



OBSERVATORIO
BOSQUE SECO
CHIQUITANO

DIAGNÓSTICO POR
TELEDETECCIÓN DE
ÁREAS QUEMADAS EN
LA CHIQUITANIA



Informe técnico

Ruth Anívarro
Húascar Azurduy
Oswaldo Maillard
Andrea Markos

Edición

Aimara Barrero

Fotografías

Daniel Coimbra
Hermes Justiniano

Revisión

Roberto Vides Almonacid

Santa Cruz 2 diciembre 2019
Bolivia



Con el apoyo de:



Este proyecto está
cofinanciado por
la Unión Europea



Gobierno
Autónomo
Departamental
Santa Cruz

Cita de referencia

Anívarro,R., Azurduy,H., Maillard,O., Markos,A. (2019). Diagnóstico por teledetección de áreas quemadas en la Chiquitania. Informe técnico del Observatorio Bosque Seco Chiquitano, Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano, Santa Cruz, Bolivia, 70 pag.

«La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido es responsabilidad exclusiva de Fundación para la Conservación del Bosque Chiquitano y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea».

Índice

Introducción	8
Metodología	10
Área de estudio	16
Anomalías climáticas y los Megaincendios	18
• Riesgo de incendios	18
• Grandes Incendios Forestales (GIF)	20
Resultados sobre áreas quemadas (AQM) en el Bosque Modelo Chiquitano	26
• Áreas quemadas por municipio	29
• Áreas quemadas en bosques	31
• Áreas quemadas en los diferentes ecosistemas	31
• Áreas quemadas en áreas protegidas	35
• Áreas quemadas en corredores de conectividad	40

• Quemadas y hábitat del jaguar	44
• Áreas quemadas y tenencia de la tierra	49
• Áreas quemadas relacionadas al Plan de Uso del Suelo (PLUS)	55
• Planes Generales de Manejo Forestal (PGMF)	58
• Cuencas hidrográficas afectadas por las quemadas	59
Datos remarcables y comentarios finales	64
Bibliografía	68



Introducción

Entre julio y octubre del año 2019 se registraron en Bolivia uno de los eventos de quemaduras de vegetación más extenso y posiblemente de mayor impacto ecológico de la última década. En el departamento de Santa Cruz (Bolivia), tomando en cuenta los últimos 18 años de recurrencia de incendios durante la época seca (invierno austral), los incendios del año 2019 se los puede considerar como extremos ya que sucedieron en una serie recurrente de fuegos desde julio a octubre, de amplia extensión y gran magnitud. Expertos internacionales en fuego los consideraron “incendios de sexta generación” (Castellnou, M. 2018). Estos fenómenos provocan una gran voracidad de las llamas, las cuales pueden llegar a consumir más de 4000 hectáreas por hora (Castellnou, M. 2018). Sin duda, este tipo de fenómenos indica que los incendios del 2019 pudieron tener un fuerte impacto en los ecosistemas y en los medios de vida de las poblaciones locales. Es por ello que en el presente documento técnico se expone un resumen sobre las anomalías climáticas y la generación de los megaincendios en el oriente de Bolivia.

Las zonas más impactadas en el departamento de Santa Cruz se encuentran en la región de la Chiquitania, afectando principalmente ecosistemas de Bosque Seco Chiquitano, Cerrado, Chaco y vegetación asociada a los humedales del Pantanal. Por lo tanto, es de gran importancia realizar una evaluación de los impactos del fuego en estas zonas.

Este Informe Técnico del Observatorio del Bosque Seco Chiquitano tiene como objetivo realizar una evaluación rápida de los ecosistemas afectados y en las diferentes unidades de conservación, que permita generar un diagnóstico preliminar del impacto de los incendios sobre la integridad del paisaje, teniendo en cuenta las diferentes condiciones de uso y tenencia de la tierra. Los resultados son parte de la cooperación entre la FCBC y el Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz en el marco del Proyecto ECCOS, financiado por la Unión Europea.

Para comprender mejor el nivel de daño sobre la biodiversidad, suelos, fuentes de agua, sistemas de producción y medios de vida de las poblaciones locales, se requiere realizar un análisis in situ en las zonas más afectadas. En ese sentido la FCBC, en colaboración con la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno y el Gobierno Autónomo Municipal de San Ignacio de Velasco, ha realizado dos evaluaciones a escala de sitio: el área protegida ANMMI Laguna Marfil, en el municipio de San Ignacio de Velasco y a escala de un predio productivo forestal y ganadero (Centro de Estudio del Bosque Seco Tropical Alta Vista) en el municipio de Concepción. En el próximo informe se presentarán los resultados de la evaluación de campo de estos dos sitios de estudio.



Metodología

Cicatrices de áreas quemadas

Para esta evaluación rápida se usó información de satélites y herramientas de SIG (Sistemas de Información Geográfica). La base de los análisis lo constituyen las cicatrices de áreas quemadas desde el 9 de Julio al 10 de octubre del 2019. Para contar con la información de las cicatrices de quema, se utilizaron mosaicos compuestos del sensor MODIS, satélites TERRA y AQUA, periodo 8 días. La metodología de análisis ha sido la denominada delta NBR.

La Diferencia Normalizada de Quema (Normalized Burn Difference o NBR) corresponde al recíproco de un algoritmo comúnmente utilizado para medir la humedad a nivel foliar y se calcula con la fórmula:

$$\text{NBR} = (\text{NIR} - \text{SWIR2}) / (\text{NIR} + \text{SWIR2})$$

que para MODIS corresponden a las bandas 2 y 7 (841-876nm y 2105-2155nm). Para medir la severidad de un evento de quema se mide el índice NBR antes y después del evento, la diferencia representa la severidad de la quema de acuerdo a una escala estándar que se ha definido de manera empírica y publicado como referencia generalmente aceptada:

$$\text{delta NBR} = \text{NBR}_{\text{antes}} - \text{NBR}_{\text{después}}$$

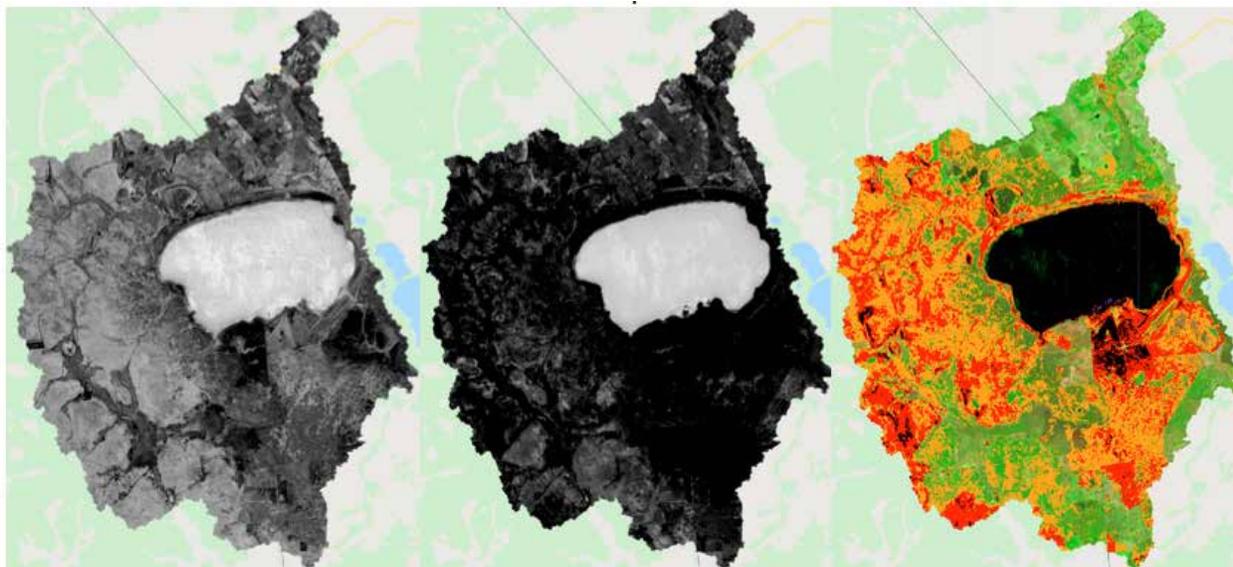
si *delta* se encuentra en un rango entre -0,1 y 0,1 no se considera quemado. A partir de una diferencia de 0,1 para adelante se considera que la gravedad incrementa junto con la diferencia entre NBR después y antes del evento. Un delta de 0,27 marca el umbral para la clasificación de una severidad moderada, 0,44 moderada-alta y 0,66 alta.

Una limitación de esta metodología consiste en que en periodos muy secos hay un proceso natural de deshidratación de la vegetación que podría progresar entre t_0 y t_1 lo suficiente como para generar falsos positivos. Asimismo, un combustible extremadamente seco puede consumirse por completo sin generar una diferencia de NBR muy marcada. Aun así, esta metodología es la más conocida y utilizada en análisis de severidad de quema. El siguiente ejemplo ilustrativo muestra el índice NBR antes y después de los incendios y la severidad de la quema de moderada a alta, en la microcuenca de la Laguna Marfil, en San Ignacio de Velasco.

NBR antes

NBR después

delta NBR



Cobertura natural y ecosistemas

Se creó un mosaico de la cobertura terrestre en base a la clasificación de 27 imágenes satelitales del sensor OLI del 2016 (Landsat 8), las cuales se caracterizan por presentar una resolución espacial moderada de 30m. Estas imágenes satelitales fueron descargadas desde el portal de internet del USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos, <https://earthexplorer.usgs.gov>), con una cobertura nubosa menor al 10%. Las escenas fueron procesadas y clasificadas a través de una combinación de metodologías, programas y herramientas, con ayuda del TerrSet 18.31 (Eastman 2015), IMPACT Toolbox 3.3 (Simonetti et al. 2015) y CLASlite 3.3 (Asner et al. 2009). Usando la clasificación de las imágenes de satélite, se identificaron 36 ecosistemas naturales a partir del mapa de complejos de sistemas ecológicos propuesto por Navarro & Ferreira (2008). Para determinar las áreas antrópicas para el año 2018 se desarrolló un script en Google Earth Engine, empleando el algoritmo predictivo Random Forests. Los resultados fueron evaluados, agrupados y reclasificados con ayuda del programa ArcMap 10.5. Debido a que existió confusión en la clasificación de ciertas áreas antrópicas (áreas urbanas, cultivos, caminos), se realizó una revisión y fueron digitalizadas en pantalla ArcGis. Posteriormente se obtuvieron cuatro clases de coberturas terrestres (bosque, no bosque, antrópico, cuerpos de agua). La clase "bosque" considera formaciones de bosque chiquitano, palmares, bosque amazónico, bosque chaqueño, y sus transiciones. La clase "no bosque" considera formaciones de sabanas arboladas, sabanas inundables, matorrales, abayoy, cerrado, pampa termitero, lajas, vegetación de salares, entre otros.

Hábitat del jaguar

El jaguar (*Panthera onca*) es el depredador terrestre más grande que habita en los bosques tropicales, por lo que su presencia influye de manera significativa en la estructura y función de estos ecosistemas.

El jaguar fue seleccionado para evaluar el impacto del fuego a escala de paisaje, ya que es una especie importante en el mantenimiento de ecosistemas de equilibrio donde ocurre, regulando los tamaños de las poblaciones de sus presas. Como el jaguar necesita grandes áreas para sobrevivir y reproducirse, es una especie paraguas. Al preservar el hábitat del jaguar, todas las demás especies en el ecosistema se benefician por su protección. En este sentido, el jaguar es un buen modelo para identificar corredores y áreas prioritarias de conservación. Se tuvieron en cuenta para este análisis la fragmentación de la cobertura boscosa, la conectividad estructural del paisaje, la distribución potencial del hábitat del jaguar y la identificación de corredores de conectividad para la especie.

Fragmentación

Para cuantificar esta variable se realizó un análisis de la fragmentación de la cobertura boscosa por medio de la herramienta FOS (Escala de Observación Fija) en Guidos Toolbox. FOS calcula la densidad del área boscosa de primer plano, equivalente a FAD (Densidad del Área Forestal), pero a una escala de observación seleccionada por el usuario (Vogt, 2019). En este estudio, la escala de observación de la resolución de píxeles fue de 30 m y la longitud del borde de la ventana móvil cuadrada fue de 105×105 (~10 km²). La imagen de entrada fue preparada en mapa raster binario, con la asignación de: 0 bytes para datos faltantes, 1 byte para la cobertura no boscosa, 2 bytes de primer plano para el bosque y 3 bytes para el fondo (p.e. agua). FOS agrupa el resultado en seis clases de fragmentación desde altamente fragmentadas hasta totalmente intactas: rara (FOS < 10%), irregular (10% ≤ FOS <= 40%), transicional (40% ≤ FOS < 60%), dominante (60% ≤ FOS <= 90%), interior (90% ≤ FOS < 100%), intacto (FOS = 100%). La clase intacto considera los bosques sin ningún tipo de fragmentación.

Conectividad estructural

El análisis de conectividad estructural se realizó aplicando el Análisis de Patrones Espaciales Morfológicos - MSPA (Soille & Vogt, 2009), una técnica de segmentación implementada en GuidosToolbox (Vogt & Riitters, 2017). La imagen de entrada es la misma que en Fragmentación Hipsométrica. MSPA segmenta la máscara de primer plano en siete categorías de patrones mutuamente excluyentes: núcleo (core) o píxeles de primer plano internos más allá de la distancia de borde definida por el usuario desde el límite del fondo de primer plano; borde (edge) o píxeles de primer

plano entre el núcleo y el fondo externo; perforación (perforation) o píxeles de primer plano entre el núcleo y el fondo interno; puente (bridge) o vía de conexión de píxeles de primer plano entre al menos dos áreas centrales separadas; lazo (loop) o vía de conexión de los píxeles de primer plano que se originan y regresan a la misma área central; relicto (islet) o parche de primer plano demasiado pequeño para contener el núcleo; rama (branch) o vía de primer plano conectada en un extremo a borde, perforación, puente o rama. Si bien la intensidad de los efectos de borde puede medirse a medida que se observa la distancia en la que se aprecian cambios en los factores abióticos y bióticos (Murcia 1995), en el análisis con MSPA se consideró el efecto de borde de 30 m como una medida de resistencia representativa.

Hábitat potencial del Jaguar

Con la finalidad de poder determinar la distribución geográfica del jaguar en la Chiquitania, se recopilaron registros de campo y se realizó una predicción del nicho utilizando MaxEnt 3.4.1k (Maximum Entropy Species Distribution Modeling, Phillips et al. 2006), un software que implementa un algoritmo de máxima entropía. Se usaron 364 registros del jaguar para el Departamento de Santa Cruz y áreas circundantes en un radio de ca. 100 km, los cuales proceden de la base de datos compilada para los años 1990-2010 (confiabilidad alta y media) por Wallace et al. (2013), Zeller (2007) y del Centro Geoespacial para la Biodiversidad de Bolivia (CGB, <http://www.museonoelkempff.org/cgb>), que incluyen datos de observaciones directas (observaciones visuales, trampas cámaras) e indirectas (huellas, reportes de ataques a ganado). Además, se adicionaron 14 registros de trampas cámara, registros de huellas o ataques a ganado, sistematizados por la FCBC para el periodo 2018-2019. Se evaluaron las coordenadas, se eliminaron registros duplicados y algunas que se encontraban en áreas antrópicas fueron modificadas y situadas en sitio con cobertura natural cercano al registro (1-2 km). Para la modelación se usaron variables geofísicas, ambientales y socioeconómicas con una resolución espacial de 30 m, para el año 2016. DEM AsterGDEM, pendiente (grados) en base a DEM, temperatura anual en base a WorldClim (<https://www.worldclim.org/>), precipitación media anual base a WorldClim, cobertura boscosa (área núcleo de MSPA), cobertura no boscosa (área núcleo de MSPA), distancia euclidiana a áreas urbanas, distancia euclidiana a las áreas agropecuarias en base a datos de la ABT (<http://geoabt.bolivia.bo/>), distancia euclidiana a caminos categorizados (primarios y secundarios) en base a OpenStreetMap, distancia euclidiana a cuerpos de agua. Se utilizó un bootstrap de 1.000 repeticiones con el 20% de los datos como muestras de entrenamiento para crear un mapa de la probabilidad de ocurrencia de jaguar en una escala logística (donde 0 indica que no hábitat adecuado y 1 alta idoneidad del hábitat). Los resultados generados por MaxEnt fueron evaluados acorde a la curva ROC/AUC (Curva Operada por el Receptor/ Área bajo la curva) y pruebas Jackknife para medir el efecto de cada variable utilizada. En base a los registros se definió un umbral de corte en base al promedio obtenido por MaxEnt por encima de 0,014.

Corredores de las poblaciones de jaguar

La conectividad de las poblaciones del jaguar fue determinada con la herramienta Linkage Mapper 2.0.0 para ArcGis (<http://www.circuitscape.org/linkagemapper>), la cual determina los enlaces de menor costo de rutas de movimiento entre las áreas núcleos, en este caso las áreas protegidas. En este análisis se creó un mapa de resistencia con una combinación de valores de hábitat (0-1) proporcional a la resistencia (0-100), es decir, una medida de la dificultad de los jaguares que se mueven a través de un lugar particular en el paisaje (McRae et al. 2013). Este mapa se elaboró con la herramienta Gnarly Landscape Utilities 0.1.9 para ArcGis (<https://circuitscape.org/gnarly-landscape-utilities>), usando mapas de elevación en nueve rangos de 500 m, pendiente en cuatro rangos (0-25°, 25-45°, 45°-75°, >75°), cobertura terrestre (bosque, no bosque, agua, antrópico, urbano), y red caminera caminos (primarios, secundarios, terciarios). Se realizaron modelaciones para determinar las rutas de conectividad (cost weighted) entre áreas protegidas de carácter nacional, departamental, municipal e indígena. El resultado de Linkage Mapper fueron conectores a los cuales se les asignó en ArcGis un área de amortiguamiento de 12 km a cada lado en base al tamaño promedio del rango de hogar de jaguar hembra (McBride & Thompson 2018).

Tenencia de la tierra

De acuerdo a la información disponible del INRA, se clasificaron los datos de tenencia de la tierra en base a dos criterios: 1. Considerando los nombres de parcelas de acuerdo si se indica comunidad, propiedad privada, TCO/TIOC, Tierra Fiscal u otros. 2. En los casos donde no estaba claro el primer criterio, un segundo criterio fue considerar las columnas dadas por el INRA denominadas "Clase titulación", "Calificación", "Clasificación", donde especifica si es comunaria, empresarial, tierra fiscal u otras lo cual permite determinar una asignación de tenencia. Solo en el caso en el cual no se identificaba nombre de parcela ni tampoco claridad en la clasificación del INRA, se colocó la categoría "Sin especificar". De esta clasificación, se obtuvieron 10 clases:

- **Comunidad:** Incluye comunidades campesinas, indígenas y aquellas que solo indican "comunidad" sin especificar el tipo.
- **Privado:** Incluye todos los predios privados, ya sea asignado a personas físicas o jurídicas individuales, sindicatos y colonias menonitas.
- **TIOC:** Corresponde a los polígonos que pertenecen o están con la categoría de Territorios Indígenas.
- **Tierra fiscal:** Todos los polígonos que indican Tierra Fiscal o Área Fiscal

- **Cooperativa de servicios públicos:** Se tratan de registros asignados a cooperativas de electrificación, plantas de tratamiento de agua, tomas de agua, otros. Todos relacionados a servicios de agua y luz.
- **Fuerzas armadas:** Corresponde a los polígonos asignados a las fuerzas armadas, cuarteles y todo lo relacionado a este tipo de actividad.
- **Municipalidad:** Contempla unidades educativas, áreas verdes, vertederos, mercados y otros equipamientos asignados como municipales.
- **Aeropuerto:** Sitios correspondientes a pistas de aterrizaje y su área de infraestructura.
- **Área urbana:** Lo referente de los polígonos de la mancha urbana de ciudades y poblados.
- **Por sanear:** Polígonos señalados en la base de datos como "por sanear"
- **Sin especificar:** Aquellos polígonos que no tenían nombre de predio y las clasificaciones dadas por el INRA no hacen mención a nada específico.

Por otro lado, tomando en cuenta solo las clases "Privado" y "Comunidad", se adicionó un nuevo atributo para detallar estas dos categorías con el objetivo de conocer a mayor detalle el tipo de actores que se encontraron en ambas categorías. Para el caso de la categoría de "Privado", se obtuvieron la clasificación de "particular, colonia menonita, sindicato agrario, sindicato campesino, cooperativa/colonia, asociación de ganaderos, asociación de pequeños productores, asociación de recolectoras. En el caso de la categoría "Comunidad", las clases encontradas fueron: comunidad campesina, comunidad indígena, comunidad originaria campesina y las que genéricamente se menciona como "comunidad".

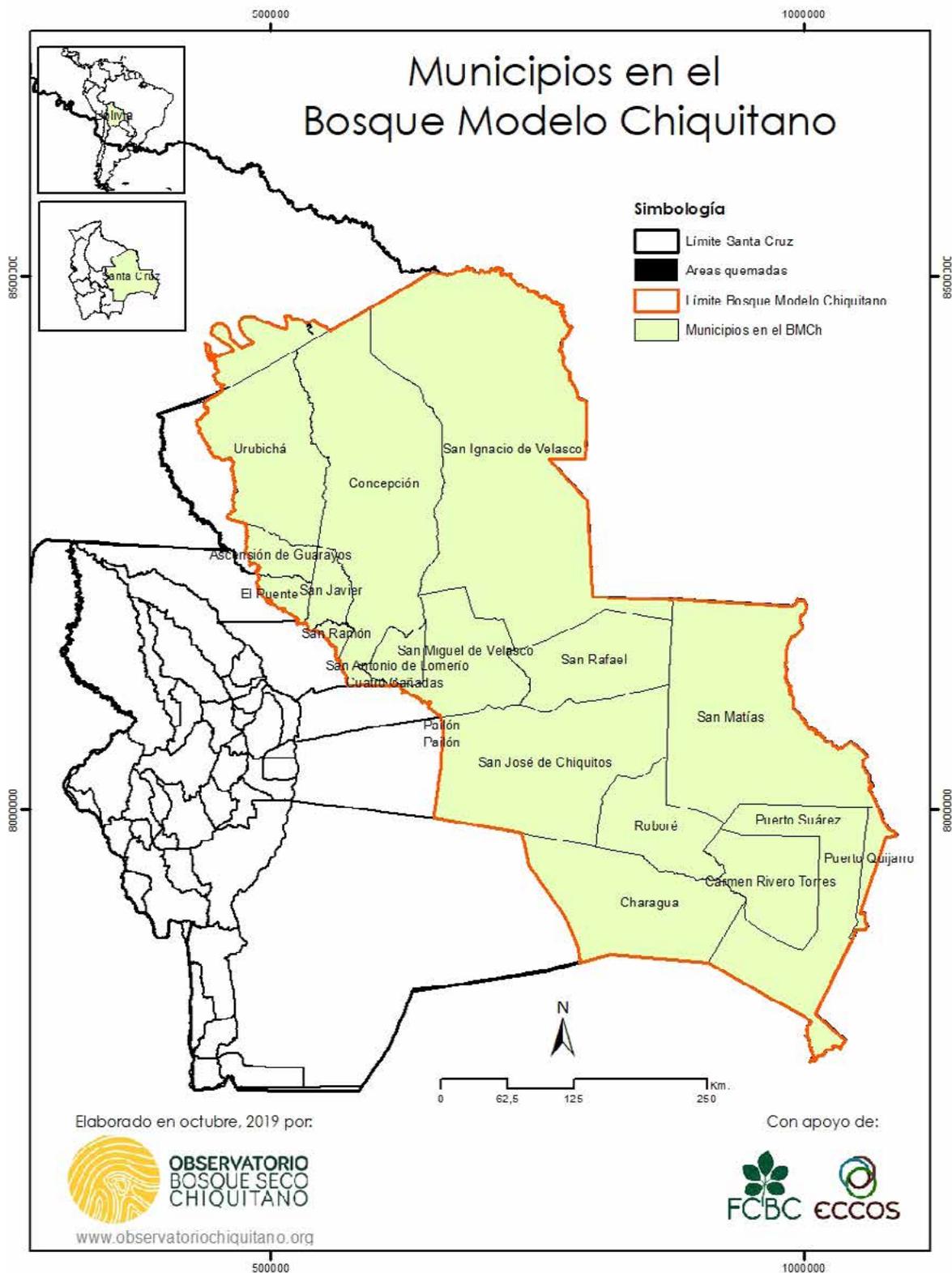
Área de Estudio

Si bien los incendios abarcaron varias zonas del departamento de Santa Cruz, para este informe se tomó como área de estudio la Chiquitania usando como referencia el polígono del Bosque Modelo Chiquitano (BMCh)¹ (Mapa 1), el cual está conformado por 19 municipios del departamento de Santa Cruz (tabla 1). Todos los municipios se incluyen en un 100%, exceptuando Charagua que solo se encuentra el 21% en el BMCh, El Puente el 19% y Ascensión de Guarayos solo un 27%. La superficie total del BMCh es de 21.984.919 hectáreas, pero en la parte del departamento de Santa Cruz se encuentran 21.601.997 hectáreas que representan 98,25% del total del Bosque Modelo Chiquitano, superficie sobre la cual se realizaron todos los cálculos expuestos en el presente informe.

