



USAID
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS
UNIDOS DE AMÉRICA



DEFENSORES
DE LA NATURALEZA



MONITOREO DE INCENDIOS FORESTALES

RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE LAS MINAS

Temporada 2020-2021

CONTENIDO

1.	Ficha de resumen	1
2.	Antecedentes	1
3.	Objetivos	4
	General	4
	Específicos	4
4.	Metodología	5
4.1	Alertas temprana y reporte de puntos de calor	5
	Alertas tempranas	5
	Monitoreo y verificación	6
	Notificación y reporte	6
4.2	Cicatrices de Incendios Forestales	6
	Relación de Quema Normalizada	7
5.	Resultados y discusión	7
5.1	rEPORTE DE ALERTAS TEMPRANAY PUNTOS DE CALOR	7
5.2	INCENDIOS FORESTALES EN LA TEMPORADA 2021	9
5.2	ANÁLISIS COMPARATIVO CON TEMPORADA 2020 – 2021	9
6.	Importancia y sostenibilidad para el manejo de la RBSM	10
7.	Conclusiones y Recomendaciones	10
8.	Referencias	10

I. FICHA DE RESUMEN

Objetivo:	Monitoreo de incendios forestales
Indicador:	Cantidad de incendios forestales atendidos
Ecosistema:	Bosque nuboso, mixto, latifoliado y coníferas
Amenazas a las que responde:	Avance de la frontera agrícola, incendios forestales, deforestación y usurpaciones
Área de trabajo:	Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas
Subcuencas en las que se realizó el monitoreo:	Clasificación de cobertura forestal en cuatro subcuencas: <ul style="list-style-type: none">• San Jerónimo• Ribacó• El Hato• Mululhá
Línea base (2020):	Se reportaron 59 puntos de calor 49 en zonas con cobertura forestal; con un daño de 230 ha, con 93 ha en zonas forestales
Resultados de 2021:	
Responsables del monitoreo en campo e informe de temporada:	José Miguel Girón Galdámez

2. ANTECEDENTES

Los incendios forestales son un fenómeno grave que amenaza provocados generalmente por el hombre que destruye los recursos naturales, el ganado, desequilibra los entornos locales, libera una gran cantidad de gases de efecto invernadero, etc. (Sykas, 2020). Los incendios ocurren con menor frecuencia en la mayoría de los bosques húmedos inalterados formados por árboles de gran altura y en los que predomina una cubierta de copas cerrada, debido al microclima húmedo, la humedad del combustible, la escasa velocidad del viento y las elevadas precipitaciones. Sin embargo, los bosques húmedos pueden resultar más susceptibles a los incendios en los períodos de sequía intensa, como la que se experimenta durante los años en que ocurre el fenómeno El Niño.

Uno de los efectos ecológicos más importantes de los incendios es la mayor probabilidad de que se produzcan nuevos episodios del mismo tipo en los años subsiguientes, al caer los árboles, lo que permite que la luz del sol reseque el bosque y produzca una acumulación de combustible con un aumento de especies susceptibles a los incendios, como las herbáceas inflamables. La consecuencia de los incendios repetidos es perjudicial porque es uno de los factores principales del empobrecimiento de la biodiversidad en los ecosistemas de los bosques pluviales (Nasi et al., 2001).

El monitorear estos incendios y su detección temprana puede ser la diferencia entre el control y la magnitud del daño que pueden ocasionar. Los datos de satélite se utilizan para mapear incendios forestales actuales, áreas quemadas, daños, regeneración de vegetación

y para predecir la probabilidad de incendios forestales. Esta información respalda el ciclo completo de gestión de desastres, es decir, reconstrucción, mitigación, preparación y respuesta a desastres (UNOOSA, 2014). En estos análisis es importante el implementar sistemas de alerta temprana y la cuantificación del daño, es necesario, por lo tanto, para los planes de restauración y preparación para la próxima temporada de incendios, estos pueden monitorearse mediante índices de análisis de severidad del daño de incendios forestales.

