

ALERTA: Fuegos en Pando

IMPACTO DE LAS QUEMAS DE 2005 EN EL DEPARTAMENTO



ALERTA: Fuegos en Pando

IMPACTO DE LAS QUEMAS DE 2005 EN EL DEPARTAMENTO



Ricard Cots Torrelles
Eva Cardona Pons
DEPARTAMENTO DE SIG - HERENCIA

ALERTA: Fuegos en Pando
Impacto de las quemas de 2005 en el Departamento

© **HERENCIA, agosto 2006**

HERENCIA

Calle Otto Felipe Braun No. 92
Tel-fax (591) 3 8422549
Casilla 230, Cobija, Pando, Bolivia
e-mail: pando@herencia.org.bo
Sitio web: www.herencia.org.bo

Fotografía de la cubierta: Juan Fernando Reyes

LIDEMA

Av. Ecuador No. 2131 Tel (591) 2 2419393
La Paz, Bolivia
e-mail: lidema@lidema.org.bo
Sitio web: www.lidema.org.bo

Producción:

PUBLIXPRESS

Telefax 2223544 - 70515645
e-mail: primetarget@entelnet.bo

Impreso en Bolivia

ÍNDICE de Contenidos

1. Resumen	1
2. Introducción	2
2.1 Antecedentes	3
2.2 Características del departamento de Pando	3
2.2.1 Medio físico y natural	3
2.2.2 Población, economía y usos del territorio	3
2.3 Tipología del fuego	5
2.4 Causas de los incendios	5
2.5 Impactos del fuego	6
2.6 Objetivos del trabajo	6
3. Metodología	7
3.1 El satélite CBERS	7
3.2 Identificación de cicatrices de áreas quemadas con imágenes CBERS	8
3.2.1 Criterios de selección de las imágenes	8
3.3 Características espectrales de las cicatrices de quemadas en las bandas del satélite CBERS-2 (CCD)	8
3.3.1 Problemas del satélite CBERS	9
3.4 Proceso metodológico	9
3.4.1 Preparación de las imágenes	12
3.4.2 Clasificación	12
3.4.3 Análisis de los resultados	13
4. Resultados y discusión	15
4.1 Áreas afectadas por el fuego en 2005	15
4.1.1 Distribución por clases	15
4.1.2 Distribución por provincias y municipios	16
4.1.3 Distribución en función de la accesibilidad	17
4.1.4 Distribución según zonificación del PLUS PANDO	17
4.1.5 Distribución por unidades ambientales	17
4.2 Superficie convertida en Pando a final del 2005	18
5. Conclusiones y recomendaciones	22
6. Agradecimientos	24
7. Bibliografía	25
Anexos	26

ÍNDICE de tablas

Tabla 1. Unidades ambientales de Pando	4
Tabla 2. Zonificación del PLUS Pando	5
Tabla 3. Características de los sensores CCD, IRMS y WFI a bordo del satélite CBERS	7
Tabla 4. Imágenes CBERS utilizadas	8
Tabla 5. Error cuadrático medio en la georeferenciación de las imágenes CBERS	12
Tabla 6. Superficies afectadas por quemas en el departamento de Pando durante el año 2005	15
Tabla 7. Superficie afectada por fuego en las provincias del departamento de Pando	16
Tabla 8. Superficies afectadas según zonificación del PLUS Pando	18
Tabla 9. Superficies afectadas según clase de unidad ambiental	19
Tabla 10. Superficies degradadas en Pando no afectadas por el fuego en 2005	19

ÍNDICE de figuras

Figura 1. Etapas del trabajo	10
Figura 2. En la imagen Modis se puede apreciar las columnas de humo sobre el río Manuripi el día 3 de septiembre de 2005. Las imágenes CBERS nos permiten el análisis más detallado de cada zona quemada y la cuantificación de la superficie quemada. En la imagen se aprecia la tonalidad de la cicatriz que deja una quema	11
Figura 3. Dos imágenes del mismo lugar en la carretera de Cobija a Puerto Rico. El desbosque ha sido evidente en tan solo unos meses. En la imagen de la derecha se aprecian dos zonas. Es el límite entre dos pasadas del satélite CBERS. Para la zona de la derecha no se pudo obtener imagen de más calidad (ver apartado 3.2.1)	11
Figura 4. Esquema del proceso metodológico utilizado en el trabajo	14
Figura 5. Distribución de las quemas por municipios en el departamento de Pando (valores absolutos)	17
Figura 6. Superficies afectadas por el fuego en función de la accesibilidad	18

1. Resumen

Cada año, durante la estación seca, el humo proveniente de los chaqueos inunda el ambiente de Pando, departamento de la Amazonía Boliviana, causando problemas de salud a la población y entorpeciendo muchas de sus actividades, hasta el punto de imposibilitar los vuelos regulares en la zona. El fuego constituye una amenaza creciente para los bosques amazónicos, y en Pando se apunta como uno de los principales problemas ambientales de la región.

En este trabajo se cuantifica la superficie afectada por el fuego en el año 2005 en el departamento a través del análisis de imágenes del satélite CBERS, y se obtiene que 241500 ha han sido afectadas por el fuego durante la época de chaqueos del 2005. De éstas, 33500 ha quemadas se ubican en áreas naturales protegidas, y 123500 son áreas de bosque, comúnmente llamado "monte alto", que se han degradado o deforestado por la acción del fuego en esta temporada. Los incendios aparecen vinculados a los ejes de comunicación (carreteras y ríos) y a la frontera con Brasil, y se asocian a actividades económicas de gran escala como la apertura de áreas ganaderas, más que a la agricultura de subsistencia. La extracción selectiva de madera se apunta como uno de los principales factores de la propagación del fuego en áreas forestales.

Estos resultados superan con mucha diferencia las estimaciones oficiales, que apuntaban 40.000 ha quemadas en el departamento, de lo que se deduce que hay un claro desconocimiento de la magnitud real del problema por parte de las autoridades, y por tanto una consiguiente falta de medidas adecuadas de control y prevención. Este trabajo se propone como un modelo sencillo, eficaz y de bajo coste para el monitoreo de las quemas en años sucesivos, una tarea indispensable para poder desarrollar una gestión adecuada del territorio.

2. Introducción

El fuego constituye una amenaza creciente para los bosques tropicales. En la Amazonía los incendios forestales han ido aumentando en magnitud y frecuencia en las últimas décadas, hecho asociado a los cambios en la demografía y en los usos de la tierra, alcanzando actualmente niveles preocupantes, especialmente en el llamado arco de deforestación. Este fenómeno, además de afectar a la salud de millones de personas, está causando graves desequilibrios ecológicos con implicaciones cada vez más evidentes sobre el cambio climático global y la pérdida de biodiversidad.

Según estimaciones de la FAO, la deforestación en la región amazónica en los últimos 40 años implica la pérdida del 15% de la superficie forestal total ¹. Las tasas de deforestación anual oscilan entre 11000 y 29000 km² ².

La apertura de zonas ganaderas es responsable de la mayor parte de la deforestación en la Amazonía ³. Otras actividades económicas que causan una degradación importante de los bosques son la extracción de madera, la creación de áreas para cultivos y la construcción de infraestructuras. El fuego siempre aparece relacionado con las actividades de impacto sobre el medio tropical.

En general, en los países tropicales las estimaciones cuantitativas sobre las áreas quemadas son esporádicas, incompletas o incluso inexistentes ⁴. Ante las múltiples repercusiones de las quemadas, se hace necesario contar con una información fidedigna sobre la extensión de las áreas degradadas, los patrones de comportamiento del fuego y su interrelación con los usos de la tierra y los ecosistemas, y sobre esta base desarrollar mecanismos de gestión del territorio efectivos para controlar y prevenir los problemas derivados de la deforestación.

Este trabajo surge de la necesidad de abordar seriamente el problema de las quemadas en Pando, departamento de la Amazonía boliviana, ante la escasez de datos fiables sobre el alcance actual de las mismas sobre el territorio y una aparente falta de interés político en mostrar datos reales y aplicar mecanismos de control efectivos.

El presente trabajo se ha realizado en el contexto de la iniciativa MAP ¹, gracias a un convenio entre la ONG HERENCIA y la Universidad Federal del Acre (UFAC).

¹ MAP (Madre de Dios-Acre-Pando): Iniciativa trinacional para el desarrollo sostenible en la región fronteriza entre Brasil, Perú y Bolivia (www.map-amazonia.org).

2.1 Antecedentes

En el departamento de Pando la preservación de los bosques ha estado ligada a una economía basada en la extracción de productos forestales no maderables (goma y castaña) por más de un siglo, a la baja densidad demográfica, al aislamiento de la región y a los altos costos del transporte. Sin embargo, desde finales de los años 80, después de la caída del comercio de la goma, se genera un nuevo modelo económico y social basado en las exportaciones de castaña beneficiada y en un crecimiento de la explotación de madera y de la ganadería vacuna. Debido a este nuevo modelo de explotación, a la aceleración del crecimiento demográfico y al mejoramiento de las vías de comunicación en las últimas décadas, está aumentando considerablemente la presión sobre los recursos forestales. La ampliación del sector agropecuario y la extracción selectiva de especies madereras valiosas sin un control adecuado son factores determinantes en la creciente frecuencia y magnitud de los incendios forestales. Aparte de los daños generados por el fuego en los ecosistemas (cuya destrucción precede incluso al conocimiento científico de los mismos) y en la población, la erosión hídrica y el peligro de inundaciones y sequías estacionales son en Pando una amenaza creciente debido a la disminución de la superficie forestal.

Un estudio con imágenes satelitales Landsat estimó la superficie total deforestada en el departamento en 615 km² (61.500 ha) a mediados de los años 80, y estimó un incremento de la deforestación en la década subsiguiente de 743 km² (743.000 ha), sumando aproximadamente 1357 km² deforestados a mediados de los 90⁵, que correspondería al 2,1 % de la superficie total del departamento. Según otro estudio⁶ la superficie de Pando deforestada para el año 1992 correspondía al 2,7 % de la superficie del departamento, y se estimó una tasa de deforestación de 4789 ha-año para el periodo 1985-90. Otra fuente⁷ valora la zona afectada por incendios en Pando entre 1999 y 2002 en 32.142 ha.

En un informe de la Dirección de Medio Ambiente de la Prefectura de Pando¹¹, se estimó la superficie quemada en Pando el año 2005 en 40.000 ha, cuantificando 5.000 ha de bosque quemado en el interior de la Reserva de Vida Silvestre de Manuripi.

2.2 Características del departamento de Pando

2.2.1 Medio físico y natural

El departamento de Pando, situado en el norte amazónico de Bolivia, limita al norte y al este con Brasil (estados de Acre y Rondônia), al oeste con el estado peruano Madre de Dios y al sur con los departamentos bolivianos Beni y La Paz. El departamento está dividido en 5 provincias y 15 municipios. La capital es Cobija, ciudad situada en la frontera norte con Brasil, en la provincia Nicolás Suárez.



Foto 1. Fuego en el interior de la Reserva de Vida Silvestre Manuripi. Septiembre de 2005. FOTO: Ricard Cots

La superficie total del departamento es de 63.827 km² (el 5,8% de la superficie nacional), y sus cotas de altitud oscilan entre 90 y 289 m. La precipitación media anual varía de 1774 a 1834 mm. Se diferencian dos estaciones pluviométricas, una seca (de mayo a septiembre) y una húmeda (de octubre a abril). La temperatura media anual varía entre 25,4 y 26,2°C⁶.

El departamento es parte de la cuenca del Amazonas y posee abundantes recursos hídricos, siendo las principales cuencas colectoras de aguas las de Madre de Dios, Beni, Orthon y Abuná. Todo el departamento está cubierto de bosques siempreverdes caracterizados por una variedad de formas de vida y por una composición florística compleja. Solamente en el sureste del departamento se encuentran pequeñas áreas de sabana con grupos aislados de árboles. La región está considerada como un área de alta diversidad faunística, aunque actualmente algunas especies están gravemente afectadas por la cacería de subsistencia y principalmente la cacería comercial⁶.

En la Tabla 1 se muestra la clasificación del territorio de Pando en grandes unidades ambientales. Gran parte del territorio (dos terceras partes) se corresponde con el primer grupo de vegetación (Ia) que agrupa las masas boscosas llamadas comúnmente monte alto, es decir el bosque primario propio de las zonas elevadas. El tercio restante del departamento está mayoritariamente ocupado por comunidades vegetales de ribera, de zonas inundables y vegetación acuática, y un 1,7% corresponde a vegetación ligada a la actividad humana.

2.2.2 Población, economía y usos del territorio

La población de Pando estimada por el Instituto Nacional de Estadística para el año 2005 es de 66.689 habitantes⁹. La tasa media anual de crecimiento demográfico es de 3,5 %, lo que se debe en parte al crecimiento acelerado de Cobija (7,3 % anual)¹. En 2001, la población urbana alcanzaba casi el 40 %¹⁰.

¹¹ Ref. Presupuesto de emergencia para el Departamento de Pando. Proyecto de control de quemas y cambio climático, Dirección de Recursos Naturales y Medio Ambiente (Prefectura de Pando). Noviembre 2005.

Tabla 1. Unidades ambientales de Pando.

Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Unidades Ambientales ⁸

GRUPO	Unidades de Ambientales	Superficie (ha)	%
Ia	VEGETACIÓN DE LAS PENILLANURAS ONDULADAS Y COLINAS DE PANDO	4.204.170	67,9
IIa	VEGETACIÓN DE VÁRZEA DE LAS TERRAZAS FLUVIALES ANTIGUAS Y PALEO-CAUCES	92.318	1,5
IIb	VEGETACIÓN DE VÁRZEA DE LAS TERRAZAS FLUVIALES Y LLANURAS DE INUNDACIÓN RECIENTES	245.133	4,0
IIc	VEGETACIÓN DE VÁRZEA RIPARIA	105.279	1,7
IIId	VEGETACIÓN ACUÁTICA DE VÁRZEA	43.404	0,7
IIIa	VEGETACIÓN DE IGAPÓ DE LAS TERRAZAS FLUVIALES ANTIGUAS Y PALEO-CAUCES	660.298	10,7
IIIb	VEGETACIÓN DE IGAPÓ DE LAS TERRAZAS FLUVIALES Y LLANURAS DE INUNDACIÓN RECIENTES	148.315	2,4
IIIc	VEGETACIÓN DE IGAPÓ RIPARIO	56.272	0,9
IIId	VEGETACIÓN DE ARROYOS DE LA TIERRA FIRME	467.566	7,6
IIIe	VEGETACIÓN DE LAS SABANAS ESTACIONALMENTE ANEGADAS DE PANDO	33.910	0,5
IIIIf	VEGETACIÓN ACUÁTICA DE IGAPÓ	27.581	0,4
IV	VEGETACIÓN ANTROPOGENICA	104.816	1,7

Las principales actividades económicas en el departamento de Pando son ^{III}:

Agropecuarias y silviculturales: destacan la recolección de castaña ("nuez de Brasil"), la extracción de goma, la agricultura de subsistencia, la ganadería, la extracción de palmito y la tala selectiva de madera. Este sector aportó en 2002 el 24,8 % del PIB del departamento, de acuerdo a las cuentas regionales del INE. En Pando los ingresos económicos de gran parte de la población dependen de los procesos de recolección, transporte y procesamiento de la castaña ¹¹.

