



No. 2 - Diciembre 2025



# NINA

Revista de divulgación

ISSN 3072-7561

# ÍNDICE

- 04** El rol estratégico de las mujeres en la Brigada de Incendios Forestales de Catamarca.
- 06** Alimentación e hidratación en incendios forestales.
- 08** El impacto del material particulado en la salud de los combatientes de incendios forestales.
- 11** Coordinación, vuelo y riesgo: El trabajo silencioso de los medios aéreos en los incendios forestales.
- 15** Preparación y capacitación claves para el combate de incendios forestales.
- 17** Sinergia regional para el manejo integral de incendios forestales del NOA.
- 19** Incendio de interfaz en Balcarce, San Luis: Caracterización y determinación de severidad.
- 27** Integrando herramientas analíticas de sensores remotos y pasivos para evaluar el impacto de incendios forestales ...
- 35** La cartografía del riesgo de incendios: Una herramienta clave para la gestión. El caso de la comuna de Ranchillos y Tucumán.
- 41** IV taller de Incendios Rurales y Forestales
- 44** Un llamado a la acción: IC Concurso “Prevenir Incendios es Salvar Vidas 2025”
- 47** XR Brigadistas: Innovación y realidad extendida en la capacitación forestal.
- 50** Guardianes del fuego: La tarea silenciosa de proteger nuestros ambientes naturales.
- 54** Las quemas prescriptas y su papel en la gestión de Ecosistemas.
- 56** Manejo sustentable del fuego en el Chaco Argentino: Una nueva guía práctica para productores y comunidades rurales.
- 58** Brigadas en Acción: Catamarca

## REVISTA NINA

**Editora:** Griselda Gerbi

**Comité editorial y de diseño gráfico:** Leonela Pérez, Paula Rojas, Amanda Gutiérrez.

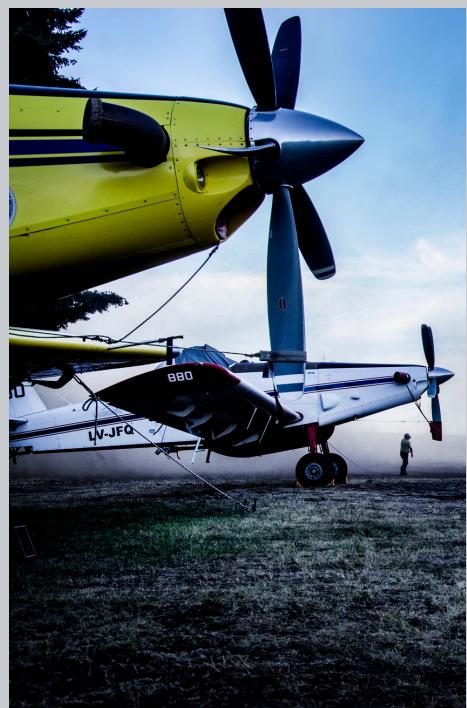
**Autores:** Paula Rojas, Mariana Romero, Rodolfo Valdivia Ortega, Lautaro Vazquez, Griselda Gerbi, Lorena Aráoz, Carlos Zamora, María Macarena Litwak, Valentina Micaela Palermo, Cecilia Reartes, Ezequiel Marcuzzi, Martín Boullhesen, José Luis Agüero, Mauricio Akmentins, Marcos Vaira, Ramón Luis Imbert, Leonela Valerie Villarrubia, Alejandra Casella, Alejandro Pezzolla, Cristina Winschel, Leonela Sotelos, Sebastián Hernández, Alejandra Pérez, Rubén Coria, Domingo Molina-Terrén, Pablo Peri, Leonela Pérez.

**Fotografías:** Natalia Brignone, Gabriel Cortinovis, Griselda Gerbi, Macarena Litwak, Valentina Palermo, Jesús Alanis, Jessica Pachado, Alejandro Pezzolla, Celeste Orellana, del Instituto de Artes Audiovisuales de Jujuy (IAAJ), Sebastián Hernández, Romina Stoessel, Administración de Parques Nacionales, Lucas Segura, Martín Velardez, Rodolfo Valdivia Ortega, Marcos Cardozo, Matías Jaureguizar, Gustavo Echeverry.

**Comité de asesores científico-técnico:** José Luis Agüero, Lorena Aráoz, Martín Boullhesen, Malena Córdoba, Alejandra Pérez, Flavio Speranza, Lautaro Vazquez, Carlos Zamora..