Municipio	Provincia	Hectáreas
San Miguel de Velasco	José Miguel de Velasco	890.008,02
San Rafael	José Miguel de Velasco	981.579,98
San Ignacio de Velasco	José Miguel de Velasco	4.895.926,41
Concepción	Ñuflo de Chávez	2.849.738,39
San Javier	Ñuflo de Chávez	230.061,47
San Ramón	Ñuflo de Chávez	60.951,49
San Antonio de Lomerío	Ñuflo de Chávez	233.842,61
Cuatro Cañadas	Ñuflo de Chávez	1.746,58
Pailón	Chiquitos	580,91
Roboré	Chiquitos	767.339,33
San José de Chiquitos	Chiquitos	2.250.588,83
San Matías	Angel Sandoval	2.709.309,63
Charagua	Cordillera	1.542.981,84
Carmen Rivero Torres	Germán Busch	803.688,40
Puerto Quijarro	Germán Busch	141.055,54
Puerto Suárez	Germán Busch	1.473.653,02
El Puente	Guarayos	149.672,03
Urubichá	Guarayos	1.389.696,12
Ascensión de Guarayos	Guarayos	228.558,30

● **Tabla 1.** Lista de municipios en el Bosque Modelo Chiquitano.

¹ Bosque Modelo Chiquitano es una plataforma de concertación, de participación voluntaria, que promueve la cultura del diálogo, la gestión del territorio, generando soluciones en red, buscando incrementar las oportunidades de desarrollo sostenible y la reducción de la pobreza. El Bosque Modelo Chiquitano forma parte de la Red Internacional de Bosques Modelo y de la Red Latinoamericana de Bosques Modelo desde el año 2005.

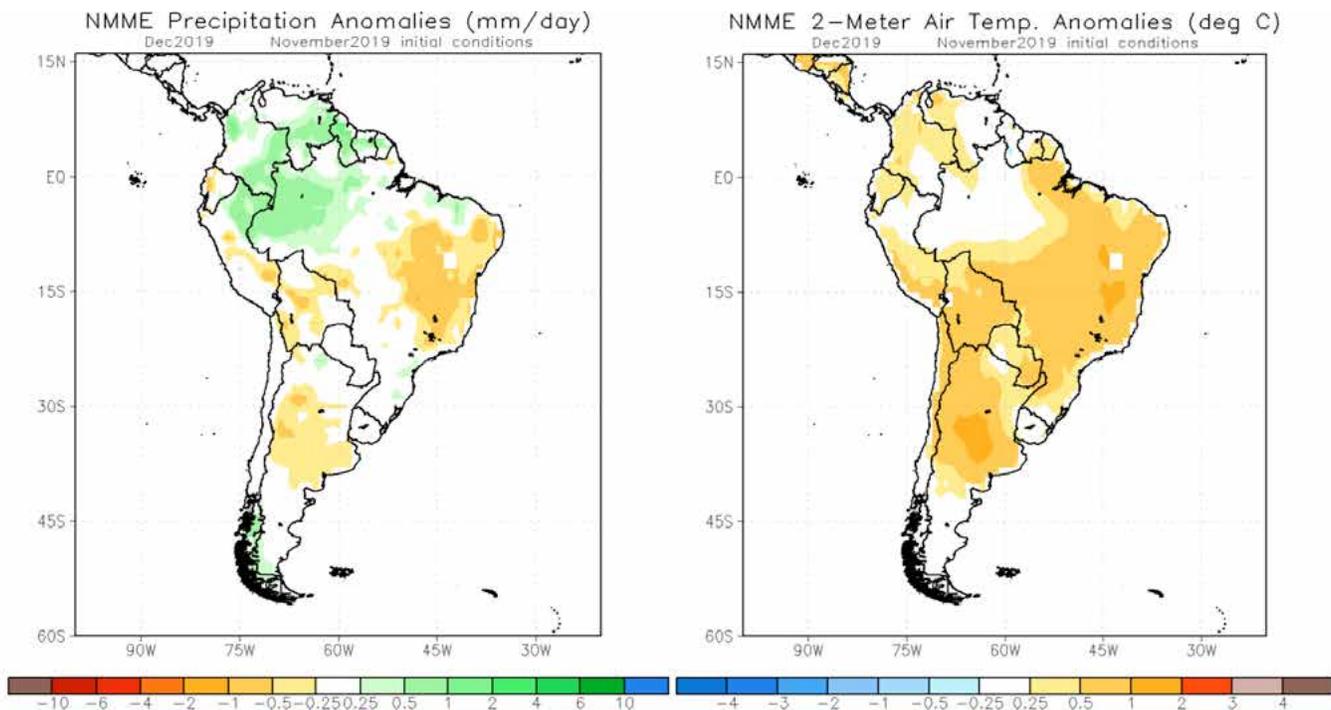


● **Mapa 1** Municipios que se encuentran en el Bosque Modelo Chiquitano.

Anomalías climáticas y los Megaincendios

Riesgo de incendios

Durante los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del año 2019 se han registrado anomalías climáticas favorables al desarrollo de los incendios. Las bajas precipitaciones y altas temperaturas previstas por los modelos de predicción del clima del NOAA² han ocurrido durante el período crítico de los fuegos en la región. De igual manera los pronósticos actuales predicen un mes de diciembre más seco y más caliente de lo normal, con un riesgo latente de incendios superior a lo normal para la época. Las anomalías se prevén también para los primeros meses de 2020. Es recomendable extremar las cautelas a la hora de utilizar el fuego en las labores del campo una vez se levante la pausa ambiental dictada por el Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz.



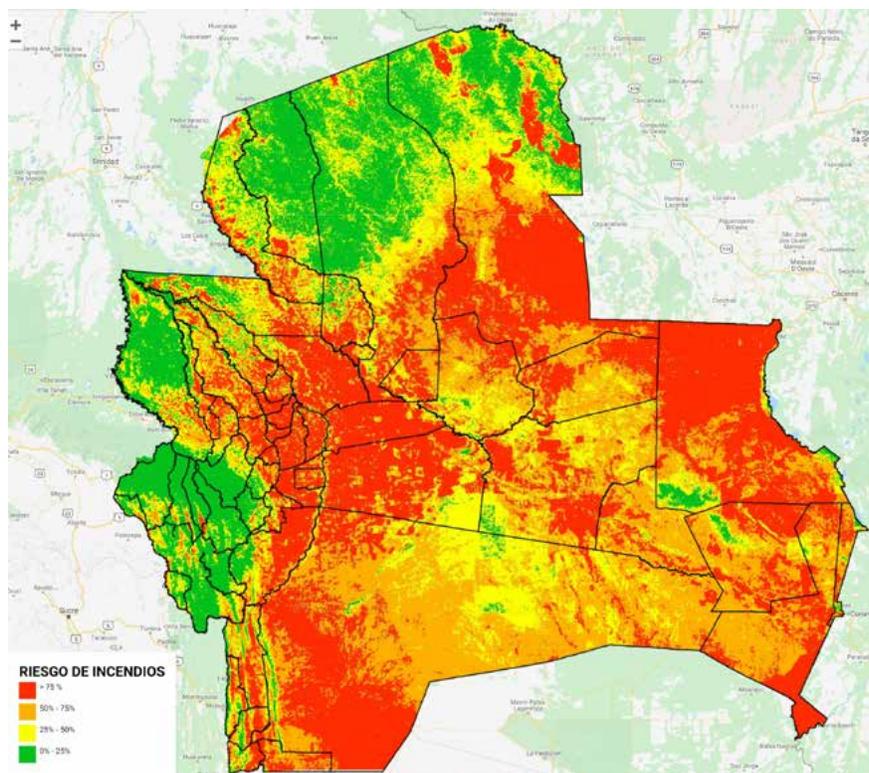
- Pronóstico de anomalía en precipitación y temperatura 12/2019

² Administración para el Océano y la Atmósfera, agencia científica gubernamental de EEUU (<https://www.noaa.gov/>)

Más allá de las anomalías climáticas del año en curso resulta evidente que las áreas mayormente afectadas por el fuego han sido aquellas que ya cuentan con un historial de quema en años recientes (desde 2001) y con potencial agrícola (pendiente y altitud). Estas y más variables han sido probadas para desarrollar un modelo predictivo que explica razonablemente bien las áreas quemadas en 2019, pudiéndose prever en buena medida el riesgo de incendio en base a características históricas, fisiográficas y a las condiciones actuales climáticas y de la vegetación.

El Observatorio del Bosque Seco Chiquitano ha desarrollado este modelo predictivo que se actualiza automáticamente conforme se cuente con nuevos datos de las variables. El modelo logístico binario muestra un buen ajuste para un R² de 33%. La precisión podría mejorarse ensamblando modelos predictivos obtenidos con distintos algoritmos. Sin embargo, las variables con poder predictivo continuarían siendo mayormente las que se conocen (historial de quemas, aptitud para mecanización agrícola, etc.) indicando condiciones estructurales ampliamente predecibles que requieren una gestión del riesgo de incendio a escala de paisaje.

El modelo probabilístico ha sido finalmente utilizado para describir el riesgo de incendio utilizando un valor representativo del mes de mayor riesgo (septiembre) de todas las variables disponibles para el periodo 2010-2019. Es decir que a continuación se muestra el gráfico con la importancia de los predictores y el mapa de riesgo "típico" para el mes de septiembre.



● **Mapa 2** Riesgo de incendio en el mes de septiembre (medias de la década 2010-19)

Grandes Incendios Forestales (GIF)

Para comprender mejor lo ocurrido en la Chiquitania durante el 2019, es útil conocer las escalas y tendencias de los incendios forestales a nivel global y regional. Si bien una dimensión de los incendios forestales lo constituye la superficie del área que logran afectar, hay otra dimensión vinculada con su intensidad. Considerando esta segunda dimensión, se ha venido desarrollando una taxonomía de los GIF según su intensidad, de ahí que se conocen categorías que van desde los incendios de primera generación registrados en los años '50 y que serían los de menor rango en términos de escala, hasta los de sexta generación que comienzan a ser registrados, a nivel global, a partir del 2016 (Castellnou, 2018).

Según Castellnou (2010) los incendios forestales están evolucionando y modificando el régimen actual de los incendios, generando incendios forestales cada vez más intensos e inalcanzables para los medios de extinción conocidos.



Los incendios más extremos denominados de sexta generación, pueden presentar en un futuro consecuencias sociales, económicas y ambientales hasta ahora desconocidas, como ya se ha podido observar que ha ocurrido en los últimos incendios de Grecia (2000, 2007, 2009 y 2018), Portugal (2003, 2005 y 2017), Italia (2017), Francia (2003 y 2017) o España (2006, 2009, 2017), u otros países o regiones como Canadá (2016), Chile (2017) o California (2017 y 2018).

Los nuevos megaincendios, a nivel global, están provocando decenas de víctimas mortales, cientos de heridos, miles de evacuados e incuantificables daños materiales y ambientales. En este contexto, los GIF se han convertido en una prioridad ya no desde el punto de vista ambiental como hasta ahora, sino desde el punto de vista de la protección civil, ya que cada vez son más frecuentes en las zonas en las que confluyen la superficie forestal y la urbanización, lo que se denomina interfaz urbano-forestal, esto supone un gran riesgo para la seguridad ciudadana. En la actualidad, los Grandes Incendios Forestales han pasado de ser un problema forestal a convertirse en una emergencia social.

Algunos de estos incendios de sexta generación liberan tal cantidad de energía que son capaces de modificar la meteorología de su entorno generando columnas de convección que al enfriarse en altas capas de la atmósfera se desploman en forma de "tormenta de fuego" que multiplica los focos y extiende las llamas a una gran velocidad.

El umbral de la capacidad de extinción está en una intensidad de 10.000 kilovatios/m, los incendios de sexta generación como el de Portugal, por ejemplo, alcanzaron una intensidad media de 138.000 kW/m y un pico de 238.000 (Castellnou, 2018). Esto evidencia de que estamos ante una nueva generación de incendios claramente vinculados al cambio climático y que provocan auténticas tormentas de fuego (WWF, 2018).

De todos ellos, los incendios de sexta generación son los más difíciles de controlar, los que tienen la máxima cantidad de combustible y que se encuentran con atmósferas radicalmente calientes e inestables. Son propensos a este tipo de eventos los ecosistemas sometidos a un fuerte estrés tanto climático como de pérdida de integridad ecológica por la degradación y fragmentación (Castellnou, 2018) y a una tipología de incendios cuya libre intensidad permite dominar la meteorología del área envolvente, creando condiciones extremas de tempestad y propagación (Salgueiro *et al.*, 2018). Un ejemplo de este tipo de incendios es el ocurrido en California, donde la catástrofe de Paradise, ha superado al de Portugal de junio y octubre del 2017 (Salgueiro *et al.*, 2018).

Megaincendios o de Sexta Generación en la Chiquitania

El área de influencia del municipio de Roboré, provincia de Chiquitos, en una franja situada hacia el sureste y correspondiente al municipio y provincia de Charagua, se han registrado al menos 5 eventos extremos de tormentas de fuego y que han formado Pirocumulonimbus. Dichos eventos corresponden al 18 y 25 de agosto, y al 7, 19 y 24 de septiembre (Mapas 3 y 4).

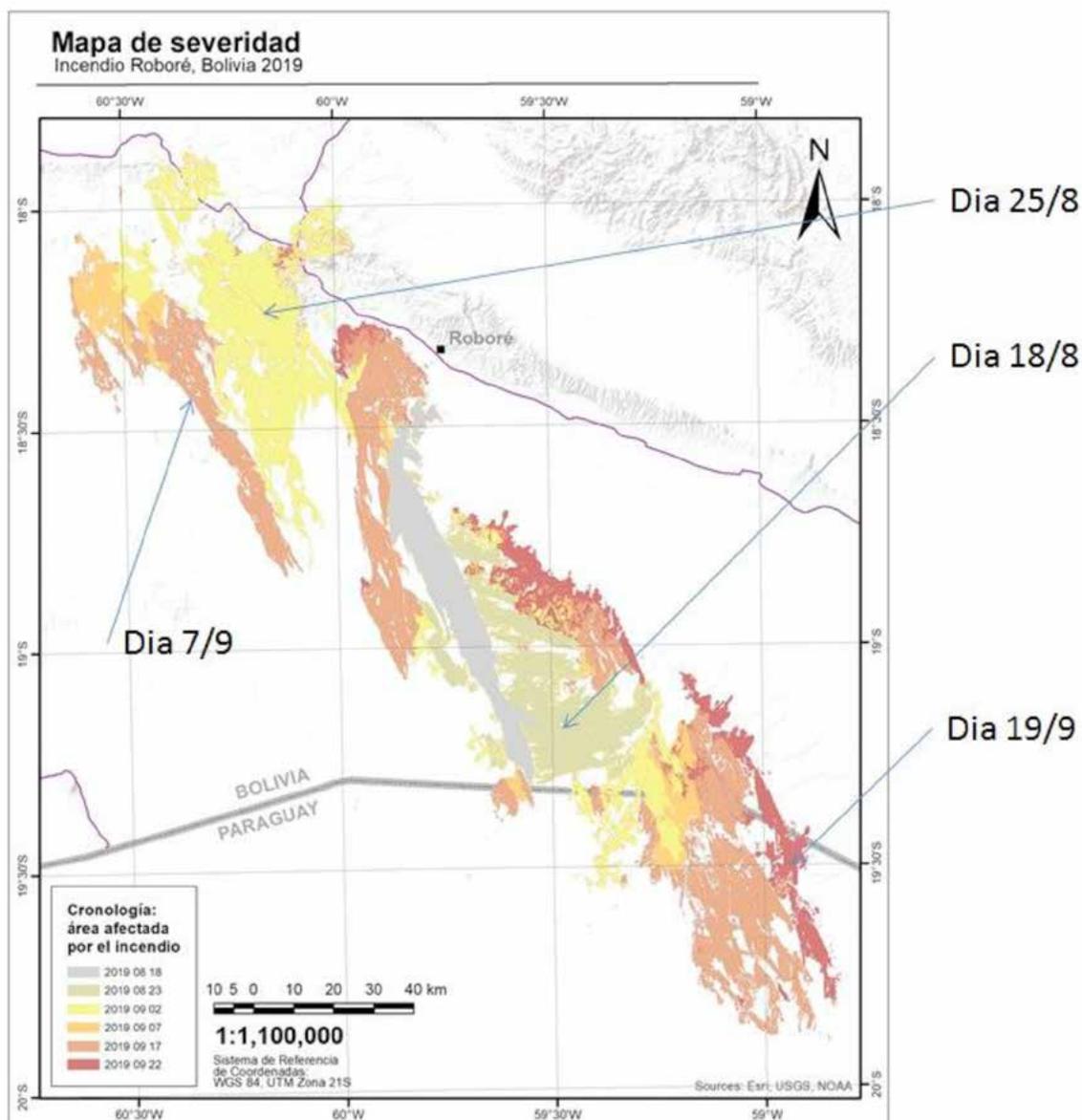
El pirocumulo (PyroCu): Es una nube cúmulo formada por un aumento térmico de un fuego.

El pirocumulo puede pasar a su vez a un pirocumulonimbus (PyroCb).

Pirocumulonimbus (PyroCb): Es una manifestación extrema de una nube de pirocúmulos, generada por el calor.



Un grupo de expertos de 5 países (España, Argentina, Estados Unidos, Chile, Italia) que trabajaron durante 60 días durante el período de máximos incendios en la Chiquitania, publicó un reporte (Castellnou et al., 2019) que recoge la experiencia durante el seguimiento tanto satelital como en terreno de estos eventos. Algunas citas de este reporte se muestran seguidamente, para dar una idea general de los fenómenos ocurridos en la región.



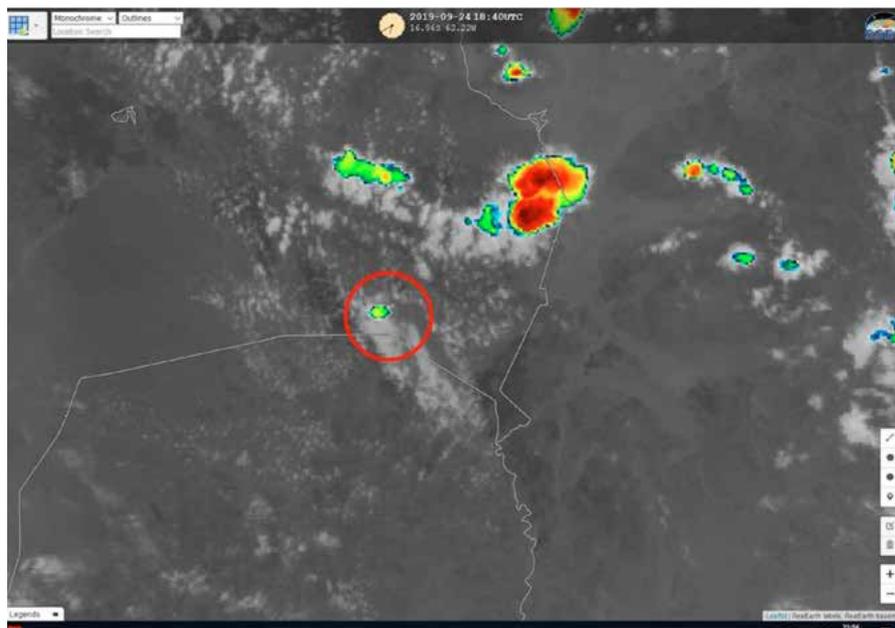
● **Mapa 3** Severidad de incendios en el sector sur de la Chiquitania y ubicación espacial y temporal de los eventos de Incendios de sexta generación en los que se detectaron *Pyrocumulonimbus* o “tormentas de fuego” (Gentileza de Marc Castellnou).

“El 18 de agosto atrajo nuestra atención eventos extremos en forma de varios pirocúmulos (PyroCu), sobre Chiquitania (Bolivia), así como pirocumulonimbos (PyroCb). Después del evento de Argentina en 2018, este fue el segundo PyroCb visto en tiempos modernos en América del Sur, aunque el grupo de expertos considera que es el tercero, con el registrado en Las Maquinas en Chile (2017).”

Uno de los eventos de mayor magnitud que registró el equipo en la Chiquitania fue el 7 de septiembre de 2019, las impresiones del equipo de expertos:



- Imagen de PyroCu del día 9 septiembre (izquierda) y de PyroCb en formación del 8 septiembre (derecha) en la zona de Roboré, Bolivia (Fotos de OFDA, proporcionado por Marc Castellnou)



- **Mapa 4** Evento de Pirocumulonimbus registrado al sur cerca de la frontera con el Paraguay, en fecha 24 de septiembre de 2019 (Gentileza de Marc Castellnou).

A large volcanic eruption is shown, with thick, billowing plumes of ash and smoke rising into the sky. The plumes are dark grey and black, with some lighter, yellowish-brown ash visible. The eruption is intense and widespread, covering a large area of the sky.

"El PyroCb fue grande e intenso. Todos estábamos en estado de shock; era predecible, pero estaba sucediendo frente a nosotros y podíamos monitorear paso a paso. Los frentes de incendios estaban entregando una tasa sostenida de propagación (ROS) de 7 Km / h bajo el tercer PyroCb del mes, mucho más poderoso que el del 18 de agosto. Era un PyroCb gigante sin humedad extra, pero fuertes vientos y en la parte superior la temperatura cae a -53° Celsius según la imagen de Goes16."