Minería e hidrocarburos: el sector de la minería contribuyó con un 8,3 % del PIB de Pando en 2002, mayoritariamente por la extracción de oro aluvial.

Industrias manufactureras: contribuyó con el 12,3 % del PIB de Pando (2002). Las principales industrias son la de textiles, prendas de vestir y productos del cuero, alimentos, madera y productos de madera.

Otras actividades: el 50 % restante del PIB regional (2002) fue generado por otros sectores, principalmente transporte y comunicaciones, economía informal, comercio entre fronteras (legal y contrabando).

El departamento de Pando, desde octubre de 1996, dispone de un Plan de Uso del Suelo ¹². El documento clasifica el territorio pandino en cinco categorías de uso:

1. Tierras de uso agropecuario extensivo.

Son áreas que se corresponden con las sabanas naturales del sureste del departamento, por tanto desprovistas de bosque y con aptitudes para la agricultura y ganadería por sus condiciones ambientales. Puede observarse en la Tabla 2 que representan un porcentaje muy reducido del total de superficie.

2. Tierras de uso agrosilvopastoril.

Son áreas ubicadas en medios naturales boscosos con aptitud para usos agroforestales, donde se puede dar una actividad limitada de agricultura y ganadería combinada con extracción de productos forestales no maderables (goma y castaña).

3. Tierras de uso forestal.

Son áreas que reúnen condiciones aptas para el uso forestal bajo manejo sostenible, para extracción de productos forestales no maderables (goma y castaña) y madera.

4. Tierras de uso restringido.

Son áreas que por sus características ambientales no reúnen las condiciones favorables para las actividades agropecuarias y forestales, y donde la vegetación cumple un rol fundamental en la regulación ambiental.

5. Áreas naturales protegidas.

Zonas declaradas legalmente bajo protección por su valor biológico e importancia para la conservación de la biodiversidad, el paisaje y los valores culturales. La delimitación de las actuaciones queda definida según las normas y categorías establecidas por el Sistema Nacional de Áreas Protegidas.

En la Tabla 2 se observa la distribución de superficies según estas categorías con sus respectivas subcategorías del PLUS. Destaca la vocación forestal del territorio, siendo muy limitadas las tierras aptas para uso agropecuario extensivo. En cuanto a los usos forestales, son prioritarias las actividades de extracción de productos no maderables, quedando limitado el territorio apto para la explotación maderera sostenible a un 20 % del territorio.

^{III} Fuente: Estudio realizado para Cobija en el Convenio de Préstamo BID-993-SF-BO, dic. 2002.

Tabla 2. Zonificación del PLUS Pando

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del PLUS Pando (1996)

CATEGORIA DE USO	SUBCATEGORIA DE USO	SUPERFICIE (ha)	%	SUPERFICIE TOTAL (ha)	%
AREAS NATURALES PROTEGIDAS	Reserva de Inmovilización (Bruno Racua)	74319,4	1,18		
	Reserva de Inmovilización (Madre de Dios)	59077,0	0,94		
	Reserva Nacional Amazónica Manuripi	756728,8	11,98	890.125,3	14,09
TIERRAS DE USO AGROPECUARIO EXTENSIVO	Uso ganadero extensivo	15456,4	0,24	15.456,4	0,2
TIERRAS DE USO AGROSILVOPASTORIL	Con extracción de goma	606197,7	9,60		
	Con recolección de castaña y extracción de goma	323361,0	5,12	929.558,7	14,72
TIERRAS DE USO RESTRINGIDO, con protección	De la vegetación, con recolección de castaña	205535,7	3,26		
	De llanuras aluviales	196534,7	3,11		
	De llanuras aluviales, con extracción de goma	715791,6	11,34		
	De suelo y la fauna, con recolección de castaña y extracción de goma	114820,0	1,82	1.232.682,0	19,52
TIERRAS DE USO FORESTAL	Extracción de goma	296971,4	4,70		
	Recolección de castaña	869904,1	13,78		
	Recolección de castaña y extracción de goma	822683,7	13,03		
	Recolección de castaña y extracción de goma y madera	963806,6	15,26		
	Recolección de castaña y extracción de madera	293216,7	4,64	3.246.582,5	51,41

2.3 Tipología del fuego

En condiciones naturales, el fuego en el bosque tropical húmedo se puede considerar excepcional, se produce con intervalos de frecuencia de cientos e incluso miles de años⁴. La capacidad del bosque húmedo cerrado de mantener la humedad hace prácticamente imposible una combustión sostenida. Sin embargo, las perturbaciones tanto de origen natural como antropogénico disminuyen esa capacidad de retener la humedad haciéndolo vulnerable al fuego.

El fuego inicial en un bosque tropical relativamente intacto no parece severo, se extiende lentamente en pequeñas llamas de poca altura (fuego de superficie). Sin embargo, puede matar del 23 al 44 % de los árboles de diámetro mayor a 10 cm a la altura del pecho (BHD)⁴, pues las cortezas de la mayoría de árboles de bosques húmedos no están adaptadas para protegerlos del fuego. Este primer fuego crea las condiciones de sequedad suficientes para aumentar sumamente la vulnerabilidad del bosque afectado, a parte de generar gran cantidad de combustible en forma de materia orgánica muerta. Esto hace que las consecuencias de un segundo fuego sean mucho más graves y evidentes.

El fuego que sigue a una perturbación como la extracción de madera, el desmonte o una quema anterior se traduce en un incendio de gran impacto (fuego aéreo o de copa), difícil de controlar, fácilmente detectable a través de imágenes satelitales, con resultado de eliminación casi total de la cobertura vegetal.

2.4 Causas de los incendios

Entre los principales factores que influyen sobre la ocurrencia y magnitud de los incendios se pueden destacar:

Apertura de áreas ganaderas

El desmonte para fines agropecuarios predomina entre todas las causas de la deforestación en la Amazonía. Se considera que los ranchos de mediana y gran extensión son responsables de casi el 70 % de la actividad de desmonte en la Amazonía³.

En Pando la ganadería está aumentando en importancia en los últimos años, extendiéndose incluso en suelos poco aptos. En la provincia Nicolás Suárez (la más poblada del departamento) se demostró que, en los años 90, el 80 % de la deforestación fue debida a la habilitación de tierras para la ganadería¹³.

Normalmente las grandes extensiones ganadas a la selva se obtienen por la acción del fuego sobre de áreas previamente perturbadas, sea por previa quema, por extracción de especies madereras o por el derrumbe de parte de la vegetación, que al secarse es la principal fuente de combustible.

Las áreas previamente deforestadas y convertidas en pastizales son también quemadas periódicamente para reducir plagas y malas hierbas, para impedir el crecimiento de especies leñosas y promover la producción de gramíneas en corto plazo¹⁴.

Apertura de zonas agrícolas

En Pando se practica un tipo tradicional de agroforestería alrededor de las viviendas familiares, así como una agricultura itinerante de tala y quema en una o dos hectáreas por familia por año para subsistencia (arroz, maíz, yuca, plátano) y para comercio local. La agricultura es más intensa en los alrededores de Cobija, a lo largo del camino a Puerto Rico y cerca de Riberalta.

En la gestión 93-94 la superficie cultivada en Pando se estimó en 14.771 ha⁶. En el estudio que se realizó en la provincia Nicolás Suárez¹³ se determinó que el 18 % de la deforestación en esta área se debía a la agricultura migratoria. En términos de superficie, la contribución de este tipo de agricultura migratoria tradicional a la deforestación es relativamente pequeña⁵.

Construcción de infraestructuras

Son varios los impactos de las grandes infraestructuras sobre los recursos forestales: principalmente contribuyen a la colonización y degradación de áreas vírgenes, favorecen la creación de márgenes en los bosques y su fragmentación y generan una cadena de inversión y aprovechamiento intenso que provocan degradación del medio natural. Las áreas más degradadas en Pando

están distribuidas a lo largo de las carreteras y caminos y de las principales vías fluviales.

Extracción maderera

Aunque no se atribuya a esta actividad una relación inmediata con el fuego, la tala selectiva de árboles favorece la aparición y propagación de los incendios forestales^{3, 4, 15}. La combinación del acceso humano creado por los caminos madereros y el daño causado a la vegetación por las actividades de extracción, hacen que los bosques afectados sean sumamente vulnerables al fuego, y esta vulnerabilidad puede durar hasta décadas después del cese de las actividades de extracción⁴.

Las actividades de extracción de madera causan daños en casi el doble del volumen de los árboles que son extraídos, creándose espacios vacíos en el techo vegetal que permiten el paso del sol y el viento hacia los estratos inferiores provocando condiciones más secas en el microclima del bosque³. Por otra parte, la materia vegetal muerta acumulada tras el proceso de extracción resulta en una cantidad de combustible que aumenta el riesgo de cara a un futuro incendio.

En Pando la extracción de madera se realiza orientada a los beneficios a corto plazo, sin preocupación de los métodos utilizados y de su impacto sobre el bosque. Usualmente se utilizan equipos y maquinaria pesada, causando grandes daños y desperdiciando grandes cantidades de madera en el proceso de tala y selección⁶.

Factores climáticos y ambientales

La severidad de los incendios puede aumentar considerablemente en períodos de fuerte sequía, como ocurrió en el episodio del Niño de 1997-98, en que fueron devastadas grandes extensiones de bosques tropicales por incendios incontrolables. Este tipo de fenómenos están aumentando en frecuencia, probablemente en respuesta a la acumulación de gases invernadero en la atmósfera¹⁵.

En bosques degradados, el número de días secos requerido para alcanzar condiciones de inflamabilidad es mucho menor que en bosques intactos³.

2.5 Impactos del fuego

Pérdida de productividad

Los incendios forestales conducen a la pérdida parcial o total de la cobertura vegetal y de los organismos microbianos del suelo, dejándolo expuesto a una fuerte erosión, compactación y lavado de nutrientes, con la consiguiente pérdida de capacidad para sostener cualquier tipo de producción.

Alteraciones del régimen hidrológico

Los incendios provocan a la vez sequías e inundaciones. La pérdida de la cobertura vegetal se traduce en una disminución de la evapotranspiración (la principal fuente de humedad en los bosques tropicales en época seca), por lo que se reduce la humedad atmosférica local y se crean condiciones desfavorables frente a futuros fuegos. La deforestación puede contribuir a la sequía regional al reducirse los niveles de transpiración, hecho que repercute en una disminución de la pluviosidad que puede llegar a ser de un 25 % o más. Adicionalmente, los aerosoles del humo alteran los procesos hidrológicos

reduciendo la pluviosidad, contribuyendo la sequía regional⁴.

Por otro lado, con la destrucción de los bosques se pierde su capacidad de retención de agua, exacerbándose las inundaciones, la erosión y las sequías estacionales⁴.

La quema de los bosques, en definitiva, puede crear un efecto de retroalimentación positiva provocando fuegos más frecuentes e intensos que resulten en una completa deforestación⁴.

Pérdida de biodiversidad

El Oriente boliviano mantiene un alto grado de diversidad biológica y se ha identificado entre las 10 prioridades de conservación en el mundo. Uno de los principales peligros para esta diversidad es la quema de los bosques, que causa la pérdida de muchas especies animales y vegetales, con un valor que va más allá de su rendimiento comercial.

Emisiones de gases invernadero

Las emisiones de gases en los incendios forestales contribuyen notablemente al calentamiento global. Los principales contaminantes que se desprenden de los incendios son el dióxido de carbono, el monóxido de carbono, el metano y los óxidos de nitrógeno.

No existen muchas estimaciones de las emisiones totales de carbono por los fuegos tropicales, pero se calcula que durante los incendios de 1997-1998 (El Niño) se produjeron emisiones igual a un 41 % de las emisiones globales por combustibles fósiles⁴. La tasa de deforestación registrada para el 2003 implica aproximadamente 429 millones de toneladas de emisiones de carbono equivalente a CO₂, mientras que en el periodo 1988-94 se emitieron unas 275 millones de toneladas incluyendo todos los componentes³. Las implicaciones de la deforestación de la Amazonía sobre el cambio climático global son considerables si además se tiene en cuenta el enorme potencial para futuras emisiones³. Los árboles de la región amazónica contienen 119 +/- 28 Pg de carbono, lo que equivale a 1,5 décadas de emisiones antropogénicas de carbono a la atmósfera al ritmo actual¹⁶.

Daños a la salud de la población

Aparte de provocar muertes, accidentes y desplazamientos de población, y de causar la pérdida de ganado y de producción agrícola, los incendios tienen efectos dañinos sobre la salud de la población, dependiendo de la concentración, constitución y tiempo de exposición al humo. La contaminación con los gases tóxicos (Contaminantes Orgánicos Persistentes: dioxinas y furanos) contenidos en la ceniza y el humo impide el uso del agua para consumo humano y enrarece el aire, provocando problemas respiratorios agudos (asma, neumonía, bronquitis, laringitis), cardiovasculares, oculares (conjuntivitis, etc) e irritaciones de la piel. Estas afecciones se incrementan considerablemente en la época de quemas⁷.

2.6 Objetivos del trabajo

El objetivo principal del presente trabajo es cuantificar la superficie afectada por el fuego en el Departamento de Pando durante el año 2005.

3. Metodología

Constantemente los satélites de percepción remota de la tierra están generando nuevos datos sobre el estado de los bosques del departamento de Pando. Estos datos constituyen una fuente de información válida muy interesante para monitorear los cambios de uso del suelo, del paisaje y del estado del medio ambiente.

El presente trabajo se basa en la interpretación de datos colectados por el satélite CBERS-CCD. Estos datos son de libre acceso para los usuarios de Brasil. Las imágenes utilizadas fueron obtenidas gratuitamente del "Catálogo de imagens CBERS-2", disponible en la web del INPE ^{IV}, en virtud del convenio marco entre la ONG HERENCIA y la UFAC. Las imágenes fueron descargadas en el núcleo UFAC de Brasileia (Acre, Brasil).