"Nina", que en lengua quechua significa 'fuego', es una revista de divulgación especializada en el manejo del fuego y su influencia en los ecosistemas argentinos. Su objetivo es difundir información científica de calidad para fomentar una mejor comprensión de los incendios forestales y promover prácticas sostenibles que protejan la biodiversidad.

## NUESTRA TAPA



Natalia Brignone  
(IG@Natalia.Pacha.Brignone).  
Fotógrafa y combatiente forestal  
de la Brigada Nacional Centro del  
SNMF.

Desde San Luis, Argentina, se desempeña como fotógrafa independiente, directora de la productora fotográfica BOKEH arte fotográfico y también actúa como corresponsal independiente en incendios forestales.

*“Mis fotografías constituyen una forma subjetiva de entender esta realidad y generan el impacto social necesario para atraer a la comunidad hacia el conocimiento sobre métodos de prevención y supresión de incendios forestales.”*

# Editorial

## Hacia un Enfoque Integral para la Resiliencia de Nuestros Ecosistemas

Los incendios forestales se han convertido en una preocupación global, transformándose de fenómenos naturales esporádicos a eventos catastróficos que amenazan la biodiversidad, la economía y la vida humana. Las imágenes de paisajes y cielos teñidos de naranja se repiten año tras año, recordándonos la urgencia de una acción adaptada a los territorios. Es imperativo que nuestras sociedades, la comunidad científica y los gestores ambientales, transitemos de un enfoque reactivo a una estrategia proactiva y verdaderamente integral.

En este número de nuestra revista "Nina", nos sumergimos en la complejidad de los incendios forestales, explorando sus múltiples facetas, no solo desde la extinción, sino desde una visión holística que abarca el manejo integral del fuego. Este concepto trasciende la lucha contra las llamas para abrazar la ecología y la cultura del fuego y, el bienestar de quienes se enfrentan a él.

Durante décadas, la respuesta a los incendios se ha centrado en la supresión. Sin embargo, la ciencia nos ha demostrado que el fuego es, en muchos ecosistemas, un componente natural e incluso necesario para su salud y regeneración. Entender la ecología del fuego es fundamental: ¿Cómo interactúan las especies vegetales con el fuego? ¿Qué papel juega en el ciclo de nutrientes y en la sucesión ecológica? ¿Cómo podemos utilizar el fuego prescrito de manera segura y efectiva para reducir la acumulación de combustible y restaurar régimenes de fuego naturales? Este conocimiento nos permite pasar de ver el fuego solo como un enemigo, a comprender su potencial como herramienta de manejo y deseamos que nuestra revista sea un espacio de intercambio de estos conocimientos.

Pero la ecuación no estaría completa sin considerar la cultura del fuego. Las interacciones humanas con el fuego han moldeado paisajes durante milenios. Desde prácticas ancestrales hasta la negligencia que origina muchos de los incendios actuales, la percepción y el comportamiento humano son factores determinantes. Sensibilizar y compartir saberes con las comunidades, fomentar la corresponsabilidad y promover una convivencia más armónica con el entorno natural son pilares ineludibles para la prevención y la mitigación a largo plazo.

Finalmente, en el corazón de esta problemática, y a menudo relegados a un segundo plano, se encuentran los combatientes de incendios forestales. Profesionales que arriesgan sus vidas para proteger nuestros hogares y ecosistemas. Este número dedica una atención especial a su bienestar, un aspecto que no siempre es tenido en cuenta con la profundidad que merece. Más allá del equipamiento y el entrenamiento técnico, abordaremos aspectos esenciales de la salud. Reconocer y cuidar a quienes nos cuidan es una necesidad para mantener equipos efectivos y resilientes.

Los incendios forestales son un desafío multifacético que requiere soluciones multifacéticas. Este número de "Nina" es una invitación a la reflexión, al aprendizaje y a la acción coordinada. Esperamos que los artículos aquí presentados inspiren un diálogo más profundo y nos impulse hacia un futuro donde la gestión integral del fuego sea la norma, garantizando la seguridad de nuestras comunidades y la resiliencia de nuestros valiosos ecosistemas.

