



ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



Ministerio de Medio Ambiente y Agua

Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad,
Cambios Climáticos y de Gestión y Desarrollo Forestal

Dirección General de Gestión y Desarrollo Forestal

MEMORIA TÉCNICA DE MONITOREO DE FOCOS DE CALOR Y ÁREAS QUEMADAS EN LA GESTIÓN 2014





“Requerimos forjar un sistema que restablezca la armonía con la naturaleza y con los seres humanos. Solo puede haber equilibrio con la naturaleza si hay equidad entre los seres humanos. Este nuevo sistema tiene que basarse en los principios de complementariedad, equidad respecto a los derechos de los seres humanos y la Madre Tierra; la atmósfera, el agua y la biodiversidad”

*(Discurso extraído del Presidente de Bolivia Evo Morales en la
Inauguración de la Conferencia Mundial de los Pueblos sobre Cambio
Climático y Derechos de la Madre Tierra)*

Dra. María Alexandra Moreira López

MINISTRA DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA

Lic. Gonzalo Rodríguez Cámara

**VICEMINISTRO DE MEDIO AMBIENTE, BIODIVERSIDAD, CAMBIOS CLIMÁTICOS Y DE GESTIÓN Y
DESARROLLO FORESTAL**

M.Sc. Ing. Víctor Ángel Alcoba Cabezas

DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN Y DESARROLLO FORESTAL

**EQUIPO DE LA SALA DE OBSERVACIÓN BOLIVIA, ORGANIZACIÓN DEL TRATADO DE
COOPERACIÓN AMAZÓNICA OTCA**

M.Sc. Sergio Mario Ledezma Kravarovic'

Coordinador Técnico Nacional de la Sala de Observación Bolivia / OTCA

Ing. Edgar Daniel Flores Moscoso

Jefe del área de sistemas de teledetección

M.Sc. Susan Cinthia Donaire Apala

Jefe del área de cartografía y sistemas de información geográfica

Ing. Lesli Kuscaya Bellido Solares

Analista en sistemas de teledetección y SIG

Lic. Leonardo Uruchi Morales

Analista en sistemas de teledetección y SIG

Lic. Edwin Cahuaya Sucojayo

Analista en sistemas de información geográfica SIG

Ing. Luis Antonio Troche Márquez

Analista en sistemas de información geográfica SIG

Ing. Miguel David Cárdenas Avilés

Analista II en SIG y sistemas de teledetección

Sra. Giovana Carol Crespo Figueredo

Asistente técnico

Con el apoyo técnico de la DGGDF

Personal:

M.Sc. Fredy Antonio Navia Dávalos
M.Sc. Raúl Lobo Olivera
M.Sc. W. Rafael Paredes
Ing. Juan Carlos Soria Merubia
Ing. Mariela Flores Tito
Ing. Eva María Rivero Vaca
Lic. Carola Buitrón Aliaga
Lic. Zulma Isabel Condori Márquez
Lic. Eddy Alan Paco Rodríguez
Sr. Walter Osco Frías
Sra. Martha Condori Yarari

Proyectista:

Ing. Rubén Gosalvez Canedo

Especialista en Ecología del Paisaje:

Dr. Humberto Perotto Baldivieso

Con el apoyo de las Instituciones



**Organización de las Naciones Unidas
para la Alimentación y la Agricultura**

PROYECTO: APOYO AL MECANISMO CONJUNTO EN ACCIONES
DE MITIGACION AL CAMBIO CLIMATICO EN LOS
BOSQUES DE BOLIVIA - UNJP/BOL/045/UNJ



Embajada de Dinamarca
DANIDA

Indice General

| | |
|---|----|
| ■ 1. Introducción | 1 |
| ■ 2. Marco conceptual | 4 |
| ■ 3. Objetivos | 6 |
| ■ 4. Metodología | 7 |
| 4.1. Proceso metodológico para los reportes de focos de calor | 7 |
| A.Tratamiento de la información | 9 |
| B. Análisis de la información | 12 |
| C. Elaboración del reporte | 14 |
| D.Publicación | 16 |
| 4.2. Proceso metodológico para el cálculo de superficie de áreas quemadas | 16 |
| A. Tratamiento digital de las imágenes satelitales | 17 |
| B. Detección de áreas quemadas | 20 |
| ■ 5. Resultados | 21 |
| A. Focos de calor | 21 |
| B. Áreas quemadas | 27 |
| ■ 6. Conclusiones | 31 |

Indice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Distribución de focos de calor por departamento para las gestiones 2001 a 2010. | 1 |
| Tabla 2. Cantidad de focos de calor por departamento y gestión | 2 |
| Tabla 3. Detalle de los sensores que utiliza el INPE para la detección de focos de calor | 9 |
| Tabla 4. Distribución de las bandas en OLI Y TIRS | 18 |
| Tabla 5. Distribución de los focos de calor por departamento y del mes de julio a diciembre. | 22 |
| Tabla 6. Distribución de los focos de calor por área protegida desde el mes de julio a diciembre. | 23 |
| Tabla 7. Distribución de los focos de calor por reserva forestal desde el mes de julio a diciembre. | 24 |
| Tabla 8. Distribución de los focos de calor por tipo de cobertura desde el mes de julio a diciembre. | 24 |
| Tabla 9. Superficie de áreas quemadas por departamento | 27 |
| Tabla 10. Superficie de incendios forestales por tipo de bosque | 29 |

Indice de Ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1. Tendencia de focos de calor por año | 2 |
| Ilustración 2. Cantidad de focos de calor por departamento desde la gestión 2010 al 2014 | 3 |
| Ilustración 3. Porcentaje de focos de calor por departamento a partir de la gestión 2010 al 2014 | 3 |
| Ilustración 4. Proceso metodológico para los reportes de focos de calor | 8 |
| Ilustración 5. Procedimiento de la descarga de focos de calor del INPE | 10 |
| Ilustración 6. Procedimiento de la descarga de focos de calor de la NASA - EOSDIS | 11 |
| Ilustración 7. Intersección entre los focos de calor de la fuente INPE con la fuente NASA. | 12 |
| Ilustración 8. Automatización de la sobreposición de las coberturas y los focos de calor | 16 |
| Ilustración 9. Flujo de la etapa del análisis de la información | 13 |
| Ilustración 10. Publicación en la página web de los reportes diarios, semanales y mensuales. | 16 |
| Ilustración 11. Proceso metodológico para la superficie de áreas quemadas. | 17 |
| Ilustración 12. Distribución de los focos de calor por meses. | 18 |
| Ilustración 13. Valores del NBR | 19 |
| Ilustración 14. Depuración de la cobertura de sombras y nubes. | 20 |
| Ilustración 15. Tendencia de los focos de calor a partir del mes de julio a diciembre. | 21 |
| Ilustración 16. Porcentaje por departamento a partir del mes de julio a diciembre. | 22 |
| Ilustración 17. Distribución de focos de calor por tipo de cobertura a partir del mes de julio a diciembre. | 25 |
| Ilustración 18. Superficie de áreas quemadas por departamento | 27 |
| Ilustración 19. Superficie de incendios forestales por tipo de bosque | 33 |

Indice de Mapas

| | |
|--|----|
| Mapa 1. Mapas temáticos elaborados para los reportes diarios, semanales y mensuales. | 15 |
| Mapa 2. Concentración de focos de calor a partir de julio a diciembre. | 26 |
| Mapa 3. Superficie de áreas quemadas por departamento | 28 |
| Mapa 4. Superficie de incendios forestales por tipo de bosque | 30 |

1

Monitoreo de Focos de Calor y Áreas Quemadas - 2014

Introducción

Cada año el territorio nacional sufre de incendios forestales y quemas agrícolas, sobre todo en época seca del año, que comprende entre los meses de agosto a octubre, donde se realizan las quemas para la limpieza de terrenos para plantaciones; las áreas con mayor incidencia se encuentra en la zona oriental principalmente en los departamentos de Santa Cruz y Beni, en el año 2013 se ha evidenciado un total de los

incendios forestales del 71.3% y 23.7% respectivamente¹ se han reportado en estos departamentos.

En el año 2012, la Dirección General de Gestión y Desarrollo Forestal - DGGDF, ha publicado el "Manual de Monitoreo de Focos de Calor," en el que ha reportado el análisis y distribución estadística de focos de calor de la gestión 2001 al 2010, en la Tabla. 1 se muestran los resultados.

Tabla 1. Distribución de focos de calor por departamento para las gestiones 2001 a 2010.

| AÑO | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | TOTAL POR DEPARTAMENTO |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|
| Beni | 5134 | 7730 | 11288 | 16872 | 18862 | 10076 | 7587 | 9948 | 7654 | 16573 | 111724 |
| Chuquisaca | 79 | 149 | 1443 | 582 | 779 | 534 | 483 | 829 | 825 | 595 | 6298 |
| Cochabamba | 191 | 129 | 1806 | 1352 | 1396 | 811 | 864 | 1534 | 563 | 1393 | 10039 |
| La Paz | 269 | 354 | 1386 | 1349 | 1853 | 995 | 1275 | 1532 | 1105 | 1600 | 11718 |
| Oruro | 6 | 22 | 48 | 41 | 77 | 29 | 32 | 77 | 56 | 53 | 441 |
| Pando | 300 | 426 | 1009 | 799 | 1854 | 835 | 915 | 847 | 677 | 868 | 8530 |
| Potosí | 5 | 6 | 33 | 44 | 47 | 17 | 32 | 38 | 68 | 42 | 332 |
| Santa Cruz | 4746 | 6605 | 10226 | 26208 | 15265 | 16471 | 25140 | 15166 | 8938 | 24685 | 153450 |
| Tarija | 176 | 174 | 781 | 505 | 610 | 384 | 386 | 500 | 678 | 360 | 4554 |
| Total Año | 10906 | 15595 | 28020 | 47752 | 40743 | 30152 | 36714 | 30471 | 20564 | 46169 | 307086 |

Fuente: Manual de Monitoreo de Focos de Calor, DGGDF, 2012

Es preciso identificar las zonas afectadas, en este caso corresponde a la identificación del área quemada por medio de datos satelitales, que se define como el área afectada por incendios forestales o quemas en unidades de área² para este dato extraemos la investigación elaborada por la Fundación Amigos de la Naturaleza – FAN, que ha

realizado con el producto MCD64 del sensor Modis, que les permitió detectar un total acumulado de 32 millones de hectáreas quemadas en todo el país durante el periodo de 2000 a 2013, identificando que las gestiones 2004, 2005 y 2010 registrarón la mayor cantidad de áreas quemadas.

¹⁾ FAN. Reporte Incendios y Quemas en Bolivia – Análisis histórico desde 2000 a 2013

²⁾ Sistema de Alerta Temprana de Incendios Forestales en México, 2012

Para completar los datos en el periodo 2010 al 2014 se ha elaborado la Tabla 2 en la que se desarrolla el número de focos de calor del

sensor Aqua M-T³, por departamento y para cada gestión.

Tabla 2. Cantidad de focos de calor por departamento y gestión

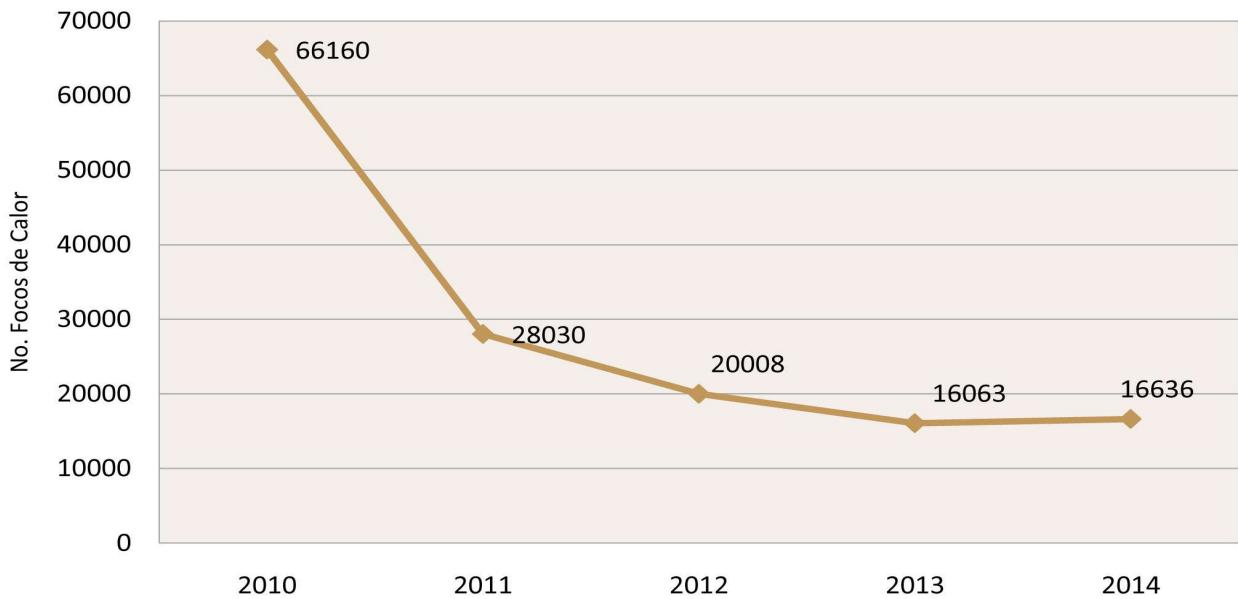
| Año | Beni | Chuquisaca | Cochabamba | La Paz | Oruro | Pando | Potosí | Santa Cruz | Tarija | Total por Año |
|-------------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|--------------|-------------|---------------|
| 2010 | 24836 | 798 | 1839 | 2389 | 65 | 1379 | 56 | 34259 | 539 | 66160 |
| 2011 | 11466 | 438 | 1065 | 737 | 27 | 500 | 26 | 13338 | 433 | 28030 |
| 2012 | 9074 | 384 | 874 | 1215 | 44 | 678 | 36 | 7366 | 337 | 20008 |
| 2013 | 7434 | 368 | 752 | 1003 | 99 | 804 | 72 | 5092 | 439 | 16063 |
| 2014 | 6164 | 291 | 1133 | 1442 | 78 | 558 | 79 | 6682 | 209 | 16636 |
| Total por departamento | 58974 | 2279 | 5663 | 6786 | 313 | 3919 | 269 | 66737 | 1957 | 146897 |

Fuente: Sala de Observación Bolivia en base a datos del INPE

En la Ilustración 1 se observa que la gestión 2010 reporta mayor número de focos de calor (66.160) y en las demás gestiones muestran una baja tendencia, siendo la gestión 2013

el año con menor número de focos de calor (16.063).

