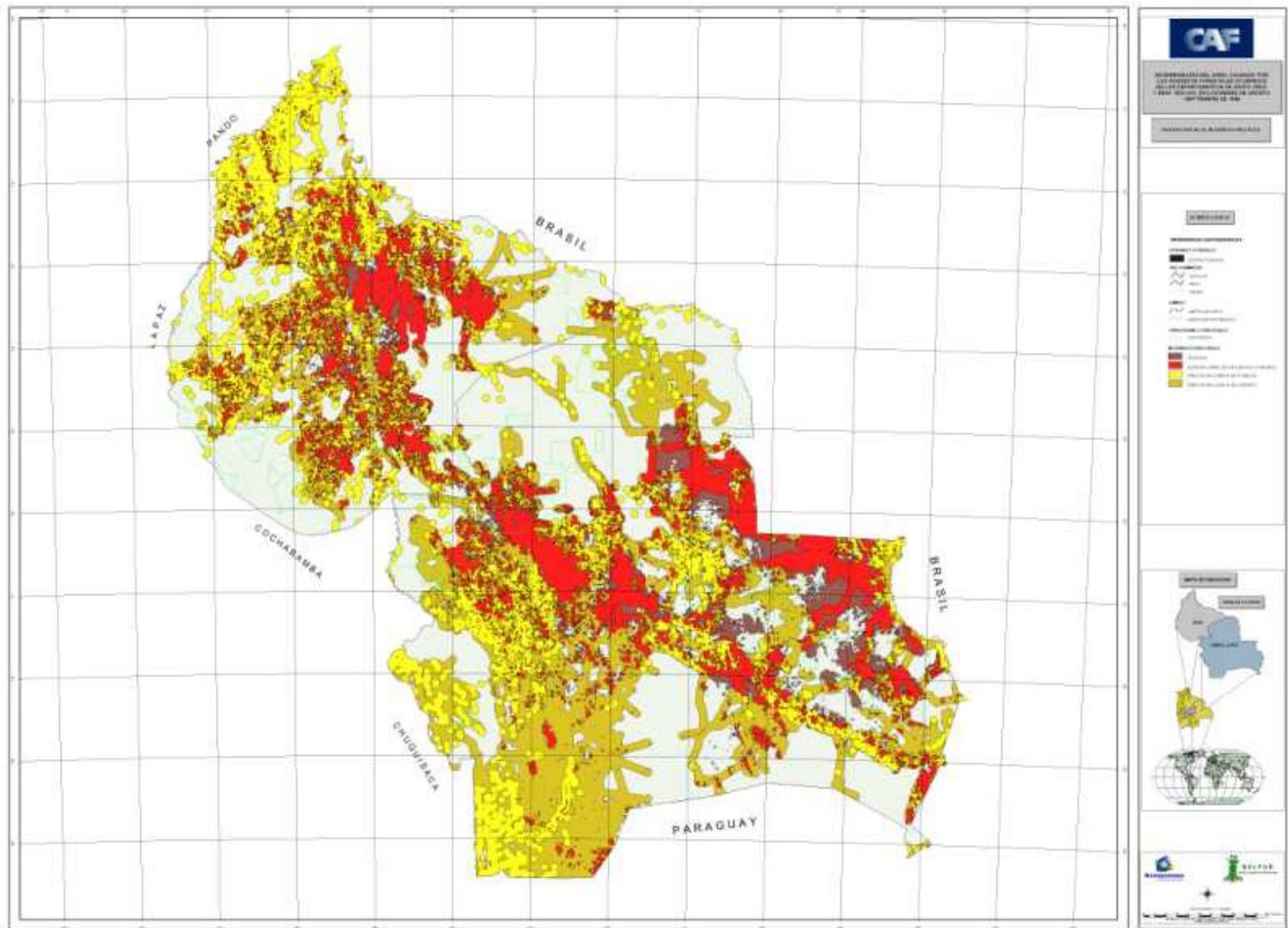




Mapa No 9. Distribución de los incendios en las tierras comunitarias de origen (TCO's)



Mapa No 10. Distribución de los incendios por municipio



Mapa No 11. Determinación de patrones de incendios