"Como parte del proceso, el equipo que estaba monitoreando e informando desde lejos la situación, basada en modelos y datos satelitales, se integró con aquellos que estaban en campo y necesitaban análisis para comprender lo que estaba sucediendo, cómo estaba sucediendo y que esperar."

Resultados sobre áreas quemadas (AQM) en el Bosque Modelo Chiquitano

De acuerdo a los análisis de quema desde el 9 de julio hasta el 10 de octubre 2019, se ha podido medir 3.893.787 hectáreas quemadas que equivale a un 18% del total de la superficie del Bosque Modelo Chiquitano (Mapa 5). Por otro lado, en la (Figura 1A) se muestra el histórico de áreas quemadas desde el año 2005 hasta el año 2019.

De acuerdo a los datos de áreas quemadas por año (Figura 1 A) se puede apreciar que el año 2010 fue uno de los más altos, sin embargo, entre los meses de agosto y octubre del 2019, la superficie de quemas superó en 21% al año 2010, además que este año el impacto fue mayor debido a que se consideran incendios, en algunos sectores de la Chiquitania, de sexta generación (ver tabla 2). Durante los últimos 8 años, después del 2010, el promedio de quemas fue de 498.452 hectáreas con un máximo de 824.000 hectáreas el año 2012 y un mínimo de 122.545 hectáreas el año 2014. La superficie quemada al 2019 respecto al 2018, tuvo un incremento de 603% (Figura 1C).

Figura 1A Evolución Anual Quemadas (ha)

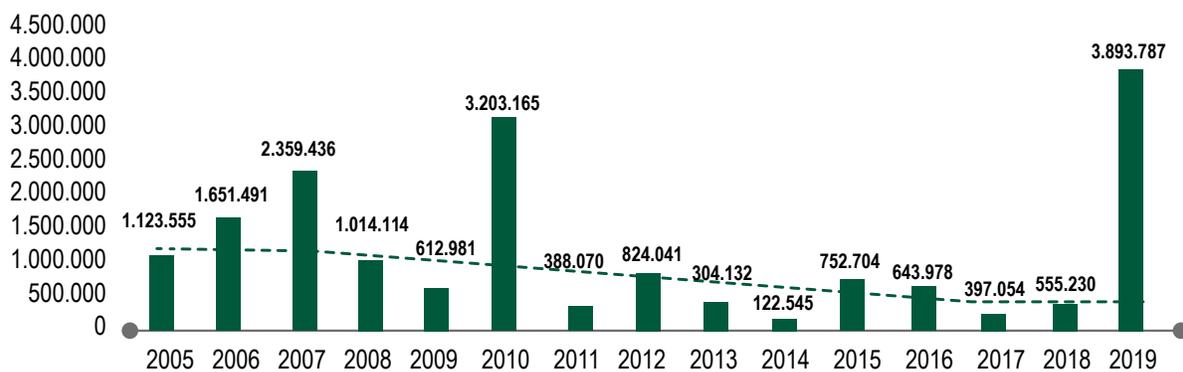


Figura 1B Evolución Anual % Quemado de BM

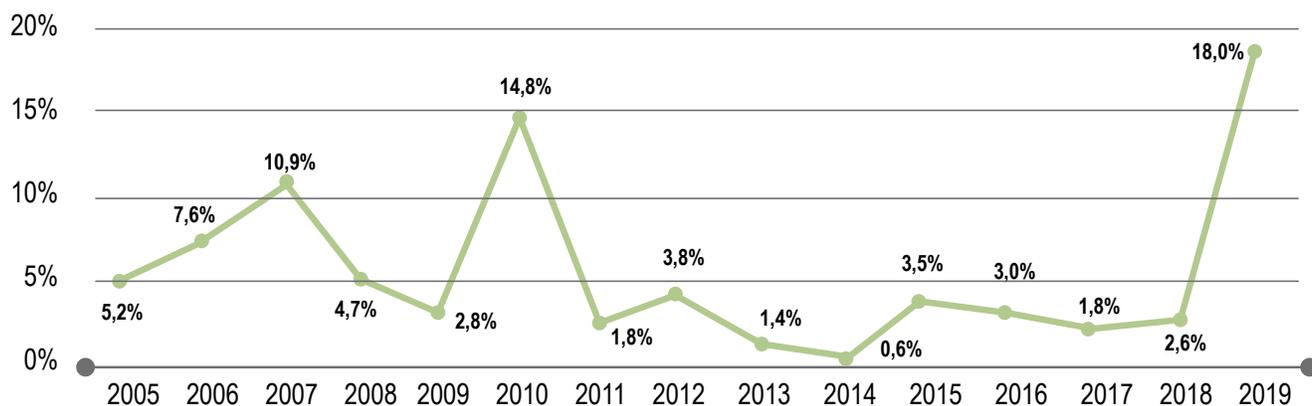


Figura 1C Variación Anual (%)

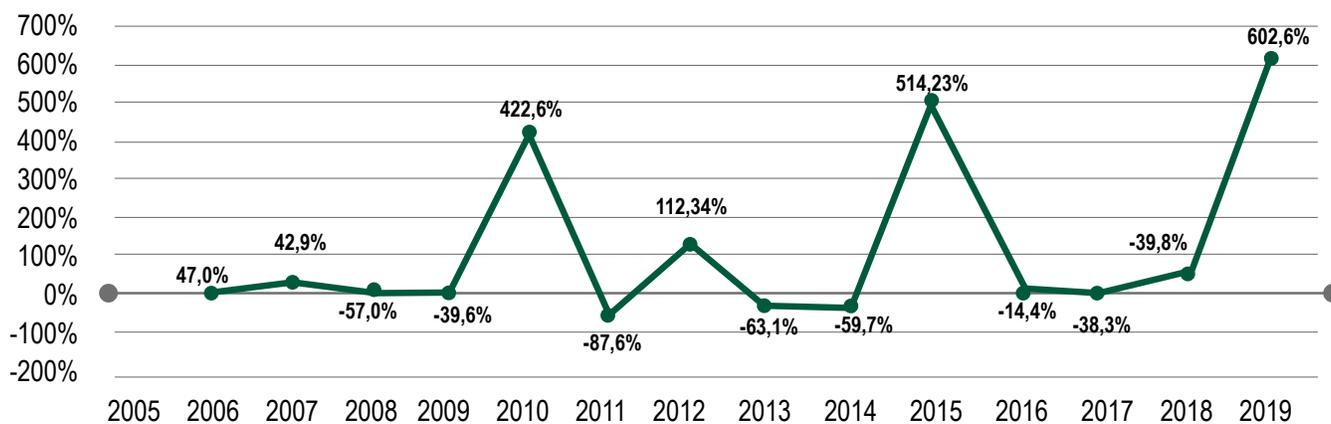
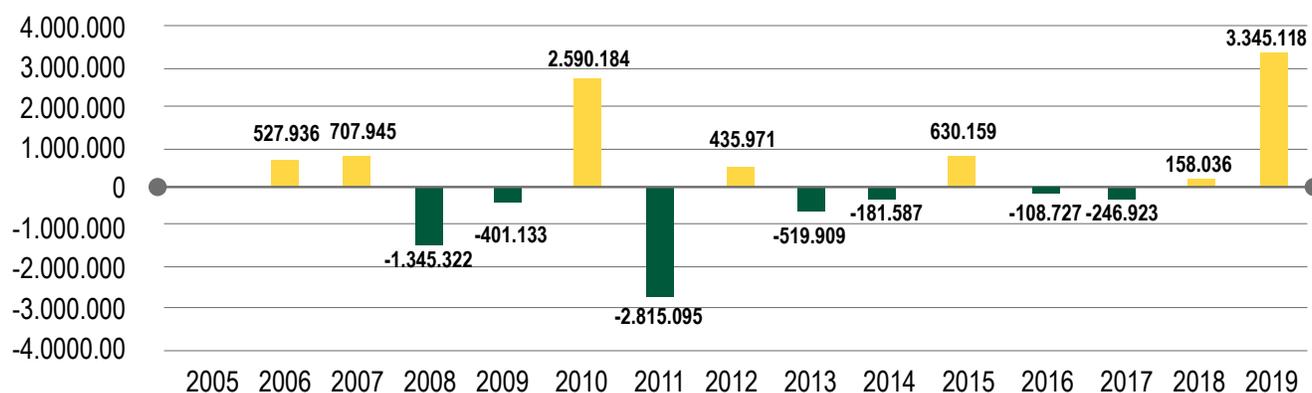
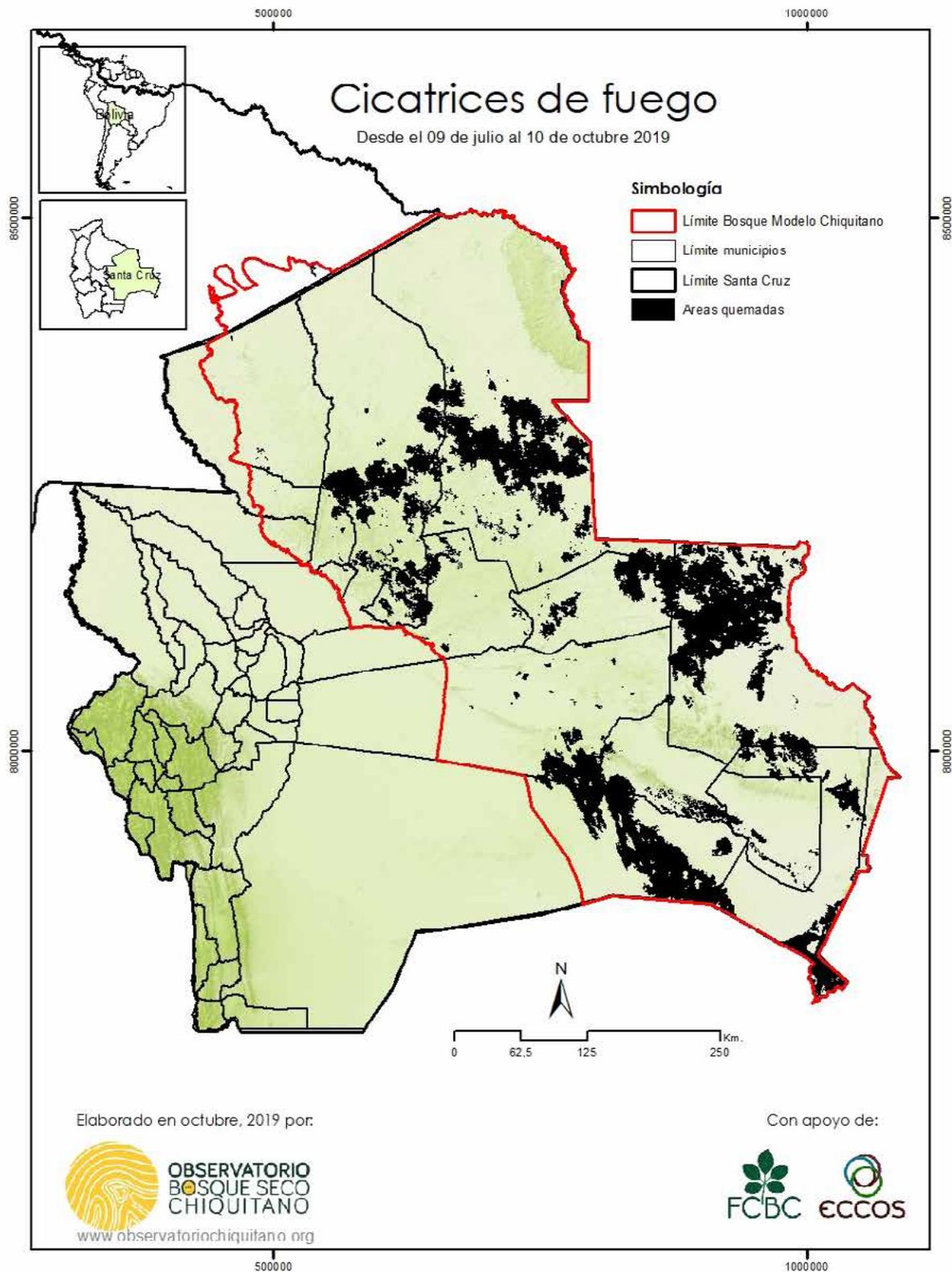


Figura 1D Diferencia año a año (Ha)

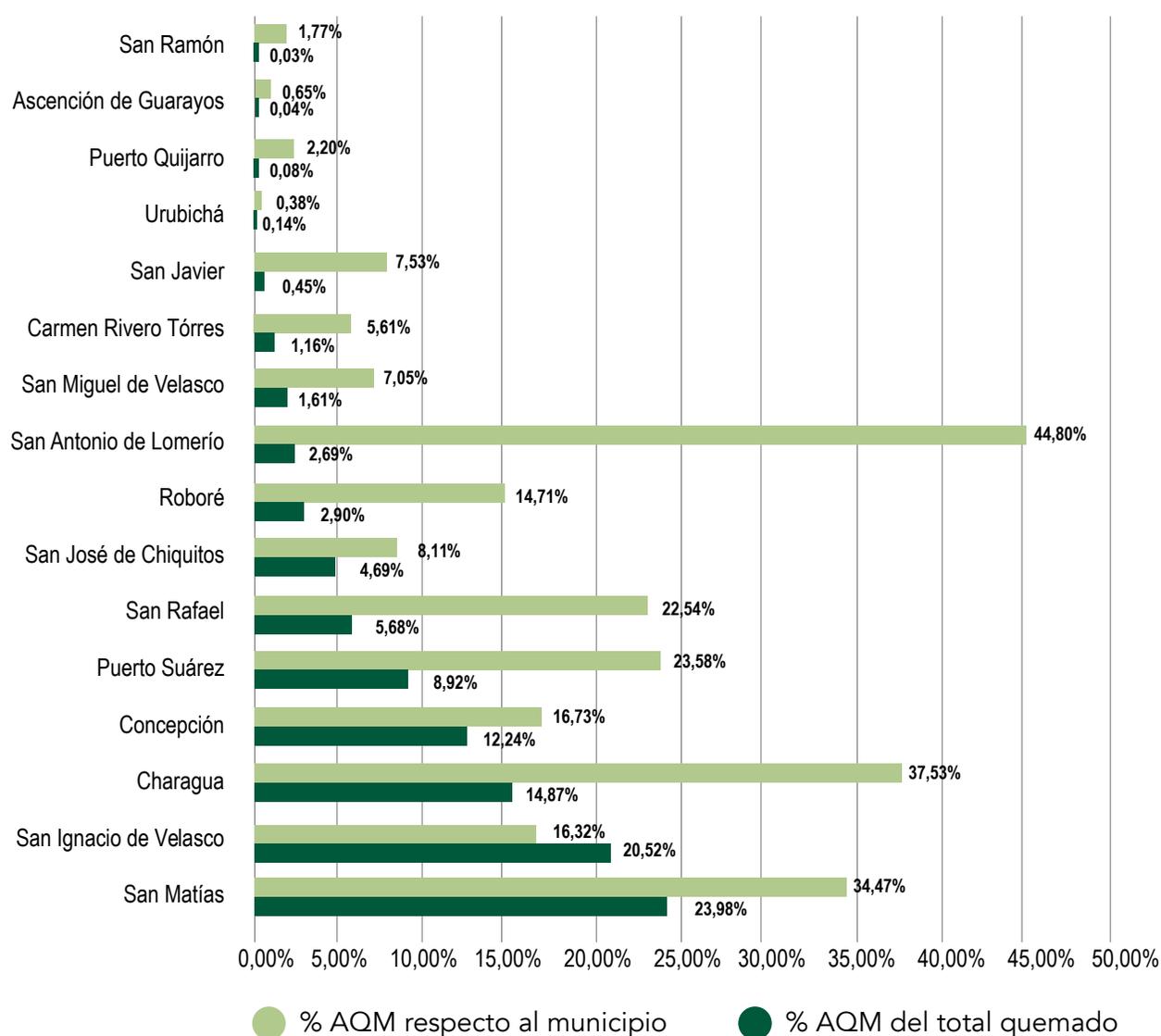




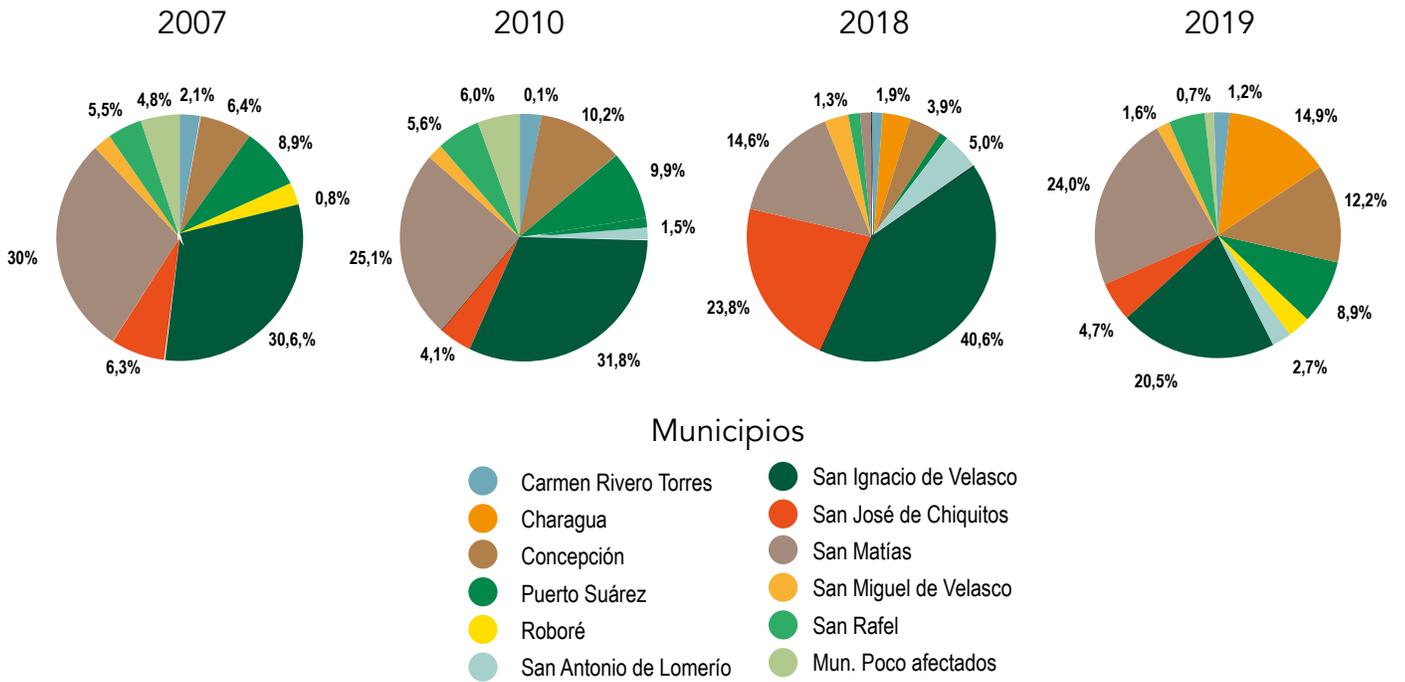
● **Mapa 5** Áreas quemadas en el área del Bosque Modelo Chiquitano

Áreas quemadas por municipio

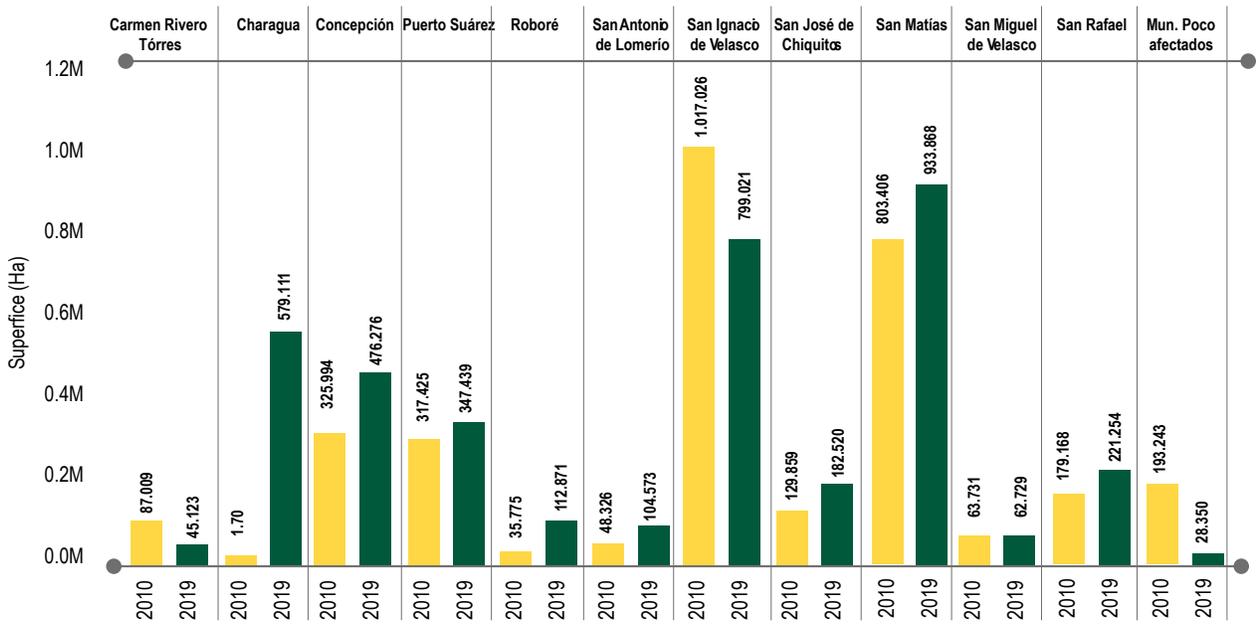
En la Figura 2 y Mapa 5, se muestran las superficies quemadas por municipio. De acuerdo a los datos calculados, el municipio con mayor superficie quemada en el año 2019 fue San Matías con 933.868 hectáreas que equivalen a un 24% del total quemado y un 34% de la totalidad de superficie del municipio. Otro de los municipios más afectados en la zona que corresponde al BMCh fue el municipio de San Ignacio con 799.021 hectáreas que equivalen a 20% del total quemado y un 16% del municipio.



● **Figura 2** Municipios afectados por el fuego el año 2019



● **Figura 3** Áreas quemadas por municipio en los años 2007, 2010, 2018 y 2019.



● **Figura 4** Áreas quemadas por municipio de los dos años más alarmantes (2010, 2019)

Áreas quemadas en bosques

En el BMCh existen 17.355.744 hectáreas de bosques y 2.826.778 hectáreas de pastizales, cerrado, campo rupestre, lajas, etc, catalogados como “no bosque”, de las cuales desde julio a octubre 2019 se afectaron 2.892.024 hectáreas de bosque que corresponde al 74% del total quemado y 907.130 hectáreas que equivale a un 23% en “no bosque”. En cuanto a las áreas antrópicas (principalmente de uso agropecuario) representan tan solo el 3% del total de las quemas (tabla 3, Mapas 6).