Ilustración 1. Tendencia de focos de calor por año



Fuente: Sala de Observación Bolivia en base a datos del INPE

Realizando el análisis por departamentos para cada gestión se observa que en las cinco gestiones el departamento de Santa Cruz (66.737) reporta mayor cantidad de focos de

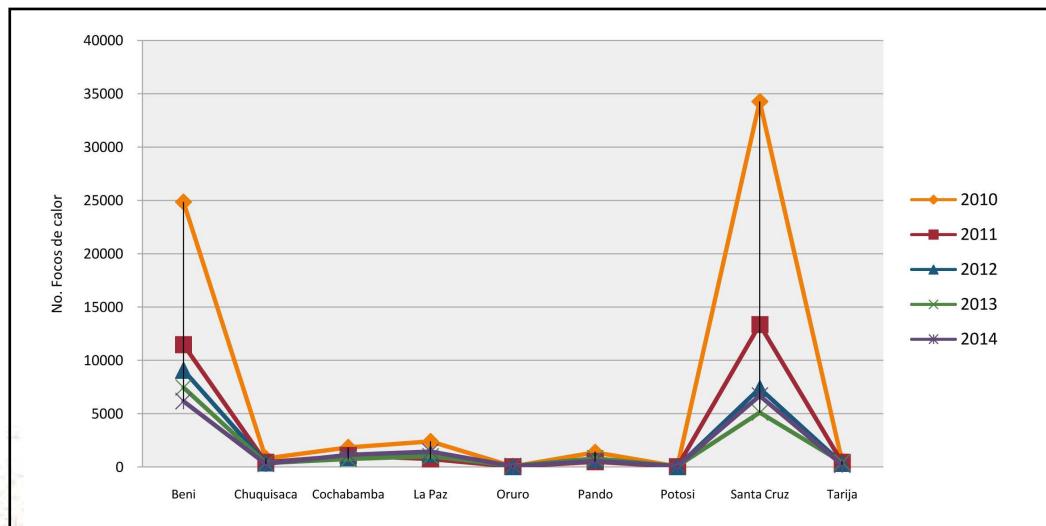
calor, el segundo departamento con mayor incidencia es el departamento de Beni (58.974), siendo los departamentos de Potosí y Oruro que reportan el menor número de

³⁾ Existe varios sensores con los que se reporta los focos de calor; para realizar comparaciones estadísticas se recomienda utilizar un sensor de referencia, en este caso se utiliza el sensor Aqua M-T por el horario que pasa por nuestro país (entre las 18:00 a 18:30) y además que se tiene los datos en los años requeridos (2010 a 2014).

focos de calor (Ver Ilustración 2). Asimismo realizando una análisis por porcentaje para los departamentos por las cinco gestiones, tenemos que el 45% para el departamento de Santa Cruz, el 40% en el departamento de Beni, el departamento de La Paz con el 5%,

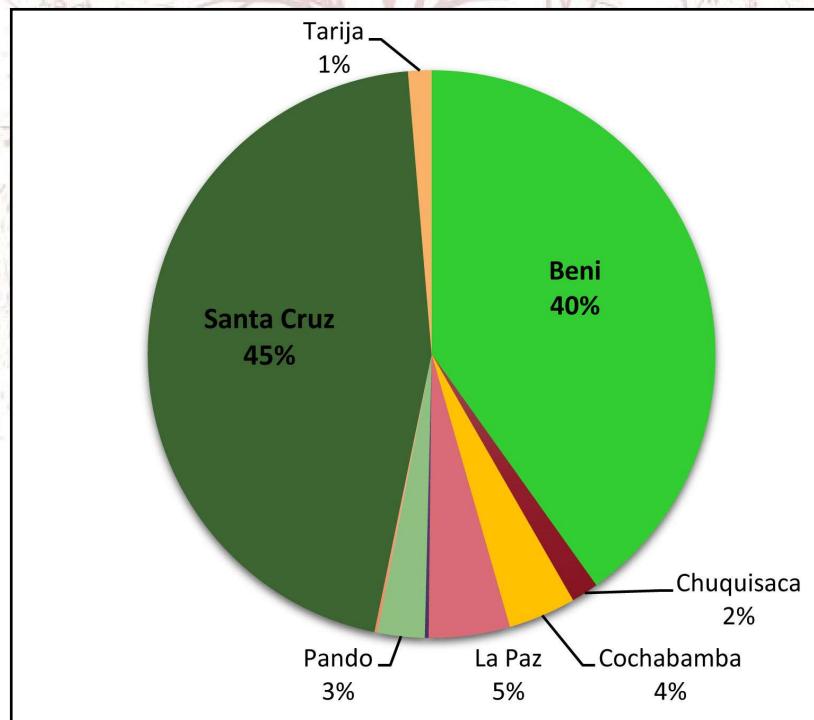
para el departamento de Cochabamba el 4%, el departamento de Pando con el 3%, con el 2% en el departamento de Chuquisaca, para el departamento de Tarija con el 1% y en los departamentos de Potosí y Oruro el porcentaje es cero (Ver Ilustración 3).

Ilustración 2. Cantidad de focos de calor por departamento desde la gestión 2010 al 2014



Fuente: Sala de Observación Bolivia en base a datos del INPE

Ilustración 3. Porcentaje de focos de calor por departamento a partir de la gestión 2010 al 2014



Fuente: Sala de Observación Bolivia en base a datos del INPE

Marco conceptual

Para el presente trabajo se ha definido los principales conceptos, con los que se ha desarrollado la metodología tanto para los reportes de focos de calor y la detección de áreas quemadas.

Bosque

Se denomina bosque a una extensión mayor a 0.5 ha de territorio que se caracteriza por estar ampliamente cubierta por árboles, pueden estar constituidos por distintas especies de árboles o por una especie predominante, ademas de sotobosque. Los bosques estan constituidos por agentes vivos (animales, insectos, microorganismos, seres vivos, etc.) y no vivos (agua, aire, suelo, etc.)⁴

Fuego

El fuego es una reacción química entre tres elementos: oxígeno, calor y combustible. Si las condiciones son óptimas, un incendio puede iniciarse casi en cualquier lugar, en cualquier momento. La mayoría de los riesgos de incendio ocurren cuando el clima es seco y caliente⁵.

La fuente de calor que inicie un incendio en áreas silvestres puede ser natural, como por ejemplo la caída de un rayo, u occasionada

por el ser humano, cuando hace un uso descuidado del fuego e incluso de cigarrillos. Entre los combustibles se incluye cualquier cosa, desde pasto y hojas secas hasta ramas, madera o ¡casas! Los diversos tipos de combustible arden a diferentes temperaturas debido a que cada sustancia posee una denominada "temperatura de combustión", esto es, cuando la sustancia se torna lo suficientemente caliente como para estallar en llamas. Por ejemplo, debido a su baja temperatura de combustión, el aceite que se encuentra en las hojas de los árboles de eucalipto es uno de los combustibles más explosivos que existen en la naturaleza.

Focos de calor

Pixel que reporta una temperatura elevada en comparación con sus vecinos, cumpliendo con los umbrales establecidos en el algoritmo.⁶

Incendio Forestal

Fuego que se desarrolla en un área sin autorización y sin control sobre formaciones boscosas o tierras forestales, que provocan daños en la biodiversidad y en el medio ambiente.⁷

Quema Agrícola

Utilización de fuego para habilitación de tierras agrícolas y pecuarias, que cuentan con

⁴ Documento de trabajo de la evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Terminos y Definiciones. FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma 2010.

⁵ Nota levantadas en el curso "Uso De Datos De Monitoreo Satelital De Quemas E Introducción A Las Herramientas De Geoprocесamiento" - INPE 2014.

⁶ Nota levantadas en el curso "Uso De Datos De Monitoreo Satelital De Quemas E Introducción A Las Herramientas De Geoprocесamiento" - INPE 2014

⁷ Desarrollado por la DGGDF y la SoB - OTCA.

autorizaciones y se realiza en áreas definidas, bajo prácticas de manejo de fuego⁸.

Teledetección

Es la técnica que permite obtener información sobre un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos por un instrumento que no está en contacto con el objeto, área o fenómeno bajo investigación⁹.

Sensor

Cualquier instrumento que detecta energía electromagnética, la convierte en una señal y la presenta en forma susceptible de ser aprovechada para su estudio¹⁰.

Correcciones

Indican las operaciones digitales tendentes a eliminar errores en la adquisición de las imágenes, ya sean radiométricos o geométricos.¹¹

Resolución

Es la medida de la habilidad de un sistema sensor para discriminar información dentro de la imagen. Refiere al tamaño de la mínima unidad de información en el terreno (espacial), al número de bandas disponibles (espectral), a los niveles de codificación (radiométrica) o la frecuencia de cobertura (temporal).¹²

Detección de cambios

Cualquier técnica que permita señalar sobre dos o más imágenes multitemporales en aquellas zonas que han experimentado transformaciones.¹³

Pixel

Es el elemento pictórico más pequeño de las imágenes que es susceptible de ser procesado.¹⁴



⁸ Desarrollado por la DGGDF y la SoB - OTCA.

⁹ Emilio Chuvieco Salinero, Teledetección Ambiental – La observación de la Tierra desde el Espacio, 2007

¹⁰ Emilio Chuvieco Salinero, Teledetección Ambiental – La observación de la Tierra desde el Espacio, 2007

¹¹ Emilio Chuvieco Salinero, Teledetección Ambiental – La observación de la Tierra desde el Espacio, 2007

¹² Emilio Chuvieco Salinero, Teledetección Ambiental – La observación de la Tierra desde el Espacio, 2007

¹³ Emilio Chuvieco Salinero, Teledetección Ambiental – La observación de la Tierra desde el Espacio, 2007

¹⁴ Emilio Chuvieco Salinero, Teledetección Ambiental – La observación de la Tierra desde el Espacio, 2007

3

Objetivos

El objetivo del presente trabajo es:

- Desarrollar el Mapa de Áreas Quemadas para la gestión 2014

Para determinar la superficie de áreas quemadas, se tiene los siguientes objetivos específicos:

- Determinar la superficie de las áreas quemadas para la gestión 2014 del Estado Plurinacional de Bolivia.
- Determinar el número de focos de calor de la gestión 2014 del Estado Plurinacional de Bolivia.
- Cuantificar la superficie de las áreas quemadas por los tipos de bosque para la gestión 2014.



4 Metodología

4.1. Proceso metodológico para los reportes de focos de calor

Con los focos de calor no es posible saber el número de incendios y su tamaño, debido a la saturación del pixel completo, que depende de la intensidad de la temperatura que emita la superficie y el diseño del sensor. Por lo tanto no se tiene la certeza de que cada punto de calor corresponda a un incendio o una quema agrícola; así mismo porque en el área que cubre el pixel puede estar ocurriendo uno o más eventos que generan la suficiente temperatura para alcanzar los umbrales establecidos. La ubicación de los focos de calor tiene el propósito de ubicar geográficamente los posibles incendios

forestales y priorizar la atención del incendio de acuerdo al tipo de vegetación en la que está localizado.