3.1 El satélite CBERS

El programa "China Brasil Earth Resources Satellite" se inició en 1988. El primer satélite CBERS fue lanzado el 14 de octubre de 1999. Cuatro años más tarde, el 21 de octubre de 2003, el CBERS 1 fue sustituido por el CBERS-2. Desde noviembre de ese mismo año los sensores del CBERS están colectando datos regularmente ¹⁷.

A bordo del satélite CBERS están instalados tres sensores: High Resolution CCD Cámara (CCD), "Infra Red Multi SpectralScanner (IRMSS) y Wide Field Imagen (WFI). En la Tabla 3 se muestran las características de cada uno de estos sensores.

^{IV} Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (www.inpe.br)

Tabla 3. Características de los sensores CCD, IRMS y WFI a bordo del satélite CBERS.

*Fuente: INPE¹⁸

CARACTERÍSTICA		SENSOR		
		CCD	IRMS	WFI
Resolución espectral	Panromático	XS5 - 0,51-0,73	1 - 0,50-1,10	
	Azul	XS1 - 0,45-0,52		
	Verde	XS2 - 0,52-0,59		
	Rojo	XS3 - 0,63-0,69		
	Infrarrojo próximo	XS4 - 0,77-0,89		
	Infrarrojo medio		2 - 1,55-1,75	
	Infrarrojo medio		3 - 2,08-2,35	
	Infrarrojo térmico		4 - 10,40-12,50	
Resolución espacial (m)		20	80; 160 termal	260
Ancho de la escena (km)		113	120	890
Resolución temporal (días)		26	26	5

3.2 Identificación de cicatrices de áreas quemadas con imágenes CBERS

El fuego provoca una alteración inmediata en la superficie terrestre por la acumulación de cenizas y carbón, por la eliminación total o parcial de vegetación y por la alteración de la estructura y abundancia de vegetación ¹⁹.

La modificación de la estructura y abundancia de la vegetación produce cambios más estables temporalmente pero menos marcados a nivel espectral, que aquellos producidos por la acumulación de cenizas y carbón, que, a pesar de ser cambios de corta duración, son más apreciables en la respuesta espectral.

Con el objetivo de aprovechar al máximo las marcas espectrales de las cicatrices del fuego se ha intentado utilizar imágenes inmediatamente posteriores a la época de quemadas en Pando (agosto- septiembre).

3.2.1 Criterios de selección de las imágenes CBERS

La principal dificultad del trabajo ha sido disponer de imágenes de calidad, puesto que a partir de octubre y a medida que las lluvias toman más frecuencia e intensidad la presencia de nubes dificulta mucho la visibilidad de la superficie terrestre. Para algunas zonas no existían imágenes disponibles libres de cobertura nubosa entre octubre de 2005 y febrero de 2006 (momento en el que se inició el presente trabajo).

En estos casos se ha tenido que recurrir a imágenes de finales de septiembre en las que, a pesar de la presencia del humo procedente de los mismos fuegos, se puede apreciar con relativa claridad las superficies afectadas.

Existe, pues, una subestimación de la superficie

quemada puesto que algunas de las imágenes utilizadas fueron captadas en un momento en que los incendios seguían activos (pudiéndose apreciar las columnas de humo) o todavía no habían ocurrido.

Prueba de ello es lo acontecido en el norte del municipio de Bella Flor, donde, con la observación de la imagen de 19 de septiembre habían sido clasificadas apenas 100 ha de zonas afectadas por el fuego. En una imagen LANDSAT-5 TM de 13 de octubre de 2005, cedida por la Universidad Federal del Acre (UFAC), se observó que habían acontecido varios incendios de grandes dimensiones (hasta 40.000 ha) con fecha posterior a 19 de septiembre. La imagen LANDSAT es la escena correspondiente a la zona sur del Acre en la que se puede apreciar apenas el norte del municipio de Bella Flor, por lo que no se ha podido utilizar para contrastar la información del resto del departamento de Pando.

3.3 Características espectrales de las cicatrices de quemadas en las bandas del satélite CBERS-2 (CCD)

Banda 1. Azul (0,45-0,52)

La vegetación tiene una baja respuesta espectral en esta banda, por lo que un cambio en la composición de la comunidad vegetal debido a un incendio, no se traduce en una diferencia significativa en la radiación emitida en esta franja del espectro electromagnético. Así mismo las cenizas y el carbón presentan una alta absorbancia de la banda del azul, por lo que tampoco es notoria la diferencia entre la respuesta espectral de la vegetación verde y la de las cenizas en esta banda. Es recomendable no utilizarla para la localización de zonas quemadas.

Banda 2. Verde (0,52-0,59)

Inmediatamente después de una quema se produce una disminución de la respuesta espectral en esta banda debido a la disminución de la actividad de la

Tabla 4. Imágenes CBERS utilizadas

PASADA-ESCENA	FECHA después de los incendios	CALIDAD	OBSERVACIÓN
181-112	4 de noviembre	Buena	
180-112	12 octubre 2005	Excelente	
180-113	12 octubre 2005	Excelente	
180-114	12 octubre 2005	Excelente	
179-112	19 septiembre 2005	Regular	Presencia de humo
179-113	19 septiembre 2005	Regular	Presencia de humo
179-114	19 septiembre 2005	Regular	Presencia de humo
178-111	26 septiembre 2005	Regular	Presencia de humo
178-112	26 septiembre 2005	Regular	Presencia de humo
178-113	26 septiembre 2005	Regular	Presencia de humo
177-111	21 septiembre 2005	Buena	10% de nubes
177-112	21 septiembre 2005	Buena	10% de nubes

clorofila, el estrés post fuego y la acumulación de cenizas.

Banda 3. Rojo (0,63-0,69)

Después de un incendio, en esta banda se puede apreciar un incremento de la respuesta espectral puesto que la vegetación sana absorbe más las ondas electromagnéticas de esta franja espectral que el suelo y las cenizas.

Banda 4. Infrarrojo próximo (0,77-0,89)

El infrarrojo próximo es la franja de todo el espectro electromagnético en el que la vegetación sana tiene una respuesta más notoria. La vegetación sana tiene una alta reflectancia en este intervalo espectral y una quemada produce una caída drástica de estos valores. Es la banda apuntada como la mejor para identificar y mapear zonas quemadas ¹⁹.

En una composición RGB (342) una cicatriz reciente de un fuego adquiere una tonalidad violácea-rojo-oscuro debido a que la banda a la que se le ha asignado el color rojo (banda 3) sufre un incremento de la respuesta espectral adquiriendo más peso específico en la combinación de colores, puesto que la banda a la que se le ha asignado el color verde (banda 4) sufre una caída drástica de los valores de radiancia y la banda a la que se ha asignado el color azul (banda 2) sufre también una ligera disminución (ver Figura 2).

3.3.1 Problemas del satélite CBERS

Problemas geométricos

El principal problema geométrico del satélite CBERS es el desplazamiento entre imágenes en órbitas contiguas ²⁰. Este problema se puede solucionar mediante el proceso de georeferenciación de la imagen.

Existe asimismo un desplazamiento de la banda pancromática con respecto a las otras bandas de la misma escena.

Por otro lado la banda 4 del sensor CCD presenta problemas en la función de transferencia de modulación que afecta a la resolución geométrica y a la calidad radiométrica ²¹.

Problemas radiométricos

Debido a problemas de calibración en los detectores del satélite CBERS se produce una anomalía radiométrica en las bandas del satélite ²⁰. Dicha anomalía se traduce en escenas en la que claramente se pueden distinguir tres zonas con niveles de radiación significativamente diferentes. Este hecho dificulta la clasificación automática de los píxeles de la imagen, puesto que las mismas entidades espaciales presentes en el territorio toman valores distintos en la misma imagen en función del detector que haya captado su radiancia.

La banda 1 del sensor CCD presenta una baja sensibilidad que afecta a la calidad radiométrica ²¹.

3.4 Proceso metodológico

Metodológicamente, se ha trabajado en tres etapas. La primera etapa ha consistido en localizar los grandes focos de incendios. Para ello se ha trabajado con imágenes captadas por el sensor MODIS, instaladas en los satélites TERRA y AQUA, descargadas gratuitamente de la página <http://www.rapidfire.sci.gfcs.nasa.gov/>. Las imágenes del sensor MODIS tienen una baja resolución espacial, que no permite cuantificar con precisión las superficies quemadas, pero una alta resolución temporal, que ha hecho posible descargar una imagen diaria entre el día 10 de agosto y 20 de septiembre, época de mayor incidencia de los incendios. En esta fase también se ha usado la información de focos de calor disponible en la web del INPE (www.inpe.br).

El objetivo de la segunda fase ha sido cuantificar las superficies quemadas. Para ello, se han usado las imágenes CBERS que se enumeran en el apartado 2.2.1 del presente trabajo. Las superficies afectadas por el fuego han sido digitalizadas manualmente en pantalla. La superficie mínima de interpretación se ha establecido en 0.4 ha. Tomando en consideración los problemas espectrales que presentan las imágenes del satélite CBERS para realizar una clasificación automática, se ha optado por hacer una **clasificación por interpretación visual**. Para ello, teniendo en cuenta la respuesta de las zonas quemadas en las distintas bandas del satélite, se ha trabajado con una **composición en falso color RGB (342)**.

Por último, la cobertura obtenida mediante la digitalización y clasificación de las áreas afectadas por fuego, ha sido introducida en un Sistema de Información Geográfica para ser cruzada con otra información disponible sobre el departamento de Pando.

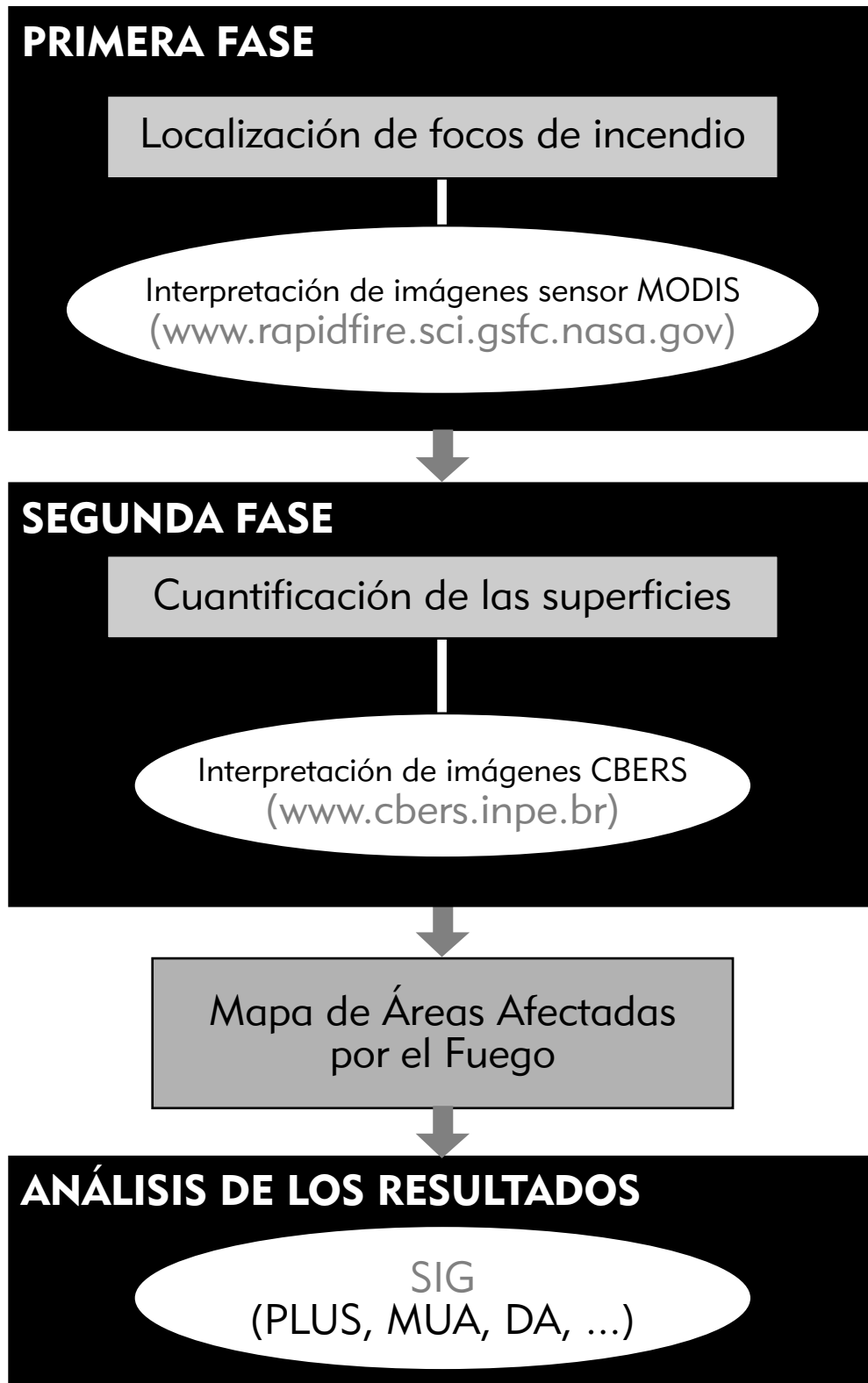


Figura 1. Etapas del trabajo

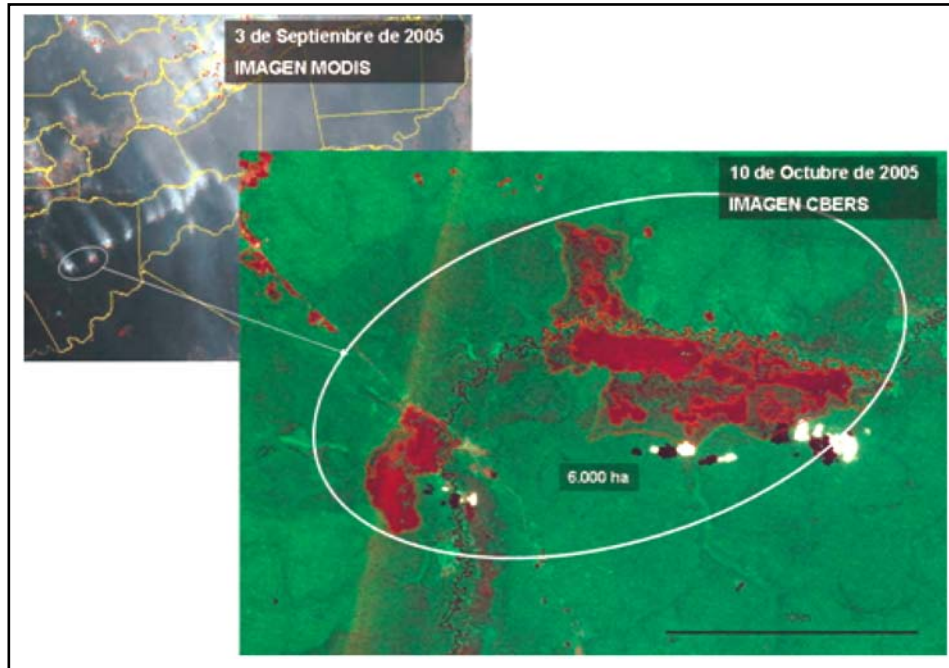


Figura 2. En la imagen Modis se puede apreciar las columnas de humo sobre el río Manuripi el día 3 de septiembre de 2005. Las imágenes CBERS nos permiten el análisis más detallado de cada zona quemada y la cuantificación de la superficie quemada. En la imagen se aprecia la tonalidad de la cicatriz que deja una quema.