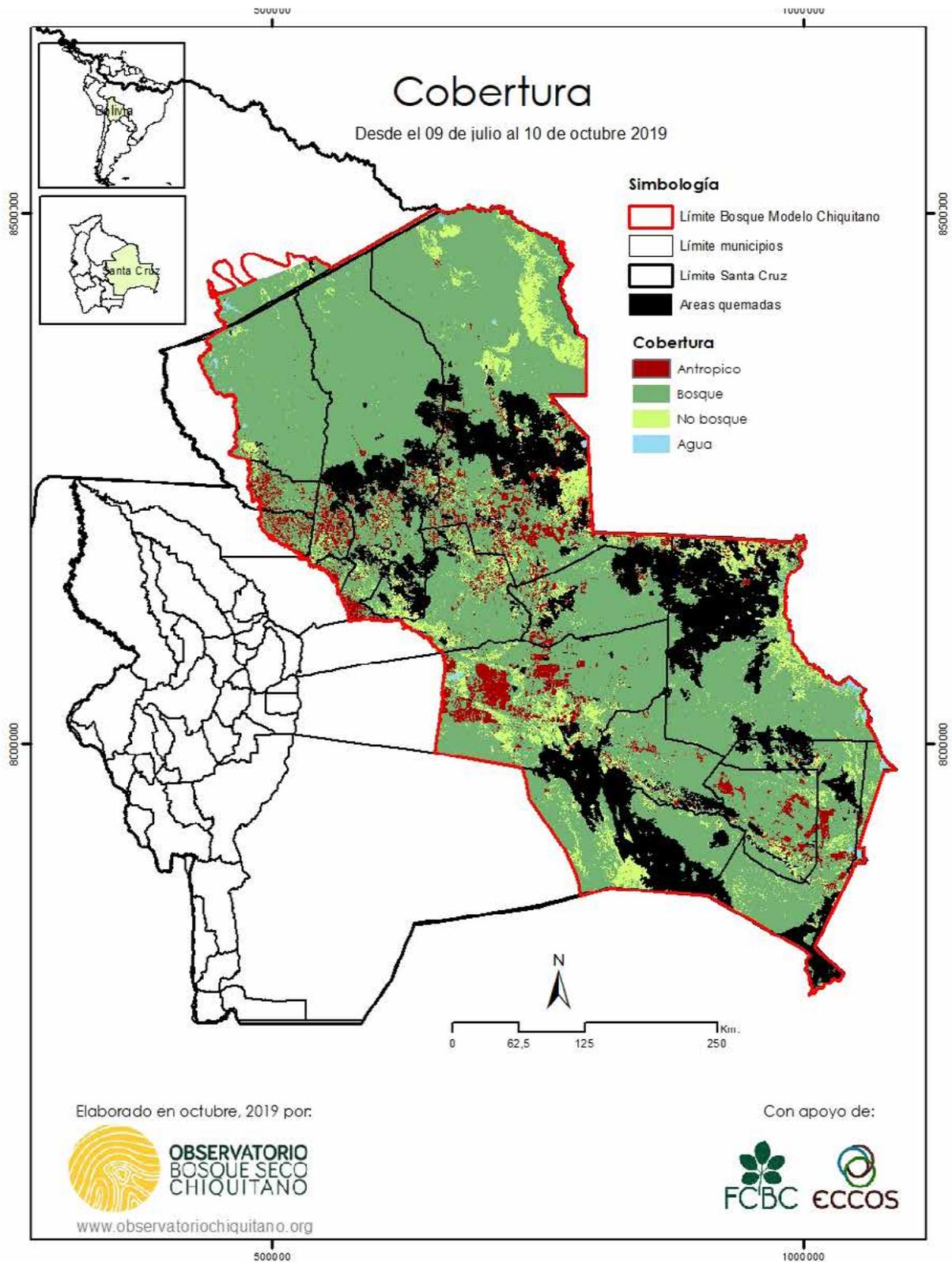
Cobertura	Superficie (ha)	Sup. área quemada (ha)	% área quemada
Bosque	17.355.744	2.892.025	74,1%
No Bosque	2.826.778	907.130	23,2%
Antrópico	1.307.935	99.506	2,5%

● **Tabla 3** Superficie de impacto de las quemas en las áreas de bosque y no bosque.

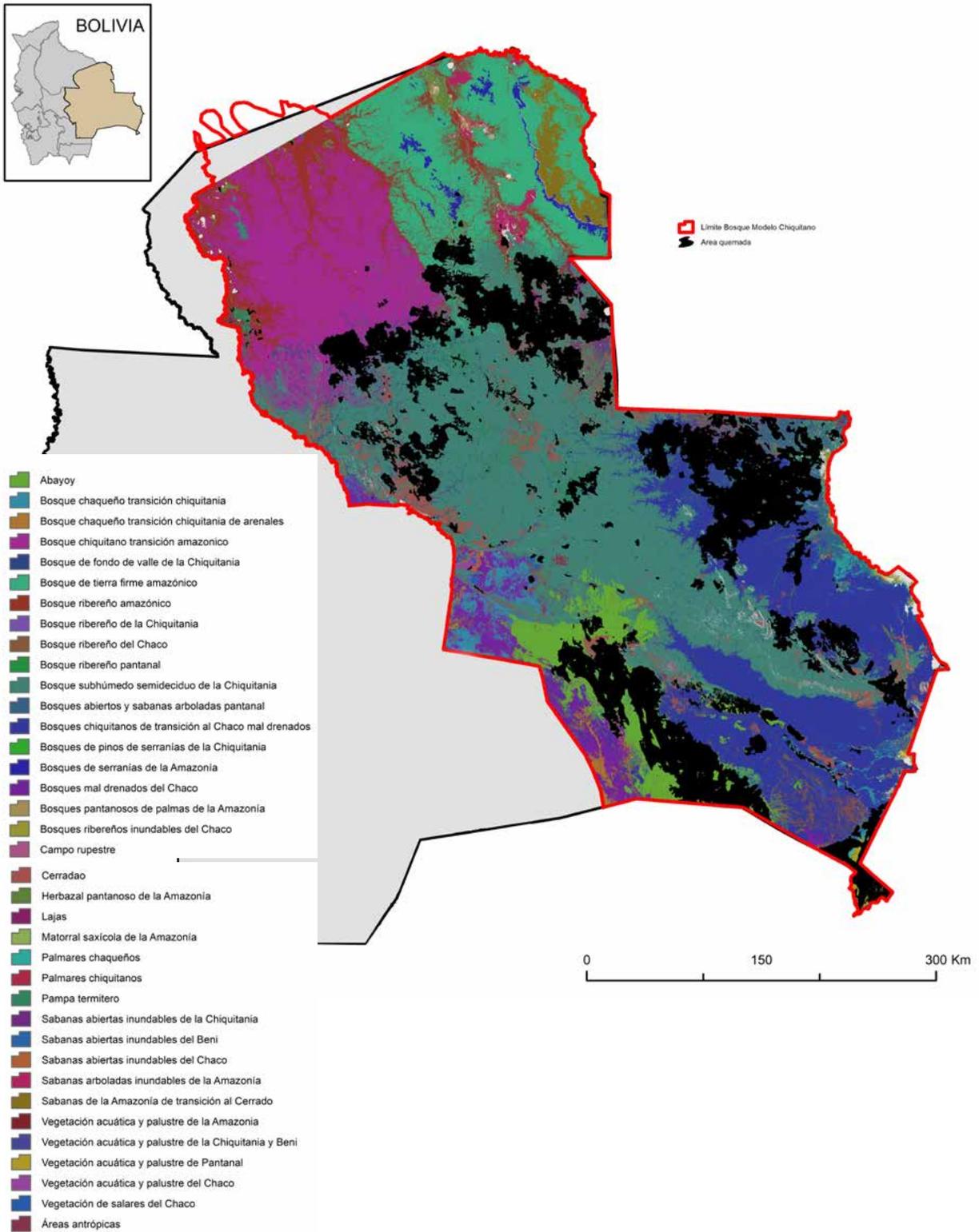
Áreas quemadas en los diferentes ecosistemas

En el BMCh se han diferenciado 36 ecosistemas basados en el mapa de complejos de sistemas ecológicos propuesto por Navarro & Ferreira (2008), de los cuales 32 (excluyendo áreas antrópicas) han presentado algún tipo de impacto por las quemas (ver tabla 4). Del total de las cicatrices de quemas en el 2019, el 61,7% ya había presentado algún tipo de daño por el fuego en algunos de los años anteriores comprendidos entre el 2001 y 2018, en tanto que el 35,2% del área restante presentaron quemas por primera vez en alguno de estos ecosistemas después de este periodo.

En el año 2019, los ecosistemas más impactados fueron el Bosque subhúmedo semideciduo de la Chiquitania con el 29 %, seguido por Abayoy con el 18%, y los Bosques chiquitanos de transición al Chaco mal drenados con el 15%. Al hacer una comparación con el periodo 2001-2018, se evidencia que los ecosistemas que se quemaron por primera vez fue principalmente el Abayoy con el 37% y el Bosque subhúmedo semideciduo de la Chiquitania con el 29%.



● **Mapa 6** Áreas quemadas en bosque y no bosque.



● **Mapa 7** Mapa de ecosistemas en la Chiquitania correspondiente al polígono del Bosque Modelo Chiquitano

ECOSISTEMAS	Quemado 2019 (ha)	Quemado 2019 (%)	Primera vez quemado 2019 (ha)	Primera vez quemado 2019 (%)	Diferencia quemas 2001-2018 (ha)
Abayoy	693.635,2	17,88	510.983,6	37,42	182.651,60
Bosques de serranías de la Amazonía	890,8	0,02	119,4	0,01	771,40
Bosque chaqueño transición chiquitania	1.268,3	0,03	1.050,8	0,08	217,50
Bosque chaqueño transición chiquitania de arenales	3.271,9	0,08	3.534,6	0,26	-262,70
Bosque chiquitano transición amazonico	156.681,9	4,04	89.940,4	6,59	66.741,50
Bosque de fondo de valle de la Chiquitania	83.736,5	2,16	29.470,6	2,16	54.265,90
Bosque de tierra firme amazónico	87.444,9	2,25	39.835,5	2,92	47.609,40
Bosques ribereños inundables del Chaco	1,4	0,00	18.198,2	0,00	1,40
Bosque ribereño amazónico	43.316,5	1,12	18.054,9	1,33	25.118,30
Bosque ribereño del Chaco	24.047,0	0,62	9.982,8	1,32	5.992,10
Bosque ribereño pantanal	76.422,8	1,97	40.0671,7	0,73	66.440,00
Bosque subhúmedo semideciduo de la Chiquitania	1.129.668,2	29,13		29,34	728.996,50
Bosques abiertos y sabanas arboladas pantanal	240.182,3	6,19	197.98,3	1,45	220.384,00
Bosques chiquitanos de transición al Chaco mal drenados	564.319,1	14,55	141.430,4	10,36	422.888,70
Bosques de pinos de serranías de la Chiquitania	1.466,6	0,04	143,3	0,01	1.323,30
Bosques mal drenados del Chaco	12.572,5	0,32	8.239,4	0,60	4.333,10
Bosques pantanosos de palmas de la Amazonía	128,8	0,00		0,00	128,80
Campo rupestre	429,1	0,01	23,9	0,00	405,20
Cerradao	321.135,4	8,28	42.940,2	3,14	278.195,20
Lajas	1.087,8		620,9	0,05	466,90
Matorral saxícola de la Amazonía	35,7	0,03		0,00	35,70
Palmares chiquitanos	19,1	0,00		0,00	19,10
Palmares chaqueños	64.193,9	0,00		0,36	59.226,40
Pampa termitero	113118,0	1,66	4.967,5	1,29	95.445,20
Herbazal pantanoso de la Amazonía	661,6	2,92	17.672,8	0,02	375,00
Sabanas abiertas inundables de la Chiquitania	58.202,9	0,02	286,6	0,29	54.214,60
Sabanas abiertas inundables del Beni	194,3	1,50	3.988,3	0,00	146,50
Sabanas abiertas inundables del Chaco	1.199,9	0,01	47,8	0,01	1.104,40
Sabanas arboladas inundables de la Amazonía	4481,3	0,03	95,5	0,00	4.481,30
Vegetación acuática y palustre de la Chiquitania y Beni	1.208,7	0,12 0,03	71,6	0,01	1.137,10
Vegetación acuática y palustre del Chaco	136,8	0,00	119,4	0,01	17,40
Vegetación acuática y palustre de Pantanal	73.405,6	1,89	358,2	0,03	73.047,40
Vegetación de salares del Chaco	1.060,1	0,03	597,1	0,04	463,00
Total	3.878.597,2		1.365.393,4		2.396.381,20

● **Tabla 4** Lista de ecosistemas en el BMCh.

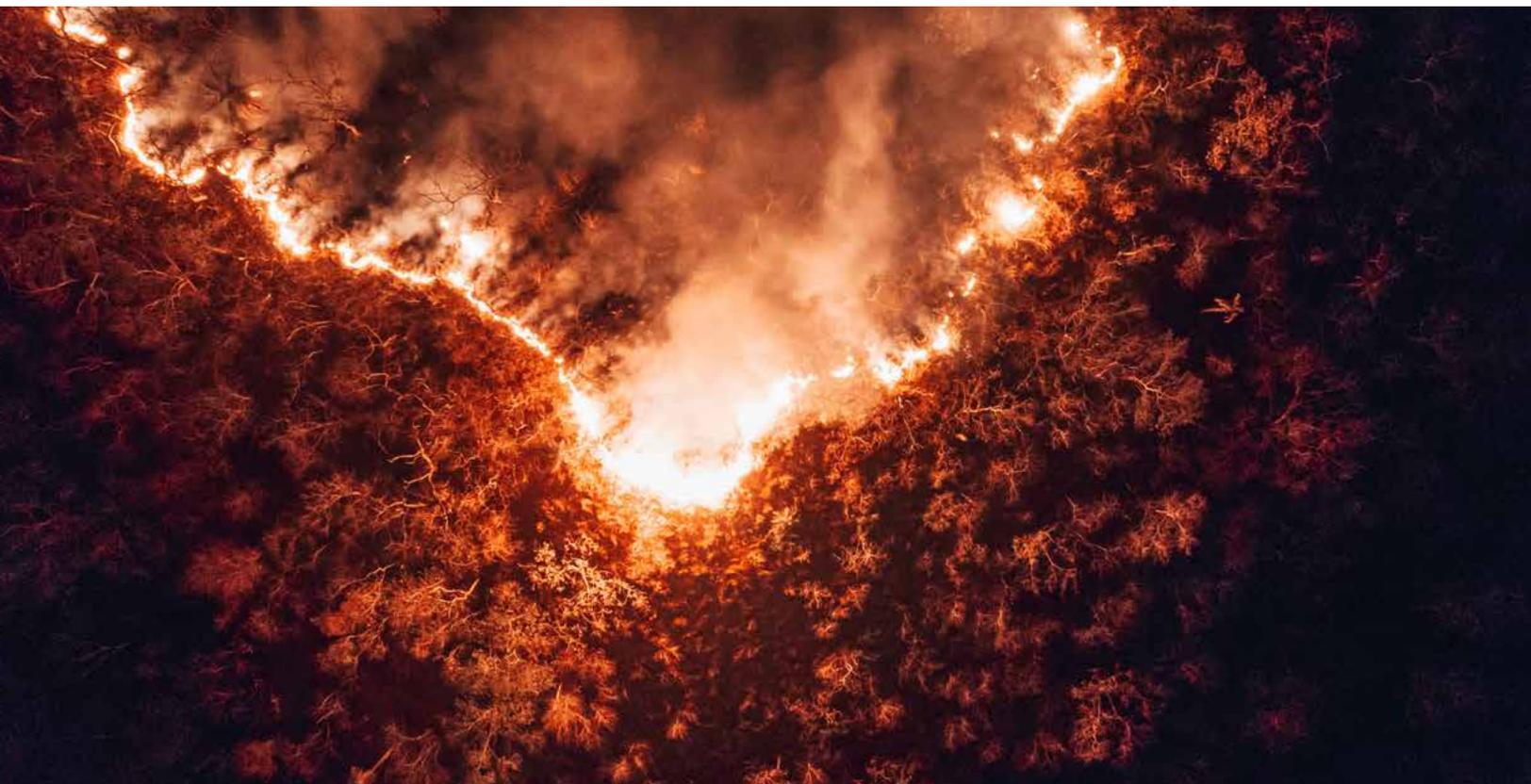
Áreas quemadas en áreas protegidas

En el área de estudio del BMCh se encuentran 19 áreas protegidas de carácter nacional y subnacional (ver tabla 5 y Mapa 8).

De las áreas protegidas nacionales, la mayor superficie afectada estuvo dada en el ANMI San Matías con 2.917.194 de hectáreas que equivalen a 26% y un 13% respecto al total quemado en áreas protegidas nacionales. Respecto al tamaño del área protegida, el PN Otuquis fue el más afectado con 35% y 5% respecto al total quemado en áreas protegidas nacionales siendo la afectación en hectáreas de 313.744. La parte del ANMI Otuquis se afectó con 15.907 hectáreas que equivalen al 16%.

En cuanto a las áreas protegidas departamentales la UCPN-RVSD Tucabaca fue la más afectada con 27.977 hectáreas que representan al 10% y el 1.70% respecto al total quemado en áreas protegidas departamentales. En segundo lugar, se encuentra el área de ampliación de PNH Santa Cruz La Vieja con 1.971 hectáreas que equivalen al 2.46%. La UCPN-RVSD Ríos Blanco y Negro fue afectada en menor proporción con 1.344 hectáreas que equivalen al 0.10%.

Con respecto a las áreas protegidas municipales, las tres áreas más afectadas, considerando la superficie, fueron Ñembi Guasu con 426.028 hectáreas que equivalen al 36%, RMPNyC Copaibo con 43.959 hectáreas, equivalentes al 12.67%, ANMMI Laguna Marfil con 38.908 hectáreas, que equivalen al 55% (Tabla 5, Figura 5).



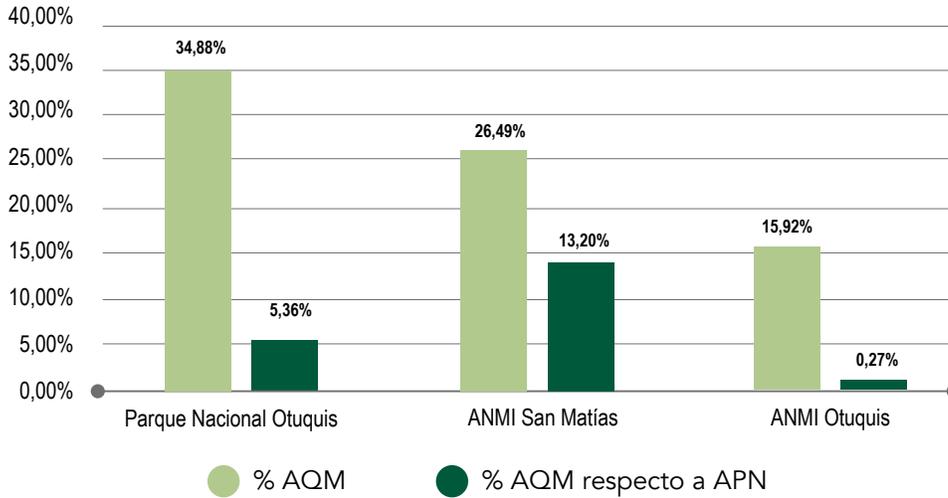
Áreas protegidas nacionales	Sup. AP (ha)	(AQM) (ha)	% AQM	% AQM respecto al municipio
Parque Nacional Otuquis				
ANMI San Matías	899.389	313.744	34,88%	5,36%
ANMI Otuquis	2.917.194	772.831	26,49%	13,20%
ANMI Kaa-Iya	99.899	15.907	15,92%	0,27%
PN Kaa-Iya	333.349	0	0,00%	0,00%
PN Noel Kempff Mercado	824	0	0,00%	0,00%
	1.604.109	0	0,00%	0,00%
Resumen AP (nacional)	5.854.765	1.102.482		

Áreas protegidas departamentales	Sup. AP (ha)	(AQM) (ha)	% AQM	% AQM respecto al municipio
UCPN-RVSD Tucabaca	264.757	27.977	10,57%	1,70%
ANMI Santa Cruz La Vieja	80.010	1.971	2,46%	0,12%
UCPN-RVSD Ríos Blanco y Negro	1.283.690	1.344	0,10%	0,08%
PNH Santa Cruz La Vieja	17.304	0	0,00%	0,00%
Resumen AP (departamental)	1.645.761	31.29		

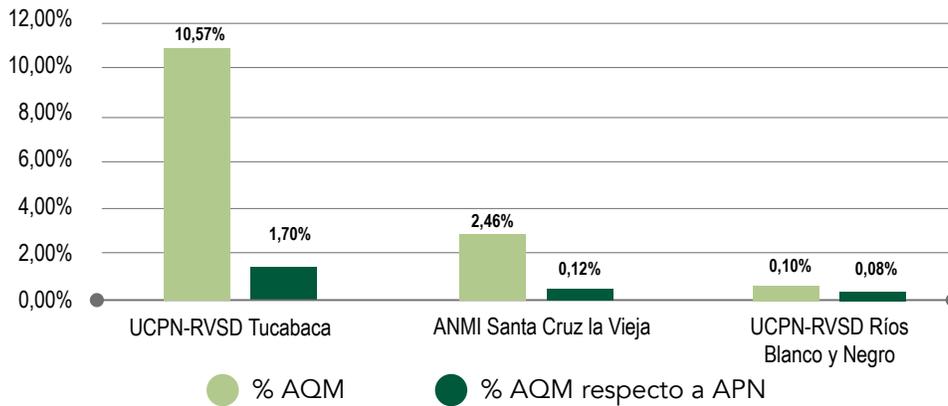
Áreas protegidas municipales	Sup. AP (ha)	(AQM) (ha)	% AQM	% AQM respecto al municipio
APM Orquídeas del Encanto	2.861	1.718	60,06%	0,09%
APM Laguna Marfil	70.916	38.908	54,86%	2,04%
ACIE Ñembi Guasu	1.180.860	426.028	36,08%	22,32%
RMPNyC Copaibo	347.038	43.959	12,67%	2,30%
APM San Ignacio	84.847	8.042	9,48%	0,42%
RM San Rafael	67.260	5.109	7,60%	0,27%
RVS Laguna Concepción	125.437	337	0,27%	0,02%
APM Represa Zapocó	1.901	121	6,35%	0,01%
APM Cerro Turubó	239	0	0,00%	0,00%
APM Paquió	24.723	0	0,00%	0,00%
Laguna Yaguarú	1.190	0	0,00%	0,00%
REVSM Laguna Sucuará	1.315	0	0,00%	0,00%
Resumen AP (municipal)	1.908.587	524.222		