Por lo que se plantea el siguiente proceso metodológico para el reporte de los focos de calor, el cual consta de cuatro fases (Ver Ilustración 4) y en cuatro tiempos diario, semanal, mensual y anual:

- I. Tratamiento de la información
- II. Análisis de la información
- III. Elaboración del reporte
- IV. Publicación

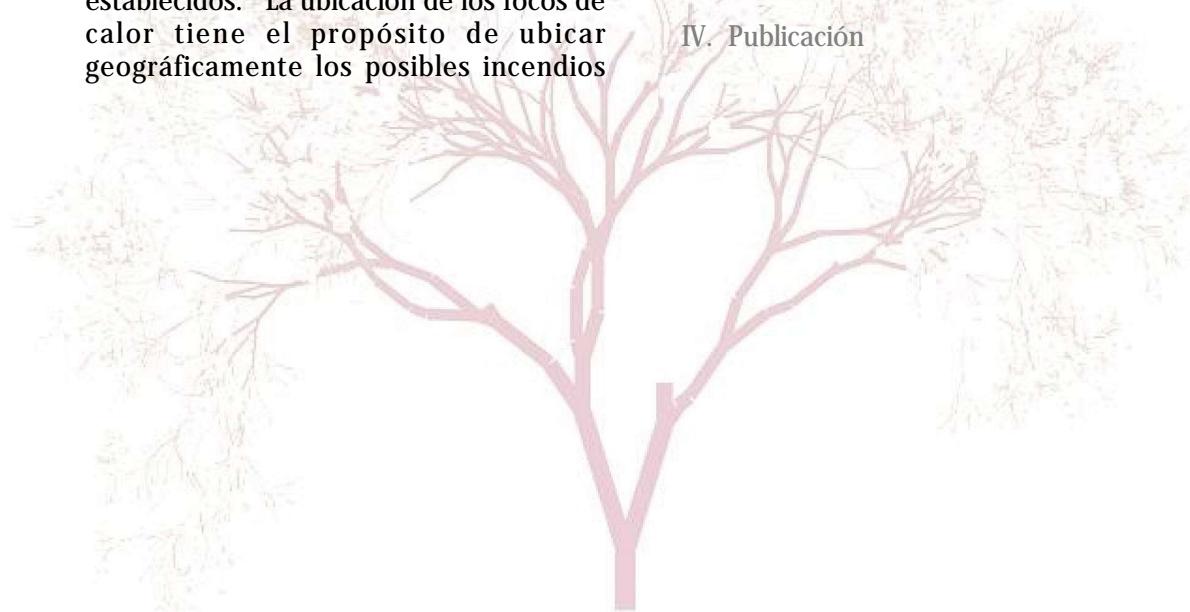
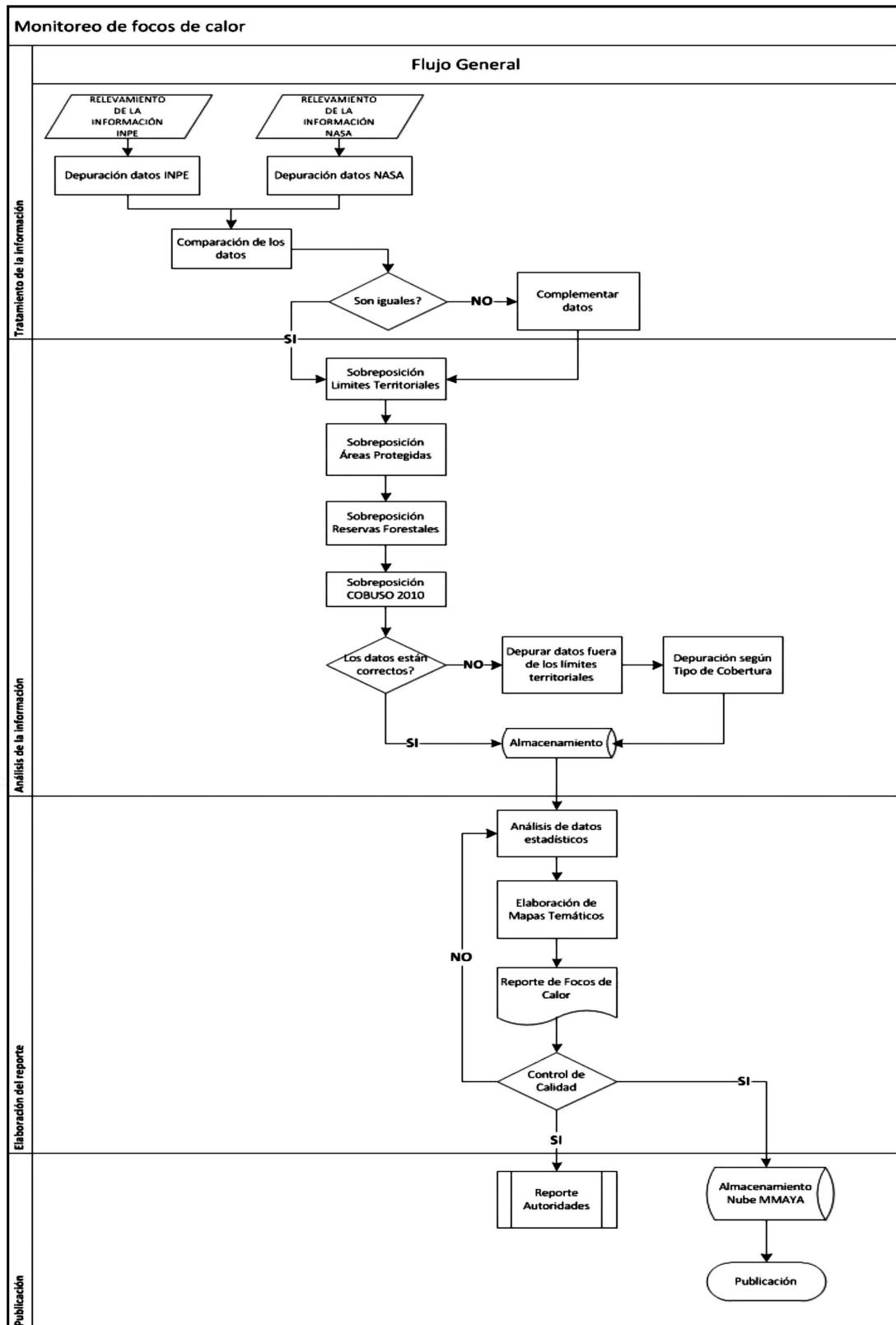


Ilustración 4. Proceso metodológico para los reportes de focos de calor



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

A. Tratamiento de la información

En esta primera fase se plantea como primer paso el *Relevamiento de Información* el que consta en descargar la información de los focos de calor, en este proceso se trabaja con dos fuentes de información, el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE¹⁵ y NASA'S Earth Observing System Data and Information System – EOSDIS¹⁶, ambas instituciones consagradas en estudios sobre el monitoreo de focos de calor.

El INPE a partir de año 1990 comienza con la detección de focos de calor mediante el procesamiento de imágenes del satélite NOAA y cuenta con una estación de recepción en Cachoeira Paulista, en la actualidad realiza el tratamiento de 19 sensores para la detección de focos de calor (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Detalle de los sensores que utiliza el INPE para la detección de focos de calor

| No | SENSOR | SATÉLITE | RESOLUCIÓN TEMPORAL | DIPONIBILIDAD |
|----|-------------------|------------|-----------------------------|---------------|
| 1 | NOAA 12 | NOAA 12 | 21 hrs GMT | 01-jun-98 |
| 2 | NOAA 12 Mañana | NOAA 12 | 06 hrs GMT | |
| 3 | NOAA 14 Noche | NOAA 14 | 00 hrs GMT | |
| 4 | NOAA 15 Mañana | NOAA 15 | 10 hrs GMT | |
| 5 | NOAA 15 Noche | NOAA 15 | 21 hrs GMT | |
| 6 | NOAA 16 Tarde | NOAA 16 | 17 hrs GMT | 10-jul-03 |
| 7 | NOAA 16 Madrugada | NOAA 16 | 05 hrs GMT | 10-jul-03 |
| 8 | NOAA 17 Noche | NOAA 17 | 01 hrs GMT | |
| 9 | NOAA 18 Mañana | NOAA 18 | 05 hrs GMT | 04-jul-03 |
| 10 | GOES 08/12 | GOES 08/12 | En promedio cada 15 minutos | |
| 11 | TERRA Mañana | TERRA 01 | Pasaje a las 03 hrs GMT | 24-sep-02 |
| 12 | TERRA Tarde | TERRA 01 | Pasaje a las 14 hrs GMT | 24-sep-02 |
| 13 | AQUA Mañana | AQUA 01 | pasaje a las 04 hrs GMT | 24-sep-02 |
| 14 | AQUA Tarde | AQUA 01 | pasaje a las 17 hrs GMT | 24-sep-02 |
| 15 | TERRA UMD Mañana | TERRA 01 | pasaje a las 03 hrs GMT | |
| 16 | TERRA UMD Tarde | TERRA 01 | pasaje a las 14 hrs GMT | |
| 17 | AQUA UMD Mañana | AQUA 01 | pasaje a las 04 hrs GMT | |
| 18 | AQUA UMD Tarde | AQUA 01 | pasaje a las 17 hrs GMT | |
| 19 | METEOSAT 02 | Meteosat 2 | En promedio cada 15 minutos | |

Los datos del INPE pueden ser descargados desde su pagina web en distintos formatos, además que pueden ser filtrados por los diferentes criterios (fecha, tipo de sensor, ubicación geográfica), en la Ilustración 5 se

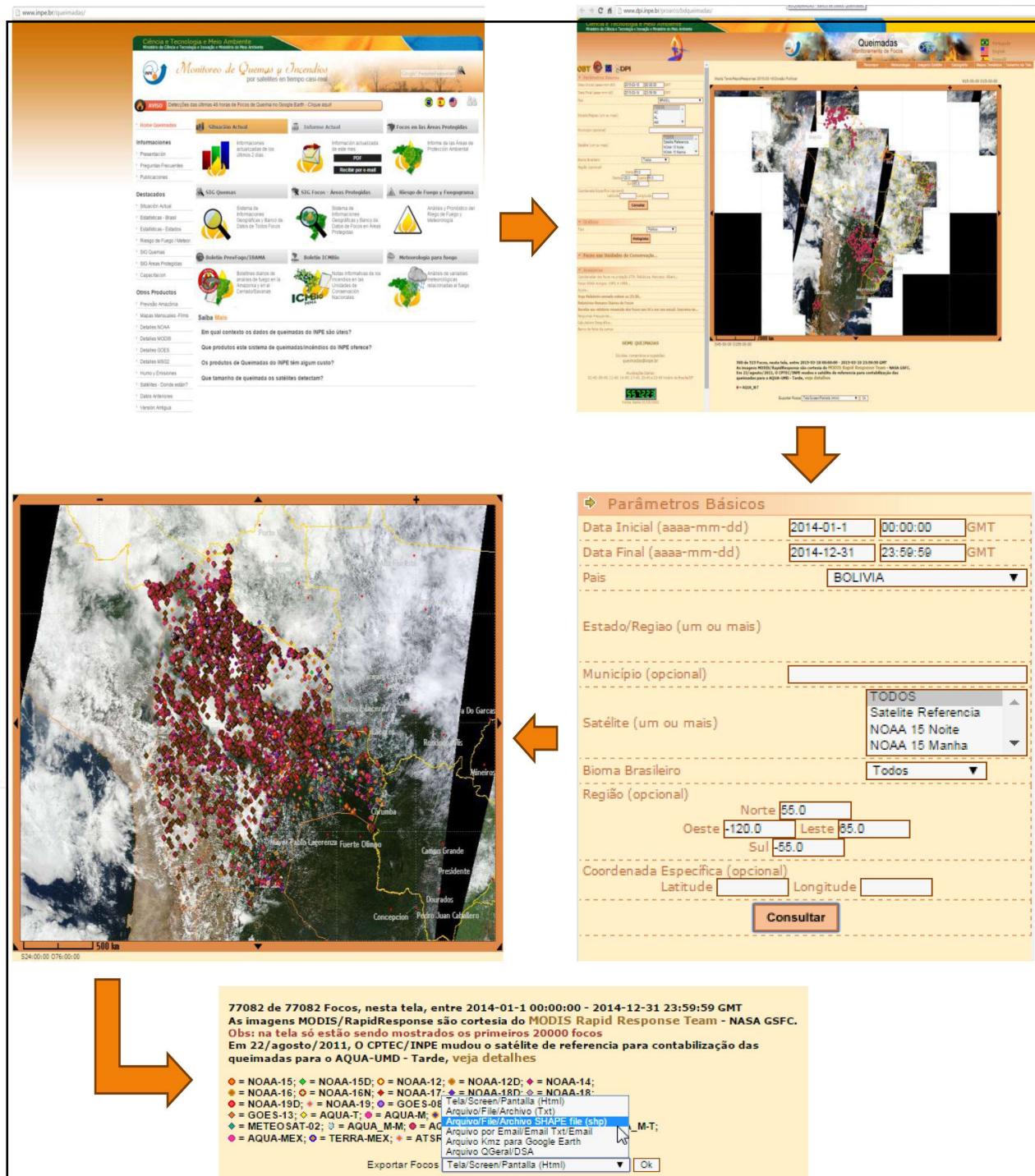
muestra los pasos a seguir para la descarga. En el caso del proyecto la descarga se realizo para cada día, con todos los satélites, en formato shape¹⁷ y solo los datos que corresponde al país

15) <http://www.inpe.br/queimadas/>

16) <https://earthdata.nasa.gov/data/near-real-time-data/firms/active-fire-data>

17) Es el archivo que almacena las entidades geométricas de los objetos

Ilustración 5. Procedimiento de la descarga de focos de calor del INPE



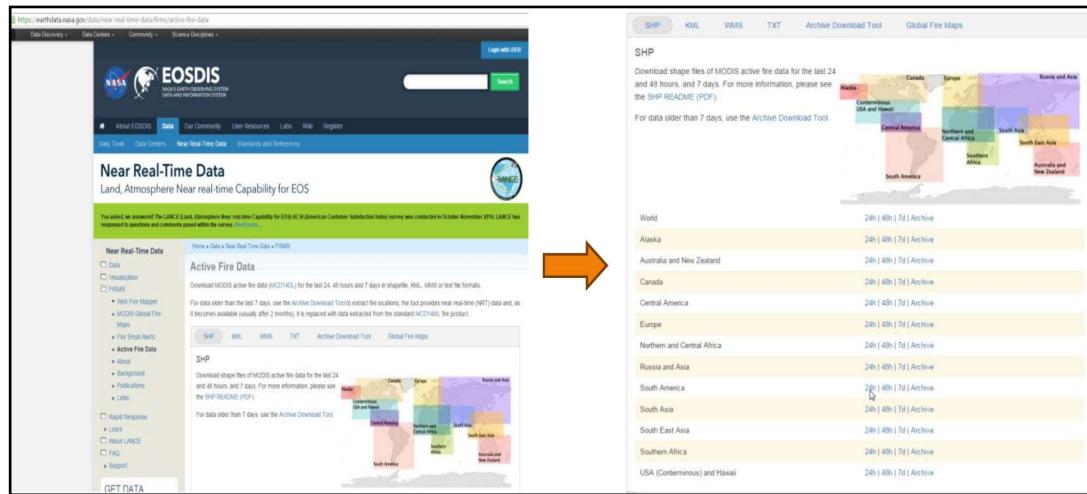
Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

Nota: De izquierda a derecha en la parte superior la página principal del módulo de quemadas e incendios en cuadro naranja el enlace para la ventana de SIG QUEMADAS y la ventana de SIG QUEMAS. De derecha a izquierda segunda fila los parámetros básicos y la visualización de los mismo y en la tercera fila las opciones de descarga

En el caso de la NASA los sensores que utiliza para la detección de los focos de calor son TERRA¹⁸ y AQUA (mañana y tarde), los datos pueden ser descargados diariamente, de dos días, de la semana y en archivos del tiempo que el usuario necesite, la ubicación

geográfica se encuentra por regiones, en el caso del país los datos son descargados de la opción de *South América*¹⁹, en formato shape y de manera diaria, en la Ilustración 6 se desarrolla el procedimiento de las descargas de los focos de calor.