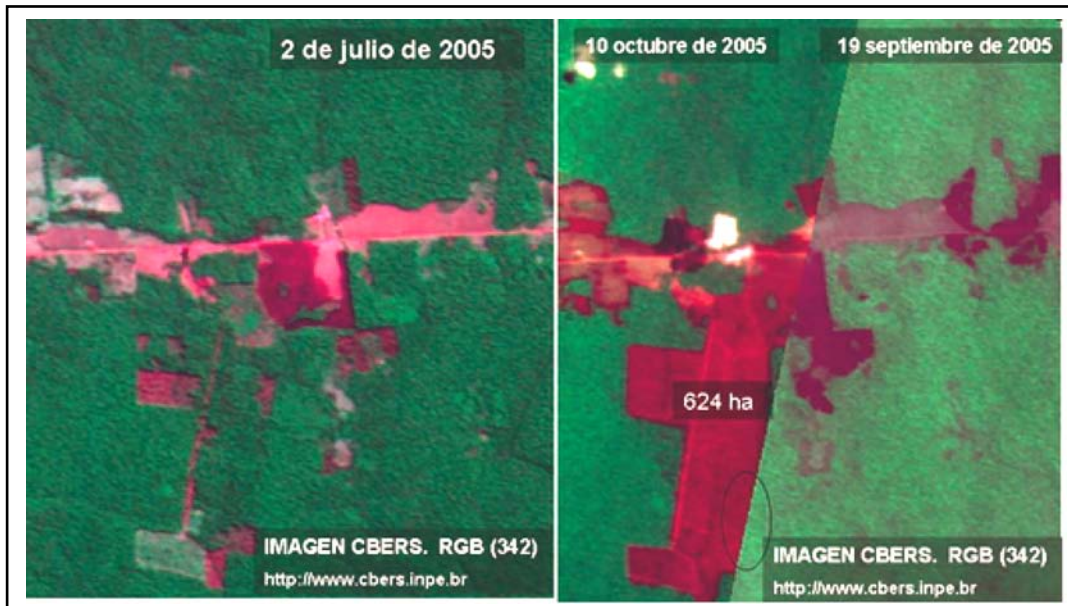


Figura 3. Dos imágenes del mismo lugar en la carretera de Cobia a Puerto Rico. El desbosque ha sido evidente en tan solo unos meses. En la imagen de la derecha se aprecian dos zonas. Es el límite entre dos pasadas del satélite CBERS. Para la zona de la derecha no se pudo obtener imagen de más calidad (ver apartado 3.2.1)

Tabla 5. Error cuadrático medio en la georeferenciación de las imágenes CBERS

PASADA-ESCENA	FECHA	Nº de puntos de control	RMS	Base de referencia
181-112	4 noviembre 2005	11	8,23	Cartografía IGM Pando 1:250000
180-112	12 octubre 2005	12	9,42	Cartografía IGM Pando 1:250000
180-113	12 octubre 2005	15	5,01	Cartografía IGM Pando 1:250000
180-114	12 octubre 2005	16	10,67	Cartografía IGM Pando 1:250000
179-112	19 septiembre 2005	12	11,89	Cartografía IGM Pando 1:250000
179-113	19 septiembre 2005	14	12,34	Cartografía IGM Pando 1:250000
179-114	19 septiembre 2005	15	9,89	Cartografía IGM Pando 1:250000
178-111	26 septiembre 2005	14	4,43	Cartografía IGM Pando 1:250000
178-112	26 septiembre 2005	12	12,56	Cartografía IGM Pando 1:250000
178-113	26 septiembre 2005	14	10,45	Cartografía IGM Pando 1:250000
177-111	21 septiembre 2005	16	12,32	Cartografía IGM Pando 1:250000
177-112	21 septiembre 2005	14	13,43	Cartografía IGM Pando 1:250000

3.4.1 Preparación de las imágenes

Las imágenes satelitales han sido georeferenciadas usando como base el mapa topográfico de Pando a escala 1:250000 del IGM (Instituto Geográfico Militar) de Bolivia. El sistema de referencia utilizado ha sido UTM huso 19S datum WGS84. El bloque de imágenes de fechas anteriores al fuego se han referenciado usando como base las imágenes ya referenciadas con el objetivo de facilitar la localización puntos de control y asegurar la correspondencia entre imágenes.

En la Tabla 5 se presentan el número de puntos de control y el error cuadrático medio resultante en el registro de las imágenes utilizadas en el trabajo.

La georeferenciación resulta particularmente compleja debido tanto a la escala y calidad de la cartografía de referencia como a la dificultad de localizar puntos de control en imágenes con grandes extensiones homogéneas de paisaje y donde los ríos, que son los principales elementos de discontinuidad en el paisaje, pueden alterar su curso en poco tiempo, por lo que no son una referencia estable.

El RMS^V se ha calculado como la raíz cuadrada de las desviaciones entre los valores observados y los estimados por la regresión. Si el RMS supera un cierto valor indicado (habitualmente igual o inferior a un píxel) la corrección no es adecuada²². El píxel de una imagen de CBERS-CCD es 20m, por lo que se puede considerar correcta la transformación geométrica realizada en las imágenes.

Con el objetivo de facilitar la interpretación, se ha realizado una expansión del contraste de las imágenes. Es una técnica de realce del contraste con el objetivo de aprovechar las capacidades del equipo de visualización.

Los sensores de CBERS codifican la señal recibida en un rango de 256 niveles, con la que deben registrar toda la posible variabilidad de reflectancias que

ofrecen los paisajes terrestres. Pero en una imagen, nunca se alberga tal variedad de rango, especialmente en los paisajes amazónicos puesto que no se caracterizan por tener una gran variabilidad paisajística. Esto supone que en muchos casos los valores de los píxeles se encuentren en un rango de poco más de 100 niveles de gris, quedando sin uso más de la mitad de la capacidad de almacenamiento de la imagen.

La mejora del contraste se ha realizado mediante una expansión del histograma señalando un umbral máximo y mínimo para cada banda, acorde con el rango digital que nos ha interesado realzar.

3.4.2 Clasificación

Las distintas áreas afectadas por el fuego han sido interpretadas visualmente y digitalizadas en pantalla, creando una cobertura vectorial de polígonos. A cada polígono se le ha asignado un identificador en función de la clase a la que pertenece. Se han considerado las siguientes clases:

a) Área abierta afectada

Incluye quemas tanto en zonas previamente deforestadas como en zonas de vegetación natural en las que el fuego ha eliminado completamente la cobertura vegetal.

b) Área abierta posiblemente afectada

Zonas deforestadas en las que la presencia del fuego no es evidente pero sí probable. La falta de evidencia puede ser debida al tiempo transcurrido entre el incendio y la captura de la imagen.

c) Área boscosa con copa afectada

Zonas de vegetación natural en las que el incendio ha afectado los estratos superiores del bosque, sea por quema directa o por el aire caliente que al ascender ha secado las hojas de los árboles.

^VRMS. Root Mean Square (Error Cuadrático Medio).

d) Área boscosa posiblemente afectada

Zonas de vegetación natural quemadas con un fuego de baja intensidad, afectando solamente a los estratos inferiores del bosque. La marca de la cicatriz del fuego de este tipo de zonas es muy sutil dando lugar a posibles errores de interpretación.

Aparte de estas clases, que corresponden a zonas quemadas en 2005, se han identificado otras zonas en las que se detecta un cambio de uso histórico notable pero que no han sido afectadas por el fuego este año.

e) Área abierta no afectada

Zonas deforestadas (normalmente pastos existentes) en las que claramente no ha habido afectación por fuego durante el año 2005.

f) Núcleo urbano

Núcleos de población

g) Área de influencia núcleos urbanos

Zonas fuertemente degradadas alrededor de áreas pobladas. En estas zonas se presenta un mosaico típico de alternancia de áreas deforestadas, zonas quemadas y no quemadas y pequeñas manchas de bosque aislado. Se ha considerado como clase aparte debido a la dificultad de disgregar las distintas áreas dentro de estas zonas.

h) Bosque aislado

Zonas de bosque completamente rodeadas por áreas deforestadas.

Todas las clases consideradas se resumen en dos grandes grupos de áreas en el departamento de Pando:

- 1. Área afectada por el fuego.** Corresponde a aquellas áreas que han sufrido en el 2005 la acción del fuego. Es la suma de las clases a), b), c) y d)
- 2. Área convertida.** Conjunto de áreas degradadas no afectadas por el fuego en 2005. Es la suma de las clases e), f), g) y h).

La unidad mínima cartografiada se ha establecido en 0.4 ha. Es decir que se han identificado zonas quemadas que ocupan más de 10 píxeles de la imagen CBERS)

3.4.3 Análisis de los resultados

Resultante del proceso de clasificación de las imágenes de satélite se ha obtenido el mapa de áreas afectadas por el fuego, según las clases consideradas.

El mapa ha sido introducido en un Sistema de Información Geográfica donde se ha superpuesto con las coberturas de ordenamiento territorial del Plan de Uso del Suelo (PLUS) de Pando, coberturas de

zonificación ambiental (mapa de unidades ambientales de Pando) y con el mapa de accesibilidad ^{VI} y divisiones administrativas del departamento.

Los resultados obtenidos en las mencionadas operaciones de superposición espacial se presentan en el apartado 3 del presente trabajo.

En la Figura 4 se esquematiza el proceso metodológico seguido en el trabajo.

Cabe destacar que **los resultados del trabajo se consideran subestimaciones** por tres motivos. En el apartado 3.2.1 se menciona que las imágenes usadas son de fechas en las que algunos incendios todavía no habían ocurrido. Por otro lado la misma presencia de humo en las imágenes dificulta la interpretación y localización de áreas quemadas. Por último, las zonas consideradas como áreas de influencia de núcleos urbanos (20.000 ha), son zonas en las que ha existido una gran cantidad de incendios de pequeñas dimensiones que no se han contabilizado como área quemada por el coste técnico que ello supondría.

^{VI} Mapa elaborado por ZONISIG en 1996 en el marco de los trabajos de redacción del PLUS Pando.

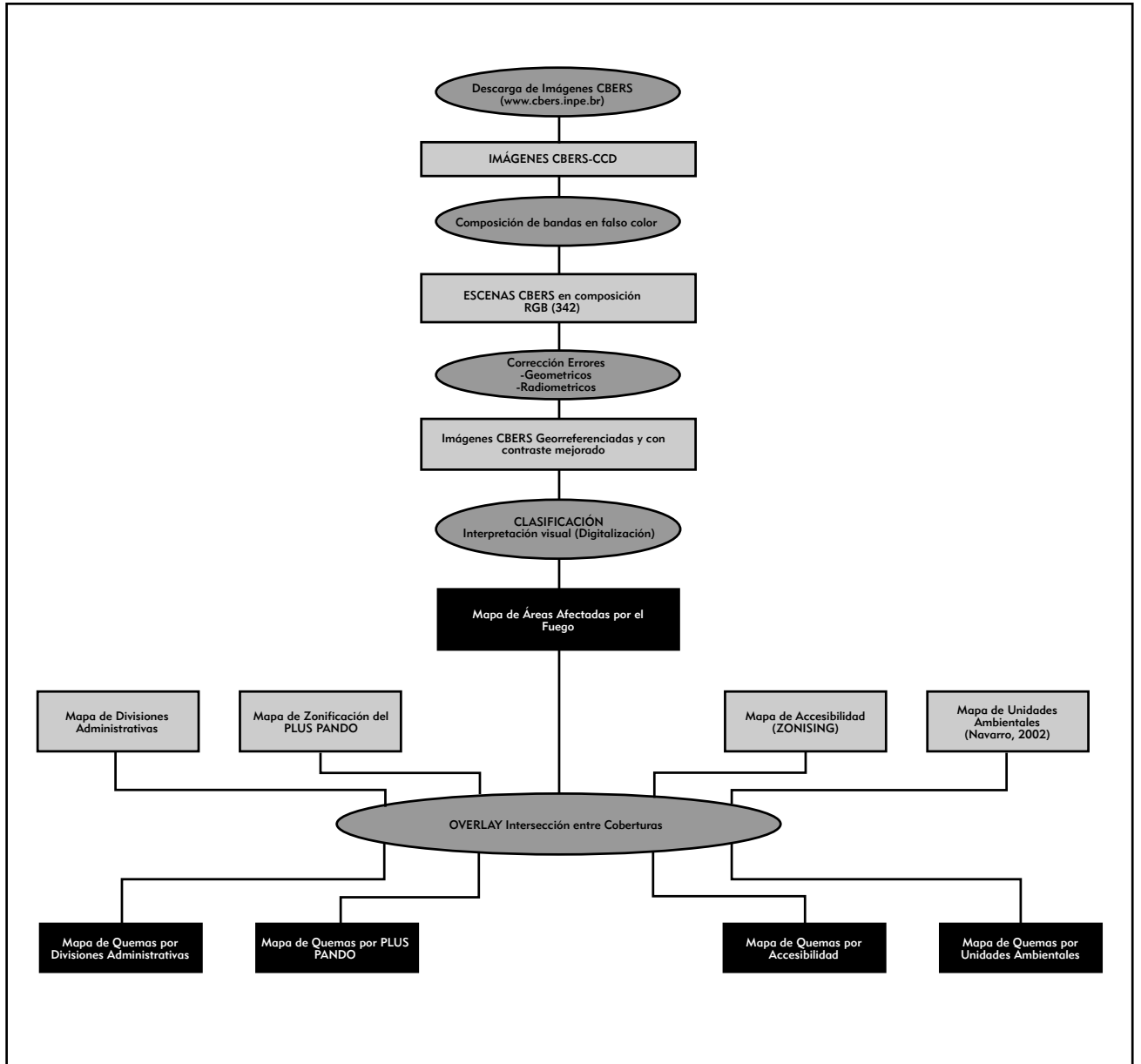


Figura 4. Esquema del proceso metodológico utilizado en el trabajo.