En la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, se han realizado monitoreos de incendios forestales incluyendo el reporte de puntos de calor, verificación y combate de incendios y cuantificación de daños mediante análisis de cicatrices de fuego.

2.1 SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA ANTE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

La detección de incendios forestales puede ser monitoreadas desde que inicia el fuego implementando sistemas de alerta temprana. Estos sistemas son clave para la identificación en campo de los incidentes y colaborar en el combate y reducción de daños ocasionados por incendios forestales. Un mecanismo de obtención de información de la amenaza de incendios forestales es obteniendo datos de sensores remotos como un satélite como insumo principal.

Los sensores instalados en los satélites que se utilizan para proyectos de detección de incendios forestales de la NASA, pueden detectar el calor infrarrojo emitido por las propias llamas mediante sensores MODIS Y VIIRS. Estos puntos representan tanto incendios forestales como quemas agrícolas, en algunas ocasiones los incendios no son detectados ya que ocurren debajo del dosel del bosque.

Dependiendo del tamaño y la proximidad de los incendios, pueden aparecer o no como puntos de calor separados. Si el tamaño total del fuego detectado es de un tamaño de menor a un píxel, aparecerá como un solo punto de calor. En cuanto a los incendios activos con un tamaño superior a un píxel, aparecerán como múltiples puntos de calor, dependiendo de la extensión (Figura 1).

Es importante tener en cuenta que un punto de calor detectado no siempre corresponde a incendios en campo. Otros cuerpos de alta temperatura también pueden exhibir propiedades térmicas similares a las de los incendios forestales. Algunos ejemplos son el calor emanado por chimeneas y centrales eléctricas. La detección de un incendio depende de varios factores. Los incendios con una vida útil corta pueden haber comenzado y terminado entre el paso de un de satélite. Las situaciones que hacen que algunos puntos calientes y la neblina de humo escapen a la detección de los satélites incluyen la cobertura de nubes, los incendios debajo del dosel del bosque y el tamaño y la temperatura relativos

de los incendios que son insuficientes para marcar el fuego como un punto de calor (Meteorological Service Singapore, 2021).

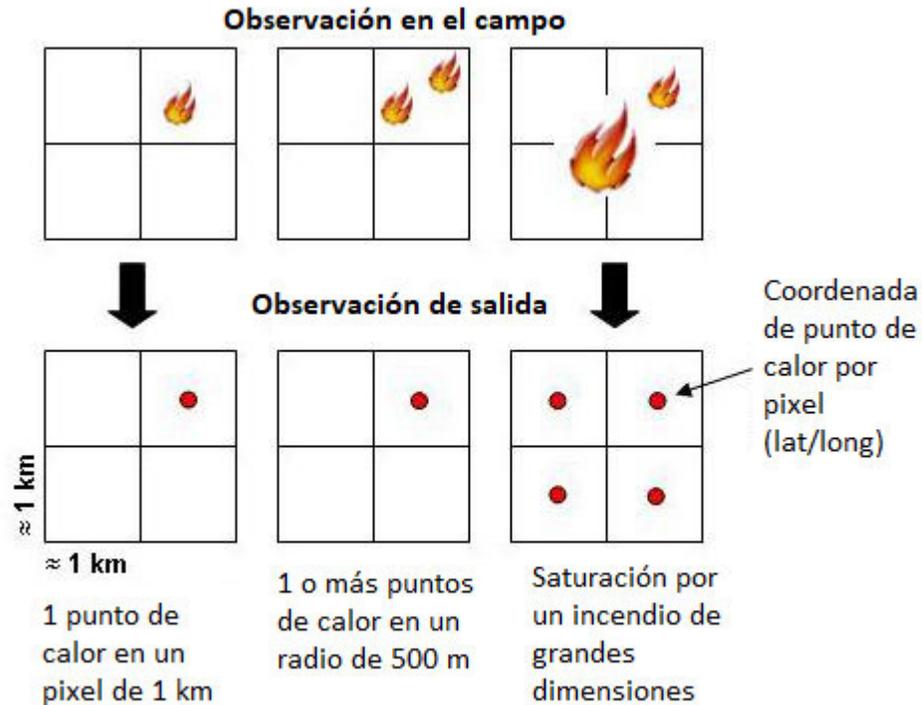


Figura 1 Detección y datos de salida de puntos de calor de FIRMS - NASA. Fuente: NASA, Traducción FDN