Ilustración 6. Procedimiento de la descarga de focos de calor de la NASA - EOSDIS



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

Nota: De izquierda a derecha página principal y la selección de la región de interés.

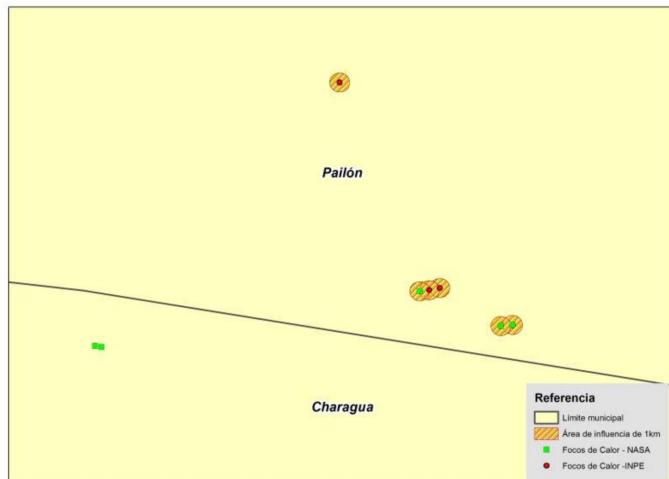
Una vez obtenido los dos datos, se realiza la comparación entre las fuentes, puesto que el algoritmo utilizado por el INPE no coincide con el algoritmo de NASA. Para la comparación de los datos entre las dos fuentes, en el caso del INPE se realiza el filtrado de los sensores Aqua y Terra (mañana y tarde) y en la NASA se filtra los datos pertenecientes al país; una vez que se tiene listo los datos se realiza un área de influencia

de 1 Km. a los focos de calor del INPE, la misma es intersectada con los datos de la NASA, con lo que se ubica los focos de calor que no han sido reportados en el INPE y los mismo completan la base de datos de focos de calor y pasar a la fase de análisis, en la Ilustración 7 se muestra lo descrito.

¹⁸⁾ El satélite TERRA fue lanzado por la NASA el 18 de diciembre de 1999 como parte del programa Sistema de Observación de la Tierra (EOS), con el fin de adquirir datos para el conocimiento de la dinámica atmosférica global y la interacción tierra – océano – atmósfera, de una resolución espacial de 1 km y resolución temporal diaria.

¹⁹⁾ Sur América

Ilustración 7. Intersección entre los focos de calor de la fuente INPE con la fuente NASA.



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

B. Análisis de la información

Terminada la fase de tratamiento de la información se realiza la sobreposición con los límites territoriales²⁰, áreas protegidas²¹, reservas forestales²² y la cobertura y uso actual de la tierra²³; este proceso se encuentra automatizado con el módulo *Model* del software ARCGIS (ver Ilustración 8).

Una vez realizadas las sobreposiciones se realiza el análisis de los datos en que consiste depurar los datos que se encuentran fuera de los límites del país y la revisión de los focos de calor por el tipo de cobertura, si estos se localizan en cuerpos de agua, sustrato de suelo y áreas urbanas, se hace

la revisión con imágenes satelitales, si se evidencia que se encuentran en esas coberturas son depurados de la base de datos; terminada la depuración son almacenados en una geodatabase²⁴ en un datasets²⁵ organizado por mes.

Esta fase se divide en cuatro tiempos, el primero de forma diaria, el segundo se realiza una selección de datos correspondientes a la semana para luego realizar la fusión de datos del mes y finalmente realizar la unión de la información para obtener el dato anual; con el fin de realizar los reportes que corresponde a la siguiente etapa como se observa en la Ilustración 9.

20) Cobertura proporcionada por el Ministerio de Autonomía, gestión 2010.

21) Cobertura proporcionada por el Servicio Nacional de Áreas Protegidas, gestión 2014.

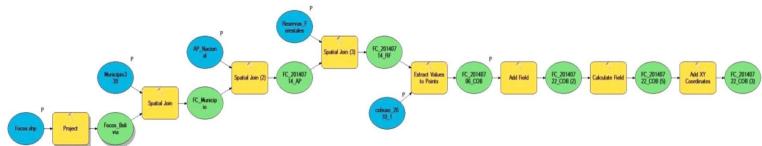
22) Cobertura proporcionada por la Autoridad de Bosques y Tierra, gestión 2014.

23) Cobertura proporcionada por el Viceministerio de Tierras, elaborado por el Sistema Único Nacional de Información de la Tierra - SUNIT, gestión 2010.

24) Es una colección de datasets geográficos de varios tipos contenida en una carpeta de sistema de archivos común.

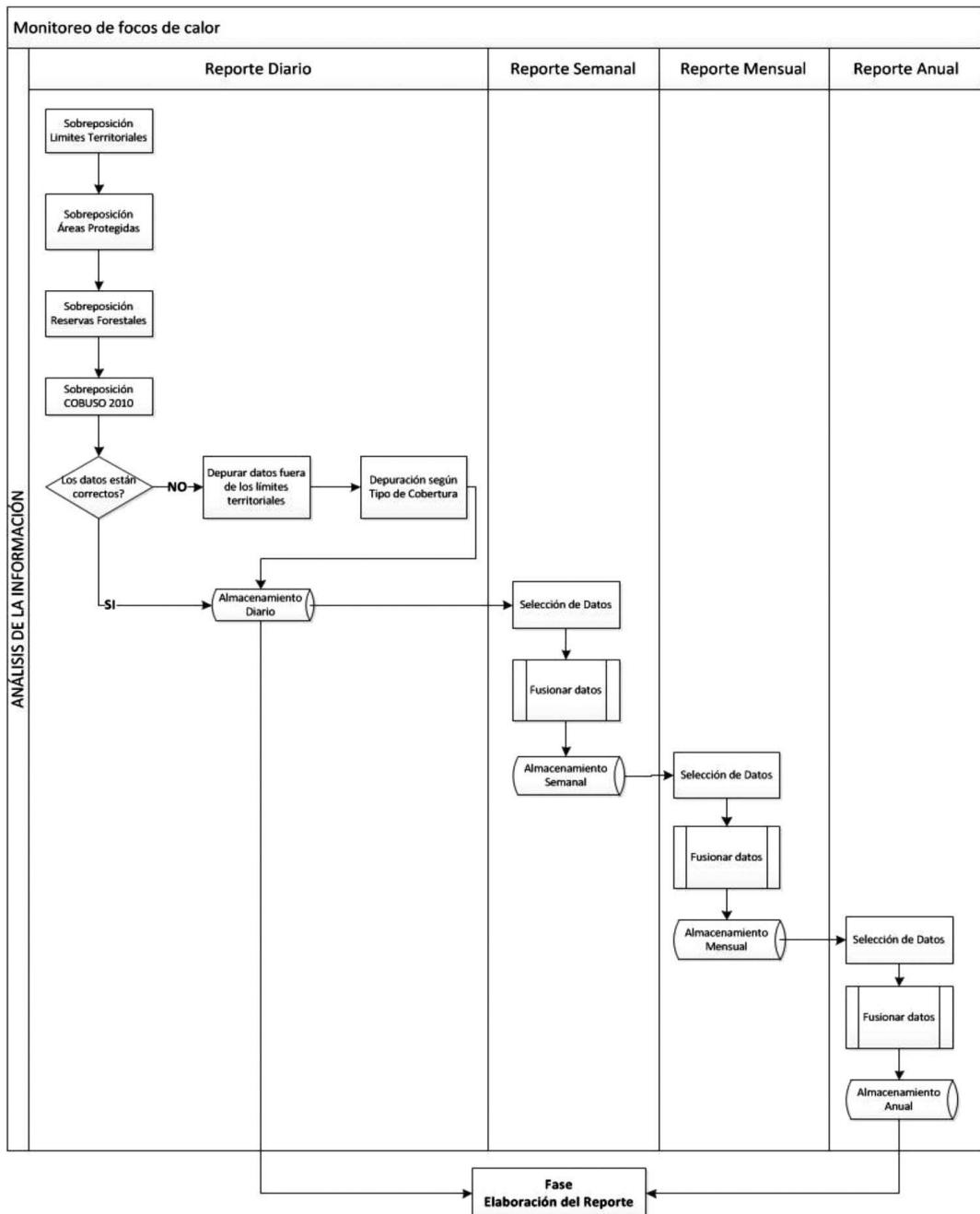
25) Es una colección de datos, por cada elemento se indican varias características.

Ilustración 8. Automatización de la sobreposición de las coberturas y los focos de calor



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

Ilustración 9. Flujo de la etapa del análisis de la información



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

C. Elaboración del reporte

Con los datos almacenados en la geodatabase se elabora el reporte, asimismo este procedimiento se realizó en tres tiempos, de manera diaria, semanal y mensual. Consiste en realizar el análisis estadístico, la elaboración de mapas temáticos para obtener como producto el reporte.

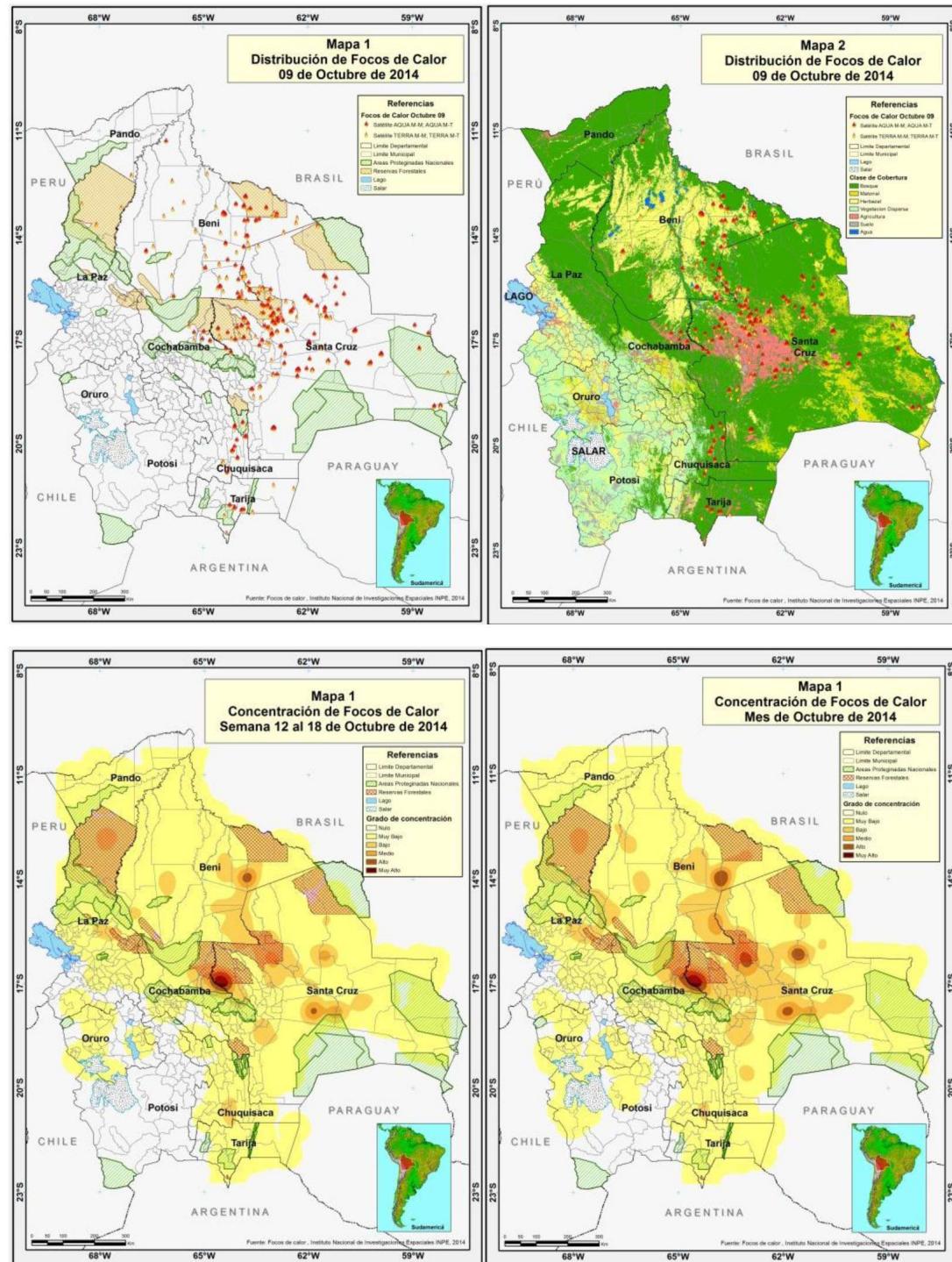
El análisis estadístico consiste en la elaboración de seis tablas: cantidad de focos de calor por municipio y departamento, cantidad de focos de calor en reservas forestales, cantidad de focos de calor en áreas protegidas, cantidad de focos de calor por tipo de cobertura, posición de focos de calor con riesgo de incendio forestal y la elaboración de un gráfico que muestra la cantidad de focos de calor por municipio y departamento. En el caso de los reportes semanales, se elabora dos tablas en las que se detalla la cantidad de focos de calor por día y departamento y la cantidad de focos de calor por tipo de cobertura y departamento, además de la elaboración de dos cuadros que muestran la cantidad de focos de calor por día y el porcentaje de focos de calor por departamento. Para el reporte mensual se elabora cuatro tablas que detallan la cantidad

de focos de calor por semana y departamento, cantidad de focos de calor en áreas protegidas, la reservas forestales que reportan focos de calor y la cantidad de focos de calor por tipo de cobertura y la elaboración de tres gráficos en los que muestra la cantidad de focos de calor por semana y la comparación con el mes anterior, el porcentaje de focos de calor por departamento y el porcentaje de focos de calor por tipo de cobertura.