4. Resultados y discusión

4.1 Áreas afectadas por el fuego en 2005

4.1.1 Distribución por clases

En la Tabla 6 se muestran los resultados de la clasificación de las imágenes de satélite CBERS-CCD correspondiente a áreas afectadas por fuego en 2005. En el mapa 1 se puede observar la distribución de las áreas quemadas sobre el territorio.

Tabla 6. Superficies afectadas por quemas en el departamento de Pando durante el año 2005.

TIPOLOGIA	SUPERFICIE (ha)	SUPERFICIE MEDIA (ha)	SUPERFICIE MÁXIMA (ha)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Área abierta afectada	80.675	48	8366	350
Área abierta posiblemente afectada	15.209	94	1871	238
Área boscosa con copa afectada	123.510	280	8819	865
Área boscosa posiblemente afectada	22.120	159	8847	806
TOTAL SUPERFICIE AFECTADA	241.514			

La superficie total afectada por fuego durante la época de quemas del 2005 (entre julio y septiembre), es de **241.514 ha**, que suponen el **3.79 %** de la superficie total del departamento. Conviene remarcar que esta cifra representa, con mucha probabilidad, una subestimación de la superficie real afectada por fuego por los motivos que se comentan en el apartado 3.4.3. Es interesante notar que las superficies medias son relativamente altas. Este dato indica que las quemas se vinculan a actividades económicas de gran escala (ganadería y extracción selectiva de madera), más que a la agricultura de subsistencia practicada por los campesinos de las comunidades indígenas y campesinas.

Es decir que, del total áreas quemadas, muy pocas corresponden a pequeños chacos (menos de 5 ha) atribuibles al tipo de agricultura practicada por las comunidades. Extensiones tan grandes quemadas en un ecosistema que en condiciones naturales es inmune al fuego, sólo se pueden explicar si se relacionan con factores de alteración masivos como la extracción selectiva de madera o actividades directas que comportan el desbosque como la ganadería.

Tabla 7. Superficie afectada por fuego en las provincias del departamento de Pando.

PROVINCIA	POBLACIÓN ⁹	AREA AFECTADA 2005 (ha)	% AFECTADA
ABUNA	2.488	6545	0,68
FEDERICO ROMAN	2.912	1414	0,11
MADRE DE DIOS	11.220	27693	2,30
MANURUPI	9.505	83665	4,26
NICOLÁS SUÁREZ	39.577	122198	13,27
TOTAL PANDO	66.689	241514	3,79

Área abierta afectada:

Corresponde a una tercera parte de las áreas afectadas por el fuego (33,4%). En esta categoría se incluyen todas las zonas que posteriormente a la quema han quedado convertidas en pastizales. Sin embargo, en el marco de este trabajo no se ha podido diferenciar entre pastizales previamente existentes (que normalmente se vuelven a quemar cada año como se ha explicado anteriormente) y pastizales de nueva creación, es decir, nuevas áreas deforestadas a consecuencia de las quemas.

Área abierta posiblemente afectada:

Representa tan sólo el 6,3% de la superficie total afectada. Se trata de pastizales con indicios de haber sufrido quemas durante la temporada estudiada.

Área boscosa con copa afectada:

Más de la mitad (51,1%) de las zonas afectadas corresponden a esta categoría, siendo además la categoría en que la superficie media afectada es mayor. Este dato es muy importante pues las áreas boscosa con copa afectada se corresponden principalmente con zonas de bosque natural que han sufrido incendios de intensidad considerable. Este tipo de incendios, muchas veces incontrolables y con graves consecuencias, tienen lugar en bosques que han sufrido alteraciones previas (como, por ejemplo, las alteraciones producidas por la extracción selectiva de madera), que han creado las condiciones favorables a incendios de esta magnitud. De ahí la necesidad de tener en cuenta los factores perturbadores del bosque pues en conjunción con un período de sequía, como el que se ha vivido en el año 2005, pueden promover grandes incendios.

Área boscosa posiblemente afectada:

Representa el 9,2% de las zonas afectadas. Se trata de bosques con indicios de haber sufrido algún tipo de incendio, probablemente de baja intensidad, por lo que se han conservado más o menos intactas las copas de los árboles. Las consecuencias de este tipo de fuego son más evidentes meses después de haber ocurrido el incendio, cuando los árboles muertos debido a las altas temperaturas se han secado y perdido sus hojas. Como se ha explicado en el apartado 1.3, este tipo de incendios, si bien pueden pasar desapercibidos, son muy dañinos para la vegetación pues, a parte de matar muchos árboles, crean unas condiciones muy desfavorables de cara a futuros incendios. Los fuegos de baja intensidad son difíciles de detectar a partir de imágenes satelitales

captadas poco después del incendio, por lo que probablemente esta cifra ha sido subestimada.

4.1.2 Distribución por provincias y municipios

La distribución de áreas afectadas por provincias (Tabla 7) muestra claramente que el fuego ha tenido más presencia en las provincias más pobladas. La provincia de Nicolás Suárez, que cuenta con la mayor parte de la población (39.577 habitantes ⁹), es con diferencia la más afectada, con un 13% de su territorio afectado por las quemas.

La distribución por municipios mantiene la misma tendencia. Cabe resaltar que los municipios de Cobija y Porvenir son los más degradados, con el porcentaje de zona de influencia de los núcleos urbanos mayor del departamento (zonas que no han sido consideradas en el cálculo de superficies afectadas por el fuego), y a pesar de ello son los municipios donde ha quemado un mayor porcentaje de su territorio (ver anexo I). En el municipio de Cobija, con aproximadamente la mitad de la población de Pando (31.668 habitantes ⁹), se ha visto afectado por el fuego el 24 % de su término municipal.

La figura 5 muestra los totales de superficie afectada por fuego en cada municipio:

En términos absolutos, en la figura se puede apreciar que el municipio en el que más superficie ha quemado ha sido Bella Flor con 68.329,5 ha (un 13 % de su territorio). La mayor parte de estas quemas se vinculan a la carretera Porvenir – Puerto Rico y a la frontera con el Brasil. Por otro lado, casi la mitad de estas hectáreas fueron detectadas gracias a la imagen Landsat cedida por el Dr. Foster Brown, (ver apartado 2.2.1 de la metodología). Lo que puede indicar que la superficie real quemada puede ser mucho mayor.

El segundo municipio más afectado es Filadelfa con 43.800 ha. La mayor parte de esta superficie (hasta 33.000 ha) corresponde a zonas quemadas en el interior de la Reserva de Vida Silvestre de Manuripi, a orillas del río Manuripi, por lo que estos datos tornan especialmente preocupantes. Cabe destacar que la mayor parte de estos focos de incendio sobre el río Manuripi aparecieron entre día 29 de agosto y 2 de septiembre, distribuidos uniformemente a lo largo del río entre San silvestre y el núcleo urbano de Puerto Rico.

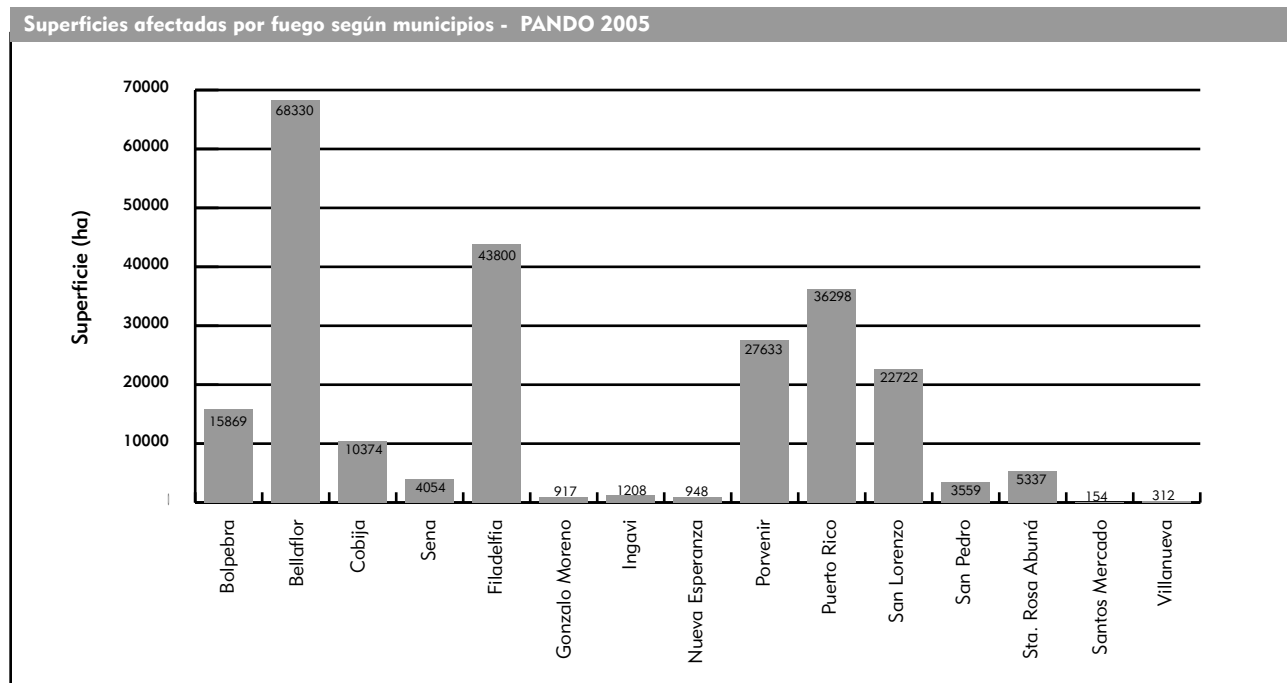


Figura 5. Distribución de las quemas por municipios en el departamento de Pando (valores absolutos)

Las quemas ocurridas en el municipio de San Lorenzo, son cercanas a las sabanas naturales del sur del departamento de Pando con aptitud ganadera según el PLUS ^{VII}. A pesar de ello se corresponden sólo parcialmente con áreas que el PLUS categoriza como Áreas para el Uso agropecuario extensivo. De las 22.721 ha quemadas, 662 ha se encuentran en el interior de zonas ordenadas con este uso. El fuego se ha extendido al norte de estas áreas afectando, según el Mapa de Unidades ambientales del Departamento, 'vegetación de las penillanuras y colinas de Pando', es decir, monte alto.

En Puerto Rico, según un estudio elaborado en 2004 ²³, se cuantificó la deforestación entre 1986 y 2000 en 2735 ha, con un incremento anual de 195 ha. Comparando estos resultados con los que se presentan en la Figura 5 se observa que solamente en el 2005 se ha quemado una superficie 15 veces mayor que la que fue deforestada a lo largo de 14 años en el municipio a finales del siglo pasado.

4.1.3 Distribución en función de la accesibilidad

En la Figura 6 se muestra la distribución de superficies quemadas según su grado de accesibilidad ^{VIII}, donde la accesibilidad se define como facilidad para desplazarse hasta un punto del territorio desde un núcleo principal, medida en horas de viaje.

En esta figura se manifiesta claramente la estrecha relación que existe entre el fuego y la presencia de infraestructuras de comunicación, que actúan como catalizadoras del proceso de degradación del entorno natural.

Observando el Mapa 1 (Mapa de áreas quemadas en 2005) se aprecia que, además de las carreteras y los ríos, la frontera con el Brasil se constituye como el tercer eje sobre el que se vincula el fuego en el departamento de Pando.

4.1.4 Distribución según zonificación del PLUS PANDO

En la Tabla 8 aparece la superficie afectada en cada categoría establecida en el PLUS. Destacan las 112.000 ha en la categoría de uso Agrosilvopastoril afectadas por fuego, lo que significa que las actividades económicas que tienen su ámbito de actuación sobre esta categoría de uso (ver introducción) han perdido, en 2005, hasta el 12.1 % de su potencial de económico. Dentro este tipo de uso, la ganadería está permitida solamente como actividad de auto subsistencia, ligada al aprovechamiento silvícola del bosque.

El 3,8 % de superficie afectada por el fuego dentro de áreas naturales protegidas se corresponden principalmente a los incendios registrados en la Reserva de Vida Silvestre Manuripi.

4.1.5 Distribución por unidades ambientales

En la Tabla 9 se muestran las superficies quemadas en los diferentes grupos de vegetación descritos en el Mapa de Unidades Ambientales de Pando ⁸. En valores absolutos, la mayor cantidad de superficie quemada ha afectado al grupo I de vegetación, que corresponde a lo que comúnmente se llama "monte alto" o bosque primario, lo que supone la pérdida o degradación de 127.191 ha de bosque primario en tan sólo un año.

Por otro lado, se han quemado más de 70.000 ha de comunidades vegetales del grupo III, comúnmente llamadas de igapó, correspondientes a vegetación de zonas inundables relacionadas con los cursos de aguas negras (como el río Manuripi). Este dato puede relacionarse con la marcada sequía que se va vivido

^{VII} PLUS. Plan de Uso del Suelo del departamento de PANDO.

