Zimmermann LNL, Eisenkölbl Closs AR, Amarilla Rodríguez SM. Dinámica de incendios forestales en la Reserva para Parque Nacional San Rafael, Paraguay, periodo 2007-2017. Rev. Soc. cient. Parag. 2021:26(1):17-34. https://doi.org/10.32480/rscp.2021.26.1.17

Recibido: 5/03/2021. Aceptado: 6/05/2021.

ARTÍCULO ORIGINAL **ORIGINAL ARTICLE** 

# Dinámica de incendios forestales en la Reserva para Parque Nacional San Rafael, Paraguay, periodo 2007-2017

# Dynamics of forest fires in the San Rafael National Park Reserve, Paraguay, period 2007-2017

Laura Noemi Lorenz Zimmermann<sup>1</sup>, Alicia Raquel Eisenkölbl Closs<sup>2</sup> Stella Mary Amarilla Rodríguez<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Campus Universitario de Itapúa, Itapúa, Paraguay.

<sup>2</sup> Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Dirección Académica, Unidad Pedagógica. Hohenau, Obligado, Itapúa, Paraguay. <sup>3</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias, Dirección de Postgrado. San Lorenzo, Paraguay.

Autor correspondiente: stella.amarilla@agr.una.py

Resumen: Cada año la Reserva para Parque Nacional San Rafael (RPNSR) se ve afectada por incendios forestales que ocasionan daños a extensas superficies tanto de bosques como pastizales naturales y otros componentes de la biodiversidad. Esto puede resultar en un inconveniente si no se toman las medidas correspondientes en la gestión de estos fenómenos. Por ello, el objetivo principal fue analizar la dinámica de los incendios forestales en la RPNSR, mediante un análisis multitemporal en el periodo 2007-2017, con el registro detallado de los focos de calor captados por el sensor MODIS y análisis con sistemas de información geográfica. Comparación y análisis con los datos de precipitaciones mensuales. Los mismos dieron como resultado que indistintamente del régimen pluviométrico dado a lo largo del periodo de análisis, se registraron ocurrencia de incendios. Con relación a la cantidad de focos de calor registrados mensualmente, los meses de mayor registro de focos de calor van de junio a noviembre, siendo los meses de julio y agosto los que más repetidamente presentan los picos más elevados. En base a estos resultados y analizando los antecedentes de acciones en gestión de incendios forestales, ya emprendidas por organizaciones e instituciones en la

RPNSR, se propuso un Plan de Prevención y Control de Incendios Forestales con los puntos más resaltantes.

**Palabras clave**: incendios forestales, Sensor MODIS, régimen pluviométrico, focos de calor.

Abstract: Every year the San Rafael National Park Reserve (RPNSR) is affected by forest fires that cause damage to extensive areas of both forests and natural grasslands and other components of biodiversity. This can result in an inconvenience if the corresponding measures are not taken in the management of these phenomena. Therefore, the main objective was to analyze the dynamics of forest fires in the RPNSR, through a multi-temporal analysis in the period 2007-2017, with the detailed recording of heat sources captured by the MODIS sensor and analysis with geographic information systems. Comparison and analysis with monthly rainfall data. The same ones gave as result that indistinctly of the pluviometric regime given throughout the period of analysis, fires were registered. In relation to the amount of heat sources registered monthly, the months of greater registry of heat sources go from June to November, being the months of July and August those that more repeatedly present the highest peaks. Based on these results and analyzing the history of actions in forest fire management already undertaken by organizations and institutions in the RPNSR, a Forest Fire Prevention and Control Plan was proposed with the most important points.

**Keywords:** forest fires, MODIS sensor, rainfall regime, heat sources.

#### 1. INTRODUCCIÓN

La Reserva para Parque Nacional San Rafael (RPNSR), comprende parte de un complejo de serranías que se proyectan de norte a sur de la Región Oriental del Paraguay. Este complejo está formado por las serranías del Amambay, San Joaquín, Caaguazú, Yvyturuzú y San Rafael y sus límites según Decreto N° 4.556 de 1992, abarca 78.000 hectáreas ubicadas en la Cordillera de San Rafael<sup>(1)</sup>.

Los límites actuales vigentes son: al oeste por el río Tebicuary, al norte por la propiedad La Condesa-La Serrana y la Compañía Toro Blanco, al este por la propiedad Parabel-Parex, el asentamiento Arroyo Claro y la Colonia Taguató, al sur por la propiedad de la familia Hostettler, el asentamiento Santa Ana, continuando por el curso del arroyo Benítez hasta su confluencia con el río Tebicuary. En cuanto a la fracción del Cerro San Rafael, la misma está limitada al norte por la compañía Cerrito, al este por la compañía Cerro Corá, al sur por el camino público de Cerrito a Caronay y al oeste por la

compañía Cerrito<sup>(1)</sup>. Esta reserva forma parte del bioma denominado Bosque Atlántico, un conjunto de 15 ecorregiones, que constituye una prioridad para la conservación no solo por su alta riqueza biológica o por ser un centro de endemismos, sino también por constituir uno de los complejos más amenazados del planeta<sup>(2)</sup>.