**GRISelda GERBI Y LAUTARO VAZQUEZ**  
**COORDINACIÓN NOA**  
**SERVICIO NACIONAL DE MANEJO DEL FUEGO**





# El rol estratégico de las mujeres en la Brigada de Incendios Forestales de Catamarca

Autora: Leonela Camila Perez

Comisión Comunicación/Educación MPIFyMF NOA

En Catamarca, la protección de los recursos naturales y la seguridad de la población frente a los incendios forestales es una tarea que requiere compromiso, coordinación y excelencia técnica. Dentro de este desafío, las mujeres han adquirido un rol cada vez más relevante, transformando la manera en que la brigada opera y se relaciona con la comunidad.

Lorena Araoz, jefa de departamento en el área técnica de la Brigada de Incendios Forestales de Catamarca, representa esta transformación. Además de participar activamente como combatiente y chofer de autobombas, desempeña un papel clave en la planificación, supervisión y coordinación de las intervenciones.

---

*"La presencia de mujeres aporta una perspectiva valiosa al trabajo de brigadistas: mejora la comunicación, fortalece el trabajo en equipo y permite una gestión más eficiente de cada intervención", Lorena Araoz.*

---

## Más allá del combate directo

---

*"Nuestro aporte en estas tareas no solo mejora la eficiencia operativa, sino que fortalece la relación entre la brigada y la comunidad, permitiendo que la población comprenda mejor nuestro trabajo y colabore con la prevención"*

---

El trabajo de la brigada no se limita al combate de incendios. La prevención y la concientización son tareas centrales, y en ellas las mujeres desempeñan un papel destacado.

Estas acciones requieren planificación, capacidad pedagógica y una comunicación clara y empática, aspectos en los que la participación femenina ha fortalecido significativamente la llegada del mensaje preventivo a la población. La presencia de mujeres en estos espacios ha permitido ampliar el alcance territorial y social de las campañas, generando mayor compromiso comunitario y una comprensión más profunda del rol integral que cumple la brigada.

## Liderazgo, gestión y trabajo en equipo

Las mujeres dentro de la brigada ocupan roles estratégicos en áreas técnicas, operativas y de logística, liderando equipos y participando activamente en la toma de decisiones críticas durante las intervenciones. Su incorporación ha fortalecido los procesos internos, aportando una mirada integral que combina precisión técnica, capacidad de análisis y trabajo coordinado en escenarios de alta complejidad.

Además, las mujeres forman parte de los distintos equipos que sostienen el funcionamiento diario de la institución: planificación operativa, análisis meteorológico, prevención, capacitación y logística. Esta participación transversal no solo diversifica los perfiles profesionales dentro de la brigada, sino que también mejora la eficiencia y la capacidad de respuesta ante emergencias.

En este contexto, Lorena Araoz es la primera mujer jefa de departamento y la primera chofer de autobombas de gran capacidad en la brigada, un hito que refleja la apertura de oportunidades de liderazgo y el reconocimiento institucional de las capacidades femeninas. Su trayectoria representa el camino que hoy transitan muchas mujeres brigadistas, quienes contribuyen activamente al crecimiento, la profesionalización y la innovación continua del cuerpo de incendios forestales de Catamarca



▲ Mujeres de la Brigada de Catamarca

## Un cambio cultural en la brigada

Históricamente, las mujeres enfrentaron desafíos vinculados a la falta de reconocimiento y a la percepción de que ciertos roles eran exclusivamente masculinos. Hoy, esta situación ha cambiado: las mujeres forman parte integral de la brigada, lideran operaciones y contribuyen al desarrollo de políticas y estrategias que fortalecen la institución.

El ingreso y la consolidación de las mujeres en la brigada no solo representan igualdad de oportunidades, sino también una mejora tangible en la efectividad del trabajo, la comunicación interna y la relación con la comunidad.

Este cambio cultural se refleja en prácticas más inclusivas, en la valoración del desempeño profesional por sobre los estereotipos y en la construcción de equipos diversos, capaces de responder con mayor solidez y sensibilidad a los desafíos que plantea la gestión integral de los incendios forestales. La participación femenina se ha convertido así en un factor clave para el crecimiento institucional y la sostenibilidad del trabajo de la brigada a largo plazo.