Para el reporte diario se elabora dos mapas temáticos el primero muestra la distribución de focos de calor en el que se incluye las cobertura de reservas forestales y áreas protegidas y el mapa temático de la distribución de los focos de calor sobre puesta con la cobertura y uso actual de la tierra. En el reporte semanal se realiza el mapa de concentración de focos de calor con los datos semanales y asimismo se realiza el mapa de concentración de focos de calor con los datos mensuales para el reporte mensual (ver Mapa 1).

Por último todos los reportes son sometidos a un control de calidad para poder pasar a la fase de publicación.

Mapa 1. Mapas temáticos elaborados para los reportes diarios, semanales y mensuales.



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

Nota: Parte superior de izquierda a derecha Mapa de Distribución de focos de calor sobrepuerto con las reservas forestales y áreas protegidas, mapa de distribución de focos de calor sobrepuerto con la cobertura y uso actual de la tierra. Parte inferior de izquierda a derecha mapa de concentración de focos de calor semanal y mapa de concentración de focos de calor mensual.

D. Publicación

Despues que los reportes fueron aprobados por el control de calidad se realiza la publicación de los mismos, los reportes diarios se divide en dos pasos, el primero consiste reportar lo resultados a las autoridades por medio de mensajes de textos a los celulares institucionales²⁶ y es realizado a primera hora

de la mañana (08:00 am a 09:00 am) y el segundo es realizar el almacenamiento del reporte en la nube del Ministerio de Medio Ambiente y Agua para posteriormente se publicado en la pagina web²⁷de la institución; este proceso se realiza para los reportes diarios, semanales y mensuales (Ver Ilustración 10).

Ilustración 10 . *Publicación en la página web de los reportes diarios, semanales y mensuales.*

The screenshot shows the official website of the Ministry of Environment and Water (MMAyA) of the Bolivian Government. The header includes the Bolivian coat of arms, the name of the state, and the ministry's logo. The main menu has links for INICIO, INSTITUCIONES, VICEMINISTERIO, CENTRO DE PRENSA, TRANSPARENCIA, MARCO LEGAL, CONTACTO, REPOSITORIOS DE DATOS, and Transmision. The page displays 'Boletines Oficiales de Monitoreo de Focos de Calor e Incendios Forestales y Pronóstico del Tiempo'. It shows sections for 'Reportes Mensuales - Gestión 2014' and 'Reportes Semanales - Gestión 2014'. The 'Reportes Mensuales' section lists reports for August and July. The 'Reportes Semanales' section lists reports for September, August, and July. The 'Reportes Diarios - Gestión 2014' section lists reports for July, August, and September. A sidebar on the right contains links for 'Enlaces de Interés' (such as MMAyA website, SISMAS, SIGMAS, SINA, SIEP, SISAS, GEO BOLIVIA, ARREAS QUEMADAS BOLIVIA, SISTEMA DE INFORMACIÓN MMAyA, PROYECTOS Y OPERACIONES, Boletines y Sacadas, Encuentros, Libros, Enlaces Gubernamentales, G77+China, ¿Qué es G77+ China?, Fotos de evento G77+China, Talleres G77+China, Boletines G77+china, Recursos Humanos) and 'Eventos MMAyA' with a calendar for September 2014.

Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

4.2. Proceso metodológico para el cálculo de superficie de áreas quemadas

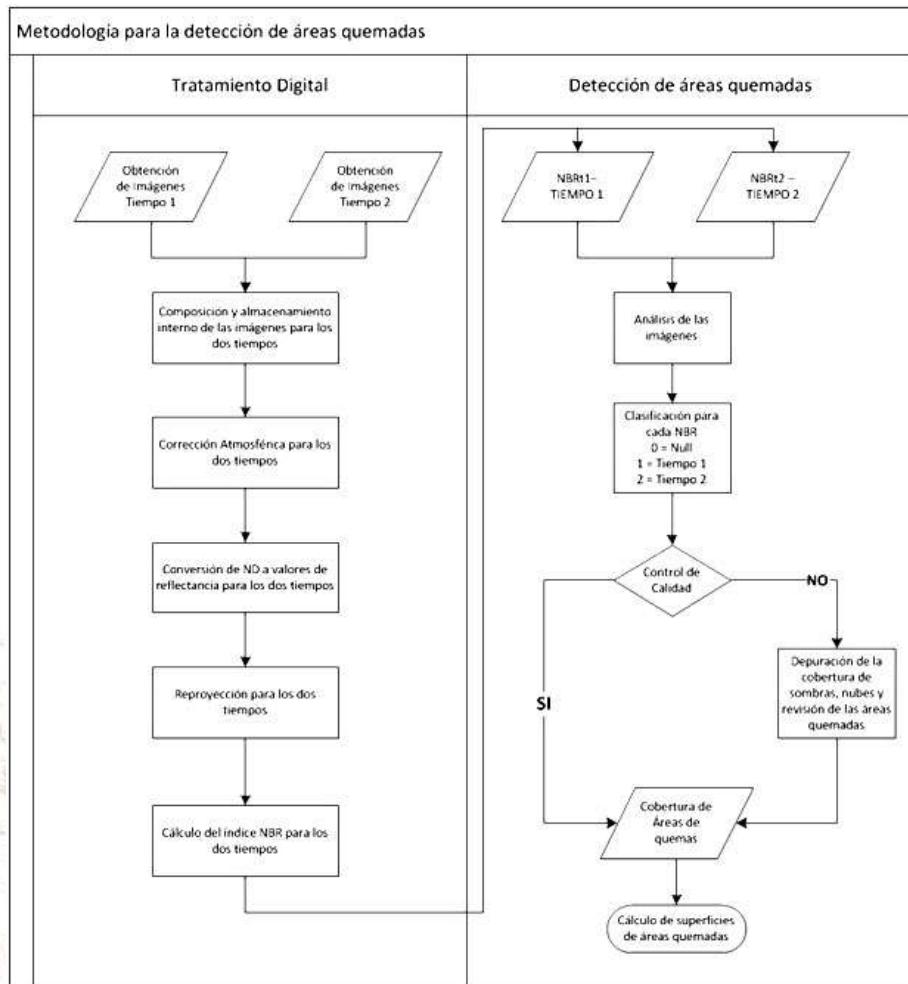
Para la detección de las áreas que han sufrido quemas o incendios, se ha determinado un

proceso metodológico de dos fases: Tratamiento digital de las imágenes satelitales y la detección de las áreas quemadas, como se describe en la Ilustración 11.

26) Ministro de Medio Ambiente y Agua, Viceministro de Medio Ambiente, Biodiversidad, Cambios Climáticos y de Gestión y de Desarrollo Forestal Director de la Dirección General de Gestión y Desarrollo Forestal.

27) <http://www.mmayab.gov.bo/>

Ilustración 11. Proceso metodológico para la superficie de áreas quemadas.



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

A. Tratamiento digital de las imágenes satelitales

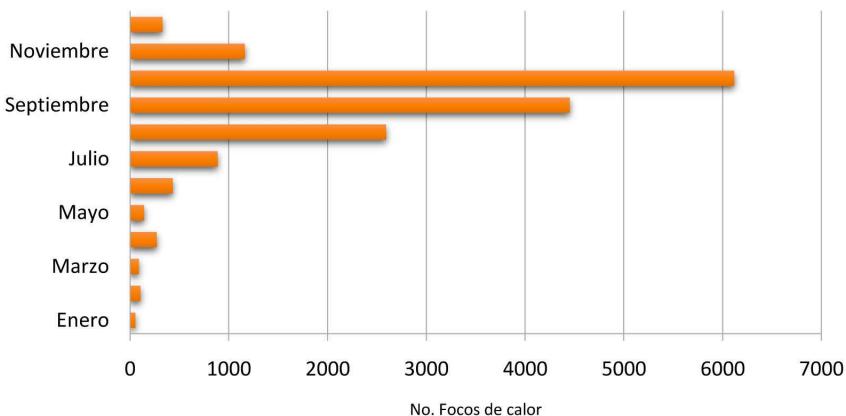
En esta etapa se partió de los resultados obtenidos por los reportes de focos de calor los cuales señalan que la incidencia comienza ha incrementarse por el mes de junio teniendo un comportamiento creciente hasta el mes de noviembre como se observa en la Ilustración 12. Para poder realizar la detección de áreas quemadas se necesita analizar los rasgos presentes en un determinado territorio que se han modificado entre dos fechas; en este sentido se ha realizado la obtención de

imágenes satelitales de Landsat L8 del sensor OLI²⁸ TIRS²⁹ que consta de ocho bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7, una banda pancromática con una resolución espacial de 15 Km la banda 8, dos bandas térmicas con una resolución espacial 9 y 10 (ver Tabla 4), en total son once bandas que maneja la imagen por lo que tiene mejores características espectrales y una resolución espacial que permite discriminar áreas mayores a una media hectárea.

28) Operational Land Imager – OLI

29) Thermal Infrared Sensor - TIRS

Ilustración 12. Distribución de los focos de calorlos por mes.



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia con datos del INPE

Tabla 4. Distribución de las bandas en OLI Y TIRS

| Landsat 8 OLI y TIRS | Bandas | Resolución Espectral | Resolución Espacial (metros) |
|--|---------------|----------------------|------------------------------|
| Banda 1 - Aerosol costero | 0.43 - 0.45 | 30 | |
| Banda 2 - Azul | 0.45 - 0.51 | 30 | |
| Banda 3 - Verde | 0.53 - 0.59 | 30 | |
| Banda 4 - Rojo | 0.64 - 0.67 | 30 | |
| Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR) | 0.85 - 0.88 | 30 | |
| Banda 6 - SWIR 1 | 1.57 - 1.65 | 30 | |
| Banda 7 - SWIR 2 | 2.11 - 2.29 | 30 | |
| Banda 8 - Pancromático | 0.50 - 0.68 | 15 | |
| Banda 9 - Cirrus | 1.36 - 1.38 | 30 | |
| Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS 1) | 10.60 - 11.19 | 100 | |
| Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS 2) | 11.50 - 12.51 | 100 | |

Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia con datos de la NASA

Las imágenes Landsat L8 han sido obtenidas de forma gratuita desde la página WEB³⁰ de EarthExplorer , descargando 122 escenas la descarga del primer tiempo se realizó entre los meses de junio, julio y agosto, donde el porcentaje de nubes es menor al 10%; para el caso del segundo tiempo se descargo las imágenes entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y primera semana de diciembre, por ser una época humeda el porcentaje de nubes fue del 30%.

Una vez obtenidas las imágenes se realizó la composición de cada una con la herramienta

layer stack del software Erdas, cada imagen esta compuesta por las bandas 1 a 7, con el fin de realizar la combinación de bandas, cada imagen ha sido almacenada diferenciando por fechas.

Terminado el proceso se realizó la corrección atmósferica, es un paso importante para mejorar el análisis en esta metodología, ya que los valores de reflectancia de la superficie son más reales, se utilizó el módulo ATCOR que utiliza un algoritmo de corrección atmosférica para sensores ópticos que esta compuesto por una base de datos de

30) <http://earthexplorer.usgs.gov/>

diferentes condiciones atmosféricas, en la que la influencia de la atmósfera y la iluminación solar es reducida en gran medida y permite la comparación entre diferentes imágenes de diferentes tiempos.

Seguidamente se realiza la reproyección de las imágenes, puesto que se encuentran en el hemisferio Norte y con la herramienta Reprojet del software ERDAS se reproyectan al hemisferio Sur.