^{VIII} Según mapa elaborado por ZONISIG en 1996 en el marco de los trabajos de redacción del PLUS Pando

Afectación por fuego en función del grado de accesibilidad - PANDO 2005

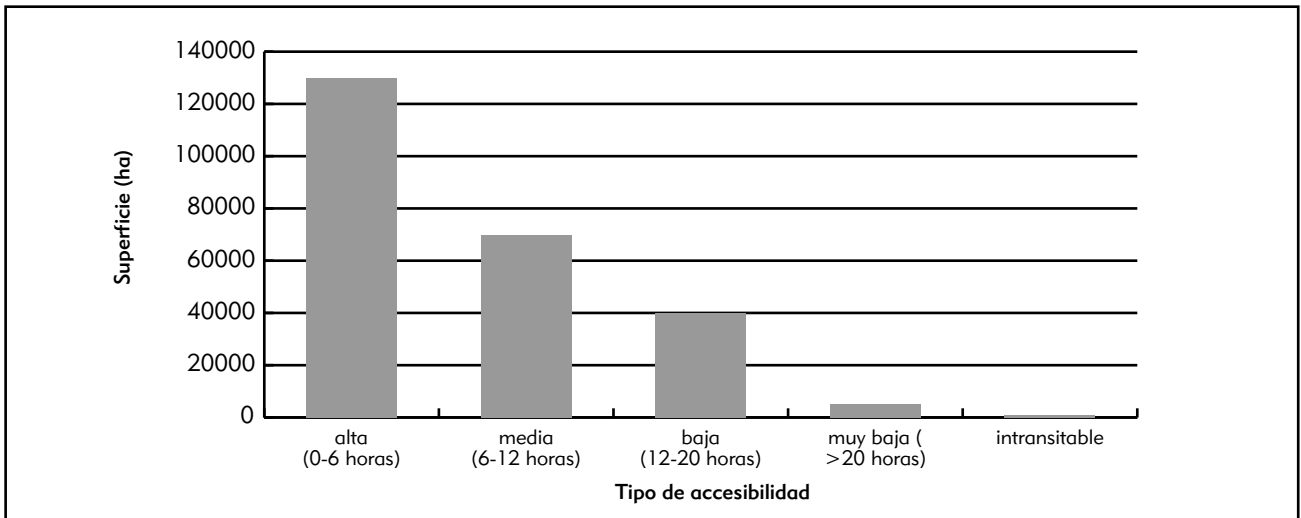


Figura 6. Superficies afectadas por el fuego en función de la accesibilidad.

en Pando en el año 2005, en la que han llegado los ríos a niveles especialmente bajos. Esto indica que algunas comunidades vegetales asociadas a los cursos de agua pueden ser especialmente sensibles al fuego en épocas de sequía.

En valores relativos, el mayor porcentaje de superficie quemada pertenece al grupo IV (vegetación antropogénica), que corresponde a vegetación que ya ha sido fuertemente alterada por la actividad humana y puede ser más vulnerable al fuego. Las zonas agrícolas y pastos, además, sufren quemadas reiteradas a lo largo de los años puesto que el fuego es utilizado como una herramienta de manejo.

4.2 Superficie convertida en Pando a final del 2005

Entendemos por superficies convertidas aquellas que han sufrido un cambio de uso o las que sin haber sufrido una alteración de su uso original han sido objeto de algún tipo de degradación.

La cifra que se presenta a continuación es un resultado secundario del presente trabajo. En el proceso de digitalización y clasificación de las áreas quemadas ha sido necesario crear algunas clases adicionales (mencionadas en el punto 2.4.2: e) Pastizales no afectados por el fuego en 2005; f) Núcleos urbanos; g) Áreas de influencia de núcleos urbanos; y h) Bosques aislados).

Es importante notar que las superficies convertidas que se han considerado son las que se han identificado como tal en las imágenes de satélite. No se incluyen áreas que han sufrido perturbaciones más difícilmente detectables en las imágenes (como la alteración producida por la extracción selectiva de madera). No era el objetivo del trabajo cuantificar las áreas degradadas de Pando. Por tanto, no estamos cuantificando el cambio de uso total en el departamento. Estos datos se presentan como simple información adicional (Tabla 10).

Destaca que la clase más extensa es el "Área de influencia de núcleos urbanos". Esta superficie se corresponde principalmente con las áreas circundantes a los núcleos de Cobija y Porvenir.

Sumando el total de áreas afectadas por fuego en 2005 con la superficie degradada no afectada por fuego este año, se tiene un total de 274564,5 ha degradadas en Pando hasta 2005, lo que equivale a un **4,3 % del departamento**. Esta cifra nos da una idea del avance de la deforestación en esta región amazónica hasta la fecha.

Tabla 8. Superficies afectadas según zonificación del PLUS Pando.

CATEGORIA DE USO	SUPERFICIE TOTAL	AREA AFECTADA 2005 (ha)	% AFECTADA
AREAS NATURALES PROTEGIDAS	890125	33551	3,8
TIERRAS DE USO AGROPECUARIO EXTENSIVO	15456	663	4,3
TIERRAS DE USO AGROSILVOPASTORIL	929559	112084	12,1
TIERRAS DE USO RESTRINGIDO, CON PROTECCIÓN	1232682	35230	2,9
TIERRAS DE USO FORESTAL	3246582	58443	1,8

Tabla 9. Superficies afectadas según clase de unidad ambiental.

GRUPO	DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (ha)	AREA AFECTADA 2005 (ha)	% AFECTADA
Ia	VEGETACIÓN DE LAS PENILLANURAS ONDULADAS Y COLINAS DE PANDO	4.204.170	127.192	3,0
IIa	VEGETACIÓN DE VÁRZEA DE LAS TERRAZAS FLUVIALES ANTIGUAS Y PALEO-CAUCES	92.318	4.093	4,4
IIb	VEGETACIÓN DE VÁRZEA DE LAS TERRAZAS FLUVIALES Y LLANURAS DE INUNDACIÓN RECIENTES	245.133	4.890	2,0
IIc	VEGETACIÓN DE VÁRZEA RIPARIA	105.279	1.627	1,5
IId	VEGETACIÓN ACUÁTICA DE VÁRZEA	43.404	333	0,8
IIIa	VEGETACIÓN DE IGAPÓ DE LAS TERRAZAS FLUVIALES ANTIGUAS Y PALEO-CAUCES	660.298	34.883	5,3
IIIb	VEGETACIÓN DE IGAPÓ DE LAS TERRAZAS FLUVIALES Y LLANURAS DE INUNDACIÓN RECIENTES	148.315	16.936	11,4
IIIc	VEGETACIÓN DE IGAPÓ RIPARIO	56.272	4.629	8,2
IIId	VEGETACIÓN DE ARROYOS DE LA TIERRA FIRME	467.566	7.265	1,6
IIIe	VEGETACIÓN DE LAS SABANAS ESTACIONALMENTE ANEGADAS DE PANDO	33.910	3.019	8,9
IIIf	VEGETACIÓN ACUÁTICA DE IGAPÓ	27.581	4.073	14,8
IV	VEGETACIÓN ANTROPOGENICA	104.816	30.379	29,0

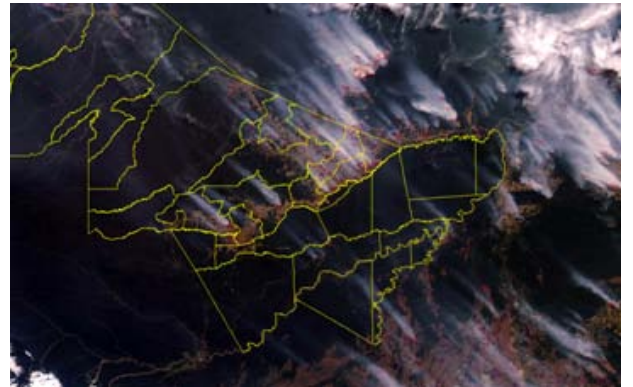
Tabla 10. Superficies convertidas en Pando no afectadas por el fuego en 2005

TIPOLOGIA	SUPERFICIE (ha)	SUPERFICIE MEDIA (ha)	SUPERFICIE MÁXIMA (ha)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Área abierta no afectada	10.592	44	1730	135
Bosque aislado	1.297	72	299	77
Área de influencia de núcleos urbanos	20.050	1832	15921	4717
Zona urbana	1.111	222	823	341
TOTAL	33.050			

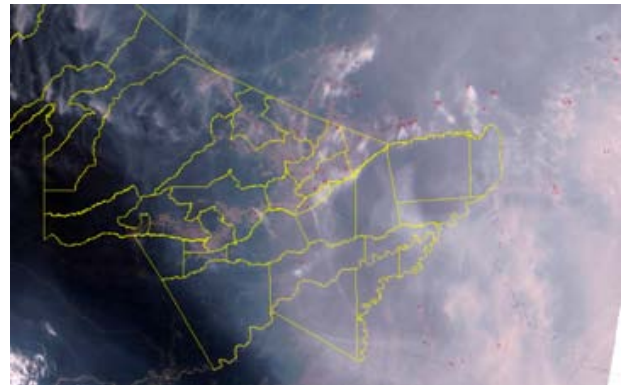
IMÁGENES SENSOR MODIS

<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>

10 de Agosto de 2005 ▶



14 de Agosto de 2005 ▶



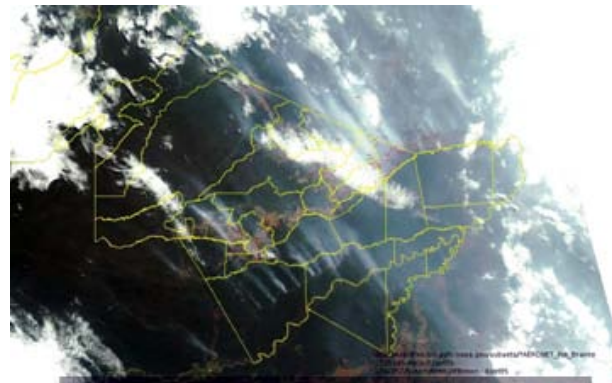
28 de Agosto de 2005 ▶



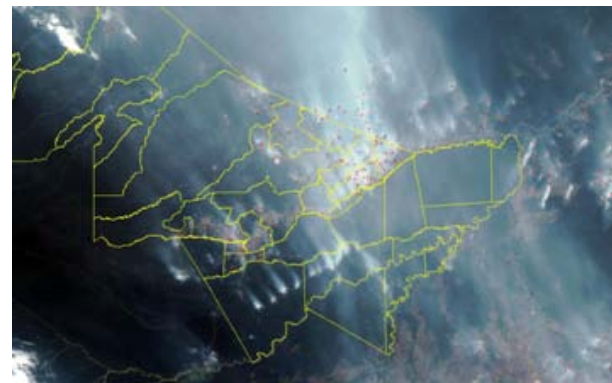
IMÁGENES SENSOR MODIS

<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>

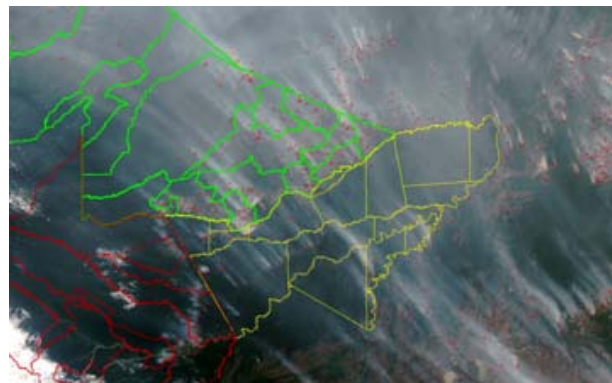
02 de septiembre de 2005 ▶



03 de septiembre de 2005 ▶



17 de septiembre de 2005 ▶



5. Conclusiones y recomendaciones

Sobre los resultados obtenidos:

- Del presente estudio se desprende la cifra de 241.500 ha afectadas por incendios en el departamento de Pando en 2005, lo que supone un 3,79 % de la superficie total del departamento. Esta cifra probablemente sea una subestimación.
- Las fuentes oficiales, tras la época de quemas del 2005, notificaron 40.000 ha quemadas en todo el departamento. El presente trabajo demuestra que la superficie quemada es hasta 6 veces mayor que la cifra oficial estimada, lo cual indica que existe desconocimiento por parte de las autoridades del verdadero impacto de los incendios.
- El área boscosa afectada por los incendios se ha cuantificado en 123.510 ha, lo cual implica la pérdida o degradación de una gran superficie del comúnmente llamado "monte alto". Este hecho puede afectar notoriamente a la economía local basada en la extracción de productos del monte, como la castaña.
- En áreas naturales protegidas han quemado 33.550 ha, la mayor parte dentro de la Reserva de Vida Silvestre de Manuripi, lo que supone una grave amenaza para la conservación de la biodiversidad de la región.
- La correlación que existe entre la densidad de población e infraestructuras viales y la superficie quemada indica claramente que el fuego está estrechamente relacionado con la actividad humana. Las áreas quemadas en Pando se vinculan a tres elementos territoriales: las carreteras, los ríos y la frontera con el Brasil.
- Al investigar las causas de este problema, no hay que olvidar aquellas actividades económicas que aumentan la probabilidad de que el bosque tropical queme (cuando en condiciones naturales sería un bosque prácticamente invulnerable al fuego). Está ampliamente documentado que **la extracción selectiva de madera favorece la propagación del fuego en el bosque**. La sequía constituye un factor de esta situación.
- Las quemas se relacionan con actividades económicas de gran escala como la ganadería y la extracción selectiva de madera, más que con la agricultura de subsistencia.



Foto 2. Cartel de la Dirección de Recursos Naturales y Medio Ambiente alertando del riesgo de quemas. Detrás se observa el fuego todavía ardiendo. El año 2005 la Superintendencia forestal concedió permisos para quemar apenas 1000 ha de las 241.000 ha que han quemado. FOTO: ANTONIO RUANO

- Las figuras de ordenación definidas en el Plan de Uso del Suelo (PLUS) de Pando no tienen ninguna incidencia sobre la distribución de las áreas quemadas. Este hecho puede indicar que el PLUS PANDO tiene un bajo grado de cumplimiento.
- De mantenerse este ritmo de degradación del territorio, en pocas décadas los recursos naturales del departamento de Pando pueden llegar a un estado muy crítico, lo cual compromete la sostenibilidad de la economía, el desarrollo humano y el bienestar de la población, y provoca pérdidas irreversibles en el medio ambiente y la biodiversidad de la región.
- El trabajo se ha realizado con un coste económico mínimo, gracias a la cooperación de varias instituciones en el marco de la iniciativa MAP. Se plantea la necesidad fortalecer las relaciones interinstitucionales para optimizar los recursos destinados al seguimiento de los incendios, intercambiar la información y elaborar estrategias comunes de prevención y control.
- La metodología utilizada se propone como base para futuros trabajos. En este caso se ha coordinado con experiencias similares llevadas a cabo por la Universidad Federal del Acre. Es conveniente que futuros trabajos mantengan (y mejoren) la base metodológica para hacer comparables los resultados, pudiendo obtener datos reales sobre la evolución de las superficies afectadas por fuego.