▲ Fotografía de Gabriel Cortinovis

## Alimentación e hidratación en incendios forestales

Mariana Romero<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Licenciada en Nutrición. UNC

<sup>2</sup> Consultora Cruz del Sur

Los incendios forestales se han vuelto cada vez más frecuentes e intensos en distintos rincones del planeta. En este escenario, los brigadistas son la primera línea de defensa: personas que trabajan largas jornadas bajo calor extremo, en condiciones cambiantes y exigentes. Su esfuerzo físico y mental es enorme, y aunque muchas veces se hable del equipamiento, las herramientas o la logística, hay un aspecto fundamental que suele quedar relegado: la alimentación y la hidratación.

Brindar energía y agua suficientes no solo impacta en la salud del combatiente, sino también en la seguridad de toda la operación. Un brigadista fatigado, deshidratado o con déficit energético tiene menos fuerza, menos resistencia y, sobre todo, menos capacidad para tomar decisiones rápidas y acertadas. En un incendio, esas decisiones pueden marcar la diferencia.

Distintos estudios han demostrado que el gasto calórico de los brigadistas es elevado: entre 4000 y 6000 calorías por día durante una jornada de combate. Esto se debe a la combinación de calor ambiental, largas caminatas con carga, manejo de herramientas pesadas y la tensión propia de la situación.

Sin embargo, lo que consumen en realidad suele estar muy por debajo de esa cifra. Investigaciones

en Estados Unidos y Canadá muestran que los brigadistas tienden a comer entre un 20 % y un 40 % menos de lo necesario (Marks et al., 2020; Brooks, 2021; Robertson et al., 2017). Esto genera un déficit energético sostenido que se traduce en fatiga acumulada, disminución del rendimiento y mayor riesgo de lesiones.

En Latinoamérica aún faltan más estudios específicos sobre el tema, pero en Argentina los propios brigadistas relatan con frecuencia un marcado descenso de peso luego de varios días de combate de incendios, lo que sugiere que este déficit también es una realidad en la región.

Además, el reparto de macronutrientes no siempre es el más adecuado. La ingesta de hidratos de carbono, que son el “combustible” principal del músculo y el cerebro, suele ser menor de lo recomendado. En el contexto de un incendio, esto significa menos energía inmediata disponible para responder a las exigencias del esfuerzo.

Quien haya pasado tiempo en un frente de incendio sabe que no es fácil sentarse a comer. Los tiempos son irregulares, las pausas cortas y el transporte de alimentos limitado. Por eso, la comida de los brigadistas suele reducirse a lo práctico: galletas, sándwiches, barritas, frutas, frutos secos.

El problema es que muchas veces estas opciones no alcanzan para reponer todo lo que se gasta. Aquí radica uno de los grandes desafíos: diseñar raciones de combate que sean livianas, fáciles de transportar y consumir, pero al mismo tiempo energéticamente densas y equilibradas. Incorporar snacks con hidratos de carbono simples (frutas deshidratadas, barritas, geles energéticos, panes simples) puede marcar la diferencia en el rendimiento sostenido.

Las instituciones y sus departamentos de logística, tienen un rol clave, proveer kits de alimentación adecuados, y capacitar al brigadista en materia de alimentación e hidratación.

El otro gran pilar es la hidratación. En un incendio, el calor y la transpiración intensa hacen que las pérdidas de agua y sales minerales sean enormes. Aquí tampoco alcanza con la voluntad: si no hay estrategias claras, la deshidratación aparece rápido.

Las guías del Forest Service de Estados Unidos (Domitrovich & Sharkey, 2008) recomiendan beber de manera fraccionada, cada 15-20 minutos, evitando tanto la falta como el exceso. El rango seguro está entre 0,5 y 1 litro por hora, con un máximo de 12 litros diarios. Superar esos valores puede ser tan riesgoso como no llegar a cubrirlos.

Estudios en brigadistas australianos (Raines et al., 2015) muestran que, incluso con acceso a agua, la ingesta no siempre compensa las pérdidas, después de varios días, la deshidratación acumulada es evidente. Y no se trata sólo de cansancio o dolor de cabeza: una hidratación deficiente impacta directamente en el rendimiento físico y la capacidad de trabajar de forma segura.

Un aspecto preocupante es el efecto psicológico. Un estudio en condiciones simuladas de incendio (Cvirl et al., 2019) demostró que ya con una deshidratación leve se ve afectada la atención, la memoria y la toma de decisiones. En un entorno donde la seguridad depende de decisiones rápidas, claras y coordinadas, esto se convierte en un factor crítico.