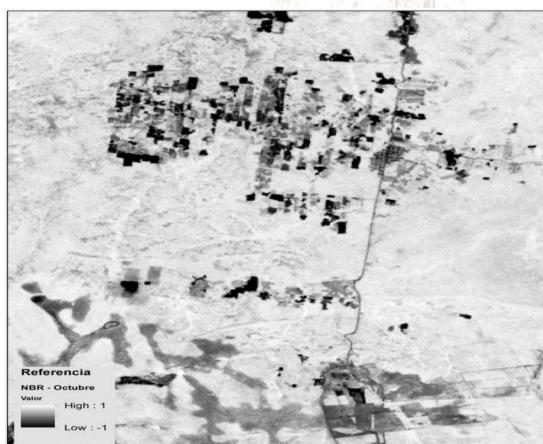
Finalizando la fase de tratamiento digital de las imágenes, se realiza el cálculo del *Normalized Burnt Ratio-NBR*³¹, es un cociente normalizado tipo NDVI³², pero con información

del infrarrojo cercano y del infrarrojo de onda corta, se caracteriza por dar una visión más directa para la detección en áreas quemadas, se desarrolla en la siguiente fórmula

$$NBR = \frac{IRC - SWIR}{IRC + SWIR}$$

Donde IRC es el infrarrojo cercano y SWIR es el infrarrojo de onda corta, en el caso de las imágenes Landsat L8 corresponde a las bandas 5 y 7, en la Ilustración 13 se observa que los valores oscilan entre -1 a 1.

Ilustración 13. Valores del NBR



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

Nota: En la parte superior se observa NBR de la escena 230071 y en la parte inferior la imagen con combinación de bandas en RGB 7,5 y 2 respectivamente, ambas correspondientes al mes de octubre

31) Se ha realizado un análisis de diferentes artículos científicos sobre zonas de quemadas y en sus conclusiones señalan que obtuvieron mejores resultados con el NBR.

32) Índice de Vegetación de Diferencias Normalizadas.

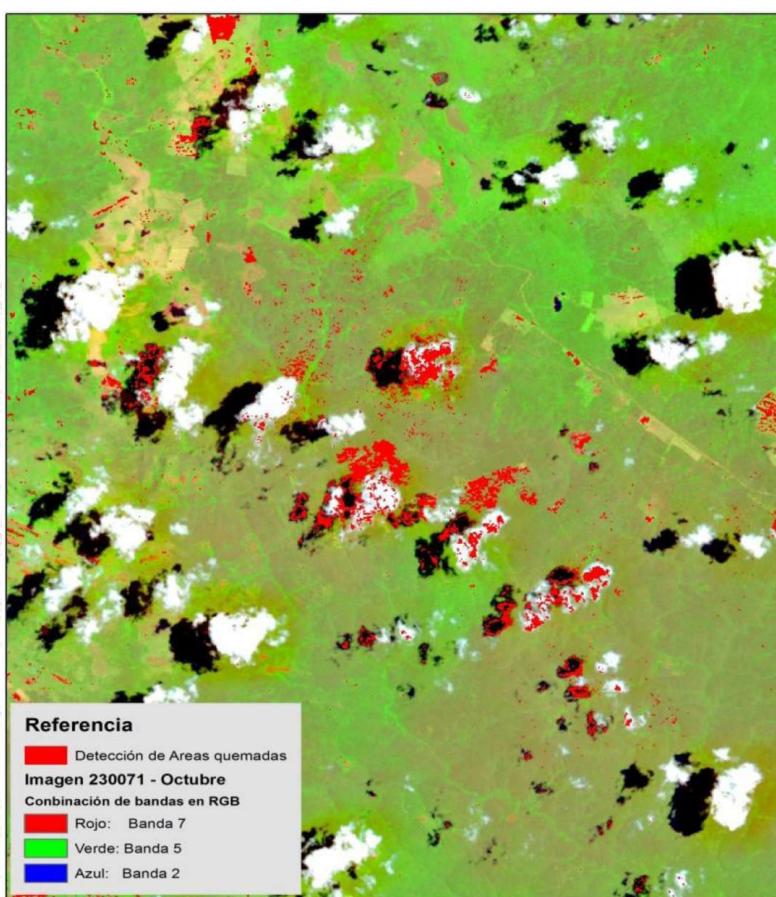
B. Detección de áreas quemadas

En esta fase se cuenta con el NBR de las 122 imágenes y se realiza el análisis visual de cada una; para este proceso se realiza la clasificación del NBR determinando umbrales, realizando pruebas empíricas para cada escena, puesto que muestra diferentes valores para la detección de las áreas quemadas por la diversidad de la cobertura que tiene nuestro país; en la Ilustración 13 se puede observar que los valores cercanos a -1 que se muestra en color negro son áreas

quemadas y las tonalidades grises son áreas estables.

Se realiza el control de calidad, en el que se revisa si la clasificación refleja la realidad del terreno y si se evidencia la clasificación de cuerpos de agua, sombras y nubes, los mismo deben ser depurados, ya que en la práctica se observó que estas tres coberturas son también clasificadas como áreas quemadas, como se muestra en la Ilustración 14, de una porción de la escena 230/071.

Ilustración 14. Depuración de la cobertura de sombras y nubes.



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

Por último se realizó la unión de las áreas detectadas de las 122 imágenes y se realizó el cálculo de superficie, para este proceso se utilizó la proyección Cónica Equivalente de

Albers, que por sus características conserva las superficies del área representada a pesar de presentar deformaciones en las distancias como en los ángulos.³³

³³ Proyecto de Monitoreo de la Deforestación en la Región Amazónica, Mapa de Bosque 2013, Clasificación por tipo de Bosque, 2014

5

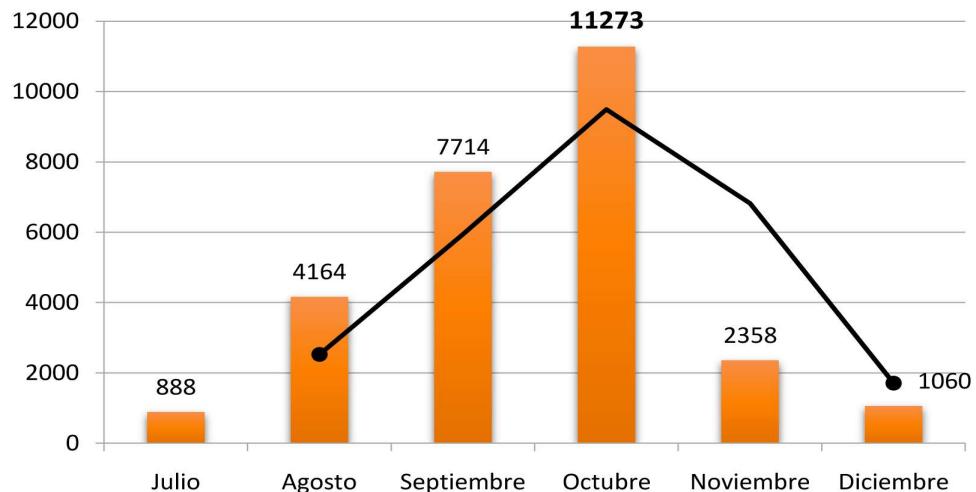
Resultados

S e han elaborado 184 reportes diarios, 26 reportes semanales y seis reportes mensuales para la gestión 2014, los mismos han sido publicados en la página WEB del Ministerio de Medio Ambiente y Agua y reportados a las autoridades pertinentes.

Los resultados obtenidos del total de focos de calor de los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre es de 27.465 de los satélites Aqua y Terra

(mañana y tarde), del total de focos de calor reportados el 20% corresponden al mes de octubre siendo el mes con mayor número, el mes de septiembre es el segundo mes con mayor focos de calor con el 14%, el tercer mes con mayor cantidad de focos de calor es Agosto con el 8%, el mes de noviembre se ubica en el quinto lugar con el 4% y los meses de julio y diciembre en el sexto lugar ambos con el 2%; en la Ilustración 15 se observa la tendencia de los focos de calor por cada mes.

Ilustración 15. Tendencia de los focos de calor a partir del mes de julio a diciembre.



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia con datos del INPE y la NASA

Realizando el análisis por departamento tenemos que el 49% del total de los focos de calor reportados se localizan en el departamento de Santa Cruz con 13.550 focos de calor entre los meses de julio a diciembre, el segundo departamento con mayor focos

de calor es Beni con el 34% que se le contabiliza en total 9.180 focos de calor en el mismo periodo, con menor porcentaje los departamentos de La Paz y Cochabamba con el 7% y 5% respectivamente y con porcentajes mínimos tenemos los

departamentos de Pando con el 3%, Chuquisaca con el 1% y Tarija con el 1%; en el caso de los departamentos de Oruro y Potosí en número de focos de calor no son significativos por lo que no representan ningún porcentaje; en la Tabla 5 se detalla la

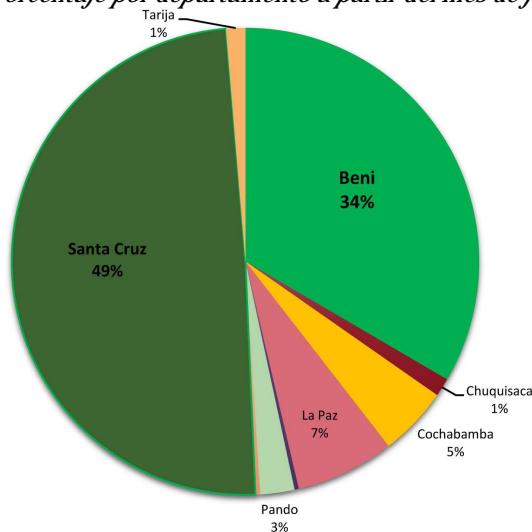
distribución de focos de calor por cada departamento y de los meses de julio a diciembre y en la Ilustración 16 se observa el porcentaje por departamentos.

Tabla 5. Distribución de los focos de calor por departamento y del mes de julio a diciembre.

| DEPARTAMENTO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL POR DEPARTAMENTO |
|--------------|------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|------------------------|
| Beni | 488 | 1954 | 2914 | 3227 | 461 | 136 | 9180 |
| Chuquisaca | 2 | 13 | 28 | 227 | 58 | 20 | 348 |
| Cochabamba | 33 | 125 | 335 | 764 | 44 | 18 | 1319 |
| La Paz | 94 | 347 | 403 | 836 | 166 | 29 | 1875 |
| Oruro | 22 | 15 | 5 | 18 | 14 | 7 | 81 |
| Pando | 13 | 71 | 326 | 195 | 38 | 7 | 650 |
| Potosí | 14 | 19 | 27 | 16 | 3 | 9 | 88 |
| Santa Cruz | 216 | 1573 | 3640 | 5849 | 1495 | 777 | 13550 |
| Tarija | 6 | 47 | 36 | 141 | 79 | 57 | 366 |
| TOTAL | 888 | 4164 | 7714 | 11273 | 2358 | 1060 | 27457 |

Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia con datos del INPE y la NASA

Ilustración 16. Porcentaje por departamento a partir del mes de julio a diciembre.



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia con datos del INPE y la NASA

A partir del mes de julio a diciembre se reportaron 718 focos de calor en 14 áreas protegidas que corresponde al 3% del total de focos de calor reportados, siendo el área protegida con mayor número de focos de calor se localiza en el Parque Nacional Isiboro

Secure con 223 focos de calor que representa el 31% del total de los focos reportados en las áreas protegidas, en la Tabla 6 se detalla las áreas protegidas y la distribución de los focos de calor de las mismas por cada mes.

Tabla 6. Distribución de los focos de calor por área protegida desde el mes de julio a diciembre.

| No. | AREA PROTEGIDA | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL POR ÁREA PROTEGIDA |
|----------------------|---|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|--------------------------------|
| 1 | Área Natural de Manejo Integrado Nacional Apolobamba | 5 | 1 | 2 | 9 | 4 | 0 | 21 |
| 2 | Parque Nacional Tunari | 4 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 9 |
| 3 | Parque Nacional Carrasco | 4 | 0 | 21 | 36 | 2 | 1 | 64 |
| 4 | Área Natural de Manejo Integrado Kaa-iya del Gran Chaco | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 |
| 5 | Área Natural de Manejo Integrado San Matías | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 6 | Parque Nacional y Territorio Indígena IsiboroSecuré | 0 | 6 | 74 | 127 | 13 | 3 | 223 |
| 7 | Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Amboró | 0 | 0 | 12 | 60 | 17 | 0 | 89 |
| 8 | Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Iñao | 0 | 0 | 0 | 22 | 14 | 1 | 37 |
| 9 | Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi | 0 | 0 | 27 | 27 | 5 | 0 | 59 |
| 10 | Área Natural de Manejo Integrado San Matías | 0 | 0 | 28 | 37 | 10 | 2 | 77 |
| 11 | Parque Nacional Noel Kempff Mercado | 0 | 0 | 65 | 3 | 4 | 0 | 72 |
| 12 | Reserva de la Biosfera Estación Biológica del Beni | 0 | 0 | 6 | 28 | 1 | 1 | 36 |
| 13 | Reserva Nacional de Vida Silvestre Amazónica Manuripi | 0 | 0 | 7 | 8 | 0 | 0 | 15 |
| 14 | Reserva de la Biosfera y Territorio Indígena Pilón Lajas | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 3 | 8 |
| Total por mes | | 13 | 16 | 247 | 359 | 72 | 11 | 718 |

Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia con datos del INPE y la NASA

Se reportaron 4.006 (cuatro mil seis) focos de calor en trece reservas forestal representando el 15% del total de focos reportados en el periodo de julio a diciembre; la reserva forestal con mayor incidencia es la

Reserva Forestal Guarayos con 1.199 focos de calor que representa el 30% del total de los focos de calor reportados en las reservas forestales, en la Tabla 7 se detalla la reserva forestal por cada mes.