Sobre la metodología utilizada:

- Las imágenes de satélite son una fuente de información muy válida e interesante a utilizar para el monitoreo y control de las quemas en el departamento de Pando.
- Realizar un monitoreo de las quemas que ocurren en el departamento es necesario para conocer el abasto de la problemática. El seguimiento y análisis de la ocurrencia, magnitud y localización de los incendios son un paso previo para poder hacer predicciones y concretar y priorizar medidas de gestión.
- Existen instituciones públicas entre cuyas competencias se encuentran el monitoreo y control de las quemas que no desempeñan adecuadamente sus funciones por falta de recursos. Para estos casos se propone el uso de imágenes de satélite como herramientas de gran valor, que permiten realizar una fiscalización exhaustiva de los incendios ocurridos periódicamente con rapidez y bajo coste.
- Es muy importante socializar los resultados de los trabajos de monitoreo para dar a conocer los impactos de este problema al mayor número posible de población y entidades, y crear conciencia ambiental en los agentes implicados. También es necesario promover aquellas actividades económicas que impliquen un uso sostenible del territorio, pues son la clave de un desarrollo económico perdurable.

6. Agradecimientos

A todos los técnicos de Herencia especialmente a Gilda y a Waldo por la ayuda.

A Juan Fernando Reyes por enseñarnos lo que significa compromiso y por sus ganas de trabajar por un mundo más justo.

A Foster Brown por transmitir tanto entusiasmo, por los consejos, las ideas y la ayuda que nos ha prestado en todo momento.

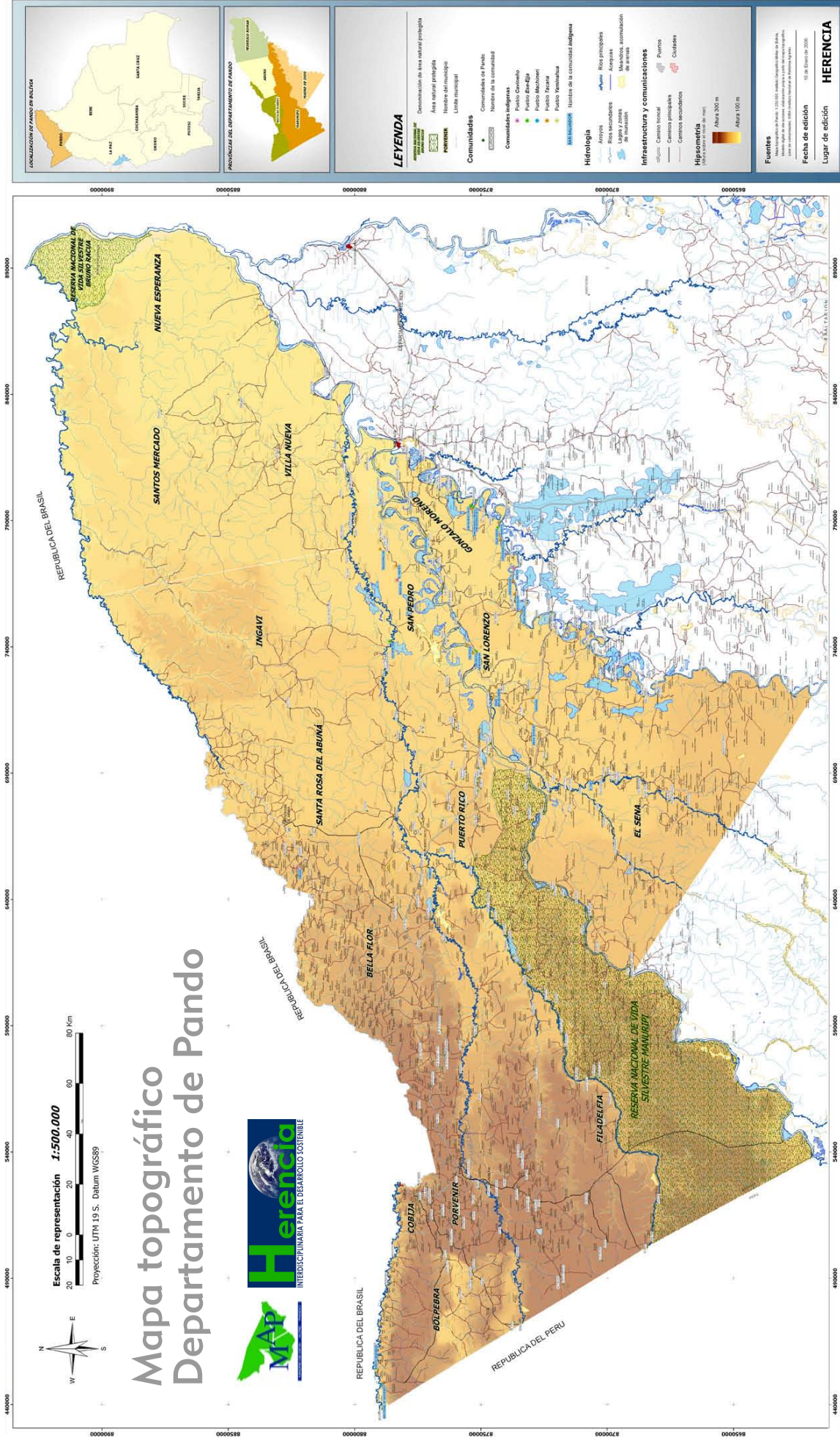
A Salvador Pueyo por ser tan generoso con su inigualable talento y por todas las orientaciones que tanto nos han ayudado en este trabajo.

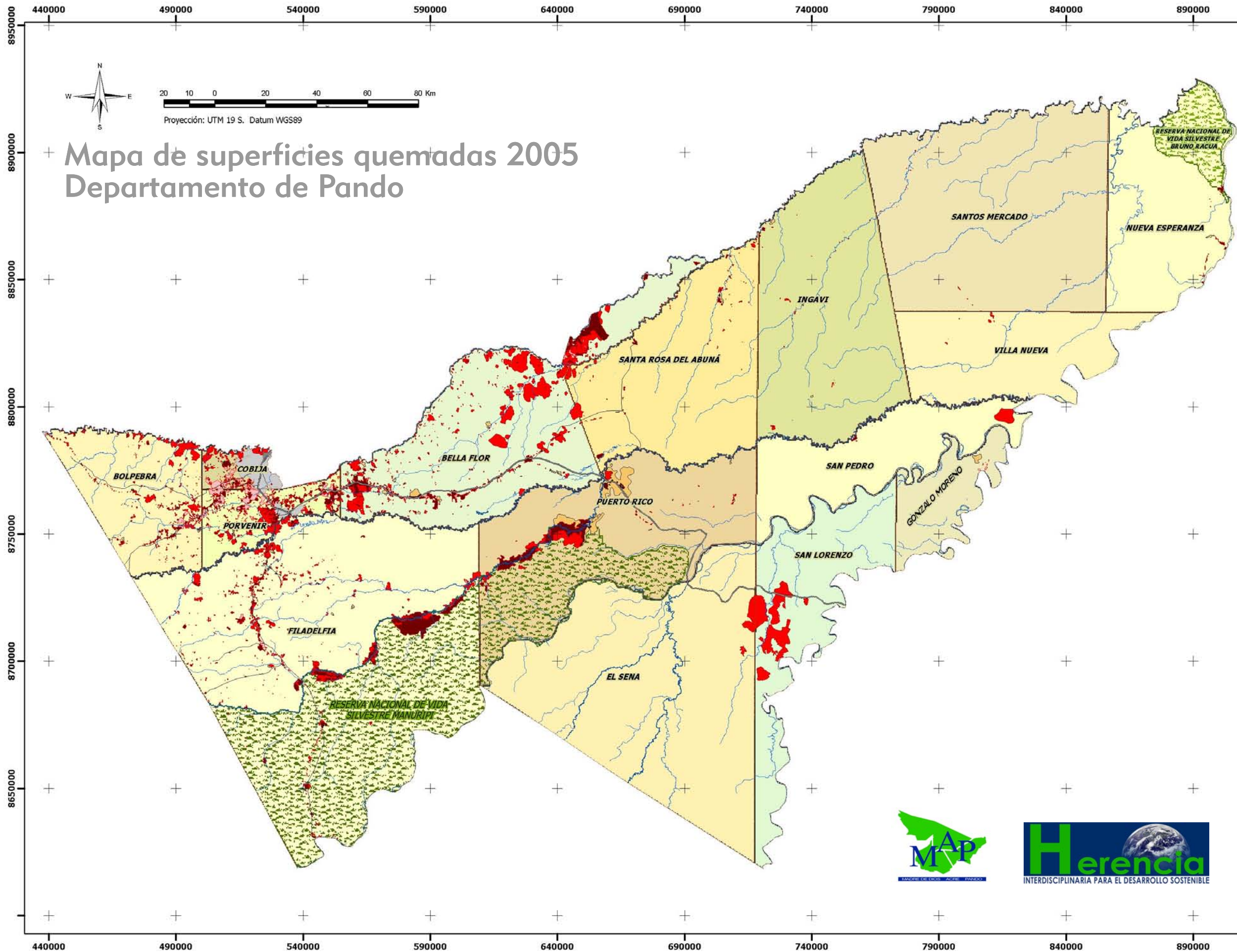
Miquel Truyol por los comentarios críticos al documento.

7. Bibliografía

1. PNUD, 2006. **Informe sobre el Desarrollo Humano en Bolivia**. Informes Regionales: Informe del Desarrollo Humano en el Norte Amazónico Boliviano.
2. SOUZA, C., FIRESTONE, L., MOREIRA, ROBERTS, D. 2002. **Mapping forest degradation in the Eastern Amazon from SPOT 4 through spectral mixture models**. *Remote Sensing of Environment* 87 (2003) p. 494-506.
3. FEARNSIDE, P.M. 2005. **Deforestation in Brazilian Amazonia: History, rates, and consequences**. *Conservation Biology* 19, p. 680-688.
4. COCHRANE, M.A. 2003. **Fire science for rainforests**. *Nature* 421, 2003, p. 913-919.
5. STEININGER, M.K., et al. 2000. **Tropical deforestation in the Bolivian Amazon**. *Environmental Conservation* 28, p. 127-134.
6. ZONISIG, 1997. **Zonificación agroecológica y socioeconómica y perfil ambiental del departamento de Pando**. La Paz, Bolivia.
7. MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE. VICEMINISTERIO DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE. 2006. **Estrategia para la prevención de incendios forestales**. La Paz, Bolivia.
8. NAVARRO, G. 2002. **Unidades ambientales y prioridades de conservación del departamento de Pando**. HERENCIA, Cobija, No publicado.
9. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, BOLIVIA. **Proyecciones de Población por Provincias y Municipios, según sexo y grupos de edad. Período 2000-2010**.
10. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, BOLIVIA. 2001. **Censo Nacional de Población y Vivienda**.
11. ZUDIEMA, P.A. 2003. **Ecología y manejo del árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa*)**. PROMAB, Serie Científica 6. Bolivia.
12. ZONISIG, 1996. **Plan de uso del suelo del departamento de Pando (PLUS PANDO)**. La Paz, Bolivia.
13. ZONISIG, 1993. **Land use changes in the province Nicolás Suárez, Pando department, Amazonía Boliviana, between 1986 and 1993**. Tesis. La Paz, Bolivia.
14. HUGH, E., LAMBIN, E. 2000. **Fires and land-cover change in the tropics: a remote sensing analysis at the landscape scale**. *Journal of Biogeography* 27, p. 765-776.
15. NEPSTAD, D.C. et al. 1999. **Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire**. *Nature* 398, p. 505-508.
16. SOARES B. et al. 2006. **Modelling conservation in the Amazon basin**. *Nature* 440, p. 520-523.
17. INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). 2004. **China Brasil Earth Resources Satellite – CBERS**. Disponible en: <http://www.cbbers.inpe.br>
18. PEREIRA, A., FRANÇA, H. 2005. **Identificação de queimadas naturais ocorridas no período chuvoso de 2003-2004 no Parque Nacional das Emas, Brasil, por meio de imagens dos sensores do satélite CBERS-2**. Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiania, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3245-3252.
19. FRANÇA, H. 2004. **Identificação e mapeamento de cicatrizes de queimadas com imagens AVHRR/NOAA**. Capítulo 3 del volumen: FERREIRA, N.C. (coord.) "Aplicações ambientais brasileiras dos satélites NOAA e TIROS-N". Oficina de textos. Sao Paulo.
20. SALCEDO, R. 2005. **Evaluación comparativa entre imágenes entre CBERS-2 y LANDSAT ETM+ sobre Venezuela**. I Jornadas Nacionales de Geomática. Venezuela (Caracas).
21. SILVA, M. 2000. **CBERS: uma rara oportunidade para o desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil**. www.cbbers.inpe.br
22. CHUVIECO, E. 1996. **Fundamentos de teledetección espacial**.
23. ARAÚZ, M. 2004. **Deforestación en el municipio de Puerto Rico en un período de catorce años (1986-2000)**. Tesis de grado. Cobija, Pando, Bolivia.

ANEXO I





LOCALIZACIÓN DE PANDO EN BOLIVIA

PROVINCIAS DEL DEPARTAMENTO DE PANDO

LEYENDA

RESERVA NACIONAL DE VIDA SILVESTRE BRUNO RACUA Denominación de área natural protegida

RESERVA NACIONAL DE VIDA SILVESTRE MANURUPI

Área natural protegida

PORVENIR Nombre del municipio

Límite municipal

Áreas quemadas

- Área abierta quemada (80.675 ha)
- Área con copa afectada (123.510 ha)
- Área abierta posiblemente afectada (15.208 ha)
- Área posiblemente afectada (22.120 ha)

Otras áreas convertidas

- Área de influencia de núcleos urbanos (20.049 ha)
- Zona Urbana (1.111 ha)

Elementos de referencia

- Ríos principales
- Ríos secundarios
- Camino troncal
- Caminos principales

Fuentes

Mapa topográfico de Pando: 1:250.000. Instituto Geográfico Militar de Bolivia.

Modelo digital de elevaciones, elaboración propia a partir del mapa topográfico.

Lista de comunidades: INRA (Instituto Nacional de Reforma Agraria).