Los incendios forestales nos plantean desafíos cada vez mayores. Para enfrentarlos, necesitamos brigadistas preparados, equipados y, sobre todo, bien nutridos e hidratados. La evidencia científica es clara: el déficit energético y la deshidratación comprometen no solo el rendimiento físico, sino también la seguridad de las operaciones.

## Estrategias para una buena hidratación

- Antes del combate: Beber entre 350-500 ml de agua o bebida con sales en las 2-4 horas previas, acompañado de un alimento salado (galletitas, frutos secos, pan con queso) para favorecer la retención de líquidos.
- Durante el combate: Ingerir 100-200 ml de líquidos cada 15-20 minutos, alcanzando entre 0,5-1 litro por hora. Alternar agua con bebidas isotónicas, pudiendo prepararla de manera casera, mezclando en 1 litro de agua:
  - 6 cucharaditas de azúcar (aprox. 30 g)
  - ½ cucharadita de sal (2-3 g)
  - Opcional: 200 ml de jugo natural de naranja o limón para aportar potasio y mejorar sabor
- Reposición de electrolitos: Priorizar bebidas con sodio y potasio, o snacks salados junto con frutas deshidratadas o barritas de cereal, para compensar las pérdidas por sudor.
- Después del combate: Rehidratar con 1,5 litros por cada kilo de peso perdido, preferentemente con bebidas que incluyan sodio y carbohidratos (la bebida isotónica casera puede usarse aquí también).
- Recuperación nutricional: Acompañar la rehidratación con comidas que aporten carbohidratos y proteínas (ejemplo: arroz con pollo, sándwich de queso y jamón, frutas).
- Autocontrol: Vigilar el color de la orina, el peso corporal y la frecuencia de la sed como indicadores simples del estado de hidratación.

El desafío ahora es traducir ese conocimiento en acción. Diseñar protocolos claros de alimentación e hidratación, adaptar las raciones a la realidad del terreno y formar a los combatientes en prácticas nutricionales adecuadas. Invertir en esto es invertir en la salud de quienes ponen el cuerpo en el fuego y, al mismo tiempo, en la efectividad de la respuesta frente a una de las amenazas más crecientes de nuestros territorios. ◀



▲ Exposición de los brigadistas al material particulado. Fotografía de Griselda Gerbi

# El Impacto del Material Particulado en la Salud de los Combatientes de Incendios Forestales

Autor: Rodolfo Valdivia Ortega - Ingeniero en prevención de riesgos

Los incendios forestales representan un riesgo significativo para la salud de los combatientes, no solo por la exposición al calor extremo, sino también por la inhalación de subproductos de la combustión. La protección respiratoria es una preocupación crítica que demanda una comprensión profunda de la composición del humo y sus efectos biológicos. Este artículo analiza brevemente el impacto del material particulado (MP) en el organismo humano y discute las estrategias de protección personal para mitigar los riesgos asociados a la exposición prolongada.

## Composición y Características del Humo Forestal

El humo generado por los incendios forestales es una mezcla compleja de gases, vapores y partículas de diversos tamaños. Entre los componentes gaseosos se incluyen dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), monóxido de carbono (CO), y compuestos orgánicos volátiles (COV) y vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ). La radiación ultravioleta puede catalizar la formación de ozono ( $\text{O}_3$ ) a partir de precursores, lo que aumenta las concentraciones de este gas en las áreas afectadas y agrava los efectos sobre la salud.

El material particulado (MP) es un componente de especial interés. Se compone de productos de la combustión de biomasa, como oxalato, malonato, e hidrocarburos aromáticos, así como metales (hierro, calcio, sílice), sales de amonio, sulfatos y nitratos. A pesar de esta complejidad, la composición del humo forestal es generalmente menos variada que la de los incendios estructurales.

## Penetración del Material Particulado en el Sistema Respiratorio

El material particulado (MP) es un componente de especial interés. Se compone de productos de la combustión de biomasa, como oxalato, malonato, e hidrocarburos aromáticos, así como metales (hierro, calcio, sílice), sales de amonio, sulfatos y nitratos. A pesar de esta complejidad, la composición del humo forestal es generalmente menos variada que la de los incendios estructurales.

Dentro de los efectos nocivos del humo, se destaca el material particulado y sus impactos en la salud de los brigadistas y bomberos que están expuestos a él durante las labores de extinción.