Tabla 7. Distribución de los focos de calor por reserva forestal desde el mes de julio a diciembre.

| No | RESERVA FORESTAL | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL POR RESERVA FORESTAL |
|----------------------|--|-----------|------------|------------|-------------|------------|-----------|----------------------------|
| 1 | Reserva Forestal de Inmovilización Iturralde | 43 | 222 | 287 | 400 | 52 | 11 | 1015 |
| 2 | Reserva Forestal Guarayos | 14 | 131 | 347 | 603 | 84 | 20 | 1199 |
| 3 | Reserva Forestal de Producción Bajo Paragua | 7 | 13 | 7 | 75 | 16 | 2 | 120 |
| 4 | Área De Protección De Cuencas Hidrográficas Eva EvaMosetenes | 1 | 0 | 2 | 6 | 1 | 2 | 12 |
| 5 | Reserva Forestal Chore | 10 | 15 | 88 | 667 | 11 | 8 | 799 |
| 6 | Reserva Forestal de Inmovilización Itenez | 5 | 48 | 165 | 124 | 51 | 4 | 397 |
| 7 | Reserva Forestal de Inmovilización Cuenca del Rio Boopi | 1 | 2 | 11 | 17 | 2 | 0 | 33 |
| 8 | Reserva Forestal Quineras del Aten | 0 | 3 | 0 | 8 | 4 | 0 | 15 |
| 9 | Reserva Forestal de Inmovilización Chapare | 0 | 50 | 50 | 190 | 1 | 1 | 292 |
| 10 | Reserva Forestal de Inmovilización Rio Grande Masicuri | 0 | 1 | 4 | 27 | 24 | 7 | 63 |
| 11 | Reserva Forestal De Inmovilización Covendo | 0 | 0 | 11 | 10 | 8 | 1 | 30 |
| 12 | Zona Forestal De Reserva Fiscal Serranías De Bella Vista | 0 | 0 | 1 | 24 | 5 | 0 | 30 |
| 13 | Área Critica Protegida Cuenca Hidrográfica Rio El Nueve | 0 | 0 | 0 | 1 0 | 0 | 0 | 1 |
| Total por mes | | 81 | 485 | 973 | 2152 | 259 | 56 | 4006 |

Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia con datos del INPE y la NASA

Se determino cuatro tipos de cobertura bosque, herbazal, zonas productivas y herbazales, de los cuales el 51% corresponde a la cobertura de bosque, el 30% a herbazales, con el 13% en las zonas productivas y el 6%

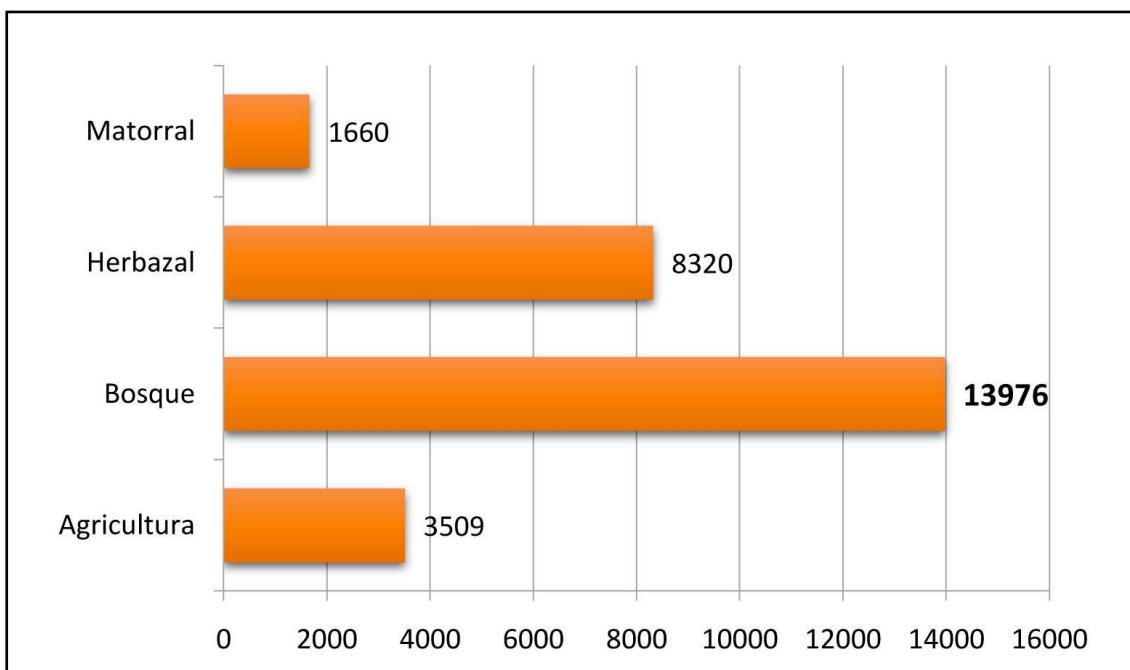
en matorrales; en la Tabla 8 y la Ilustración 17 se detalla la distribución de focos de calor por tipo de cobertura y por el periodo de julio a diciembre.

Tabla 8. Distribución de los focos de calor por tipo de cobertura desde el mes de julio a diciembre.

| No. | TIPO DE COBERTURA | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL POR COBERTURA |
|----------------------|-------------------|------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|---------------------|
| 1 | Zonas Productivas | 83 | 431 | 1029 | 1382 | 408 | 176 | 3509 |
| 2 | Bosque | 262 | 1639 | 3722 | 6324 | 1355 | 674 | 13976 |
| 3 | Herbazal | 495 | 1749 | 2410 | 3066 | 465 | 135 | 8320 |
| 4 | Matorral | 48 | 353 | 553 | 501 | 130 | 75 | 1660 |
| TOTAL POR MES | | 888 | 4172 | 7714 | 11273 | 2358 | 1060 | 27465 |

Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia con datos del INPE y la NASA

Ilustración 17. Distribución de focos de calor por tipo de cobertura a partir del mes de julio a diciembre.

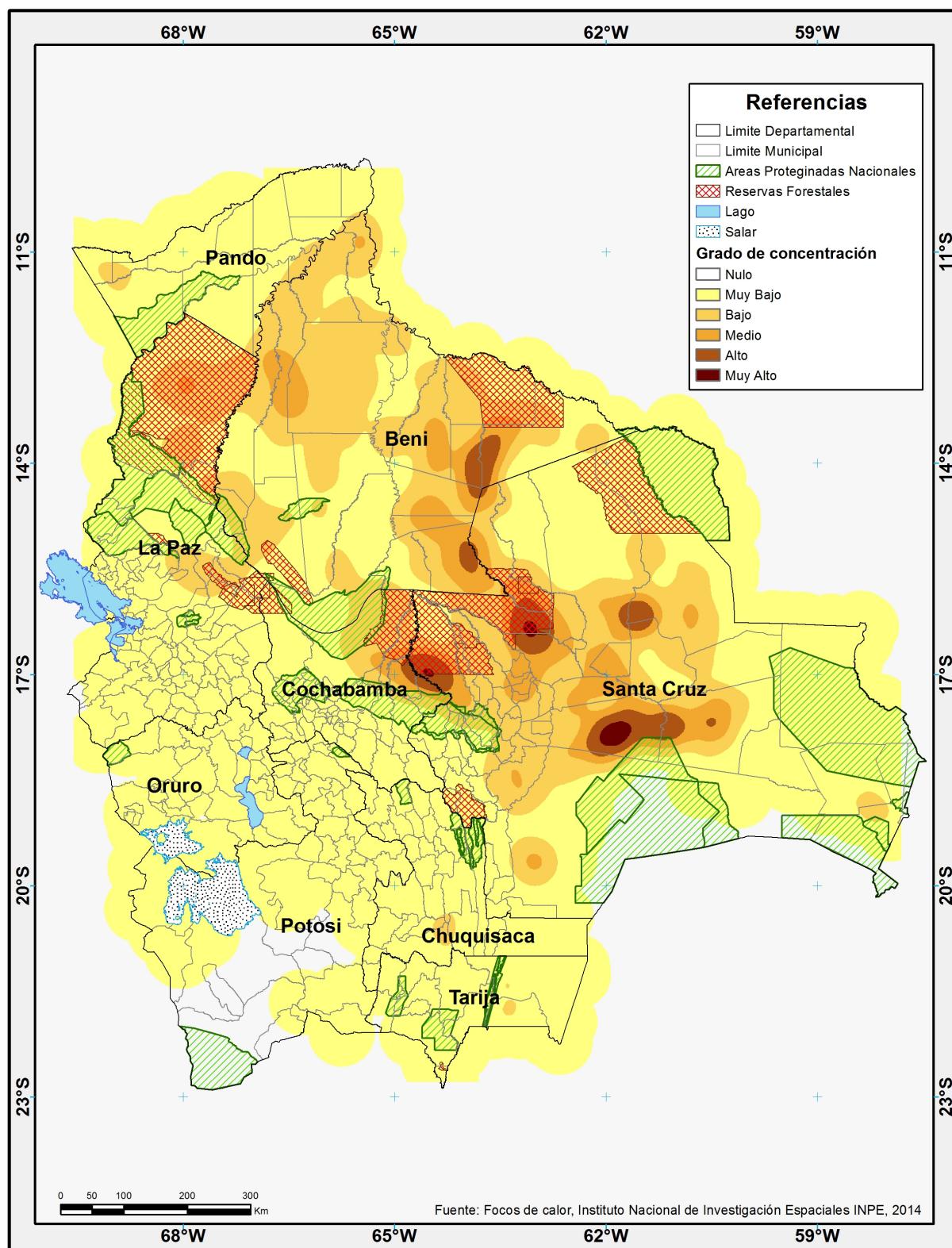


Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia con datos del INPE y la NASA

En el Mapa 2 se observa la concentración de focos de calor, en el que se observa que la concentración con grado muy alto se ubica en los municipios de Guarayos y Pailón en el departamento de Santa Cruz y en grado alto

en los municipios de Huacaraje, Baures y San Andrés del departamento de Beni y en los municipios de Yapacaní, San José de Chiquitos y San Ignacio de Velasco

Mapa 2. Concentración de focos de calor a partir de julio a diciembre.



A. Áreas quemadas

En la detección de las áreas quemadas se identificó que el 51% se localizan en el departamento de Santa Cruz y en segundo lugar con el 38% en el departamento de Beni y en tercer lugar el departamento de La Paz

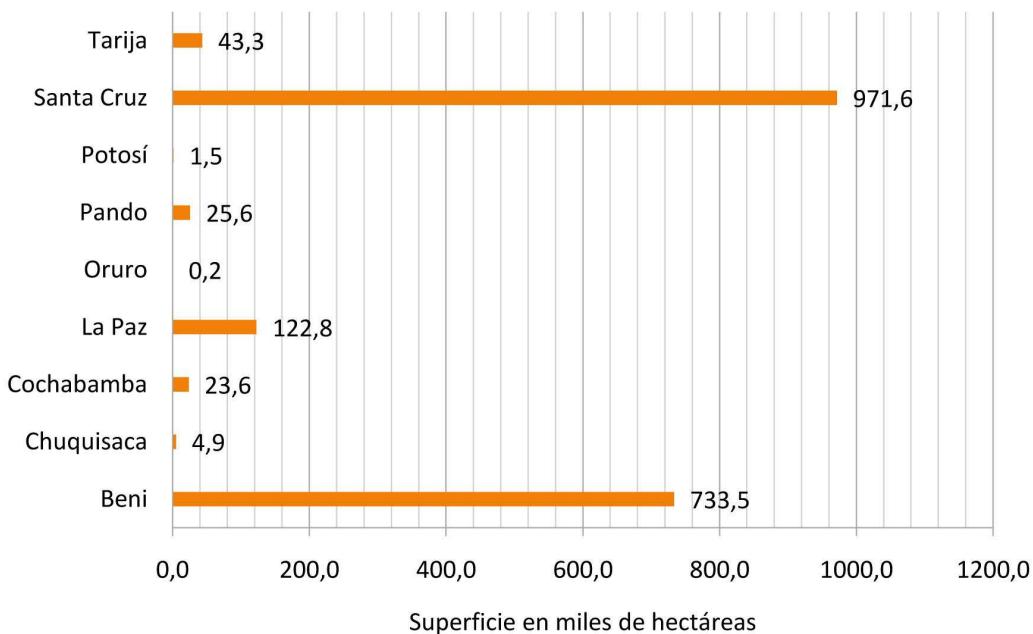
con un 7%, en la Tabla 9 se detalla la superficie en hectáreas por cada departamento, en la Ilustración 18 se observa la tendencia de las áreas quemadas por departamento y en el Mapa 4 se observa la localización de las mismas.