2.2 CUANTIFICACIÓN DEL DAÑO DE INCENDIOS FORESTALES

Actualmente se emplean diferentes técnicas para identificar, obtener datos y cuantificar el daño ocasionado por los incendios forestales. Entre ellos se tiene la cuantificación de daños en campo, usando en algunas ocasiones herramientas de medición como GPS o estimación práctica por observación considerando las condiciones o estado del incendio y de la topografía.

De acuerdo a estas limitaciones los avances aportados por la teledetección han sido muy importantes en la última década. La información sobre incendios forestales obtenidos por sensores remotos como imágenes de satélite es cada más importante, tanto en la estimación de daños, como en la planificación de los trabajos de restauración pos incendio (Navarro et al., 2000).

La comunidad científica ha introducido el índice de proporción de quemado normalizado (NBRI) para estimar la gravedad de los incendios, principalmente en zonas boscosas. NBRI aprovecha las bandas espectrales del infrarrojo cercano y del infrarrojo de onda corta,

sensibles a los cambios de vegetación, para detectar áreas quemadas y monitorear la recuperación del ecosistema. El NBRI debe usarse al menos en pares para extraer información. Una imagen NBRI antes del incendio y una o más imágenes NBRI después del incendio. La diferencia entre estas imágenes NBRI resaltarán las áreas quemadas y se puede usar para monitorear el comportamiento del ecosistema a medida que pasa el tiempo. Calcular el NBRI con las siguientes fórmulas (una para cada satélite)

$$NBRI_{L8} = \frac{Band_5 - Band_7}{Band_5 + Band_7} \quad \text{Landsat 8 OLI}$$

$$NBRI_{L5} = \frac{Band_4 - Band_7}{Band_4 + Band_7} \quad \text{Landsat 5 TM}$$

$$NBRI_{S2} = \frac{Band_8 - Band_{12}}{Band_8 + Band_{12}} \quad \text{Sentinel 2 MSI}$$

Figura 2 Formulas de NBRI para distintas bandas de imágenes Landsat y Sentinel. Fuente: Sykas, 2020

3. OBJETIVOS

General

Implementar un sistema de monitoreo y reporte de incendios forestales para las subcuencas priorizadas por el Proyecto.

Específicos

- Reportar mediante un sistema de alerta temprana los puntos de calor detectados mediante sensores remotos para el área de estudio.
- Identificar y cuantificar el daño causado por incendios en las subcuencas del Proyecto para determinar la superficie dañada en la temporada de incendios 2020 a 2021.

4. METODOLOGÍA

Se desarrollaron dos metodologías distintas; una para el reporte de puntos de calor que formó parte del sistema de alerta temprana de incendios forestales de la Fundación; y otra para determinar el daño causado por el fuego mediante análisis espacial del NBRI para determinar la superficie de las cicatrices de fuego.

4.1 ALERTAS TEMPRANA Y REPORTE DE PUNTOS DE CALOR

El protocolo de incendios forestales fue implementado en el año 2020 para las áreas protegidas administradas por la Fundación, aplicado también en la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas (RBSM). El protocolo se desarrolla de la siguiente forma:

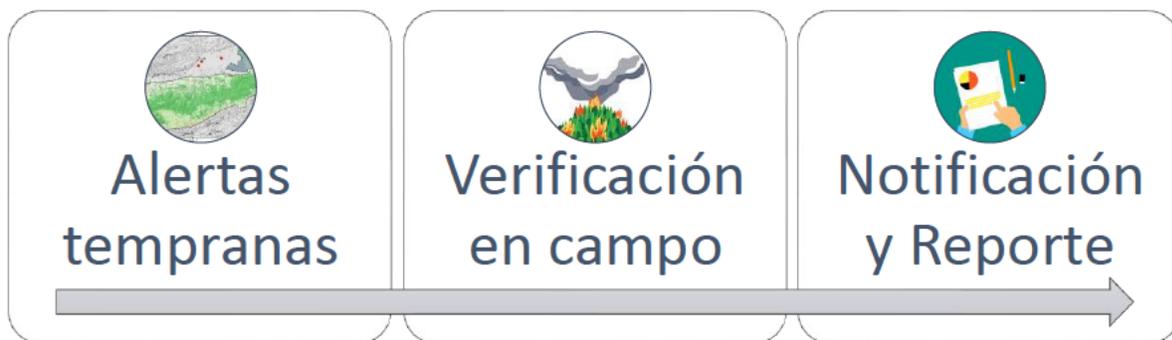


Figura 3 Protocolo de incendios forestales de FDN. Fuente: FDN, 2020

Alertas tempranas

El sistema de alertas tempranas consiste en el reporte de puntos de calor y difusión a coordinadores y técnicos en el área protegida para la verificación en campo de los puntos enviados. La información de puntos de calor es descargada diariamente del sitio del Fire Information for Resource Management System –FIRMS- de la NASA. Generalmente se utiliza la información de dos sensores VIIRS y SUOMI. El archivo que se envía diariamente es un mapa en formato PDF georreferenciado, este documento lo utilizan en aplicaciones de campo como Avenza maps para la ubicación de los puntos. La es un ejemplo del mapa que diariamente es compartido al área protegida.

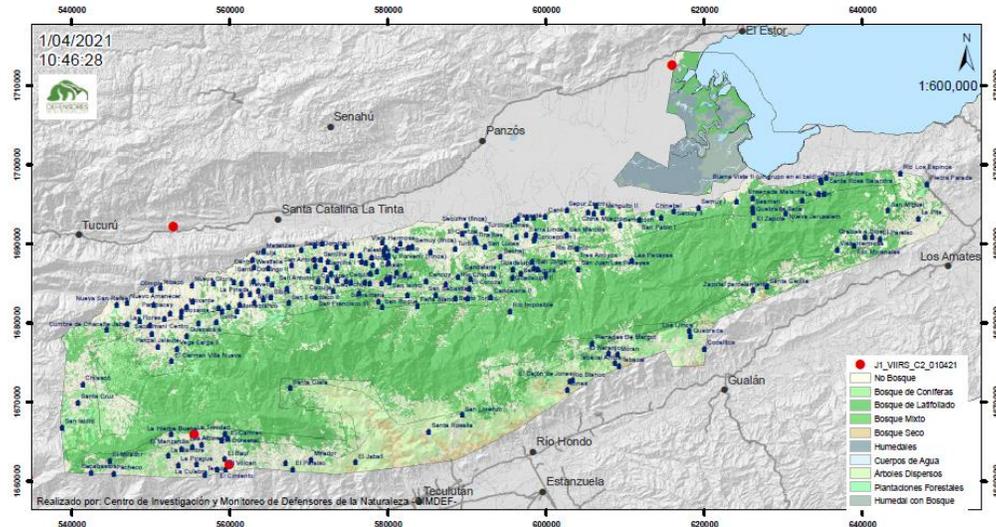


Figura 4 Mapa de puntos de calor para sistema de alerta temprana. Fuente: FDN, 2021

Monitoreo y verificación

Los técnicos visitan puntos en campo para verificar la existencia de incendio. En el sitio comienzan con el llenado de la boleta de reporte de incendios forestales. Los incendios verificados y contrarrestados son reportados mediante boletas de campo por parte de personal técnico de la Fundación. El combate de incendios forestales es una acción conjunta entre CONAP, CONRED, Municipalidades, iniciativa privada, bomberos y comunitarios.