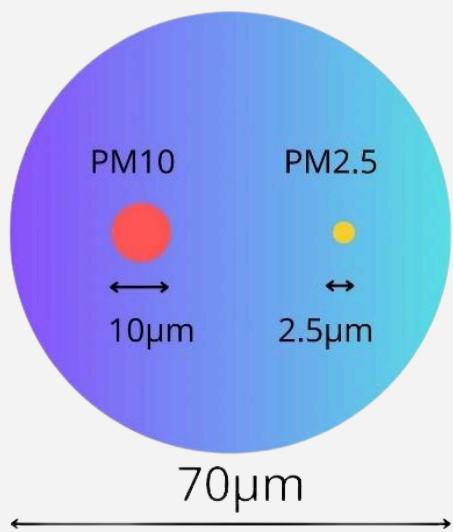
Cada incendio libera miles de millones de partículas

en el ambiente las cuales pueden viajar kilómetros desde su origen, afectando áreas de manera indirecta. Los combatientes están expuestos a concentraciones elevadas de partículas de distintos tamaños. Aquellas con un diámetro igual o menor a 10 micrómetros (PM 10) son especialmente preocupantes, ya que no son retenidas por los mecanismos de filtración de las vías respiratorias superiores. Estas partículas pueden alcanzar los alvéolos pulmonares y, dependiendo de sus características como diámetro, densidad, peso y movimiento gravitacional, ingresar al torrente sanguíneo.

Estudios científicos (Thomas, 2013 y Sandoval 2019) han demostrado que el diámetro de la partícula determina su punto de deposición:

- Partículas  $> 8 \mu\text{m}$ : Se retienen en la región nasofaríngea.
- Partículas  $\leq 3 \mu\text{m}$ : Pueden depositarse en los alvéolos pulmonares.
- Partículas  $\leq 0.1 \mu\text{m}$ : Tienen la capacidad de cruzar la barrera alveolocapilar y entrar al torrente sanguíneo, distribuyéndose por todo el cuerpo.

## Cabello humano



## Impactos Fisiológicos y en la Salud

La exposición al material particulado tiene efectos perjudiciales que van desde síntomas leves hasta complicaciones graves. El lagrimeo y la irritación son comunes, pero la inhalación de PM10 puede causar dificultad respiratoria debido a la inflamación del tracto respiratorio. La inhalación de partículas más finas (PM 2.5) puede llegar a los alvéolos, donde

alteran la función de los macrófagos alveolares, incrementando la susceptibilidad a infecciones respiratorias.

Además del daño pulmonar directo, la deposición de material particulado en los tejidos pulmonares puede desencadenar una respuesta inflamatoria sistémica, caracterizada por la liberación de citocinas. Este proceso se ha correlacionado con cambios en la frecuencia cardiaca, lo que puede provocar arritmias y, en casos extremos, eventos cardiovasculares adversos, incluyendo la muerte, debido a daños en el endotelio cardiaco.

## Impactos Fisiológicos y en la Salud

La protección respiratoria es fundamental para mitigar estos riesgos. Si bien los equipos de respiración autónoma (SCBA) ofrecen una protección completa, su peso y duración limitada los hacen imprácticos para largas jornadas en terrenos difíciles. Una alternativa viable son los respiradores con filtros combinados para vapores y material particulado. Sin embargo, su eficacia está condicionada por la saturación de los filtros, que en ambientes de alta concentración de humo pueden volverse inoperativos rápidamente, lo que dificulta la respiración y en consecuencia genera agotamiento y disminución de la capacidad del brigadista para combatir incendios.

En los últimos tiempos, se han observado avances en la protección mediante el uso de sistemas con pulmones químicos, que proporcionan aires. Sin embargo, estos sistemas aún presentan costos elevados y no aptos para uso prolongado. Por lo tanto, el uso de respiradores sin mantenimiento puede ser una primera línea de defensa, con la recomendación de reemplazarlos frecuentemente, según algunos expertos se sugiere cada cuatro horas. Sin embargo, esta recomendación debe ser evaluada por cada unidad de emergencia, teniendo en cuenta las condiciones específicas del incendio, las circunstancias personales y el entorno de combate.

La protección debe ser parte de una estrategia integral que incluya:

- Evitar la inhalación de humo siempre que sea posible.
- Mantener un estilo de vida saludable.
- Realizar exámenes ocupacionales para evaluar la capacidad pulmonar.