La RPNSR comprende áreas prioritarias para conservación, como ser la cuenca de agua dulce del continente sudamericano, el Acuífero Guaraní. Importantes cursos de agua y sus tributarios riegan el área y desembocan en los ríos Paraguay y Paraná, entre ellos se citan los ríos Tebicuary, Tembey y Pirapó; y los arroyos como el Mbói Chiní, Charará, Kirirí, Morotí, Carumbey, Kanguery, Tajy e Yhu. El Río Tebicuary es un importante tributario de la margen izquierda del Río Paraguay, es el brazo de mayor extensión del río y se inicia con numerosas nacientes ubicadas en el área San Rafael, siendo este aspecto su principal contribución como fragmento que conserva servicios ecosistémicos de regulación y mantenimiento del régimen hídrico en la región(2,3,4).

Es un área donde confluyen dos ecorregiones importantes a nivel regional y global, en primer lugar, se señala al Bosque Atlántico del Alto Paraná (BAAPA), destacado como prioridad de conservación nacional y sin protección efectiva, además de ser el área con mayor número de especies de aves indicadoras y endémicas del BAAPA. Alberga más del 58% de las aves documentadas en el Paraguay<sup>(5)</sup>. La otra ecorregión que confluye con el BAAPA en la RPNSR son los Pastizales de Mesopotamia Sudamericana, centrada en la planicie del río Uruguay en las provincias de Corrientes y Entre Ríos, Argentina, pero extendiéndose a zonas aledañas en Uruguay, el Sur de Brasil y el sudeste del Paraguay. La vegetación de esta ecorregión se caracteriza por extensos pastizales y humedales que se desarrollan sobre suelos hidromorfos, periódicamente inundables. Se intercalan en esta ecorregión las comunidades de las lomas arenosas, donde predominan herbáceas de diferentes portes intercaladas con especies arbustivas, y las comunidades de los inundables inundados campos baios permanentemente, con predominio de especies palustres y acuáticas<sup>(6)</sup>.

El fragmento conocido como San Rafael a pesar de su valor de conservación, posee numerosas presiones y amenazas que generan degradación de distintos niveles<sup>(3)</sup>. Uno de ellos constituye la ocurrencia de incendios en varios puntos a lo largo de su extensión. La percepción de los incendios como una de las causa de la deforestación y degradación ecológica, ha dado lugar a acciones de protección y combate del fuego pero en la actualidad cada vez es más aceptada la necesidad de adoptar un enfoque alternativo de manejo de fuego basado en principios ecológicos y este enfoque se basa en el hecho de que los incendios forestales son un proceso ecológico, al igual

que otros factores que originan cambios de estado o perturbaciones que forman parte de la dinámica de los ecosistemas<sup>(7)</sup>.

El fuego es un regulador natural de algunos ecosistemas, por lo cual la ocurrencia de incendios forestales en muchas partes del mundo responde a comportamientos climáticos y a la susceptibilidad natural o adaptación de la vegetación a la ignición y la inflamabilidad, especialmente en periodos de sequedad. En ecosistemas boscosos, los incendios forestales conforman un proceso vital y esencial para los procesos de sucesión ecológica y mantenimiento de la estabilidad al interior del ecosistema. En particular, las quemas han ocasionado incendios forestales de gran magnitud, los que, junto a la deforestación, han favorecido la pérdida de extensas superficies boscosas y la modificación de innumerables procesos naturales. Esto es una realidad que se repite en diversos ambientes y actividades humanas ligadas a la explotación de los recursos naturales<sup>(8)</sup>.

Como efecto inmediato se tiene la producción y liberación de gases y partículas resultantes de la combustión de la biomasa a la atmósfera, proveniente esta de los bosques, pastizales y tierras agrícolas sometidas a laboreo. Después del vapor de agua, el dióxido de carbono es el gas invernadero más importante, estimándose que su concentración está aumentando a una tasa anual de 0,5%(8). En el caso forestal la más importante es la combustión sostenida de los bosques tropicales, que generan emisiones de dióxido de carbono, monóxido de carbono, gas metano y otras tazas de gases. Así también los incendios forestales liberan grandes cantidades de material particulado a la atmósfera, así surgen las interrogantes sobre cuál es el monto real de emisiones de gases invernadero atribuibles a la causa y cuál es la magnitud de sus efectos sobre la atmósfera y la salud humana, respecto a otras importantes fuentes de contaminación. La composición y montos de gases emitidos por los incendios forestales varían notablemente de acuerdo al tipo de ecosistema afectado(8).