Tabla 9. Superficie de áreas quemadas por departamento

| No | Departamento | Superficie ha |
|--------------|--------------|------------------|
| 1 | Beni | 733.487 |
| 2 | Chuquisaca | 4.930 |
| 3 | Cochabamba | 23.630 |
| 4 | La Paz | 122.779 |
| 5 | Oruro | 226 |
| 6 | Pando | 25.626 |
| 7 | Potosí | 1.539 |
| 8 | Santa Cruz | 971.631 |
| 9 | Tarija | 43.276 |
| Total | | 1.927.124 |

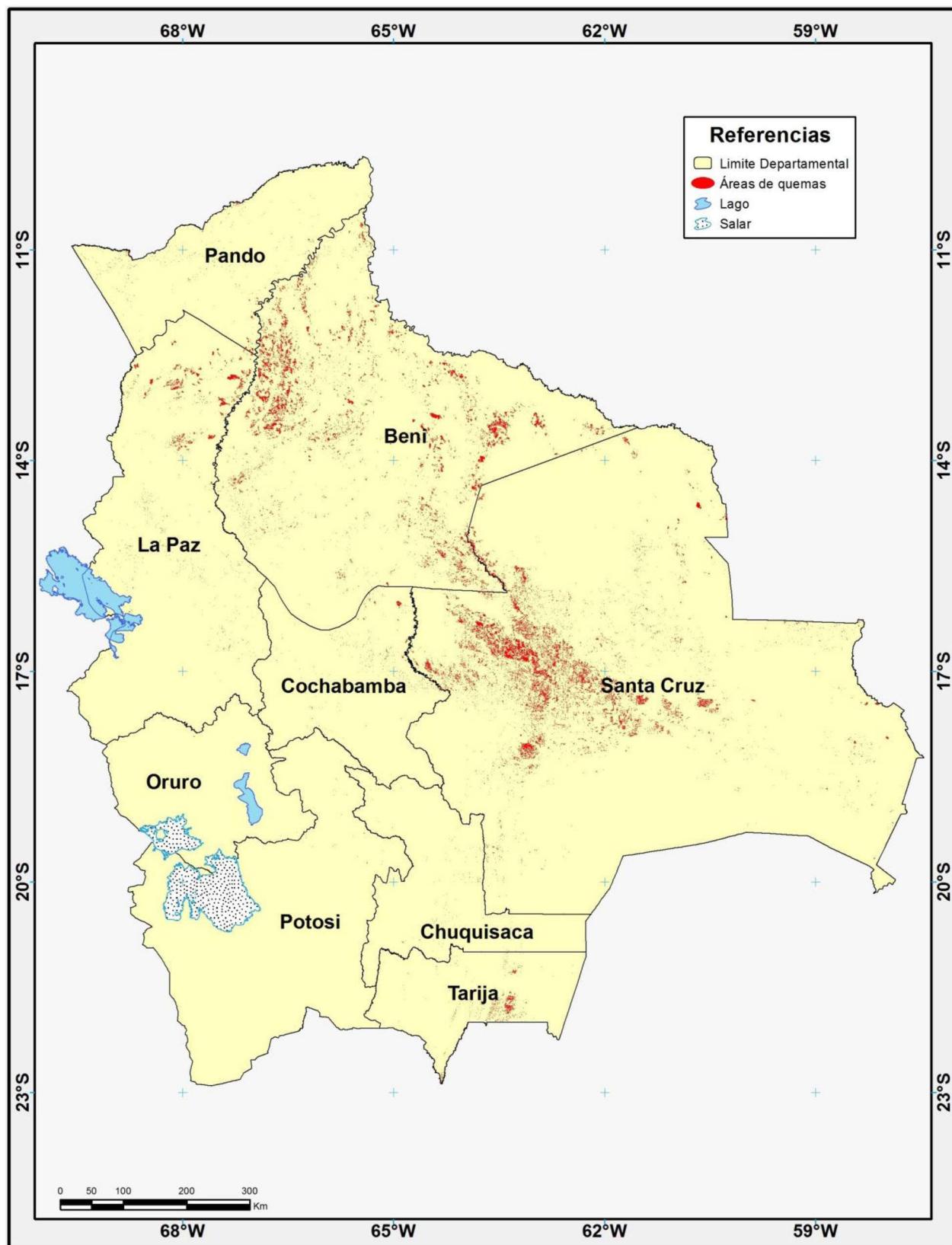
Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

Ilustración 18. Superficie de áreas quemadas por departamento



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

Mapa 3. Superficie de áreas quemadas por departamento



Se ha identificado que 122 mil de hectareas son identificadas como incendios forestales utilizando la cobertura del Mapa de Bosque 2013³⁴ al 6.33% del total de las áreas quemadas; en la Ilustración 19 se muestra que el Bosque Amazónico se localiza la mayor superficie de incendios forestales con el 42.5%

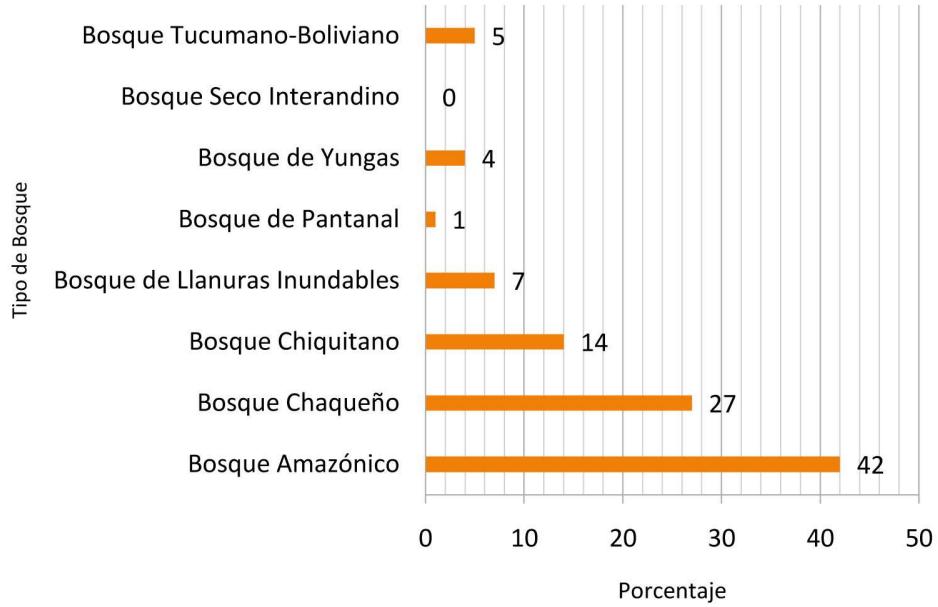
del total de superficie de los incendios forestales; el segundo tipo de bosque afectado es el bosque Chaqueño con un 27% y el tercer tipo de bosque afectado es el Bosque Chiquitano con el 14%.

Tabla 10. Superficie de incendios forestales por tipo de bosque

| No | TIPO DE BOSQUES | SUPERFICIE ha |
|--------------|-------------------------------|----------------|
| 1 | Bosque Amazónico | 51.790 |
| 2 | Bosque Chaqueño | 32.700 |
| 3 | Bosque Chiquitano | 17.731 |
| 4 | Bosque de Llanuras Inundables | 8.371 |
| 5 | Bosque de Pantanal | 832 |
| 6 | Bosque de Yungas | 4.743 |
| 7 | Bosque Seco Interandino | 84 |
| 8 | Bosque Tucumano-Boliviano | 5.652 |
| Total | | 121.903 |

Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

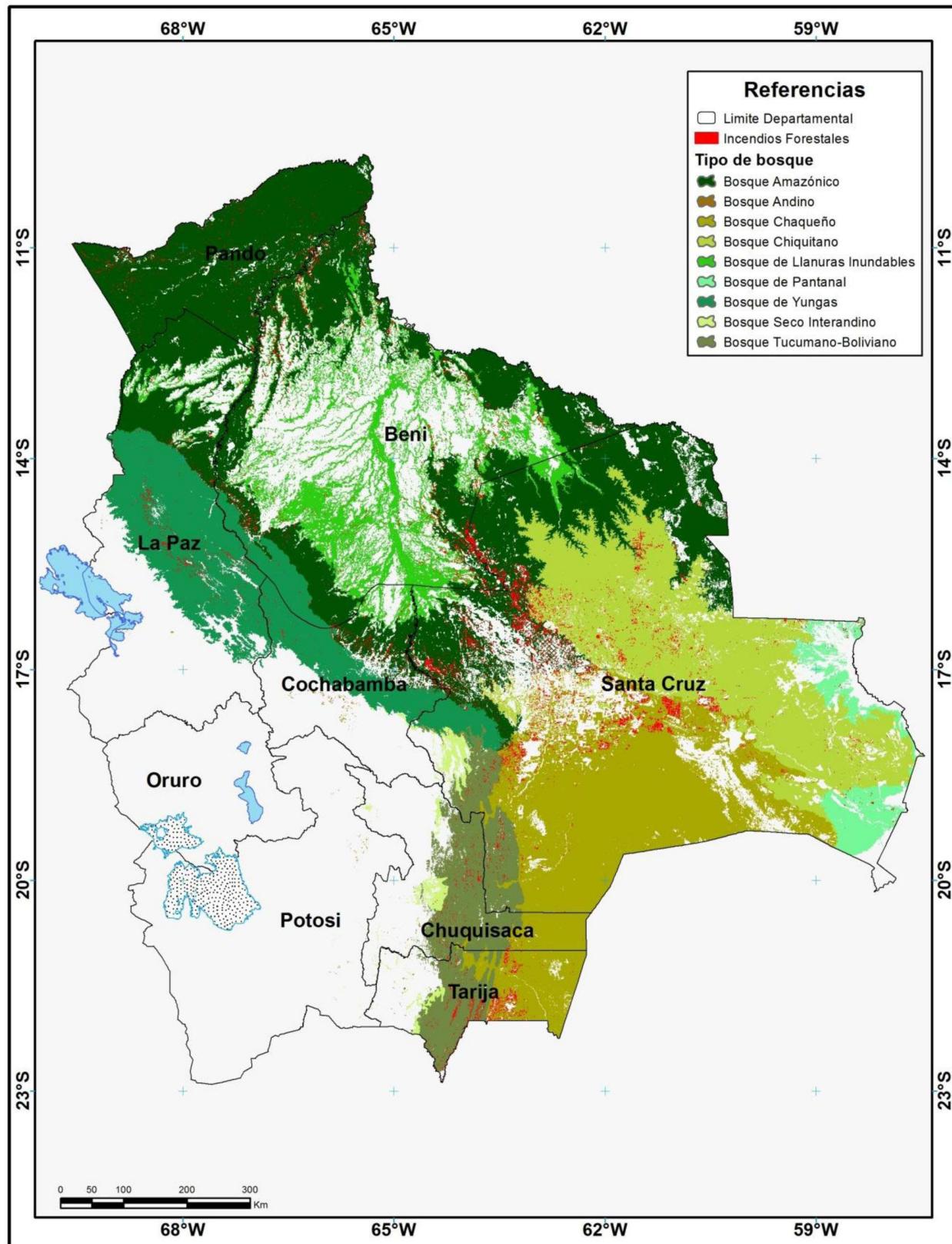
Ilustración 19. Superficie de incendios forestales por tipo de bosque



Fuente: Elaborado por la Sala de Observación Bolivia

³⁴⁾Mapa elaborado por la Sala de Observación – Bolivia, el mismo cuenta con el registro del RNRC IGM002 del Instituto Geográfico Militar y con la Resolución Ministerial No. 047 del 26 de febrero de 2015 otorgado por el Ministerio de Medio Ambiente y Agua.

Mapa 4. Superficie de incendios forestales por tipo de bosque



6

Conclusiones

D

e acuerdo a los resultados obtenidos tanto en los reportes de focos de calor y la detección de áreas quemadas, podemos concluir:

- Realizando una comparación entre la localización de los focos de calor y las áreas quemadas, se evidencia que el número de focos de calor no determina el número de quemas, pero nos da la localización del evento.
- La propuesta metodológica para la detección de las áreas quemadas utilizando imágenes satelitales Landsat L8, dio la posibilidad de localizar áreas de quema a partir de una media hectárea, que son superficie características de chaqueos en los bosques yungueños, asimismo su resolución espectral permite realizar combinaciones de banda, con lo que se puede realizar la depuración de la cobertura de quemas.
- Observando los valores de las extracciones de las distintas categorías sobre los espacios espectrales definidos para el índice NBR, se comprueba la existencia de sectores de solape con otras categorías de no quemado (como el agua, la vegetación escasa o el matorral). Este fenómeno de solape se da precisamente en el límite exterior de la nube porque es donde se localizan los píxeles menos intensamente quemados y, por tanto, más fácilmente confundibles.
- Cabe apuntar que el índice NBR es una herramienta útil en la detección de superficies quemadas, es decir, en la localización de los incendios a través de algunos píxeles que no ofrecen dudas sobre su carácter de quemado,

pero para realizar una identificación precisa de todo el perímetro del incendio ha sido necesario recurrir a otras técnicas auxiliares como la revisión en combinaciones de bandas, en la que se comprobó que la combinación 7-5-2 en RGB resalta las cicatrices de quema, característica que nos permite las imágenes Landsat L8.

Se ha reportado 27.465 focos de calor de los satélites Aqua y Terra (mañana y tarde), entre los meses de julio a diciembre, el 20% han sido reportados en el mes de octubre siendo el mes con mayor número de focos reportados; del total de focos los departamentos de Santa Cruz y Beni con 40 y 34 % siendo los departamentos más afectados, de acuerdo a los reportes la cobertura más afectada con focos de calor es el bosque siendo el 51% y en segundo lugar la cobertura de herbazales con el 30%, se ha detectado que el área protegida con mayor focos de calor es el Territorio Indígena y Parque Nacional Isiboro Secure y la reserva forestal más afectada es la Reserva Forestal de Guarayos y elaborando la concentración de focos de calor se detectó que los municipios de Guarayos y Pilón del departamento de Santa Cruz tienen una concentración con grado muy alto .

En las áreas quemadas se detectó una superficie de 1.927.123 ha, de las cuales el departamento de Santa Cruz tiene el 51% y el departamento de Beni cuenta con el 38%; el 6% del total de la superficie ha afectado a la cobertura boscosa equivalente aproximadamente 122.000 ha, siendo los principales tipos de bosque afectados el bosque amazónico que cuenta con el 42%, el bosque chaqueño con el 27% y el bosque chiquitano con el 14% de la cobertura boscosa afectada por incendios forestales.