- Asegurar que los equipos de protección personal (EPP) estén certificados y se utilicen correctamente.

En conclusión, la protección contra el material particulado es crucial para la salud a largo plazo de los combatientes. Aunque la solución ideal aún está en desarrollo, la adopción de medidas preventivas, como el uso de mascarillas con filtros apropiados, es un paso significativo para reducir la exposición y mejorar el bienestar de quienes combaten los incendios forestales. ◀



▲ Director de tiro en acción. Fotografía de Lucas Segura

## Coordinación, vuelo y riesgo: el trabajo silencioso de los medios aéreos en los incendios forestales

Autora: Amanda Viviana Gutierrez  
Comisión Comunicación/Educación MPIFyMF NOA

En el combate contra los incendios forestales, el fuego no da aviso. Avanza impulsado por el viento, la sequía y la acumulación de material vegetal que se transforma en combustible. Frente a ese escenario extremo, cada minuto cuenta. En Catamarca, una tarea clave —aunque muchas veces poco visible— es la coordinación de los medios aéreos, un engranaje fundamental para que aviones y helicópteros puedan operar de forma rápida, segura y eficiente.

Marcos Cardoso tiene 20 años de experiencia y forma parte de la Brigada de Lucha contra Incendios Forestales de la provincia de Catamarca. Desde hace algunos años, además de su rol operativo, comenzó a especializarse en la logística, relevamiento y coordinación de medios aéreos, un trabajo que implica planificación previa, conocimiento del territorio y articulación constante con pilotos, municipios y equipos técnicos.

*“Los medios aéreos son una herramienta más en el combate de incendios forestales. No apagan solos un incendio, pero bien coordinados pueden marcar una gran diferencia”, explica.*



▲ Camión hidrante en acción

## Planificar antes de que el fuego aparezca.

La temporada crítica de incendios en el norte argentino suele extenderse de junio a diciembre. Durante esos meses, los factores meteorológicos —viento, altas temperaturas, sequía y baja humedad— se convierten en los principales enemigos del combate.

*“Cuando hablamos de combustible nos referimos a todo material vegetal que puede arder: pasto, ramas, hojarasca. Con calor, viento y sequía, el escenario es ideal para que el fuego se propague”, señala Cardoso.*

Por eso, gran parte del trabajo comienza antes de que se declare un incendio. El relevamiento de pistas aéreas, tanto públicas como privadas, es clave para garantizar la seguridad operacional de los aviones hidrantes. Se evalúan dimensiones, estado del terreno, accesos y disponibilidad de agua, además de las autorizaciones necesarias.

En paralelo, se identifican espejos de agua —ríos, lagunas o piletas colapsables— que permitan a los helicópteros cargar rápidamente. Toda esa información se sistematiza en una base de datos técnica que permite, ante una emergencia, decidir en minutos qué recurso aéreo es viable y desde dónde operar.



▲ Helicóptero realizando una carga de agua de un río.

*“La idea es quitarle tiempo al fuego. Saber cuántos kilómetros hay hasta una pista o un espejo de agua nos permite decidir si el uso del medio aéreo va a ser realmente efectivo”, resume.*

## Volar cerca del fuego



▲ Gustavo Echeverry

Gustavo Echeverry es piloto de helicóptero y trabaja desde 2019 en la empresa JASFLY especializada en el combate de incendios forestales en Argentina. Con una extensa trayectoria previa en fuerzas de seguridad, conoce de primera mano los riesgos de operar en entornos extremos.

*“El combate de incendios forestales es lo más parecido a un combate real. A uno le enseñan a huir del fuego, y acá vamos directo hacia él”, afirma.*

Los helicópteros cumplen múltiples funciones: reconocimiento del área, traslado de brigadistas y equipamiento, descargas de agua y evacuaciones sanitarias. Pero su eficacia depende directamente de la logística previa.

*“Si el espejo de agua está a 15 minutos, no es operativo. Necesitamos fuentes cercanas para hacer descargas cada cinco u ocho minutos. Ahí es donde el trabajo de coordinación es clave”, explica.*



▲ Helicóptero con su valde de carga

Además, factores como la altura, la temperatura y la densidad del aire afectan la performance de la aeronave, obligando a ajustar cargas y procedimientos para garantizar la seguridad.