Notificación y reporte

Se digitalizan los datos de campo cada viernes por parte de técnicos, en una base de datos electrónica. El reporte se presenta de forma acumulativa los días lunes y se comparte con directivos, coordinadores y otro personal de la Fundación.

4.2 CICATRICES DE INCENDIOS FORESTALES

El análisis de cicatrices de incendios forestales se realiza al finalizar la temporada de incendios, en el caso del informe de la temporada de incendios 2020 fue posible realizarlo, sin embargo, para el año 2021 no es posible ya que aún no termina la temporada. Se realiza descargando una imagen de satélite que cubra el área de las subcuencas del Proyecto, la imagen corresponde a la misión Sentinel-2 del Programa Copérnico de la Misión Espacial Europea –ESA-, la imagen debe corresponder luego de finalizada la temporada o inicios de la temporada de lluvias.

Para realizar el análisis de cicatrices de incendios se utiliza el análisis de severidad de incendios forestales, evaluada mediante la Relación de Quema Normalizada (NBRI).

Relación de Quema Normalizada

La fórmula NBR es similar a la NDVI (índice de vegetación). La única diferencia es que el NBR utiliza las bandas de infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo de onda corta (SWIR). La fórmula es la siguiente y se puede utilizar en la calculadora de imágenes o en cualquier software de calculadora de satélites, en este caso se utilizó para ArcMap 10.3:

$$\text{NBR} = \frac{\text{NIR}-\text{SWIR}}{\text{NIR}+\text{SWIR}}$$

La fórmula aplicada a las bandas de las imágenes Sentinel-2, quedaría de la siguiente forma:

$$\text{NBRI} = \text{Banda 8} - \text{Banda 12} / \text{Banda 8} + \text{Banda 12}$$

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 REPORTE DE ALERTAS TEMPRANAY PUNTOS DE CALOR

La temporada de incendios forestales inició el 2 de febrero con el primer incendio reportado en la RBSM, sin finalizar oficialmente la temporada para el mes de mayo que se realizó este reporte.

Durante la temporada 2021 de incendios forestales, los puntos de calor detectados por el sensor VIIRS y MODIS de FIRMS, reportados mediante la alerta temprana, asciende a 15 puntos (Figura 5). De los cuales, 6 puntos fueron localizados en zonas de bosque. La subcuenca con la mayor cantidad de puntos reportado es Ribacó con 8 puntos, siendo el tipo de bosque más afectado el de coníferas y mixto con 2 puntos de calor en la parte media de la subcuenca. En la subcuenca del Río San Jerónimo fue localizado 1 punto de calor, el cual fue localizado en zona sin cobertura forestal. En la Subcuenca del Hato fueron localizados 6 puntos, la mayoría localizados en zonas de bosque de coníferas. Por último, en la subcuenca del Mululhá no se reportaron puntos de calor.

Esta temporada se caracterizó por comenzar de una forma tardía, con el incremento de los puntos de calor. En el mes de marzo se reportaron 3 puntos de calor en la subcuenca del Hato. El mes de abril reportó la mayor cantidad con 7 puntos de calor y el mes de mayo con 6 puntos de calor.