● **Tabla 5** Afectación de las quemas a las áreas protegidas

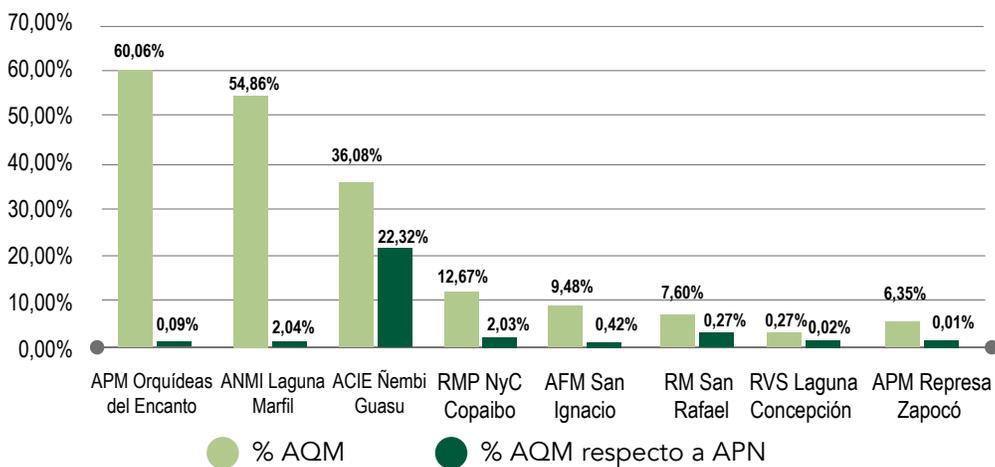
Superficie de áreas quemadas en Áreas Protegidas Nacionales



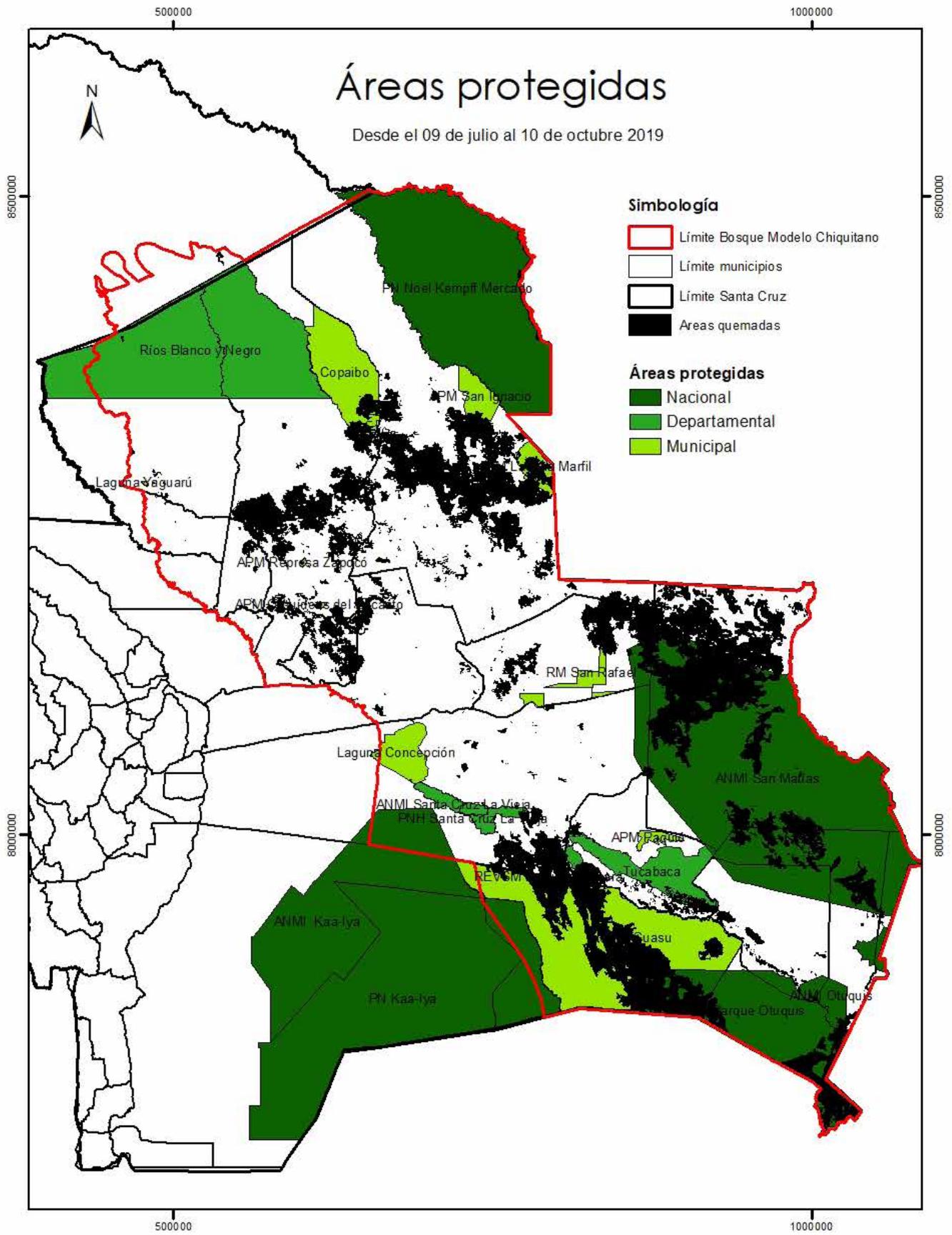
Superficie de áreas quemadas en Áreas Protegidas Departamentales



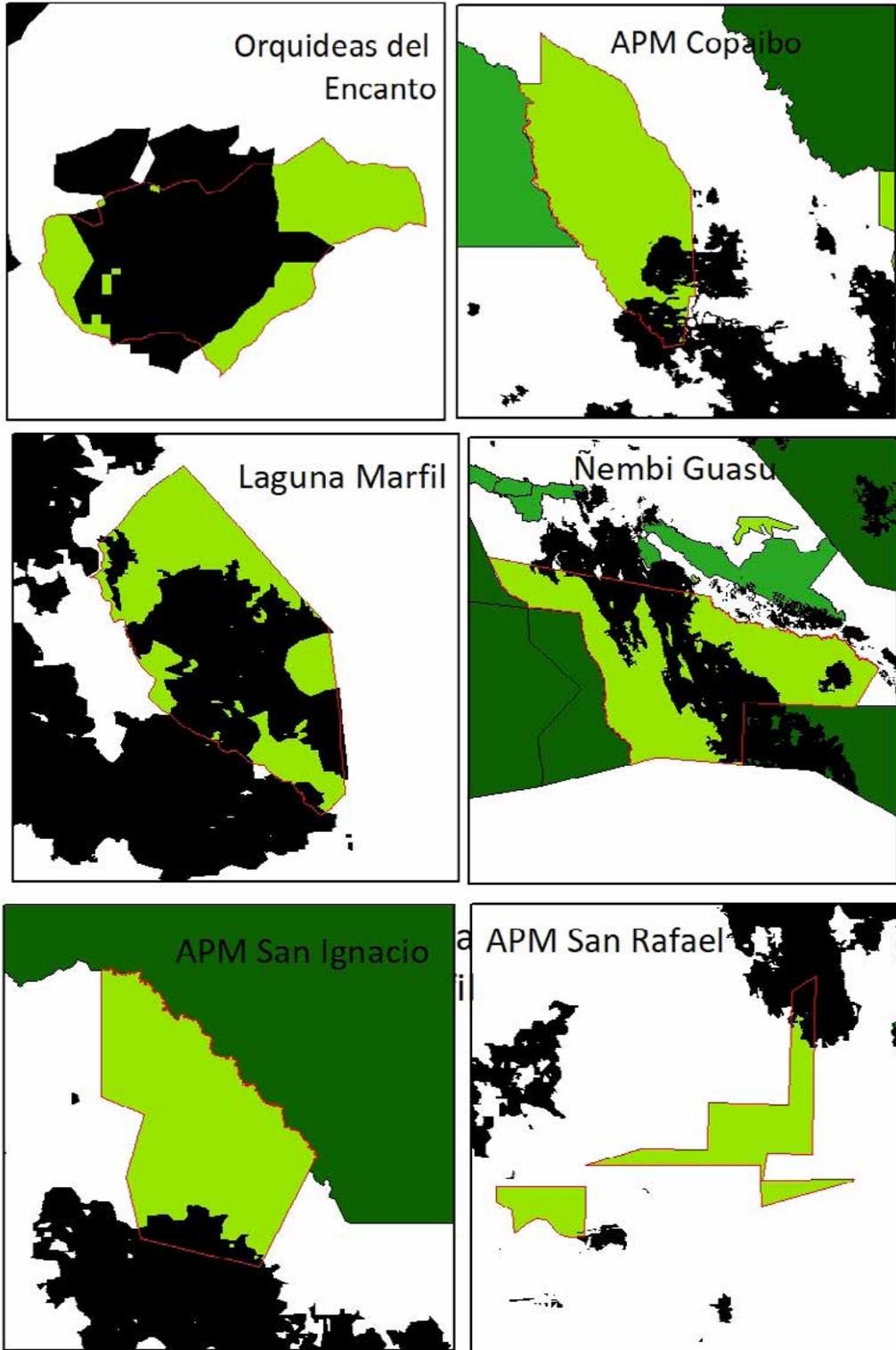
Superficie de áreas quemadas en Áreas Protegidas Municipales



● **Figura 5** Porcentaje de afectación a las áreas protegidas



● **Mapa 8A** Áreas quemadas en áreas protegidas que se encuentran en el BMCh.



● **Mapa 8B** Mapas de 6 áreas protegidas municipales, las más afectadas.

Áreas quemadas en corredores de conectividad

En la planificación ecorregional del Bosque Seco Chiquitano (Vides-Almonacid et al., 2007) se planteó un portafolio de conectividad y funcionalidad a escala de paisaje para la región de la Chiquitania, en el cual se identificaron cuatro categorías de prioridad entre los bloques principales de bosques mayores a 2 millones de ha (BP): Corredores de Alta Prioridad para Protección (COP), Conectores de Alta Prioridad para Protección y Restauración (CPR) y Corredores Secundarios (CS). Considerando estas categorías se propusieron *siete corredores biológicos críticos* (término usado para identificar aquel corredor biológico que es clave para mantener conexión entre bloques de bosques y que a su vez requiere un manejo activamente adaptativo para protegerlo y/o restaurarlo (Vides-Almonacid et al., 2007, pp. 155) y *8 corredores de alta prioridad* (el criterio central utilizado para la definición de estos corredores de alta prioridad fue el tipo de tenencia predominante que permita un manejo sostenible o de protección de la cobertura de vegetación (Vides-Almonacid et al., 2007, pp. 153).

Para este informe se cruzó la información de cicatrices de áreas quemadas entre el 9 de Julio al 10 octubre del 2019 con los corredores de conectividad mencionados. Los resultados indican que el mayor porcentaje de afectación ocurrió en los corredores de alta prioridad para la protección (COP) con valores de 42,51% respecto al total quemado y un 20% respecto a su tamaño. En segundo lugar, se afectaron los bloques de bosque mayores a 2 millones de hectáreas en un 38% del total quemado y un 11% respecto a su tamaño. Los conectores de alta prioridad para protección y restauración fueron afectados en un 13% del total quemado y un 35% de acuerdo a su tamaño (tabla 6a, Mapa 9).



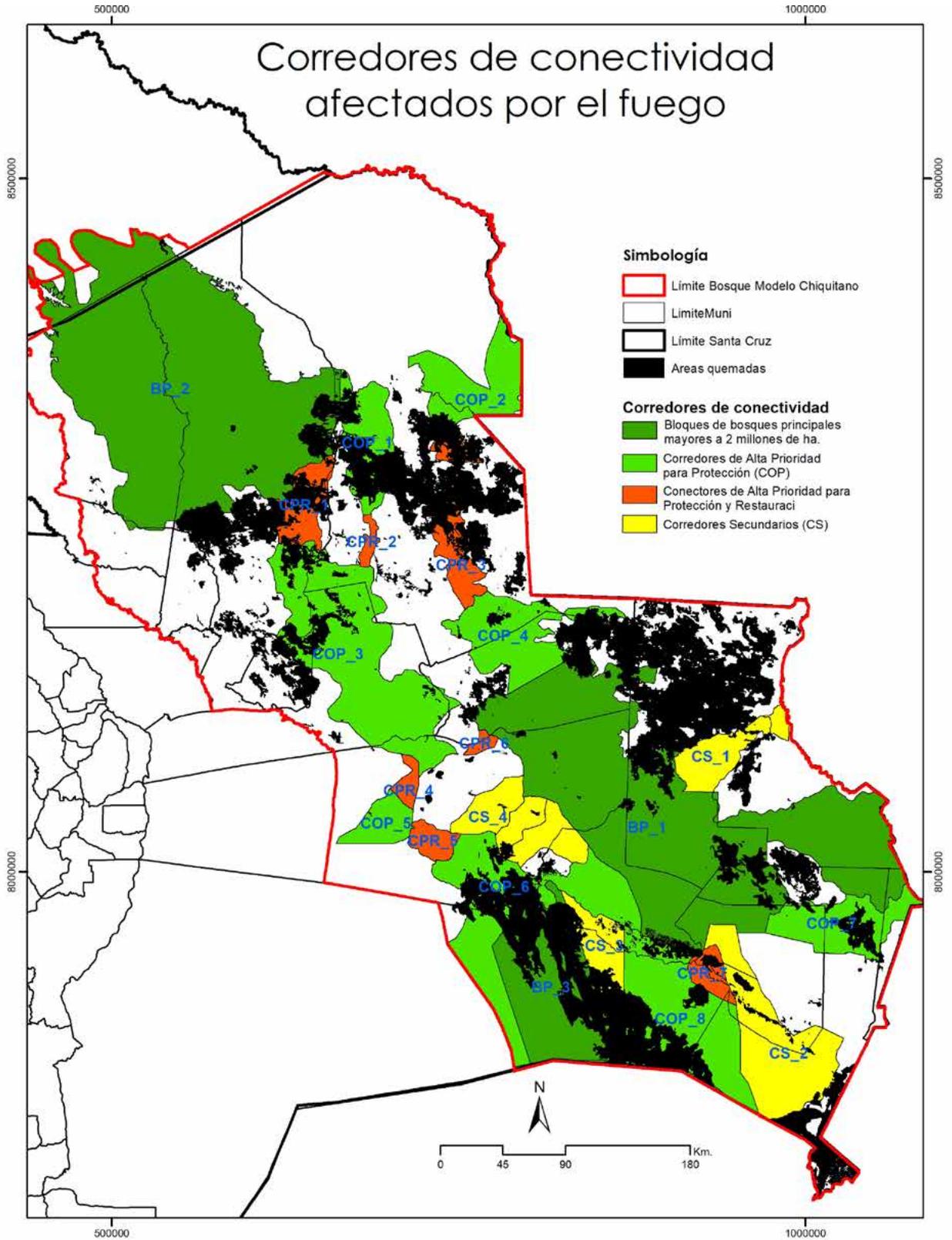
Las zonas con mayor afectación fueron el Conector de alta prioridad para la protección (CPR_3) con un 56% del total del área quemada en los CPR. La zona más afectada de los corredores secundarios fue la CS_3 con un 54% respecto al total quemado en CS. El COP_8 fue afectado en un 54% del total de los corredores de alta prioridad para la protección. Y de los bloques de bosques continuos (BP), el más afectado fue el BP_3 con 53%. (Tabla 6b).

Corredores de conectividad	Superficie (ha)	Sup. Quemada (ha)	% AQM respecto al total quemado	% AQM respecto al tamaño del corredor
Corredores de Alta Prioridad para Protección (COP)	3.875.562,17	790.752,88	42,51%	20,40%
Bloques de bosques principales mayores a 2 millones de ha	6.251.598,23	713.114,11	38,33%	11,41%
Conectores de Alta Prioridad para Protección y Restauración (CPR)	673.687,06	236.038,71	12,69%	35,04%
Corredores Secundarios (CS)	1.272.822,44	120.331,39	6,47%	9,45%
	12.073.669,90	1.860.237,09		

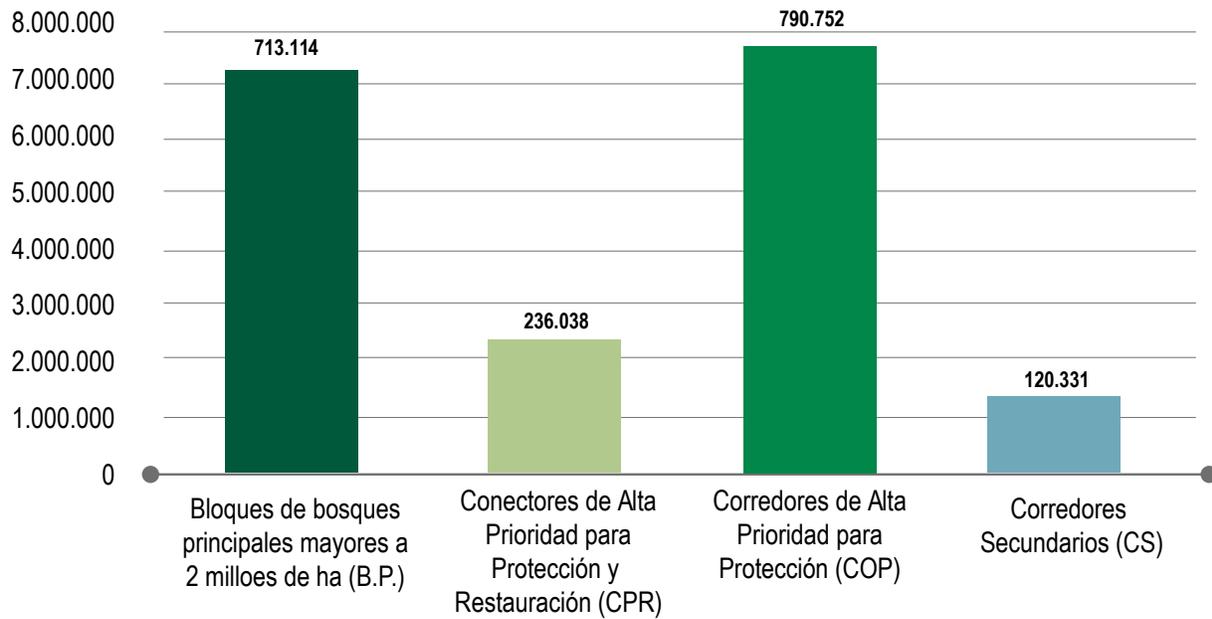
● **Tabla 6A** Áreas quemadas en corredores de conectividad.

Zona	AQM (ha)	% AQM	Zona	AQM (ha)	% AQM
CPR_3	132087,76	55,96%	BP_3	377733,51	52,97%
CPR_1	89027,68	37,72%	BP_1	230134,78	32,27%
CPR_7	14775,88	6,26%	BP_2	105245,82	14,76%
CPR_6	98,95	0,04%			
CPR_2	48,44	0,02%			
Zona	AQM (ha)	% AQM	Zona	AQM (ha)	% AQM
CS_3	65046,90	54,06%	COP_8	242662,44	30,69%
CS_2	31987,28	26,58%	COP_1	156501,49	19,79%
CS_4	12094,04	10,05%	COP_6	147391,50	18,64%
CS_1	11203,17	9,31%	COP_3	134144,15	16,96%
			COP_7	64386,01	8,14%
			COP_4	35429,40	4,48%
			COP_2	9751,56	1,23%
			COP_5	486,32	0,06%

● **Tabla 6B** Afectación del fuego en zonas específicas de corredores de conectividad.



● **Mapa 9** Corredores de conectividad afectados por el fuego.



● **Figura 6** Gráfico de conectividad



Quemas y hábitat del jaguar



Considerando el área geográfica del BMCh, el hábitat del jaguar que se encuentra en buenas condiciones tiene una superficie de 17.059.748 hectáreas, de las cuales 2.818.867 hectáreas fueron afectadas por las quemas entre el 9 de julio al 10 de octubre 2019, esto equivale a aproximadamente un 17% del área total (Tabla 7a). De acuerdo a un análisis de fragmentación el 35 % del área quemada pertenece a la clase Intacto, es decir sin fragmentación (Tabla 7b). En cuanto a la conectividad estructural, el 87 % del área quemada se caracteriza por considerarse el área Núcleo de bosque, el cual representa a las áreas continuas de esta formación natural (Tabla 7c). Se han identificado, además, corredores de movimiento del jaguar en rutas de menor costo/distancia entre áreas protegidas nacionales, departamentales y municipales, en el cual se ha determinado un impacto de 18,8 % del total de estos corredores (Tabla 7d). Las quemas se han registrado principalmente en áreas con pendientes inferiores a los 5° (51,3%) y 10° (38,0%). En tanto que se evidencia que las quemas se han producido en las tierras bajas, principalmente en el rango de los 100 y 500 msnm.

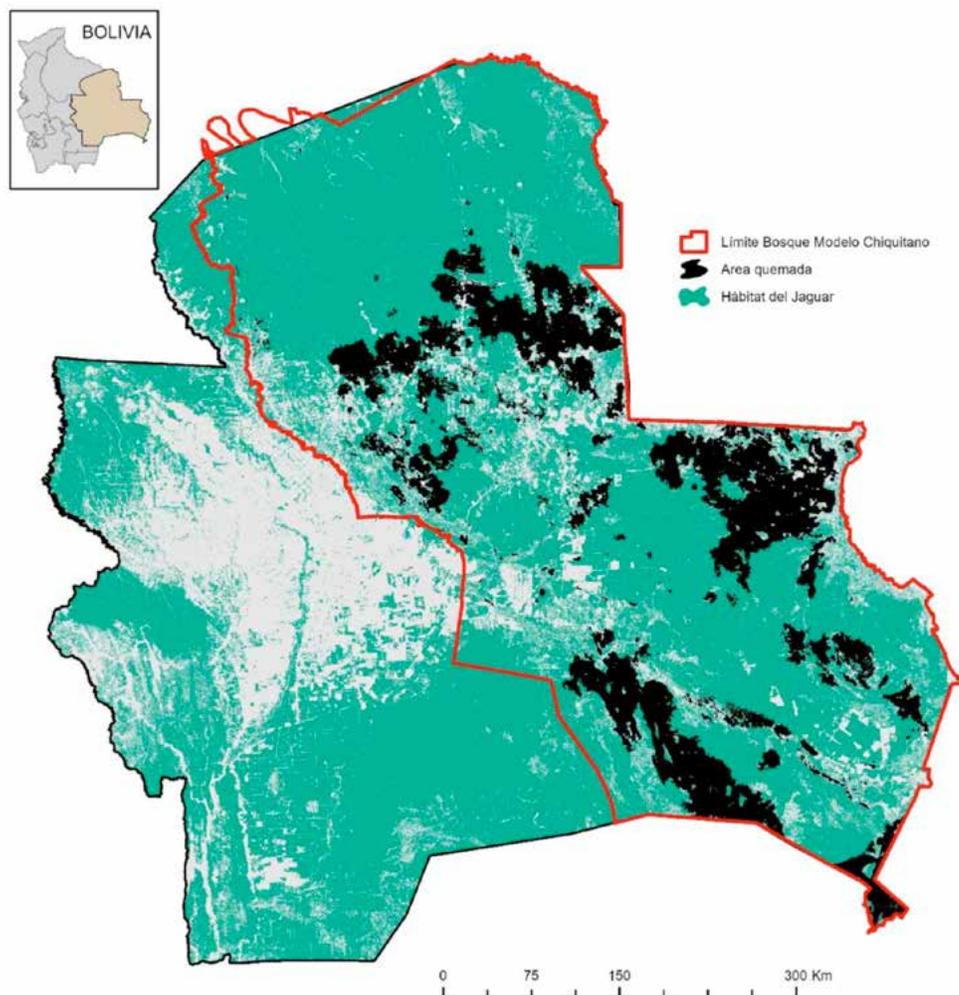
Distribución del jaguar en la BMCh (ha)	Hábitat perdido del jaguar por fuego (ha)	% de impacto
17.059.748	2.818.867	16,52

● **Tabla 7A** Quemas relacionadas al hábitat del jaguar.