Áreas quemadas: Elaboración propia a partir de imágenes CBERS (www.cbears.inpe.br)

Fecha de edición
05 de Abril de 2006

Lugar de edición
HERENCIA
Calle Otto Felipe Braun, n° 92
Tlf (fax): (591) 3 - 8422549
Casilla 230
Cobija, PANDO



ANEXO II

Tipo de afectación por municipios

Valores absolutos

	Área abierta quemada (ha)	Área boscosa con copa afectada (ha)	Área boscosa posiblemente afectada (ha)	Área abierta posiblemente afectada (ha)	Área abierta no afectada (ha)	Área de influencia de núcleos urbanos (ha)	Bosque aislado (ha)	Zona Urbana (ha)	AREA AFECTADA 2005 (ha)	AREA DEGRADADA EN PANDO 2005 (ha)	AREA MUNICIPIO (ha)
Bolpebra	5445,1	8382,1	567,0	1475,1	556,5	219,5	0,0	0,0	15869,2	16645,2	247125,7
Bella Flor	20342,9	43683,5	2836,2	1466,9	2077,8	0,0	166,0	0,0	68329,5	70573,3	523103,2
Cobija	2489,5	4594,6	173,1	3116,7	774,4	15929,4	848,6	823,2	10373,9	28749,5	44729,1
Sena	0,0	4053,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4053,6	4053,6	756386,2
Filadelfia	23293,3	17591,9	1663,1	1251,8	1082,9	87,3	67,3	19,7	43800,1	45057,4	1177594,4
Gonzalo Moreno	0,0	0,0	744,5	172,9	580,0	0,0	0,0	0,0	917,4	1497,4	127865,1
Ingavi	555,3	317,7	334,6	0,0	6,9	0,0	0,0	0,0	1207,5	1214,4	517187,4
Nueva Esperanza	781,9	15,7	150,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	947,8	947,8	364510,4
Porvenir	11577,8	7950,1	379,4	7725,5	4415,9	3813,6	215,3	105,9	27632,9	36183,6	105915,9
Puerto Rico	13689,8	7693,6	14915,0	0,0	1085,9	0,0	0,0	162,4	36298,4	37546,6	523681,7
San Lorenzo	0,0	22721,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22721,8	22721,8	319979,2
San Pedro	201,1	3358,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3559,1	3559,1	263963,5
Sta Rosa Abuna	2097,7	2882,1	357,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5337,2	5337,2	439344,5
Santos Mercado	106,1	47,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	153,8	153,8	684803,9
Villanueva	94,5	217,8	0,0	0,0	11,4	0,0	0,0	0,0	312,3	323,7	283206,3
PANDO	80675,1	123510,2	22120,2	15208,8	10591,7	20049,8	1297,2	1111,3	241514,4	274564,5	6379396,4

Valores porcentuales (Porcentaje referido a la superficie de cada municipio)

	Área abierta quemada (ha)	Área boscosa con copa afectada (ha)	Área boscosa posiblemente afectada (ha)	Área abierta posiblemente afectada (ha)	Área abierta no afectada (ha)	Área de influencia de núcleos urbanos (ha)	Bosque aislado (ha)	Zona Urbana (ha)	AREA AFECTADA 2005 (ha)	AREA DEGRADADA EN PANDO 2005 (ha)	AREA MUNICIPIO (ha)
Bolpebra	247125,7	2,20	3,39	0,23	0,60	0,23	0,09	0,00	0,00	6,42	6,74
Bella Flor	523103,2	3,89	8,35	0,54	0,28	0,40	0,00	0,03	0,00	13,06	13,49
Cobija	44729,1	5,57	10,27	0,39	6,97	1,73	35,61	1,90	1,84	23,19	64,27
Sena	756386,2	0,00	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,54
Filadelfia	1177594,4	1,98	1,49	0,14	0,11	0,09	0,01	0,01	0,00	3,72	3,83
Gonzalo Moreno	127865,1	0,00	0,00	0,58	0,14	0,45	0,00	0,00	0,00	0,72	1,17
Ingavi	517187,4	0,11	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23	0,23
Nueva Esperanza	364510,4	0,21	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,26
Porvenir	105915,9	10,93	7,51	0,36	7,29	4,17	3,60	0,20	0,10	26,09	34,16
Puerto Rico	523681,7	2,61	1,47	2,85	0,00	0,21	0,00	0,00	0,03	6,93	7,17
San Lorenzo	319979,2	0,00	7,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,10	7,10
San Pedro	263963,5	0,08	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	1,35
Sta Rosa Abuna	439344,5	0,48	0,66	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,21	1,21
Santos Mercado	684803,9	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02
Villanueva	283206,3	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,11
PANDO	6379396,4	1,26	1,94	0,35	0,24	0,17	0,31	0,02	0,02	3,79	4,30

ANEXO III

Tipo de afectación por provincias

Provincia	Tipo de afectación	Superficie (ha)
ABUNA	Área abierta no afectada	6,869
	Área abierta quemada	2652,998
	Área boscosa con copa afectada	3199,903
	Área boscosa posiblemente afectada	691,941
FEDERICO ROMAN	Área abierta no afectada	11,446
	Área abierta quemada	982,550
	Área boscosa con copa afectada	281,127
	Área boscosa posiblemente afectada	150,190
MADRE DE DIOS	Área abierta no afectada	580,038
	Área abierta posiblemente afectada	172,918
	Área boscosa con copa afectada	26775,430
	Área boscosa posiblemente afectada	744,468
MANURUPI	Área abierta no afectada	2168,824
	Área abierta posiblemente afectada	1251,796
	Área abierta quemada	37184,246
	Área boscosa con copa afectada	28650,504
	Área de influencia de núcleos urbanos	87,314
	Área boscosa posiblemente afectada	16578,024
	Bosque aislado	67,313
	Zona Urbana	182,104
NICOLÁS SUÁREZ	Área abierta no afectada	7824,569
	Área abierta posiblemente afectada	13784,124
	Área abierta quemada	39855,290
	Área boscosa con copa afectada	64603,266
	Área de influencia de núcleos urbanos	19962,502
	Área boscosa posiblemente afectada	3955,615
	Bosque aislado	1229,898
	Zona Urbana	929,184

ANEXO IV

Tipo de afectación según zonificación PLUS Pando

Categoría de uso	Tipo de afectación	Superficie (ha)
AREAS NATURALES PROTEGIDAS	Área abierta no afectada	260,857
	Área abierta posiblemente afectada	112,936
	Área abierta quemada	18984,147
	Área boscosa con copa afectada	12667,530
	Área de influencia de núcleos urbanos	40,866
	Área boscosa posiblemente afectada	1786,204
TIERRAS DE USO AGROPECUARIO EXTENSIVO	Área boscosa con copa afectada	662,459
TIERRAS DE USO AGROSILVOPASTORIL	Área abierta no afectada	9246,075
	Área abierta posiblemente afectada	14422,370
	Área abierta quemada	34130,247
	Área boscosa con copa afectada	54444,297
	Área de influencia de núcleos urbanos	18761,027
	Área boscosa posiblemente afectada	9087,539
	Bosque aislado	812,247
	Zona Urbana	949,523
TIERRAS DE USO RESTRINGIDO, CONPROTECCIÓN	Área abierta no afectada	233,091
	Área abierta posiblemente afectada	118,321
	Área abierta quemada	15162,370
	Área boscosa con copa afectada	14292,466
	Área de influencia de núcleos urbanos	279,797
	Área boscosa posiblemente afectada	5656,951
	Bosque aislado	215,969
	Zona Urbana	15,787
TIERRAS DE USO FORESTAL	Área abierta no afectada	835,350
	Área abierta posiblemente afectada	500,619
	Área abierta quemada	11746,412
	Área boscosa con copa afectada	40618,402
	Área boscosa posiblemente afectada	5577,555
	Bosque aislado	101,927

ANEXO V

Tipo de afectación según unidades ambientales

Grupo	Código de unidad	Tipo de afectación	Superficie (ha)
Ia	1	Área abierta no afectada	225,828
	1	Área abierta posiblemente afectada	34,039
	1	Área abierta quemada	1225,419
	1	Área boscosa con copa afectada	1219,654
	1	Área de influencia de núcleos urbanos	225,497
	1	Área boscosa posiblemente afectada	167,792
	2	Área abierta quemada	136,298
	2	Área boscosa con copa afectada	212,254
	2	Área boscosa posiblemente afectada	18,422
	3	Área abierta no afectada	4684,983
	3	Área abierta posiblemente afectada	4908,829
	3	Área abierta quemada	32030,447
	3	Área boscosa con copa afectada	77967,671
	3	Área de influencia de núcleos urbanos	2841,532
	3	Área boscosa posiblemente afectada	8440,401
	3	Bosque aislado	1078,317
	4	Área abierta quemada	586,982
	4	Área boscosa con copa afectada	173,825
	4	Área boscosa posiblemente afectada	69,588
Ib/IIb/c	5/17/18/20	Área boscosa con copa afectada	27,927
IIa	6	Área boscosa con copa afectada	1137,505
	6	Área boscosa posiblemente afectada	315,702
	7	Área abierta quemada	19,086
	7	Área boscosa con copa afectada	68,789
	7	Área boscosa posiblemente afectada	107,465
	6/7	Área abierta posiblemente afectada	42,897
	6/7	Área abierta quemada	307,619
	6/7	Área boscosa con copa afectada	1344,484
IIa/b	6/12	Área boscosa con copa afectada	1498,255
IIb	8	Área boscosa con copa afectada	13,535
	10	Área de influencia de núcleos urbanos	2,083
	8/9	Área abierta quemada	432,140
	8/9	Área boscosa con copa afectada	536,333
	8/9	Área boscosa posiblemente afectada	2,667
	8/9/10	Área abierta posiblemente afectada	1,440
	8/9/10	Área abierta quemada	258,600

Grupo	Código de unidad	Tipo de afectación	Superficie (ha)
	8/9/10	Área boscosa con copa afectada	1507,678
	8/9/10	Área de influencia de núcleos urbanos	142,906
	8/9/10	Zona Urbana	24,283
IIb/c	8/9/11	Área abierta quemada	31,905
	9/10/11	Área boscosa con copa afectada	106,978
	8/9/10/11	Área abierta no afectada	49,984
	8/9/10/11	Área abierta posiblemente afectada	27,154
	8/9/10/11	Área abierta quemada	725,681
	8/9/10/11	Área boscosa con copa afectada	1606,147
	8/9/10/11	Área de influencia de núcleos urbanos	0,205
	8/9/10/11	Área boscosa posiblemente afectada	261,567
	8/9/10/11	Zona Urbana	47,652
IIc	11	Área boscosa con copa afectada	237,455
IId	12	Área abierta quemada	45,825
	12	Área boscosa con copa afectada	287,219
IIIa	14	Área abierta quemada	6,496
	15	Área abierta quemada	4275,101
	15	Área boscosa con copa afectada	854,612
	15	Área boscosa posiblemente afectada	48,022
	13A	Área abierta no afectada	8,132
	13A	Área abierta posiblemente afectada	13,508
	13A	Área abierta quemada	6275,126
	13A	Área boscosa con copa afectada	13542,675
	13A	Área boscosa posiblemente afectada	6234,177
	13A	Zona Urbana	6,175
	13B	Área abierta no afectada	13,721
	13B	Área abierta quemada	272,098
	13B	Área boscosa con copa afectada	230,547
	13B	Área boscosa posiblemente afectada	18,061
	15/13A	Área abierta quemada	110,988
	15/13A	Área boscosa con copa afectada	1239,518
	15/13A	Área boscosa posiblemente afectada	23,692
IIIa/b	13B/18	Área abierta quemada	0,034
IIIa/b/c	13/17/21	Área abierta quemada	29,783
IIIa/b/d	13/17/21	Área boscosa con copa afectada	1282,987
IIIa/d	13/21	Área abierta quemada	5,350
	13/21	Área boscosa con copa afectada	891,638
	13/21	Área boscosa posiblemente afectada	7,017
	13B/21	Área abierta quemada	43,700
	21/13A	Área abierta no afectada	5,505
	21/13A	Área abierta quemada	17,460
	21/13A	Área boscosa con copa afectada	1048,598
IIIa/f	15/25	Área abierta quemada	298,627

Grupo	Código de unidad	Tipo de afectación	Superficie (ha)
	15/25	Área boscosa con copa afectada	298,627
	15/25	Área boscosa posiblemente afectada	88,722
IIIb	17	Área abierta quemada	200,573
	17	Área boscosa con copa afectada	3693,577
	17	Área boscosa posiblemente afectada	1479,097
	18	Área abierta no afectada	544,305
	18	Área abierta quemada	5,976
	18	Área boscosa con copa afectada	895,682
	18	Área boscosa posiblemente afectada	761,031
	17/18	Área abierta quemada	268,148
	17/18	Área boscosa con copa afectada	336,575
IIIb/c	16/19	Área abierta no afectada	182,585
	16/19	Área abierta posiblemente afectada	23,635
	16/19	Área abierta quemada	2,889
	16/19	Área boscosa con copa afectada	5856,565
	16/19	Área boscosa posiblemente afectada	1415,023
	16/19	Zona Urbana	1884,826
	17/18/20	Área abierta no afectada	43,141
	17/18/20	Área abierta quemada	9,377
	17/18/20	Área boscosa con copa afectada	53,549
IIIb/d	17/22	Área abierta no afectada	26,072
	17/22	Área abierta quemada	1,216
	17/22	Área boscosa con copa afectada	120,448
	17/22	Área boscosa posiblemente afectada	478,680
	17/25	Área abierta quemada	20,713
	17/25	Área boscosa con copa afectada	835,342
IIIb/f	18/25	Área abierta quemada	127,294
	18/25	Área boscosa con copa afectada	4495,655
	18/25	Área boscosa posiblemente afectada	332,962
III d	21	Área abierta no afectada	1025,297
	21	Área abierta posiblemente afectada	26,446
	21	Área abierta quemada	145,907
	21	Área boscosa con copa afectada	1647,885
	21	Área boscosa posiblemente afectada	1654,070
	22	Área abierta no afectada	334,890
	22	Área abierta posiblemente afectada	179,902
	22	Área abierta quemada	27,069
	22	Área boscosa con copa afectada	178,013
	22	Área boscosa posiblemente afectada	624,963
	22b	Área abierta quemada	407,129
III e	23/24	Área abierta no afectada	19,731
	23/24	Área boscosa con copa afectada	365,668
	23/24	Área boscosa posiblemente afectada	2928,736

Grupo	Código de unidad	Tipo de afectación	Superficie (ha)
III f	25	Área abierta no afectada	12,437
	25	Área abierta posiblemente afectada	6,310
	25	Área abierta quemada	463,221
	25	Área boscosa con copa afectada	316,999
	25	Área boscosa posiblemente afectada	65,576
IV	26	Área abierta no afectada	4919,996
	26	Área abierta posiblemente afectada	9969,574
	26	Área abierta quemada	13471,311
	26	Área boscosa con copa afectada	5461,792
	26	Área de influencia de núcleos urbanos	16841,836
	26	Área boscosa posiblemente afectada	1475,777
	26	Bosque aislado	187,841
	26	Zona Urbana	980,520
RIO	RIO	Área abierta no afectada	20,131
	RIO	Área abierta quemada	38,594
	RIO	Área boscosa con copa afectada	50,199
	RIO	Área de influencia de núcleos urbanos	3,355