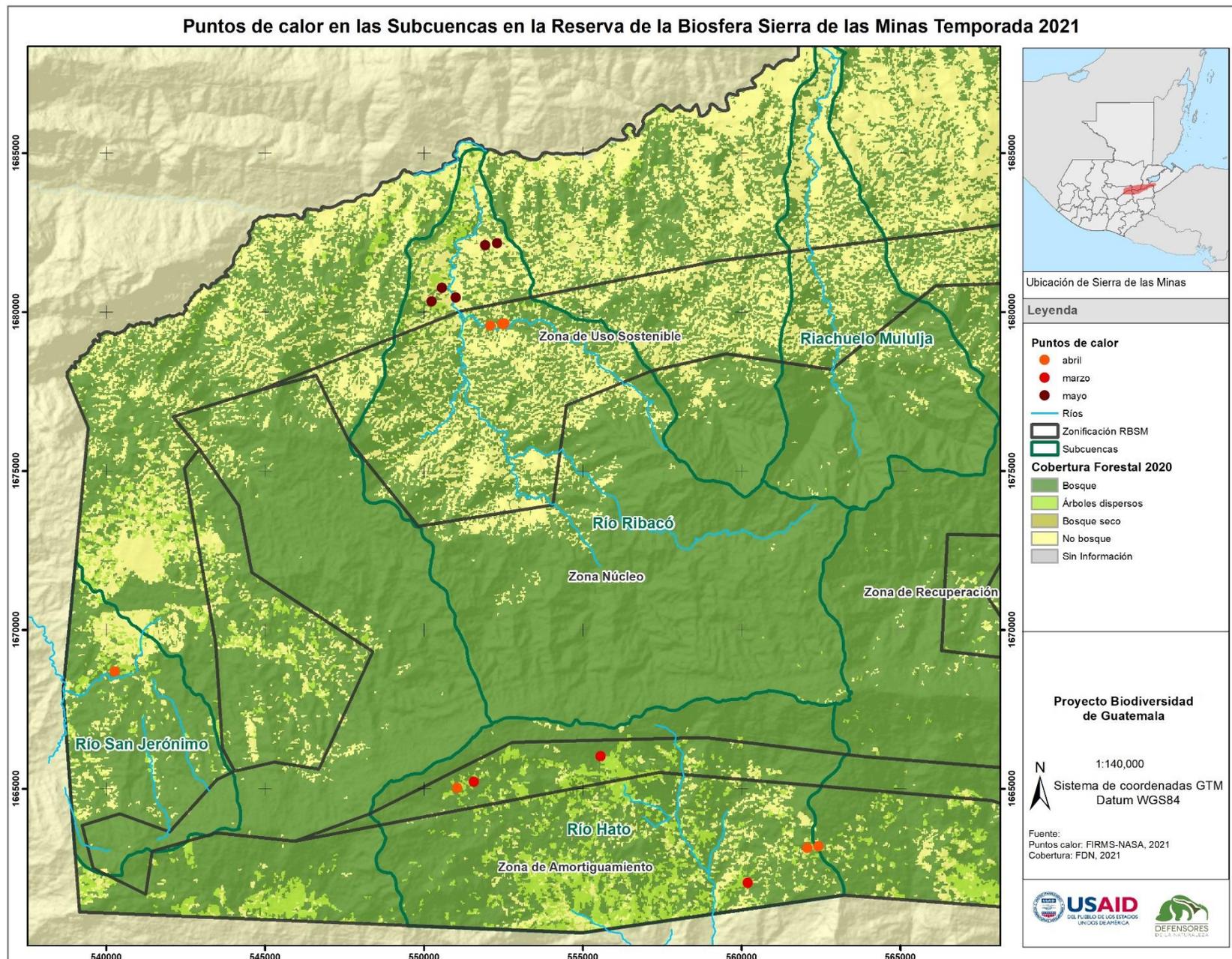


Figura 5 Puntos de calor en la temporada de incendios del año 2021. Fuente: FDN, 2021

5.2 INCENDIOS FORESTALES EN LA TEMPORADA 2021

La temporada de incendios forestales del 2021 ha sido una temporada fuera de lo normal, con una baja cantidad de puntos de calor reportados y de incendios forestales verificados en campo. Para la RBSM en toda su extensión fueron reportados 9 incendios forestales, con 70 hectáreas que reportaron daños.

Para las cuatro subcuencas del Proyecto, no se han reportaron incendios forestales en la temporada del año 2021. Por lo tanto, tampoco se realiza un análisis de cicatrices de fuego para las subcuencas analizadas.