Quemas en relación a la fragmentación de la cobertura boscosa.

Fragmentación	Sup. de impacto por quemas (ha)	%
Rara (fragmentación muy alta)	4.969,53	0,17
Irregular (fragmentación alta)	94.419,09	3,26
Transicional (fragmentación media)	172.369,71	5,96
Dominante (fragmentación baja)	713.456,01	24,67
Interior (fragmentación muy baja)	89.4401,1	30,93
Intacto (sin fragmentación)	1.012.242,06	35,00

● **Tabla 7B.** Quemas relacionadas a la fragmentación en el hábitat del jaguar.

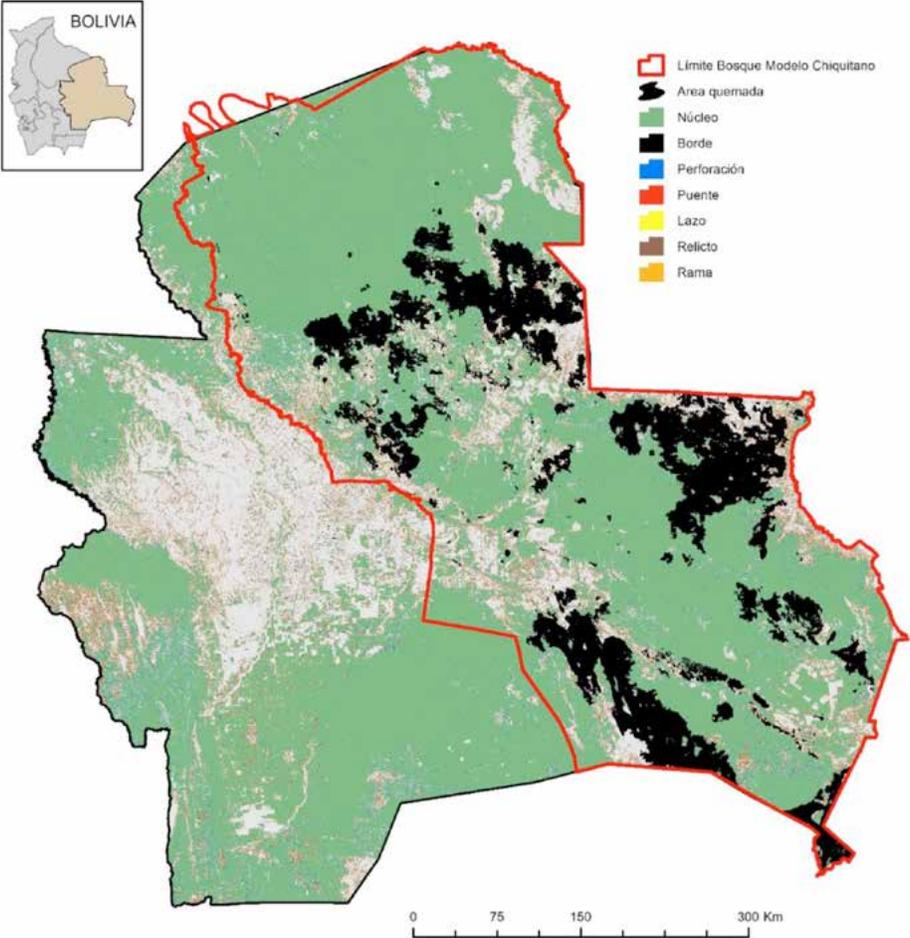


● **Mapa 10A** Hábitat del jaguar afectado por las quemas.

Quemas en relación a la conectividad estructural de la cobertura boscosa

Conectividad	Impacto por quema (ha)	% de impacto por quema
Núcleo (áreas continuas del bosque)	2.373.489,45	82,07
Borde	38.343,51	1,33
Perforación	127.846,08	4,42
Puente	140.489,10	4,86
Lazo	54.070,02	1,87
Relicto	89.647,56	3,10
Rama	68.124,96	2,36

● **Tabla 7C** Quemas relacionadas a la conectividad en el hábitat del jaguar.

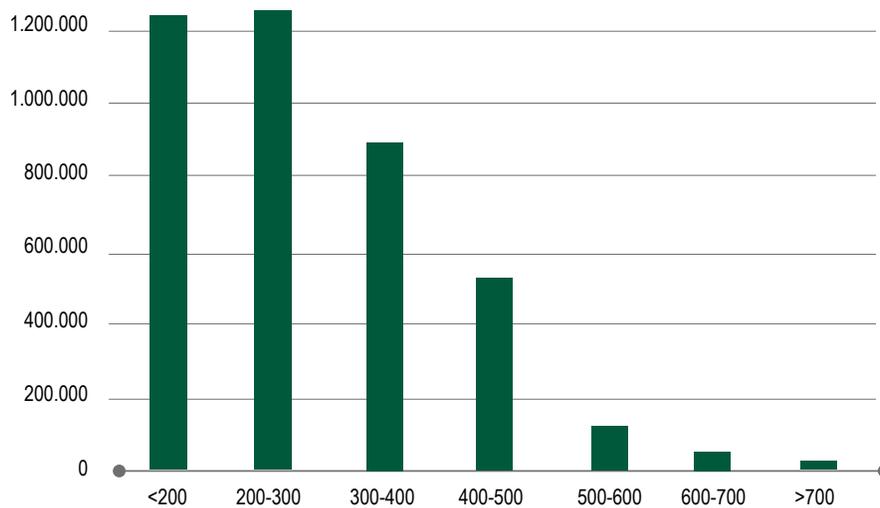


● **Mapa 10B** Conectividad estructural de la cobertura boscosa, afectada por las quemas

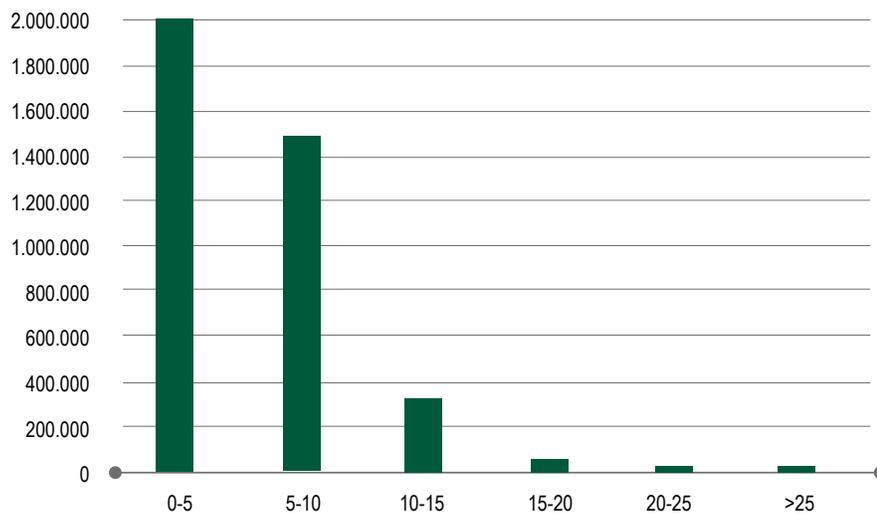
Quemas en corredores del jaguar entre áreas protegidas

Corredores-12 km buffer (ha)	Impacto por quema (ha)	% de impacto por quema
4.189.574	790.613	18,87

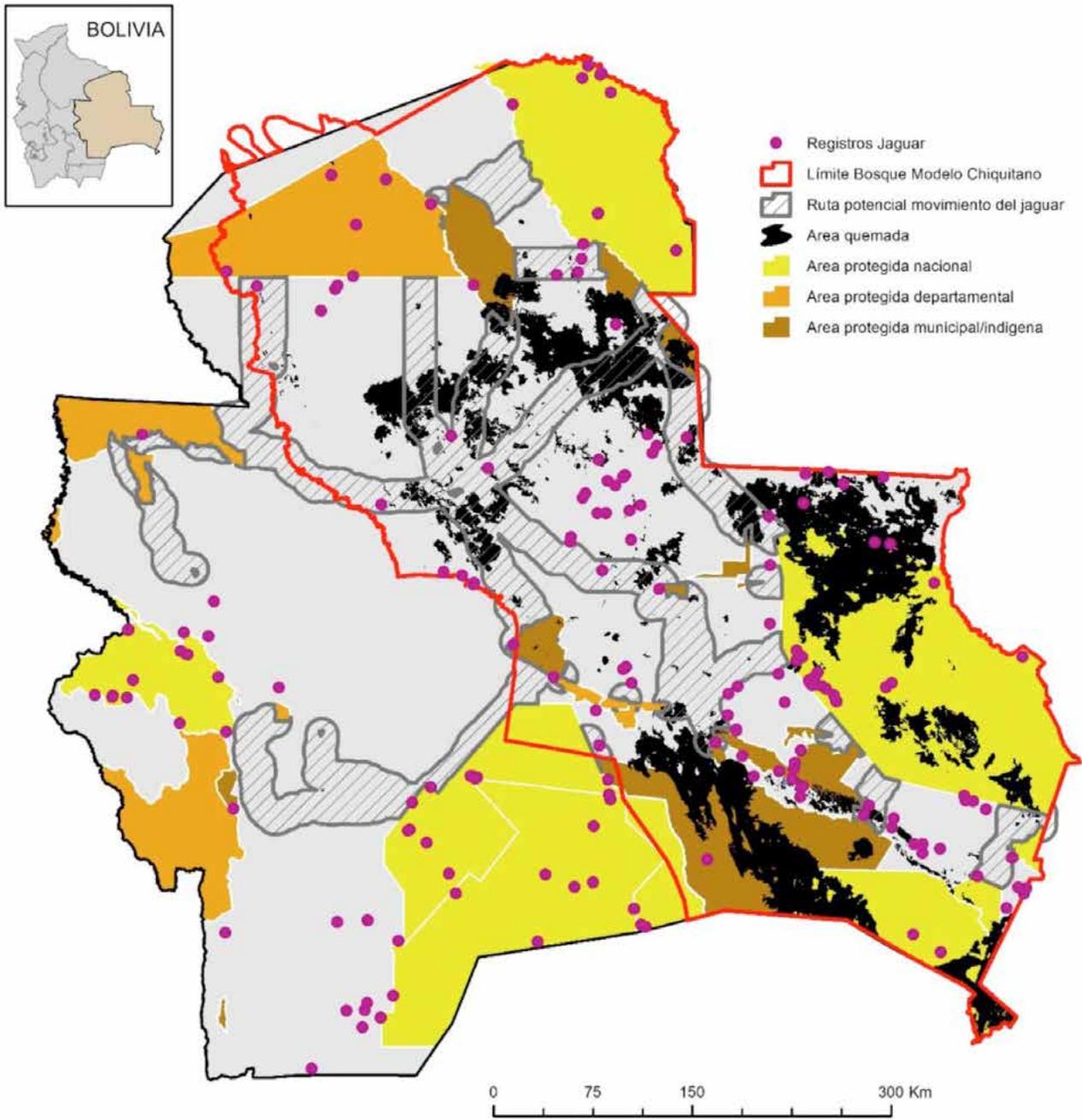
● **Tabla 7D** Quemas relacionadas a los corredores del jaguar entre áreas protegidas.



● **Figura 7** Hectáreas quemadas en relación a la altitud (m.s.n.m.)



● **Figura 8** Hectáreas quemadas en relación a la altitud (m.s.n.m.)



● **Mapa 10C** Corredores de conectividad para el jaguar, afectado por las quemadas.

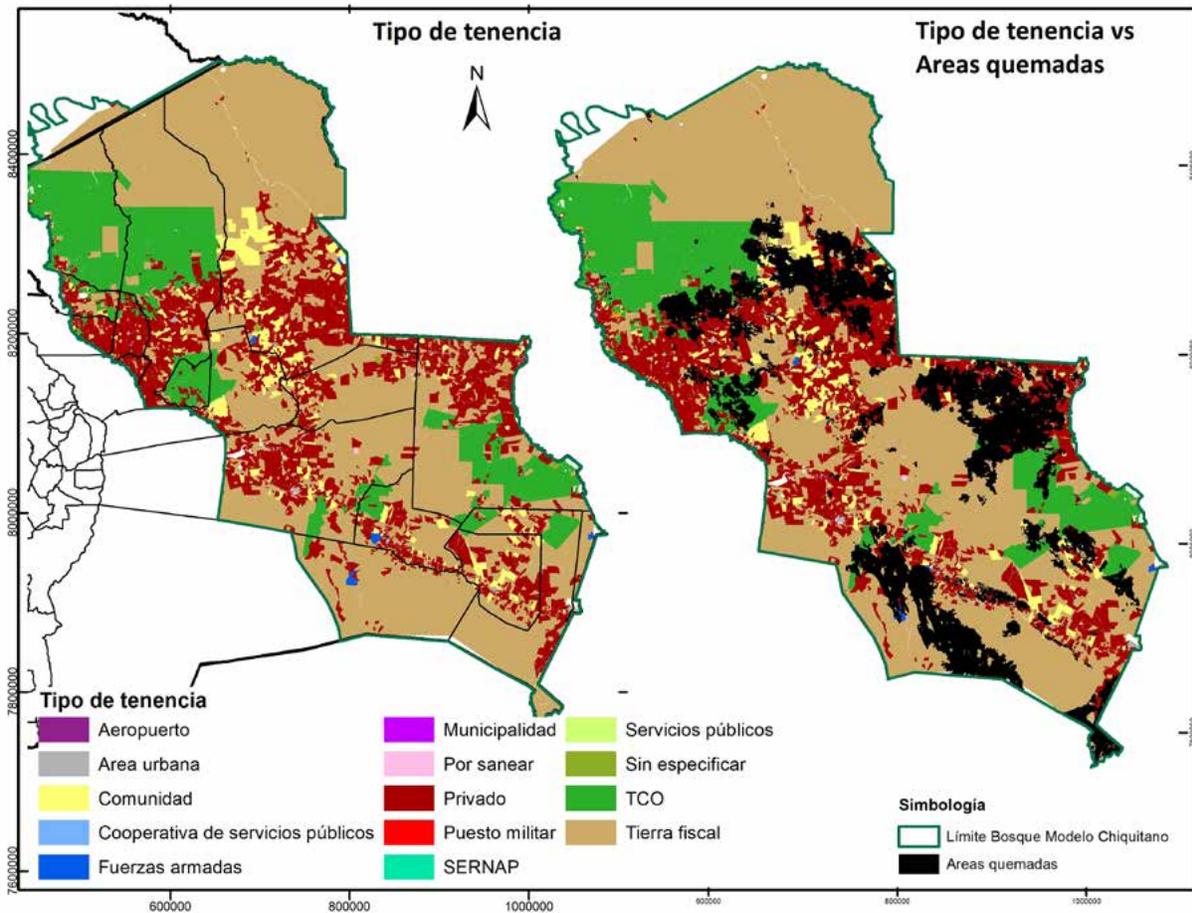
Áreas quemadas y tenencia de la tierra

Considerando datos de tenencia de la tierra (INRA, 2019), se clasificó la información en 14 clases gruesas que se visualizan en el Mapa 11 (Tierra fiscal, Privado, Comunidad, TCO/TIOC, área urbana, fuerzas armadas, municipalidad, puesto militar, aeropuerto, cooperativa de servicios públicos, sin especificar, por sanear, SERNAP, TCO/TIOC para verificar) de las cuales se graficaron solo cuatro (Figura 9).

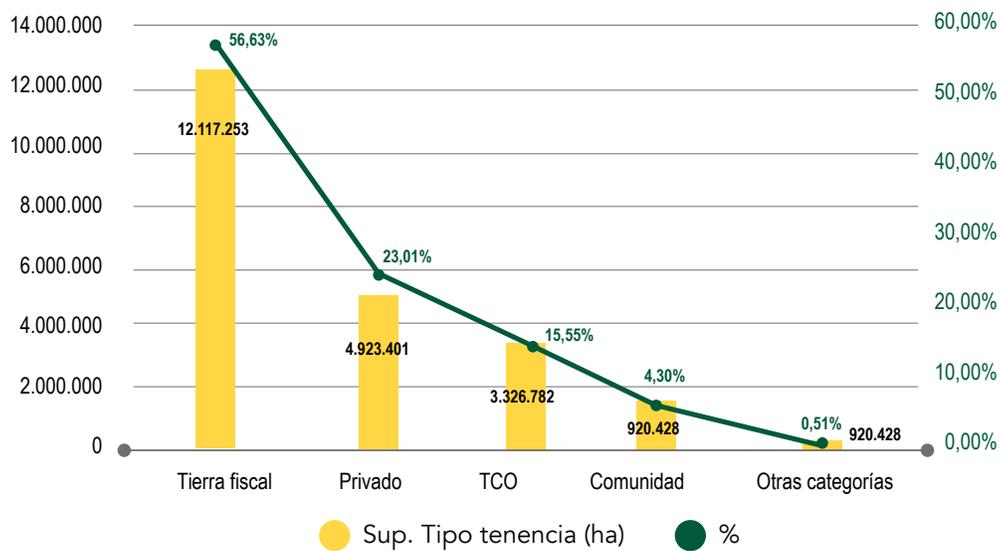
De acuerdo a la distribución de la tenencia de la tierra considerando el límite del BMCh, la mayor extensión se localiza en tierra fiscal con más de 12 Millones de hectáreas que corresponden al 56%, los predios asignados a privados representan 4.9 Millones hectáreas, que equivalen a un 23%, en tercer lugar, se encuentra la categoría "TCO/TIOC" con 3.3 Millones de hectáreas que equivalen al 15% y por último la categoría "comunidad" con 920.428 hectáreas, que representa el 4% del área del BMCh (Figura 9).

Para conocer en mayor detalle los tipos de actores por tipo de tenencia, se analizó solo las categorías "Comunidad" y "Privado" de lo que se muestra en el Mapa 12. Este detalle, da como resultado una subclasificación de Privado y Comunidad, como se muestra en la Figura 10 y Tabla 8. De acuerdo a esta clasificación de actores, la mayor distribución en "comunidades" está dada en "comunidad campesina" con 605.508 hectáreas que equivale al 66% y en segundo lugar se encuentra la categoría "comunidad indígena" con 283.470 hectáreas, que equivale al 31%.

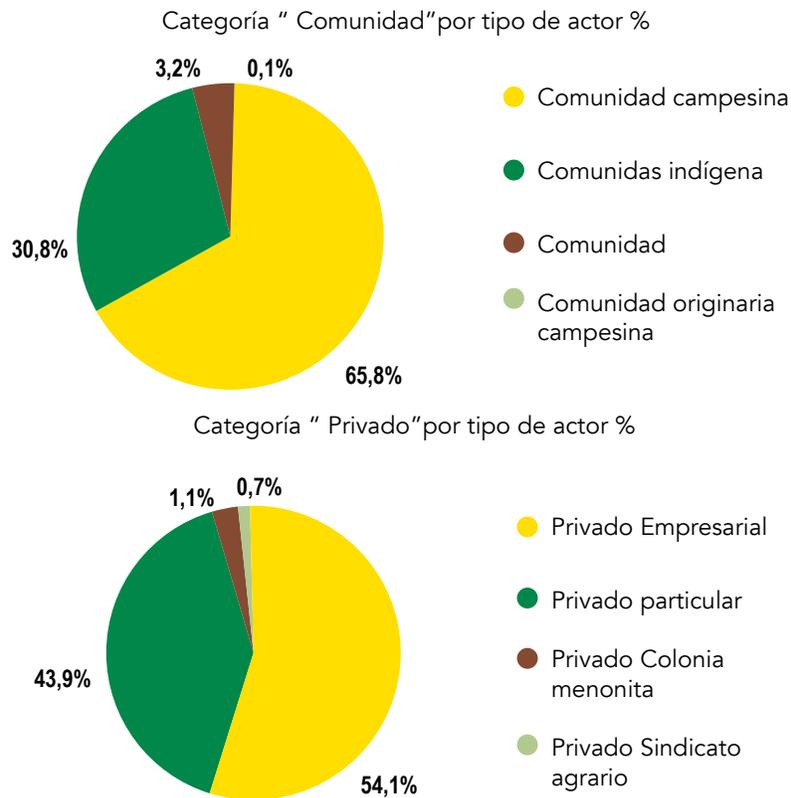
En la categoría de los privados, los actores con mayor distribución en orden descendente (tabla 8), son la categoría "empresarial" con alrededor de 1400 predios, que alcanzan una superficie de más de 2,5 Millones de hectáreas y que representan el 54% de la distribución de los privados. Le sigue el tipo "particular" en el cual se encuentran aquellos privados con menor cantidad de hectáreas que, sumado, acumula una superficie de 2.1 Millones que representan el 44%. En tercer lugar, están "las colonias menonitas" con una superficie de 53.079 hectáreas, equivalentes al 1,08% de la superficie total de "privados".



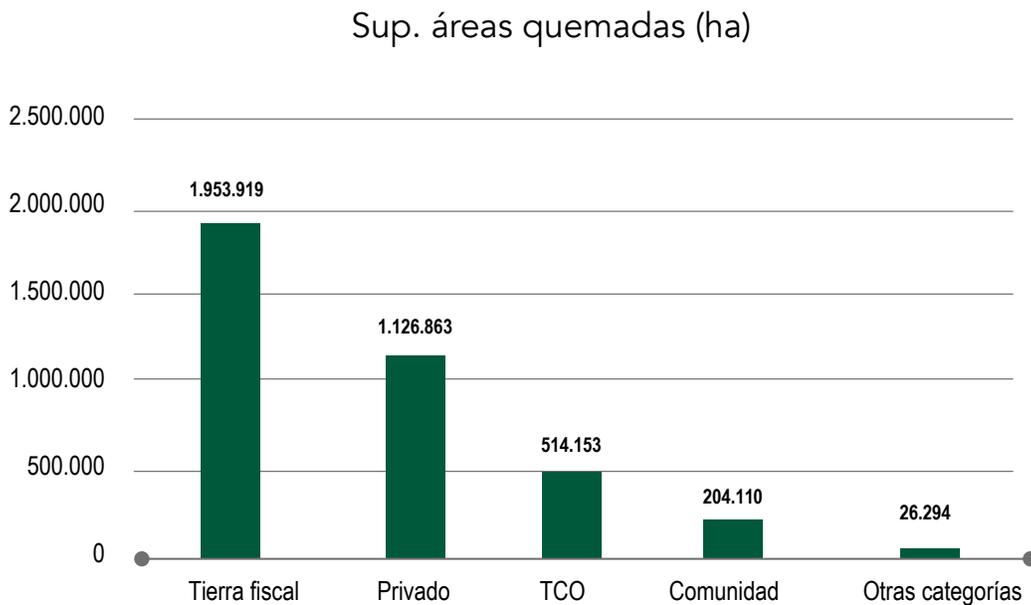
● **Mapa 11** Tenencia de la tierra.