Registros particulares estimativos obtenidos de sobrevuelo a San Rafael registran incendios forestales que tuvieron mayor impacto en la Reserva San Rafael, entre ellos podemos citar, el del año 2005 que afectó aproximadamente 2.000 hectáreas. En el 2006 un incendio afectó 300 hectáreas aproximadamente, en el 2007 cerca de 2.000 hectáreas nuevamente, y de 2008 a 2009 un aproximado de 1.000 hectáreas, posterior a eso, en el 2017 fueron afectadas cerca de 50 hectáreas<sup>(9)</sup>.

Según Delphin Pérez  $et\ al^{(10)}$  caracterizaron los incendios en el área a través de imágenes satelitales de mediana y alta resolución en el periodo 2002-2004 donde indicaron que el año con la mayor cantidad de incendios fue el 2004 con un total de 179, siendo las coberturas y usos de la tierra más

afectados los pastizales y las áreas agrícolas con un total de 20.189,7 y 11.200 hectáreas respectivamente.

A pesar de la existencia de investigaciones relevantes llevadas a cabo a nivel de sitio en aspectos de biodiversidad<sup>(2,11)</sup> en aspectos socioeconómicos y otros<sup>(3,12,13)</sup> se requiere documentar los estudios referidos al monitoreo de los incendios y otros cambios del uso de tierra, de manera a potenciar esquemas de gestión y manejo que permitan la permanencia de los ecosistemas a largo plazo, atendiendo a estos eventos de permanente ocurrencia y amenaza.

Por todos estos aspectos, se considera como instrumento de manejo adecuado el estudio permanente de la dinámica de incendios en la RPNSR, de modo a establecer recomendaciones técnicas para su monitoreo efectivo. Por tanto, el objetivo principal de la investigación fue analizar la dinámica de incendios en la RPNSR en el periodo 2007-2017, teniendo en cuenta las variaciones de precipitación y proponiendo planes de prevención y control adecuados para el sitio.

#### 2. METODOLOGÍA

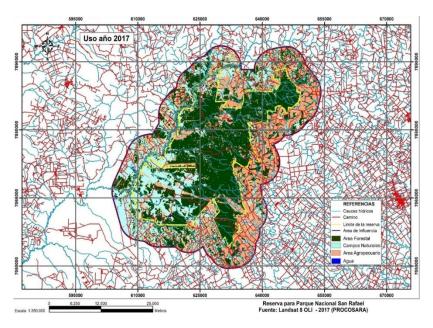
El área de estudio está representada por los límites de la RPNSR y su zona de influencia que comprendió, para los fines de esta investigación, a una franja de distancia de 1 km por fuera de los límites de la reserva (Figura 1). Los datos históricos de focos de calor tanto anual y mensual de los años 2007-2017 se obtuvieron de los registros en la plataforma virtual del Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales de Brasil (INPE), a través de satélites que cuentan con sensores térmicos que detectan los materiales en llamas que emiten energía principalmente en la banda termal-media de 3,7 a 4,1 del espectro óptico. Se seleccionaron imágenes con las bandas termalmedia indicada, se seleccionan los píxeles (elementos de resolución) con mayor temperatura, trabajando con aquellas que en general saturan el sensor<sup>(14)</sup>.

Para el análisis multitemporal, mediante técnicas de sensoramiento remoto y aplicación de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), se identificarán las coberturas y usos de la tierra predominantes a través de relevamiento de campo, como información base para generar los mapas de cobertura natural y uso de la tierra. El análisis multitemporal propiamente se realizó en la plataforma *Google Earth Engine* utilizando la metodología establecida por la Iniciativa MapBiomas<sup>(15)</sup>.

Se accedió al banco de datos de registro de todos los focos de calor que fueron detectados históricamente por los satélites Aqua MT del sensor MODIS, como también herramientas estadísticas del análisis en SIG donde se

obtuvo el número de los focos de calor detectados en el área de interés. Para complementar las informaciones generadas desde la herramienta SIG, también se recopiló información de las precipitaciones que se registraron en el área de RPNSR (registros históricos de propiedad privadas en el sitio) y luego estos datos fueron cargados en la herramienta Excel conjuntamente con los datos de los focos de calor registrados por el INPE, generando tablas de análisis comparativo que facilitaron la interpretación de los datos.

Además, se realizó una recopilación de antecedentes históricos de actividades de prevención y control de incendios forestales llevadas a cabo por distintas organizaciones e instituciones y en base a las actividades y análisis realizados se desarrolló un análisis FODA, con el aporte de informantes calificados, que fue la base para la elaboración de un plan básico de prevención y control de incendios basado en las necesidades más resaltantes. La información generada se presentó a referentes en el ámbito de control de incendios forestales como ser instructores, representantes de bomberos forestales, bomberos voluntarios y organizaciones afectadas al apoyo en incidentes de este tipo en la RPNSR.



**Figura 1.** La RPNSR y zona de influencia considerada en la investigación. Fuente: Imagen Landsat 8 OLI, 2017. PROCOSARA.

#### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

# 3.1. Los incendios forestales y las variaciones de precipitación en la RPNSR

Los datos correspondientes al periodo 2007-2017 demostraron que indistintamente de la incidencia pluviométrica, el periodo que registra la mayor cantidad de focos de calor detectados por el satélite de referencia va desde el mes de junio al mes de noviembre, presentándose también picos elevados en los meses de marzo y abril en pocas ocasiones, esto coincide con los resultados señalados por<sup>(10)</sup> donde indicaron para el mismo sitio, que la mayor cantidad focos detectados van de los meses de junio a diciembre, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de Precipitaciones y Focos de Calor

	Re	sumen	de da	tos de	Preci	pitacio	nes y	Foco	s de Ca	lor			
Año		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul	Ago.	Set	Oct.	Nov	Dic.
-	Precipitaciones	254	89	192	232	240	16	113	25	54	268	420	96
2007	Focos Calor	7	17	25	24	26	45	65	0	0	46	23	13
	Precipitaciones	96	98	54	404	68	85	40	78	98	353	170	59
2008	Focos Calor	29	57	38	64	25	7	135	30	47	55	33	39
	Precipitaciones	251	210	11	72	153	160	170	142	238	180	260	125
2009	Focos Calor	12	0	46	157	26	25	7	280	24	31	12	6
	Precipitaciones	270	128	329	228	247	172	210	57	213	162	89	415
2010	Focos Calor	3	6	13	19	9	29	57	243	30	81	36	9
	Precipitaciones	263	234	193	109	51	216	199	59	93	269	145	31
2011	Focos Calor	0	0	29	8	8	48	21	149	172	84	30	18
	Precipitaciones	125	87	60	240	46	154	133	22	65	271	114	159
2012	Focos Calor	40	94	17	8	11	53	53	78	61	61	27	6
	Precipitaciones	151	124	248	288	150	150	17	122	121	119	140	116
2013	Focos Calor	0	28	12	36	6	9	114	169	40	146	53	0
	Precipitaciones	238	76	283	442	188	277	234	35	262	148	164	270
2014	Focos Calor	8	0	36	9	4	4	10	151	27	67	41	2

Rev. Soc. cient. Parag. 2021;26(1):17-34

	Precipitaciones	329	85	182	103	359	252	260	43	88	178	412	322
2015	Focos Calor	0	0	20	4	3	28	42	73	62	11	2	0
	Precipitaciones	216	106	138	247	90	12	34	180	35	222	195	143
2016	Focos Calor	0	0	4	5	5	67	248	136	101	0	23	4
	Precipitaciones	1.45	174	227	111	268	149	26	150	67	433	289	284
	Trecipitationes	143	1/4	221	414	200	140	20	130	07	433	20)	204

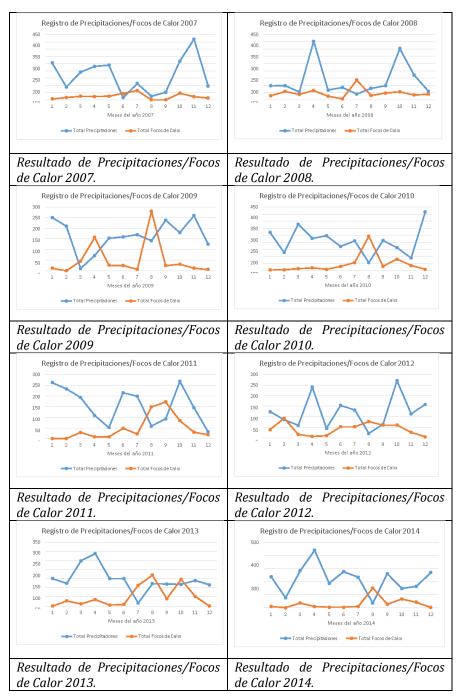
Fuente: Estación meteorológica propiedad privada con ubicación Yata'í-Alto Verá.

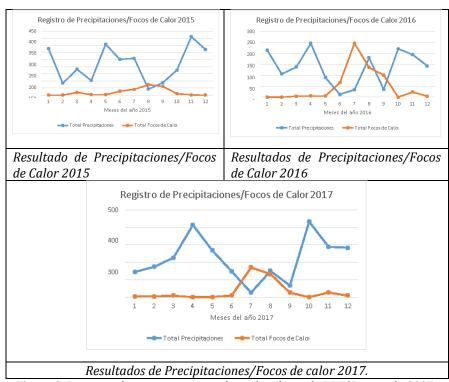
La Figura 2 señala el análisis de los registros de precipitación y su relación con los focos de calor, desde el año 2007 hasta el año 2017; demostrando que indistintamente de la incidencia pluviométrica, el periodo que registra la mayor cantidad focos de calor detectados por el satélite de referencia va desde el mes de junio al mes de noviembre, presentándose también picos elevados en los meses de marzo y abril en pocas ocasiones.