5.2 ANÁLISIS COMPARATIVO CON TEMPORADA 2020 – 2021

El único parámetro comparable con el año 2020 son puntos de calor, ya que no se reportaron incendios forestales verificados en campo y por ello, no es posible realizar un análisis de cicatrices del fuego. La baja cantidad de incidentes en esta temporada se ve reflejada en los puntos de calor que en proporción ha sido un 25% de la temporada anterior. En la *Tabla 1* se muestran los resultados comparando la cantidad de puntos de calor reportados en la temporada del año 2020 y la temporada 2021.

<i>Subcuenca</i>	<i>año 2020</i>	<i>año 2021</i>
<i>Hato</i>	34	6
<i>San Jerónimo</i>	11	1
<i>Ribacó</i>	9	8
<i>Mululhá</i>	5	0
<i>Total</i>	59	15

Tabla 1 Cantidad de puntos de calor reportados por temporada. Fuente: FDN, 2021

Es probable que la acumulación de lluvia por el paso de las tormentas Eta e Iota a finales del año 2020 haya contribuido a retrasar la temporada de incendios forestales, lo que permitió una temporada más corta respecto al año anterior. Así mismo, la temporada seca en el oriente del país ha sido irregular, con algunas lluvias en los meses de marzo que también ayudaron a que no se acumulara mayor combustible por sequía.

6. IMPORTANCIA Y SOSTENIBILIDAD PARA EL MANEJO DE LA RBSM

Monitoreo de incendios forestales es muy importante para la conservación y protección del recurso forestal. Para la Fundación es un tema muy relevante tanto en la planificación y gestión de la amenaza dentro de la RBSM. En lo que respecta al protocolo de atención a incendios forestales el involucramiento del personal se aborda de forma integral, también integrando el apoyo interinstitucional con INAB, CONRED, CONAP, municipalidades e iniciativa privada que se suma a tareas de combate.

El protocolo y sistema de alerta temprana implementado para las áreas protegidas se implementó en el año 2020. El funcionamiento y el involucramiento de personal interno y el apoyo interinstitucional han sido de gran apoyo para la consolidación del protocolo, el cual se seguirá implementando para los siguientes años para la RBSM.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para la temporada de incendios 2021 se reportaron 15 puntos de calor; 8 en la subcuenca Ribacó, 6 puntos en el Hato y 1 punto de calor en la subcuenca San Jerónimo. No se reportaron incendios forestales para el año 2021 en la subcuencas del Proyecto.
- Se reportó una disminución de puntos de calor de 59 en el año 2020 a 15 puntos en el año 2021. Representando un 25% de puntos de calor en el 2021 respecto a los datos del año 2020.
- La temporada de incendios 2021 se caracterizó por ser moderada, con un inicio tardío en la aparición de incendios forestales, una baja intensidad y muy espaciados temporalmente durante los meses de mayor incidencia. Probablemente se debe a los efectos del aumento de lluvias en los últimos meses de 2020 con los eventos de las tormentas tropicales Eta e Iota por el fenómeno de la Niña, el cual se ha extendido hasta el 2021 con la aparición de algunas lluvias a lo largo de la temporada. ■

8. REFERENCIAS

D. Sykas. 2020. Spectral Indices with multispectral satellite data. Geo University. <https://www.geo.university/pages/spectral-indices-with-multispectral-satellite-data>

R. Nasi, R. Dennis, E. Meijaard, G. Applegate y P. Moore. 2001. Los incendios forestales y la diversidad biológica. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <http://www.fao.org/3/y3582s/y3582s08.htm>

Meteorological Service Singapore. 2021. How do we detect fires and smoke using satellites images and what are the limitations?. WMO. <http://www.weather.gov.sg/vfsp-was/wmo-faq/>

M. Navarro; P. Fernández y S. Escuin. 2000. Evaluación de daños producidos por incendios forestales mediante imágenes de satélite. Universidad de Córdoba. <file:///C:/Users/jgiron/Downloads/15865-Texto%20del%20art%C3%ADculo-15857-1-10-20140611.pdf>