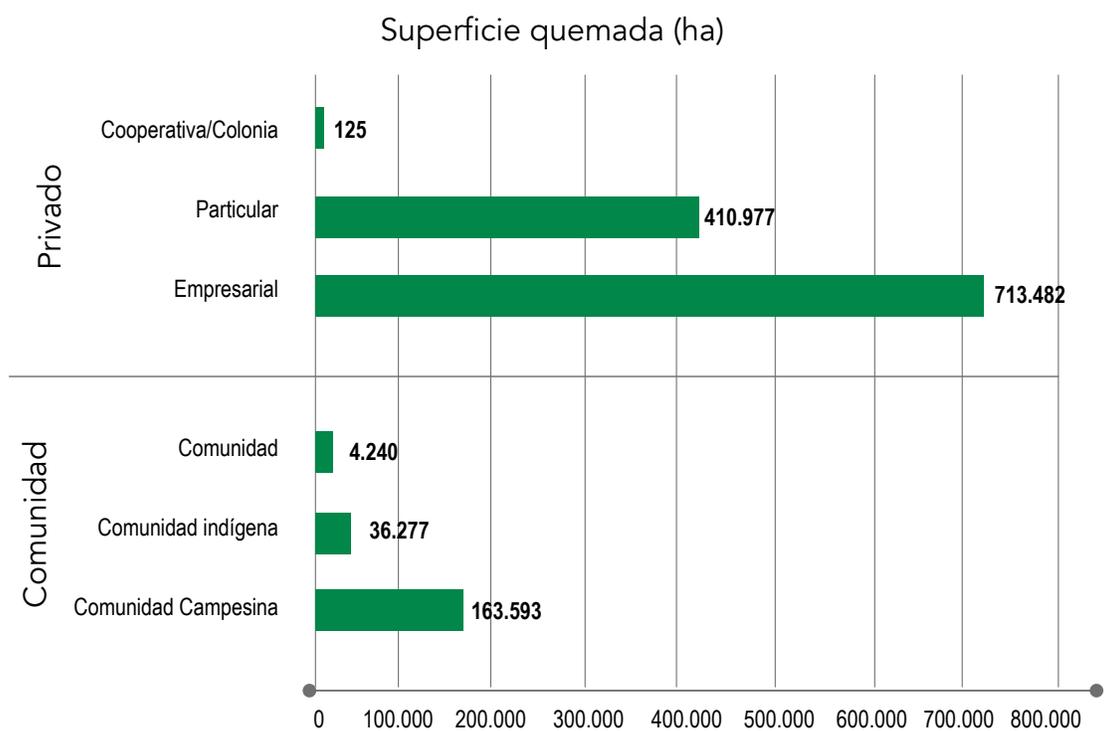
● **Figura 9** Tenencia de la tierra. Fuente: Elaboración propia basado en información del INRA, 2019



● **Figura 10** Distribución de los actores de las categorías de tenencia de la tierra "Comunidad" y "Privado"



● **Figura 11** Superficie de áreas quemadas por tipo de tenencia (ha).



● **Figura 12** Superficies de áreas quemadas por tipo de actor.



	Tipo de actor Comunidad campesina	Superficie (ha)	% respecto al tipo de tenencia
Comunidad	Comunidad indígena	605.508	65,79%
	Comunidad	283.470	30,80%
	Comunidad originaria	29.661	3,22%
	campesina	1.788	0,19%
Privado	Empresarial	2.664.171	54,11%
	Particular	2.164.888	43,97%
	Colonia menonita	53.079	1,08%
	Sindicato agrario	34.680	0,70%
	Asociación de productores/ ganaderos/recolectoras	4.213	0,09%
	Cooperativa/Colonia	2.368	0,05%

● **Tabla 8** Tipos de actor por tipo de tenencia en el BMCh. Fuente. INRA

Tipo de tenencia	Sup. Tipo tenencia (ha)	Sup. AQM (ha)	% AQM respecto al tipo de tenencia	% AQM respecto al total quemado
Tierra fiscal	12.117.253	1.953.919	16,13%	51,08%
Privado	4.923.401	1.126.863	22,89%	29,46%
TCO/TIOC	3.326.782	514.153	15,45%	13,44%
Comunidad	920.428	204.110	22,18%	5,34%
Otras categorías	109.310	26.294	24,05%	0,69%

● **Tabla 9** Afectación de las quemas por tipo de tenencia. Fuente: Elaboración propia en base a datos del INRA, 2019.



Analizando la tenencia con las áreas quemadas de los meses de Julio al 10 de octubre de 2019, se puede constatar en la tabla 9 que la mayor superficie afectada ocurrió en las tierras fiscales con más de 1,9 Millones de hectáreas; que representan el 16%. La categoría "privado" fue afectado con más del 1.1 Millones de hectáreas que equivalen al 23% respecto al tipo de tenencia y 29% del total quemado. Las TCO/TIOC fueron afectadas con 514.153 hectáreas que equivalen al 15% respecto a superficie de TCO/TIOC y 13% considerando el total quemado. Las comunidades fueron afectadas con el 22% considerando la tenencia que representan 204.110 ha. y un 5% del total quemado (Figura 11).

También se hizo el análisis de quemas a los actores que se mencionan en la tabla 8. En la Figura 12, se muestran los actores que fueron afectados por las quemas. De las comunidades, el tipo de comunidad más afectada por el fuego, fue la "Comunidad campesina" aproximadamente 163 Mil hectáreas, que equivale al 27% del total quemado en ese tipo de tenencia. Las comunidades indígenas fueron afectadas con alrededor de 36 Mil hectáreas equivalentes al 13% del total comunidades indígenas.

Con respecto a los privados, la categoría más afectada por las quemas, fue la categoría "empresarial" con 713.482 hectáreas equivalentes al 27% y seguidamente se encuentra la categoría "particular" que corresponden a predios privados con menor superficie, esta categoría se afectó con 410.977 hectáreas que equivalen al 19% considerando este tipo de actor. (Figura 12).



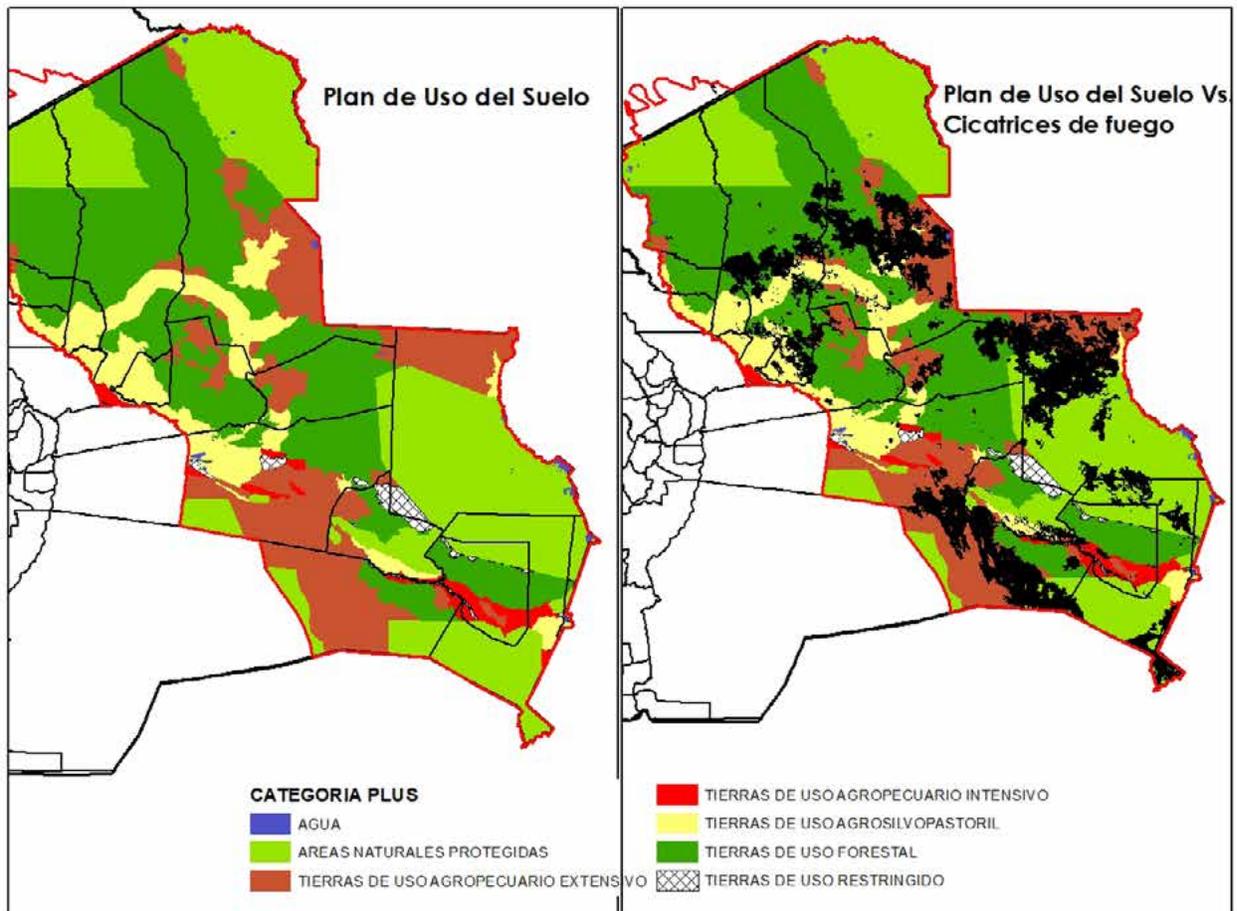
Áreas quemadas relacionadas al Plan de Uso del Suelo (PLUS)

Para el polígono comprendido en el Bosque Modelo Chiquitano, existen siete categorías del PLUS departamental, de las cuales las categorías más afectadas fueron “Tierras de uso agropecuario extensivo” con 1.39 Millones de hectáreas lo cual significa un 37% de afectación a su territorio y un 36% considerando el total quemado; luego se encuentra la categoría “Áreas naturales protegidas” con 1.13 Millones de hectáreas, equivalente al 15% de su territorio y un 29% del total quemado y en tercer lugar se encuentra la categoría “Tierras de uso forestal” afectada con más de 969 Mil hectáreas, que significa una afectación a esa categoría del 13% y un 25% del total quemado (Figura 13, tabla 10).

En la tabla 11 se puede apreciar todas las subcategorías del PLUS que fueron afectadas por las quemas entre 9 de julio al 10 de octubre 2019. Considerando el porcentaje quemado, las dos primeras subcategorías más afectadas tienen que ver con el tema ganadero, la primera es la subcategoría “Uso ganadero extensivo con manejo de bosque” con una afectación 39% que equivalen a más de 542 Mil hectáreas y un 14% respecto al total quemado. Le sigue la subcategoría “Uso ganadero extensivo” con una superficie de área quemada de más de 856 Mil hectáreas que representan el 35% de esta subcategoría y 22% del total quemado. (Tabla 11, Figura 14).

CATEGORÍAS DEL PLUS	Sup. (ha)	AQM (ha)	% AQM	% AQM respecto al total quemado
TIERRAS DE USO AGROPECUARIO EXTENSIVO	3.784.646	1.399.215	36,97%	35,93%
AREAS NATURALES PROTEGIDAS	7.328.705	1.133.037	15,46%	29,09%
TIERRAS DE USO FORESTAL	7.586.404	969.718	12,78%	24,90%
TIERRAS DE USO AGROSILVOPASTORIL	2.139.014	341.790	15,98%	8,78%
TIERRAS DE USO AGROPECUARIO INTENSIVO	406.553	40.783	10,03%	1,05%
TIERRAS DE USO RESTRINGIDO	261.563	5.336	2,04%	0,14%

● **Tabla 10** Categorías del PLUS afectadas por las quemas (ha). Fuente: Elaboración propia basado en el PLUS departamental.

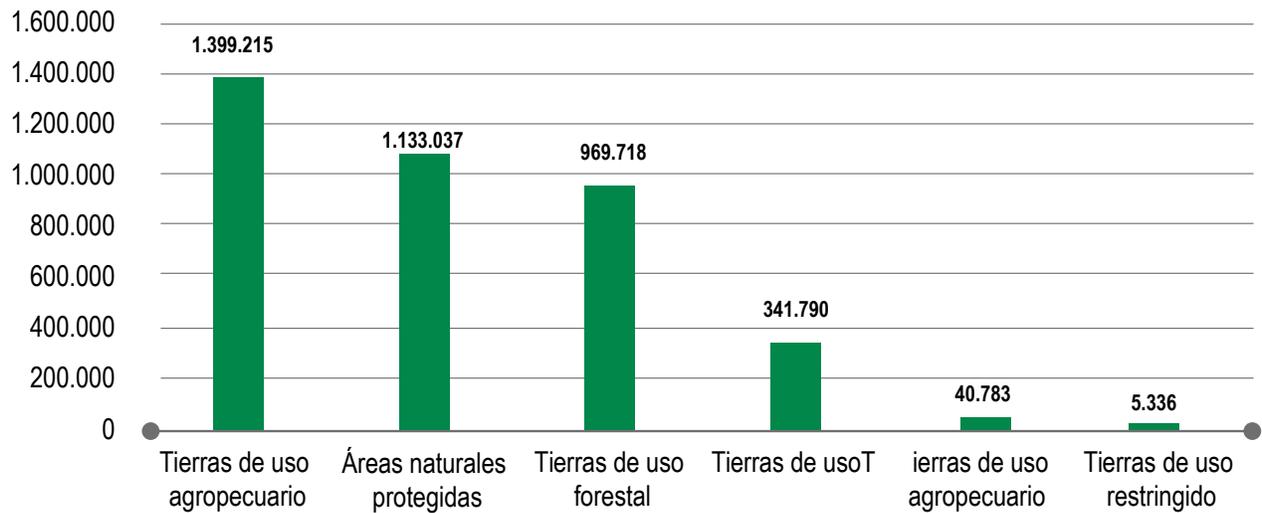


● **Mapa 12** Afectación de las quemas al PLUS.

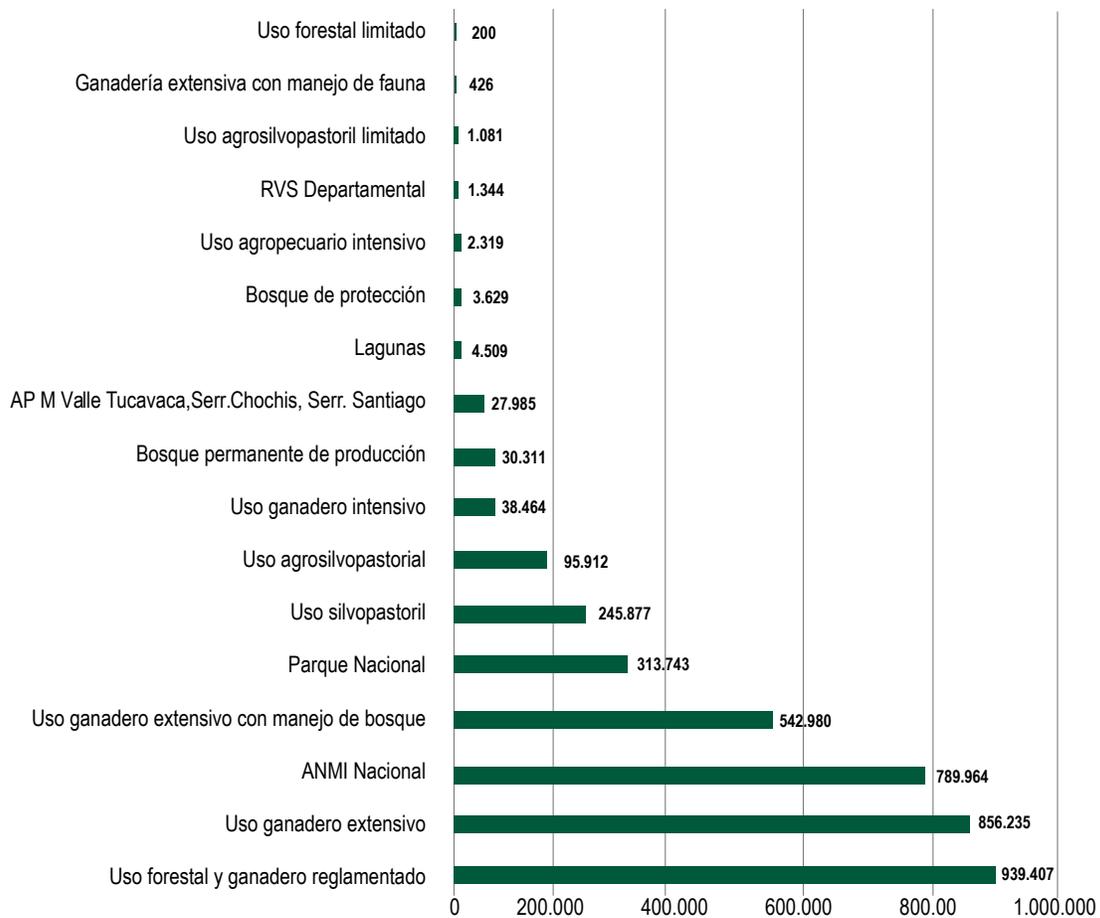
SUBCATEGORÍAS del PLUS	Sup. (ha)	AQM (ha)	% AQM respecto a la subcategoría	% AQM respecto al total quemado
USO GANADERO EXTENSIVO CON MANEJO DE BOSQUE	1.373.142	542.980	39,54%	13,94%
USO GANADERO EXTENSIVO	2.410.530	856.235	35,52%	21,99%
ANMI NACIONAL	3.331.404	789.964	23,71%	20,28%
USO SILVOPASTORIL	1.093.536	245.877	22,48%	6,31%
USO GANADERO INTENSIVO	218.910	38.464	17,57%	0,99%
USO FORESTAL Y GANADERO REGLAMENTADO	6.047.771	939.407	15,53%	24,12%
PARQUE NACIONAL	2.453.485	313.743	12,79%	8,06%
AP M VALLE TUCAVACA, SERR.CHOCHIS, SERR. SANTIAGO	264.813	27.985	10,57%	0,72%
USO AGROSILVOPASTORIL	1.045.478	95.912	9,17%	2,46%
BOSQUE DE PROTECCION	48.647	3.629	7,46%	0,09%
LAGUNAS	68.979	4.509	6,54%	0,12%
USO AGROSILVOPASTORIL LIMITADO	23.988	1.081	4,51%	0,03%
BOSQUE PERMANENTE DE PRODUCCION	1.538.632	30.311	1,97%	0,78%
GANADERIA EXTENSIVA CON MANEJO DE FAUNA	29.347	426	1,45%	0,01%
USO AGROPECUARIO INTENSIVO	187.642	2.319	1,24%	0,06%
USO FORESTAL LIMITADO	159.580	200	0,13%	0,01%
RVS DEPARTAMENTAL	1.279.003	1.344	0,11%	0,03%
USO GANADERO EXTENSIVO CON POTENCIAL DE RIEGO	974	0	0,00%	0

● **Tabla 11** Subcategorías del PLUS afectadas por las quemas.

Superficie quemada (ha)



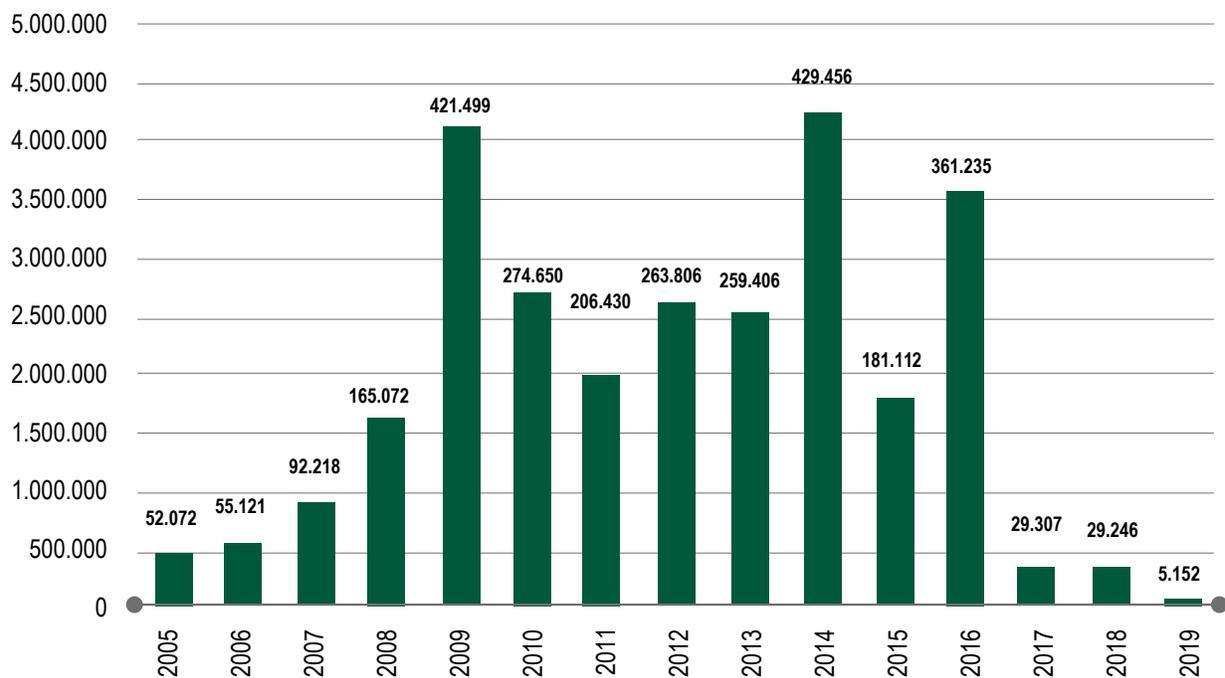
● **Figura 13** Categorías del PLUS departamental afectadas por las quemas (ha).



● **Figura 14** Subcategorías del PLUS departamental afectadas por las quemas (ha).