El año 2017 presentó un aumento de focos de calor en el mes de julio, con un régimen pluviométrico bajo, mientras que el mes de agosto, aunque la cantidad de focos fue inferior a julio, no fue mucha la diferencia, lo que marcó en este mes la diferencia fue que las precipitaciones aumentaron con respecto al mes anterior. Por otra parte, teniendo en cuenta lo anterior, en el año 2007, 2008, 2016 y 2017 el mes que presentó la mayor cantidad de focos fue julio, con las siguientes cifras respectivamente: 65, 135, 248 y 170 focos.

Según<sup>(16)</sup> refirieron que la mayor cantidad de incendios en Monte Alegre, Brasil son a causa de incendiarios (provocando un 61,51% del total), mientras que, en Pinar del Río, Cuba, la causa más importante son los eventos naturales como rayos (43,96% del total). Y destacaron también que los incendios originados por quema para limpieza son los que han provocado la mayor cantidad de afectaciones. Así también llegaron a la conclusión de que las clases de bosque más afectados fueron los artificiales siendo en el caso de Pinar del Río más notable este fenómeno. Mientras que para la distribución de los incendios y sus afectaciones según los grupos de especies en Monte Alegre la mayor cantidad de Incendios como de hectáreas afectadas se presenta en el grupo que ellos clasificaron como "Otra Vegetación", y para Pinar del Río esto ocurrió en el grupo denominado *Pinus spp.* 

Para los años 2009, 2010, 2012, 2013, 2014, 2015, el mes con mayor cantidad de focos fue agosto con las siguientes cifras respectivamente: 280, 243, 78, 169, 151 y 73 focos (Tabla 2). Para el año 2011 el mes que presentó el mayor número fue septiembre, con un total de 172 focos.





**Figura 2.** Registros de precipitaciones y focos de calor en la RPNSR, periodo 2007-2017.

Con la información analizada se puede indicar que los meses de mayor ocurrencia según la cantidad total de focos de calor registrados en el periodo 2007-2017 fueron de la siguiente manera: agosto (con 1.442 focos), julio (922), septiembre (590), octubre (582), junio (325) y noviembre (307). En investigaciones anteriores<sup>(10)</sup> concluyeron que los meses de mayor ocurrencia resultaron ser setiembre (77), noviembre (75) y agosto (66), en ese orden según la cantidad de focos registrado para el año 2004, siendo éste el año de mayor ocurrencia, por lo que se puede identificar que los meses de agosto y julio corresponden a los meses con más ocurrencia de focos de calor en el área, y esto amplía las probabilidades de incendios en más meses del año.

**Tabla 2.** Incidencia de incendio en relación a las precipitaciones.

Resultados						
Año	Mes de mayor incidencia de focos	Cantidad de focos (Unidades)	Precipitaciones (mm)			
2007	Julio	65	113			
2008	Julio	135	40			
2009	Agosto	280	142			
2010	Agosto	243	57			
2011	Septiembre	172	93			
2012	Agosto	78	22			
2013	Agosto	169	122			
2014	Agosto	151	35			
2015	Agosto	73	43			
2016	Julio	248	34			
2017	Julio	170	26			

Estos datos representan señales concretas para los manejadores del área protegida, ya que se deben concentrar los esfuerzos preventivos en estos periodos del año, donde la dinámica de incendios parece repetirse con los años, sumandos a las constantes actividades ilícitas en la zona que facilitan la ocurrencia de focos de calor y por ende la ocurrencia de incendios forestales. Al mismo tiempo, los datos deben ser aprovechados en campañas permanentes de sensibilización hacia la prevención, para evitar los cuantiosos costos de oportunidad en las tareas de control de incendios y otras actividades relacionales. Este aspecto debe ser acompañado por estrategias compartidas entre todas las instancias con intereses en la RPNSR, ya sea para su conservación o para su uso sostenible.

# 3.2. Propuestas para un plan de prevención y control de incendios forestales en la RPNSR

A través de las informaciones recabadas de las organizaciones e instituciones que actúan en el área de la RPNSR y su área de influencia, se pudo elaborar un análisis FODA (Tabla 3). A partir del mismo se elaboró una propuesta de plan de prevención y control de los incendios forestales para la RPNSR y su área de influencia (Tabla 4). Cabe señalar que, según la ocurrencia de incendios forestales en varias áreas protegidas del país, existe posibilidad de proyectar parte del plan de prevención propuesto en esta

investigación, ya sean en áreas protegidas de dominio público o privado; siendo este aspecto un aporte importante del análisis realizado.