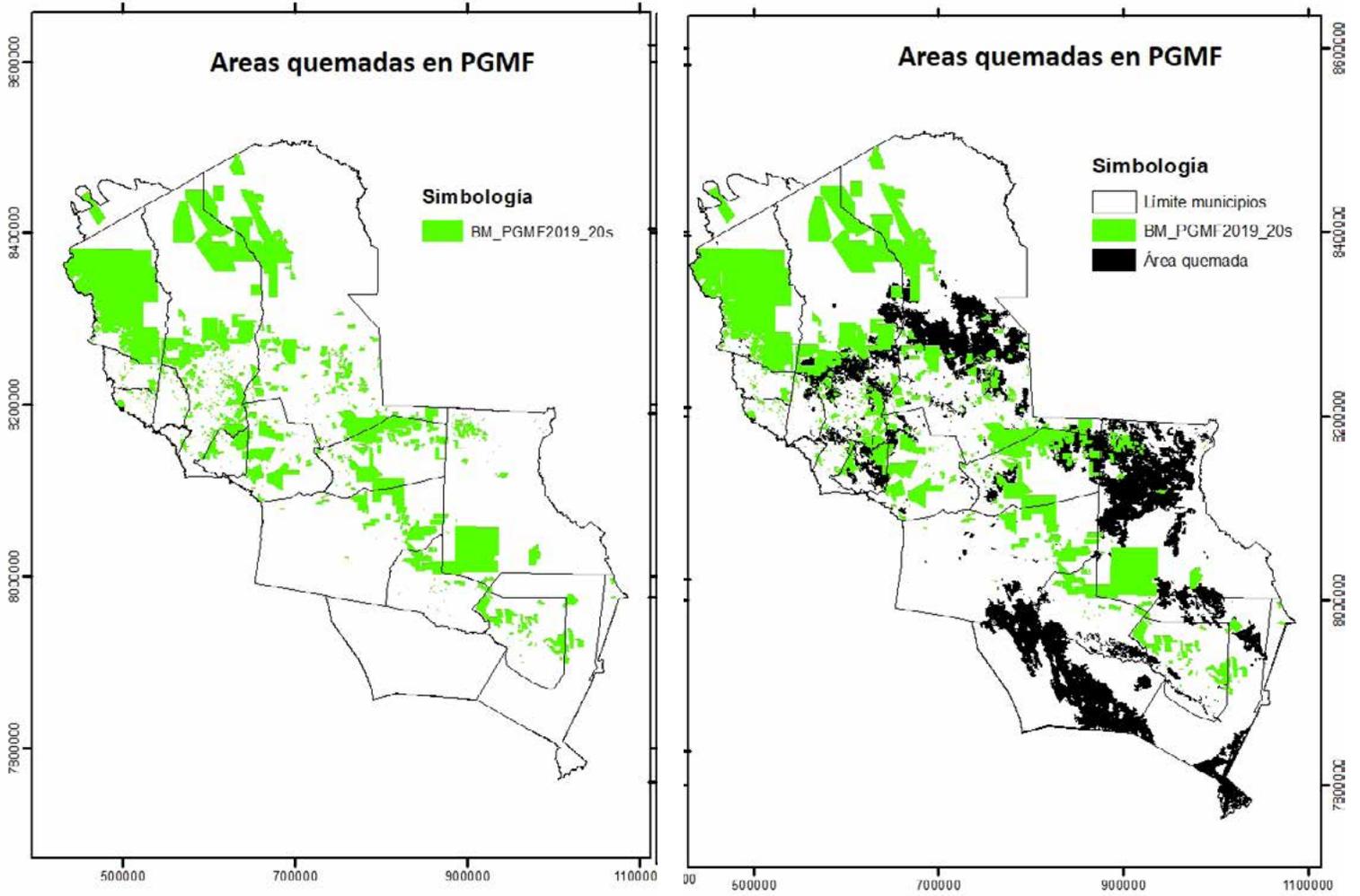
Áreas quemadas relacionadas a los Planes Generales de Manejo Forestal (PGMF)

De acuerdo a los datos SIG que maneja la ABT, la Figura 15 muestra la superficie asignada a PGMF desde el 2005 al 2019. En el 2019 se asignaron 5.152 ha para Planes Generales de Manejo Forestal. De esta superficie con las quemadas desde julio al 10 de octubre 2019, se afectaron 1.735 ha.



● **Figura 15** Superficie (ha) de los PGMF por año.





● **Mapa 13** PGMF y la afectación por quemas.



Cuencas hidrográficas afectadas por las quemas

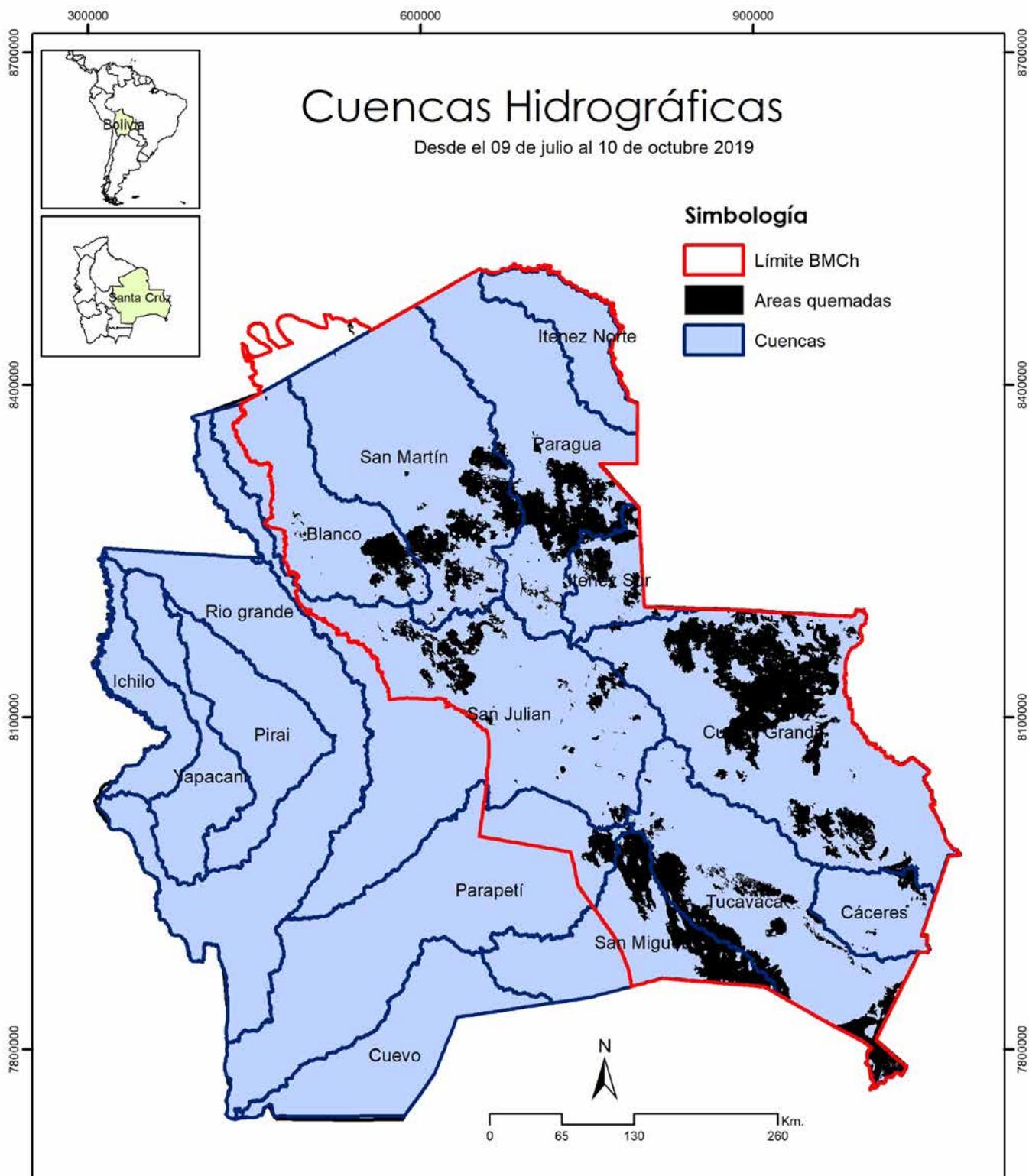
Según SEARPI (2011) en el departamento de Santa Cruz se presentan 16 cuencas hidrográficas, de las cuales 10 se encuentran en el área del Bosque Modelo Chiquitano (tabla 12). Los incendios ocurridos entre el 9 de Julio al 10 de octubre del 2019 afectaron a las 10 cuencas que están presentes o discuren en la región del Bosque Modelo Chiquitano.

En orden de afectación por superficie, se encuentra la cuenca Curichi Grande, ubicada en el municipio de San Matías, con 1.273.020 hectáreas quemadas que equivalen al 29.20 % de su superficie. Seguidamente le corresponde a la cuenca del río Tucavaca con 553.055 hectáreas afectadas que equivalen al 19.85 % del total de su área de extensión. Otras cuencas afectadas en una amplia superficie corresponden a las de San Miguel, Paraguá, San Martín, Itenez Sur y San Julián. Respecto a las áreas quemadas en función del área total de la cuenca, además de Curichi Grande, se afectaron significativamente las del Intenez Sur y San Miguel con el 26 %.

Cabe destacar que, para este informe, el análisis de los incendios sobre las cuencas hidrográficas contempla solamente el cálculo de la superficie afectada por las quemas y no así una evaluación del daño e impacto sobre las condiciones y calidad del agua.

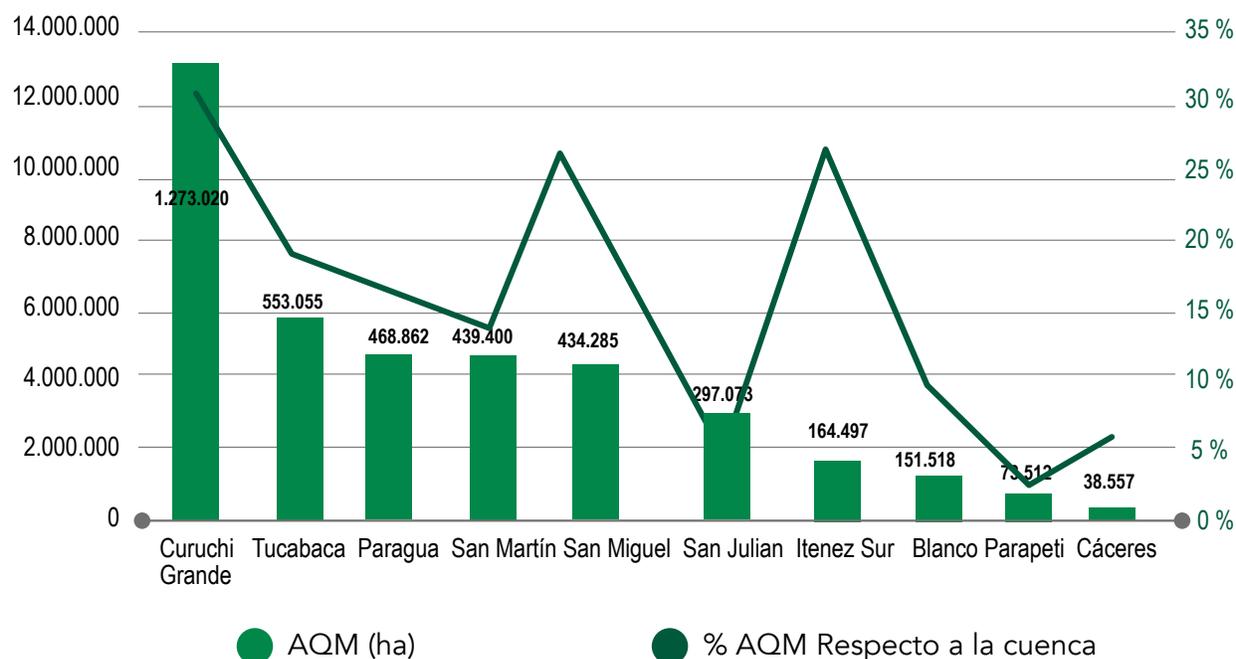
Es importante identificar de qué manera estos incendios afectaron a la calidad del agua y a las condiciones biofísicas de los ríos, lagunas y otros humedales, ya que por la dimensión de los incendios se estima que hubo mucha ceniza y que durante la estación de lluvias discurrirá hacia las fuentes de agua, poniendo en riesgo el uso humano y animal e impactando sobre la biodiversidad y las funciones ecosistémicas.





Cuenca	Sup. (ha)	AQM (ha)	% AQM respecto a la cuenca	% AQM respecto al total quemado
Curichi Grande	4.360.240	1.273.020	29,20%	32,69%
Itenez Sur	631.634	164.497	26,04%	4,22%
San Miguel	1.669.997	434.285	26,01%	11,15%
Tucavaca	2.785.885	553.055	19,85%	14,20%
Paraguá	2.717.076	468.862	17,26%	12,04%
San Martín	3.315.569	439.400	13,25%	11,28%
Blanco	1.830.568	151.518	8,28%	3,89%
San Julian	5.350.014	297.073	5,55%	7,63%
Cáceres	706.877	38.557	5,45%	0,99%
Parapetí	3.932.473	73.526	1,87%	1,89%

● **Tabla 12** Cuencas hidrográficas afectadas por los incendios del 2019 en el Bosque Modelo Chiquitano.



● **Figura 16** Superficie y porcentaje de las cuencas afectadas por los incendios durante 2019 en el Bosque Modelo Chiquitano.



Datos remarcables y comentarios finales

El presente informe es producto del análisis preliminar en base a sistemas remotos y que tiene como fuente el Observatorio del Bosque Seco Chiquitano (www.observatoriochiquitano.org), en tal sentido, se recomienda en tiempo prudente desarrollar un trabajo de corroboración de campo en las zonas más afectadas y levantar información que pueda dar pautas más claras sobre la severidad y los daños ocasionados en ecosistemas, fuentes de agua, suelo, fauna, recursos forestales maderables y no maderables. No dejando de lado la evaluación respectiva sobre impacto ocasionado a los habitantes de las zonas más afectadas y en rubros como la pérdida de producción para alimentos.

De los resultados destacables podemos señalar los siguientes:

- **El 2019 fue el año de mayor superficie afectada por los fuegos en la Chiquitania**, tomando en cuenta el polígono del Bosque Modelo Chiquitano: **3.893.787 hectáreas**, un 18% más que el año de mayor superficie afectada antes registrado (2010).
- El **municipio más afectado por los incendios fue San Matías** (provincia Angel Sandóval) con 933.868 hectáreas, un 34% del total del municipio, seguido por el municipio de **San Ignacio de Velasco** (provincia Velasco) con 799.000 hectáreas afectadas: 16% de la superficie total municipal.
- **2.892.025 hectáreas de cobertura de vegetación natural arbórea ha sido afectada** por el fuego y corresponde al **74.1% del área total** donde ocurrieron los incendios durante el 2019.
- **1.365.393 hectáreas, pertenecientes a 33 de los 36 ecosistemas** presentes en la Chiquitania, **se quemaron por primera vez** en los registros de los últimos 15 años los cuales el **Abayoy, con 510.000 hectáreas** afectadas, los **Bosques Chiquitanos de transición al Chaco mal drenados, con 141.430 hectáreas** quemadas y el **Bosque Chiquitano de transición amazónica, con 89.940 hectáreas** incendiadas, son los que mayor impacto tuvieron.

- **Las áreas protegidas se vieron afectadas en un total de 1.657.995 hectáreas**, siendo las de carácter nacional las que sumaron el mayor valor (1.102.482 hectáreas), seguidas por las municipales (524.222 hectáreas) y en un rango porcentual de su superficie total desde el 0.1% (Rios Blanco y Negro) hasta más del 60% (APM Orquídeas del Encanto).
- **Las áreas protegidas más afectadas en superficie quemada fueron el ANMI San Matías** (772.831 hectáreas afectadas), **ACIE Ñembi Guasu** (426.028 hectáreas con fuegos) y PN Otuquis (313.744 hectáreas incendiadas).
- **1.860.237 hectáreas de bloques continuos de bosques mayores a 2 millones de hectáreas y de corredores de conectividad**, fueron afectados por fuegos y que posiblemente reduzcan su capacidad de mantener funcionalidad ecosistémica a escala de paisajes.
- **2.818.867 hectáreas (el 16.5%) del hábitat potencial del jaguar** ha sido impactado por los incendios y **790.613 hectáreas de los corredores entre áreas protegidas** que permiten mantener la viabilidad poblacional de esta especie, fueron afectadas por los fuegos.
- Las **tierras fiscales** fueron las más afectadas por los incendios sumando **1.953.919 hectáreas** (el 15.74% del total de tierras en esta categoría), seguida por las **tierras privadas con 1.126.863 hectáreas** (el 22.89% de la superficie en esta categoría). Sumando todas las **tierras comunitarias** se alcanzó una superficie afectadas de **718.263 hectáreas**.



- **Las categorías del PLUS (Plan de Uso del Suelo del departamento de Santa Cruz)**, más afectadas, excluyendo las áreas protegidas, fueron las Tierras de Uso Agropecuario Extensivo con 1.399.215 hectáreas (35.93% del total de esta categoría) y las Tierras de Uso Forestal con 969.718 hectáreas (el 24.90% del total de esta categoría).
- **Las 10 cuencas hidrográficas presentes en la región fueron afectadas por los incendios.** La cuenca del Río Curichi Grande fue la más afectada, con más de 1.2 millones de hectáreas identificadas con cicatrices de quemaduras.
- En los **incendios de la Chiquitania se han manifestado al menos 4 eventos de Megaincendios o Incendios de sexta generación** que se caracterizan por la formación de *Pirocumulonimbus*, tienen la capacidad de romper la estructura de la atmósfera y generar lo que se llaman tormentas de fuego cuya intensidad pueden sobrepasar fácilmente los 100.000 kW (kilowatts). En Sudamérica se habían registrado tan solo dos eventos: uno en Chile y otro en Argentina. Los megaincendios de la Chiquitania han tenido la particularidad de que se han registrado varios *Pirocumulonimbus*.
- Las **características de este nuevo tipo de incendios deben obligar a replantear nuestra visión de los incendios en la Chiquitania y los bosques secos en general.** La probabilidad de que se manifiesten nuevamente es factible de modo que se deberán tomar medidas precautorias en adelante. Dichas medidas precautorias cobran mucho mayor relevancia cuando sabemos que estos eventos: 1) son nuevos para el planeta y los ecosistemas, 2) dado lo novedoso de este tipo de eventos, la ciencia está en una etapa temprana en el entendimiento de este fenómeno, 3) los modelos hasta ahora diseñados deben ser reajustados y recalibrados para en el futuro desarrollar una mejor capacidad de pronóstico.
- Sabiendo que estos eventos extremos son nuevos para la ciencia y los ecosistemas, es desconocido el impacto que podrían provocar incluso en ecosistemas adaptados al fuego. Todo esto abre sin duda **una nueva agenda de investigación y perspectiva en la gestión de los bosques secos tropicales.**
- Considerando que el 2019 fue un año que superó el porcentaje de quemaduras comparado con años anteriores, inclusive con respecto al 2010 (el de mayor impacto conocido), más la opinión de expertos en Grandes Incendios Forestales (Castellnou et al., 2019), **se sugiere generar e implementar un**

plan de restauración que tome en cuenta las proyecciones conocidas con respecto a dichos eventos extremos que pueden repetirse en los escenarios de cambio climático conocidos y para los que la generalidad de los países (incluido el nuestro) no están preparados.

- Lo indicado determina a que las autoridades, los diferentes sectores y la sociedad en general no deben perder de vista que **los megaincendios o de sexta generación registrados en la Chiquitania, han sido de carácter excepcional en Sudamérica y que dadas las tendencias en el clima global hay probabilidad que más adelante se sigan manifestando en bosques secos como el Chiquitano y Chaco.** Lo dicho marca una nueva etapa en la consideración de lo que hasta ahora se ha llamado incendios forestales, por lo que se ha ingresado a un nuevo escenario en el que la ciencia tiene muchos límites de conocimiento y que está en proceso de recomodar y recalibrar los modelos predictivos, de análisis, etc. Todo ello hace que las decisiones, acciones y gestiones del Bosque Seco Chiquitano considere este nuevo escenario.
- Debido a la gravedad del evento 2019 y al riesgo latente de incendios que todos los años interesa al bosque Chiquitano y ecosistemas asociados, **es recomendable asegurar las condiciones para una recuperación de la flora y fauna.** Para tal fin es necesario reglamentar a la brevedad posible la LEY DEPARTAMENTAL N° 181 del 05 de septiembre de 2019: “Ley de declaratoria de pausa ambiental para conservar el patrimonio natural del departamento de Santa Cruz” identificando las áreas afectadas por los incendios, los refugios y cuerpos de agua en su área de influencia y los parches de bosque que aseguren la conectividad y definiendo los tiempos mínimos indispensables para permitir la restauración de los ecosistemas afectados.



Bibliografía

Asner, G.P., D.E. Knapp, A. Balaji, & G. Paez-Acosta. 2009. Automated mapping of tropical deforestation and forest degradation: CLASlite. *Journal of Applied Remote Sensing*, 3, 033543.

Navarro, G. & W. Ferreira. 2008. Memoria explicativa: mapas de vegetación, potencial forestal ecológico general y protección de la vegetación del Departamento de Santa Cruz. RUMBOL Srl., Santa Cruz. 164 p.

Castellnou, M.; Larrañaga, A.; Miralles, M. & Molina, D. 2010. "Escenarios de incendios forestales: aprender de la experiencia". En: *Hacia la gestión integrada de incendios*, N° 23, pp. 121-133.

Castellnou, M. 2018. "Los incendios de sexta generación son más difíciles de controlar y afectan a medio planeta". En: *La Vanguardia*, la actualidad del medio ambiente, 17 de agosto de 2018.

Castellnou, M, L. Alfaro, M. Miralles, D. Montoya, B. Ruiz, T. Artes, L. Besold, J. Brull, F. Ramirez, M.A. Botella, F. Martins, M. Bachsficher, J. Vendrell, M. A. Botella & S. Purdy. 2019. Field journal: Bolivia. learning to fight a new kind of fire. In: *Wildfire*, 28:5 (26-34).

Eastman, R.J. 2015. *TerrSet Manual*. Clark University.

Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz (2011). *Delimitación y codificación de las Unidades Hidrográficas del departamento de Santa Cruz*. Edición Preliminar. Servicio de Cuencas-SEARPI. Gobierno Autónomo Departamental de Santa Cruz. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Keeley, JE (2009). Intensidad del fuego, gravedad del fuego y gravedad de la quemadura: una breve revisión y uso sugerido. *Revista internacional de incendios forestales*, 18 (1), 116-126.

McRae, B.H., A.J. Shirk, & J.T. Platt. 2013. *Gnarly Landscape Utilities: Resistance and Habitat Calculator User Guide*. The Nature Conservancy, Fort Collins.

McBride, R. T. & J. J. Thompson. 2018. Space use and movement of jaguar (*Panthera onca*) in western Paraguay. *Mammalia* 82 (6): 1-10.

Navarro, G. & W. Ferreira. 2008. Memoria explicativa: mapas de vegetación, potencial forestal ecológico general y protección de la vegetación del Departamento de Santa Cruz. RUMBOL Srl., Santa Cruz. 164 p.

Phillips, S.J., R.P. Anderson & R.E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259.

Salgueiro, A; Castellnou, M. & Picos, J. 2018. "California, Portugal y Galicia, víctimas de incendios 6.0". En: el País, la actualidad del medio ambiente, 23 de noviembre de 2018.

Simonetti, D., A. Marelli, & H. Eva. 2015. IMPACToolbox. JRC technical report. European Commission, Joint Research Centre.

Soille, P. & P. Vogt. 2009. Morphological segmentation of binary patterns. *Pattern Recognition Letters* 30(4): 456-459. DOI: 10.1016/j.patrec.2008.10.015

Vides-Almonacid, R., S. Reichle y F. Padilla, 2007. Planificación Ecorregional del Bosque Seco Chiquitano. FCBC – TNC. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

Vogt, P. & K. Riitters. 2017. GuidosToolbox: universal digital image object analysis. *European Journal of Remote Sensing* 50: 352-361. DOI: 10.1080/22797254.2017.1330650.

Vogt, P. 2019. Measuring Forest Area Density to quantify Forest Fragmentation. GuidosToolbox product sheet: <https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/gtb/GTB/psheets/GTB-Fragmentation-FA-DFOS.pdf>

Wallace, R.B., H. Gomez, R.P. Zulia & D. Rumiz. 2010. Distribución, ecología y conservación de los mamíferos medianos y grandes de Bolivia. Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz. 884 p.

WWF. 2019. El polvorín del noroeste. Informe. Propuesta ibérica de WWF España y ANP / WWF Portugal para la prevención de incendios.

Zeller, K.A. 2007. Jaguars in the New Millennium Data Set Update: The State of the Jaguar in 2006. Wildlife Conservation Society Report. Bronx, NY.



www.observatoriochiquitano.org