Tabla 3. Resultados del análisis FODA

#### Análisis FODA

#### Fortalezas:

- 1- Existe voluntad por parte de autoridades locales y departamentales ante iniciativas de conservación.
- 2- Se cuenta con personal capacitado en los departamentos de Itapúa y Caazapá. Con equipamientos mínimos.
- 3- Las Organizaciones que trabajan para la conservación de la RPNSR reciben a voluntarios de distintos lugares del país y del mundo.
- 4-Estudiantes e investigadores realizan estudios con distintos enfoques sobre la biodiversidad de San Rafael y otros aspectos.
- 5-Son realizadas actividades de sensibilización para la difusión de la importancia de la Reserva, así como iniciativas de prevención y control de incendios forestales.
- 6- Existen accesos al área desde distintos puntos y suficiente información temática que facilitan las tareas operativas.
- 7- Vigencia de la Ley N° 4.014/10 "de prevención y control de incendios", que puede ser potenciada con su reglamentación.

#### Debilidades:

- 1- Se encuentra en vigencia la Ley N° 4.014/10, "de prevención y control de incendios", que prohíbe la quema no controlada de cualquier tipo de vegetación y establece mecanismos para prevenir y controlar los incendios, pero esta no está reglamentada.
- 2- Los municipios que comprenden el área de RPNSR y sus Zonas de Amortiguamiento no cuentan con Ordenanzas Municipales basadas en la Ley N° 4.014/10 para una mejor gestión.
- 3-El personal capacitado cuenta con poco equipamiento de protección personal, generalmente en un estado inadecuado.
- 4- No se cuenta con programas de refuerzo para que los combatientes cuenten con un entrenamiento y capacitación permanentes.
- 5-Pocas comunidades cuentan con brigadas de respuesta ante incendios forestales, y que estas a su vez estén equipadas adecuadamente.
- 6- Son pocas las organizaciones que cuentan con programas de voluntariado para el área de RPNSR.
- 7- Persiste el desconocimiento sobre la importancia del área en cuanto a su valor biológico. La Evaluación Ecológica Rápida debe ser actualizada.

28

#### Oportunidades:

- Existen organizaciones que subvencionan proyectos con iniciativas de conservación.
- 2- Existe potencial de investigaciones continuas en el área en el tema de prevención y control de incendios.
- Estudios preliminares sobre monitoreo de incendios en el sitio, como base de información.
- 4- Capacidad de resiliencia de los ecosistemas en el sitio, que requieren de estudios específicos.

#### Amenazas:

- 1- Actividades antrópicas que se realizan en el área, sobre todo actividades ilícitas (extracción de recursos, cultivos, caza, otros).
- 2- Fenómenos meteorológicos que vuelven propensa de incendiarse al área.
- 3- Prácticas de producción arraigadas como la quema de campos o pastizales que generan no sólo riesgos sino también impactos al ecosistema.

**Tabla 4.** Lineamientos para el Plan de Prevención y Control de Incendios Forestales en la RPNSR

Reglamentación
de la Ley N°
4.014/10 de
prevención y
control de
incendios

Esta Ley no se encuentra reglamentada y por ende dificulta su aplicación. La RPNSR, es una zona donde los propietarios de las tierras aun traen arraigada la costumbre de realizar quemas para la renovación de los pastizales, y al no tenerse en cuenta las medidas preventivas establecidas en la Ley, estas situaciones generalmente culminan en incendios forestales que pueden afectar severamente al bosque y otros ecosistemas, generando pérdida de belleza escénica, amenaza para la biodiversidad, y otros daños ecológicos.

# Elaboración de ordenanzas municipales

En base a la Ley N° 4.014/10, los Municipios pueden trabajar en la elaboración de Ordenanzas Municipales para de esta forma asegurar el cumplimiento de los parámetros de realización de quemas prescriptas y así contribuir en la reducción de inconvenientes por un mal manejo del fuego.

# Fortalecimiento de las instituciones con capacidades ya instaladas

El área de RPNSR, cuenta con Instituciones que han sido promotoras en la formación de Bomberos Forestales en ambos departamentos (Itapúa y Caazapá), tanto en los distritos que afectan directamente a la Reserva como en sus zonas de amortiguamiento y a nivel de los departamentos afectados, aún con todo esto y teniendo en cuenta los antecedentes de años anteriores la respuesta eficiente sigue siendo limitada, va que en muchos casos los equipos con los que se cuenta son obsoletos e inapropiados o no se cuenta con el Equipo de Protección Personal adecuado para realizar las labores de manera eficiente, limitándose de esta forma la capacidad de los respondientes para cumplir con su labor. Es así que, surge necesidad primeramente fortalecer a las una instituciones que va se encuentran con un nivel de capacitación en el área. suministrando equipos y herramientas especializadas para las labores que estas realizan, así también implementar simulacros, entrenamientos y la recurrente realimentación y ampliación de los conocimientos ya existentes (realizar capacitaciones relacionadas a las necesidades en el campo combativo).

# Promover actividades de voluntariado a nivel local y nacional

Las actividades de voluntariado fomentan la participación y compromiso de las personas por un determinado fin, el BAAPA es un ecosistema de elevado valor biológico, esto implica que es importante su conservación, aunque es mucho lo que se conoce sobre la RPNSR, también es mucho lo que se ignora y por ende mucho en lo que aún se debe trabajar, promover las actividades voluntarias podría despertar un interés especial y por consiguiente la divulgación de la importancia de esta área protegida, el campo de investigación es amplio y cualquier aporte que despierte el interés debería impulsarse para generar de esta forma una consciencia colectiva para la necesidad de protección de este remanente representativo del BAAPA. Esta actividad podría llevarse a cabo mediante la firma de acuerdos y convenios entre instituciones afines para la realización de pasantías o trabajos de investigación.

Es importante que alumnos de Instituciones de distintos niveles de la educación, así como profesionales e interesados en este campo, sean impulsados e incentivados a realizar trabajos de investigación, que puedan proveer de materiales informativos sobre la riqueza biológica, estado de la RPNSR, factores que tienen efectos sobre esta área, entre otras investigaciones que puedan proveer información nueva sobre San Rafael.

# Hacer énfasis en la divulgación de la importancia en la conservación de la RPNSR

La RPNSR además de estar catalogada por su elevado valor científico y técnico, también es considerado como el *Tekoha Guasu* (territorio tradicional o ancestral) de los Mbya Guaraní, además de ser uno de los más representativos remanentes del BAAPA, debe ser promovida en los distintos niveles de la educación, desde la Educación Escolar Básica hasta la Educación Universitaria y otros niveles.

Actualmente las redes sociales constituyen un medio importante en la divulgación de información, aprovechar estos y otros medios como la televisión, programas radiales, publicación de artículos semanales o mensuales en revistas sobre temas específicos, enfocados a captar la atención del receptor.

# Contar con datos actualizados de accesos al área

El área de RPNSR cuenta con un elevado número de accesos desde distintos puntos, contar con datos actualizados sobre estos y su estado y aún más importante, darlos a su socialización, conocer resulta importante a la hora de la declaración de una emergencia en el área, esto se debe a que existe actualmente en ambos departamentos una primera respuesta capacitada para este tipo de situaciones, pero llegar

al área no siempre resulta fácil, es así que los respondientes o potenciales colaboradores deben estar en conocimiento de las zonas más susceptibles o que históricamente registran incendios y la forma de acceso al área que resulte más adecuada desde su ubicación, de esta manera el tiempo de llegada de ayuda será más eficiente, enfocando el mayor esfuerzo en el trabajo combativo o de contención.

# Caracterizar y cuantificar combustibles forestales

Cuando se habla de combustibles forestales el término hace referencia al tipo de vegetación, teniendo en cuenta su tamaño, estructura, composición, extensión y distribución, ya que, de acuerdo a esto se puede predecir el posible comportamiento que adoptará el incendio de acuerdo al área en el que se desarrolla, como así el tipo de herramientas y equipos a utilizar para evitar que el personal combativo realice un trabajo ineficiente y de esta forma se generen desgastes físicos innecesarios, ya que estos fenómenos pueden durar desde un día hasta varias semanas, haciendo de esta forma imperiosa la necesidad de conservar toda la energía posible para el trabajo de control y extinción de los incendios.

# Promover la capacitación de nuevo personal operativo

El procedimiento de control de un incendio forestal requiere de técnicas específicas que reducen el esfuerzo físico que es generado por la persona que utiliza las herramientas durante el combate del incendio, así también la elaboración de líneas de defensa, utilización de contrafuego, labores de control y liquidación requieren de entrenamiento y conocimientos específicos que, si no son tomados en cuenta, pueden alimentar al foco del incendio que intentamos combatir. Esto resalta la importancia de la capacitación básica para las personas que quieran contribuir en estas situaciones y que de esta manera sean realmente una ayuda y no un motivo de preocupación por generar situaciones inseguras para los demás que se encuentran trabajando en el lugar. Pueden realizarse planes anuales de capacitación enfocados a localidades determinadas, la elaboración de programas de refuerzo semestral o anual, así como competencias o fechas específicas de encuentro cada determinado tiempo para compartir experiencias post capacitación, generando debates abiertos sobre puntos de vista enfocados a mejorar técnicas tanto organizativas como combativas.

# Elaboración de un plan de manejo de incendios forestales.

El objetivo tanto de organizaciones de conservación, bomberos forestales, autoridades de aplicación, instituciones oficiales y de la sociedad civil interesadas en la conservación del área San Rafael, es reducir a un mínimo la incidencia de incendios forestales, por ende se realizan constantemente labores de prevención. Pero, una vez iniciado los incendios es necesario contar con directrices establecidas que enfoquen los esfuerzos en reducir daños, por ello, los puntos citados anteriormente, como el conocimiento de los accesos, la caracterización de

combustibles, la cantidad de personal combativo disponible, y otros recursos, que puedan influir en el tiempo de respuesta así como el conocimiento del comportamiento y características de los Incendios Forestales son de gran importancia, así también resulta indispensable la socialización de las directivas y recomendaciones establecidas entre todos los involucrados.

Fuente: basado en (8,9,10).

#### 4. CONCLUSIONES

Según los análisis realizados se ha evidenciado que durante el periodo 2007-2017 los meses de mayor incidencia de incendios van de junio a noviembre, siendo agosto (1.442) y julio (922) los meses que presentan la cantidad más elevada de focos en estos años y en este orden. Siguen los meses de septiembre (590), octubre (582), junio (325) y noviembre (307), presentando también picos elevados en los meses de febrero, marzo y abril ocasionalmente. Con lo mencionado anteriormente cabe destacar que el aumento o descenso del régimen pluviométrico no presenta una coincidencia con la incidencia de los incendios forestales, lo que puede suponer una relación más directa con las actividades antrópicas en el sitio.

Con base a los resultados citados, y los antecedentes de las acciones emprendidas a nivel de sitio, el análisis FODA permitió generar una base para la elaboración de un Plan de Prevención y Control de Incendios Forestales dentro del área de RPNSR y su zona de amortiguamiento, este último a pesar de ser elaborado para la RPNSR, puede ser ajustado y replicado a otras áreas protegidas públicas y privadas del país.

# **AGRADECIMIENTOS**

A todas las instituciones y personas que colaboraron con la investigación, especialmente al Sr. Hans Hostettler por los registros históricos de precipitaciones y PROCOSARA por el acompañamiento en la fase de campo y gabinete.

#### REFERENCIAS

- 1. SEAM (Secretaría del Ambiente), DGPCB. Dirección General de Protección y Conservación de la Biodiversidad. Propuesta de Plan de Manejo Parque Nacional San Rafael. SEAM. Asunción; 2008.
- 2. De Egea Juvinel J, Balbuena C. Altos valores de conservación de recursos naturales en la Reserva San Rafael. WWF, Guyra Paraguay, Asunción.

- 2011. Disponible en http://cbuilding.org/sites/default/files/HCV\_San\_Rafael\_Paraguay\_PT1. pdf
- 3. Amarilla Rodríguez S, Yanosky A, Villalba J. San Rafael Reserve, Paraguay: social stakeholders and sustainability scenarios through environmental governance approaches. In: Delgado L.E. and Marín V.H. (eds.) Social-ecological systems of Latin America: complexities and challenges. Springer Nature Switzerland AG; 2019,pp. 229-246. 2019.
- 4. Amarilla Rodríguez, S. Acceso y uso del recurso forestal y escenarios de sostenibilidad de la Reserva de Recursos Manejados San Rafael, Paraguay. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE; 2004, 241p.
- 5. Esquivel Mattos A, Peris SJ. Aves de San Rafael. Asunción; 2011.
- 6. Guyra Paraguay. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves del Paraguay. Asunción; 2008.
- 7. Morfin-Ríos JE, Jardel PE, Alvarado C, Michel-Fuentes JM. Caracterización y cuantificación de combustibles forestales. Comisión Nacional Forestal-Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México; 2012.
- 8. Castillo M, Pedernera P, Peña E. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA. 2003;19 (3):44-53.
- PROCOSARA (Asociación Pro Cordillera San Rafael). Reseña histórica de labores de Prevención y Control de Incendios Forestales en la Reserva de San Rafael y sus zonas de amortiguamiento (documentos internos). Pro Cordillera San Rafael, Hohenau; 2018.
- 10. Delphin Pérez S, Pinazzo J, Fatecha H, Amarilla S. Caracterización de incendios a través de imágenes satelitales de mediana y alta resolución en la reserva de recursos manejados San Rafael y su zona de amortiguamiento, Región Oriental. Investigación Agraria. 2005;7(2):65-70.
- 11. Cartes J, Yanosky A. La Cordillera San Rafael: un capítulo particular en la conservación del BAAPA en Paraguay. In: Cartes JL (ed) El Bosque Atlántico en Paraguay: biodiversidad, amenazas y perspectivas. Asociación Guyra Paraguay. Asunción; 2005, p 177-201.
- 12. Insfrán Chena P, González R, Gill A, Villalba J, Amarilla S. Caracterización de la degradación de la vegetación en la Reserva para Parque San Rafael, Paraguay y pautas generales para su restauración. Paraquaria Natural. 2019;7(1):34-42.
- 13. Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Proyecto Sistematización de la Información sobre San Rafael. Informe Final para el Fondo de Conservación de Bosques Tropicales. Disponible en: http://fondodeconservaciondebosques.org.py. 2012.
- 14. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. Plataforma Virtual. 2018. Disponible em: http://www.inpe.br/

- 15. Souza Jr C, Azevedo T. MapBiomas General "Handbook" Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD). 2017. Disponible en: https://mapbiomas-br
  - site.s3.amazonaws.com/ATBD\_Collection\_5\_v1.pdf
- 16. Ramos Rodríguez M, Viana Soares R. Análisis comparativo entre los incendios forestales en Monte Alegre, Brasil y Pinar del Río, Cuba. Floresta. 2004;34(2):101-10.