*"Es una actividad de riesgo. El miedo existe y no está mal. El problema es cuando uno deja de tenerlo y se confía", reflexiona el piloto.*

## Desde el aire: otra mirada del incendio

Matías Jaureguizar, piloto de avión hidrante con más de veinte campañas de incendios en Argentina y el exterior, destaca la importancia del trabajo en equipo y la comunicación constante con los combatientes en tierra.



▲ Carga asistida del avion hidrante

*"El avión es una herramienta más. Carga más agua y es rápido, pero necesita pistas. El helicóptero puede trabajar donde el avión no llega. Nos complementamos".*

En situaciones de incendios simultáneos, la prioridad siempre es clara: proteger la vida humana y las zonas de interfaz, donde el fuego amenaza viviendas y poblaciones.

*"Desde el aire ves cómo avanza el incendio, hacia dónde va el viento, qué puede llegar a afectar. Esa información es clave para la toma de decisiones", señala.*



▲ Avión hidrante apagando el fuego.

## Un trabajo que no se ve, pero sostiene todo

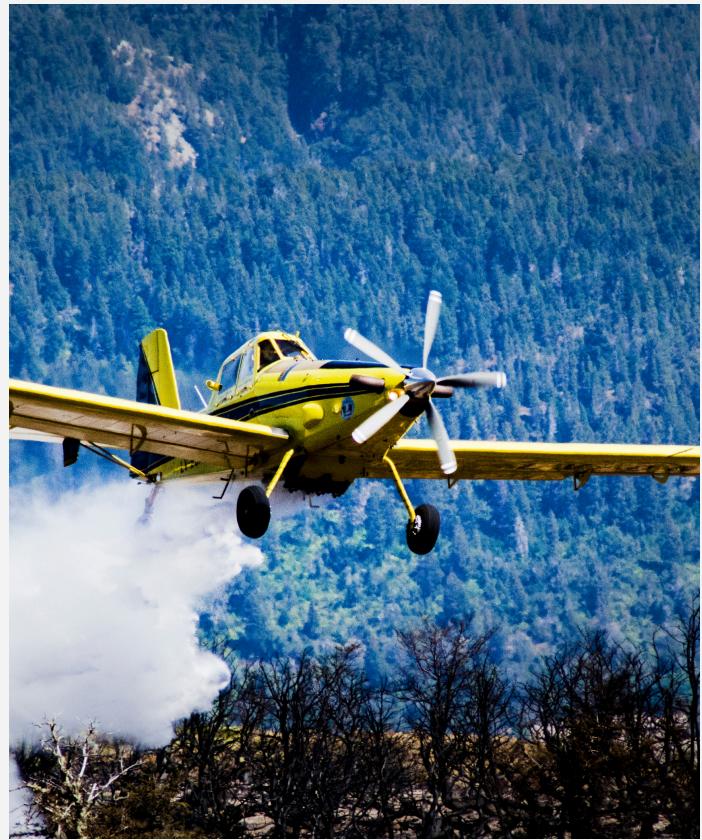
La experiencia de Marcos Cardoso como coordinador de medios aéreos en Catamarca fue compartida en reuniones regionales del NOA, con la intención de que otras provincias adopten sistemas similares de relevamiento y planificación.

*"Tener la información ordenada, saber dónde hay pistas, agua y apoyo logístico, hace que la respuesta sea más rápida y segura para todos", concluye.*

En el combate contra los incendios forestales no hay héroes individuales. Hay planificación, capacitación y trabajo colectivo. Y, sobre todo, personas que, desde tierra y desde el aire, ponen el cuerpo para ganarle tiempo al fuego. ◀



▲ Helicóptero esperando a ser abordado por brigadistas.



▲ Avion hidrante en plena descarga



▲ Director de tiro y helicóptero



▲ Ejercicio Operativo Regional NOA. Fotografía de Griselda Gerbi

## Preparación y Capacitación: Claves para el Combate de Incendios Forestales

Autor Lautaro Vazquez, Regional NOA – SNMF

En un esfuerzo por mejorar la respuesta ante el creciente riesgo de incendios forestales, diversas instituciones se unieron para el II Ejercicio Operativo Regional NOA, que tuvo lugar el 18 y 19 de junio de 2025 en la localidad de Escaba, en la provincia de Tucumán, Argentina, en un escenario agreste respecto a la topografía y al combustible, buscando características similares a las que se encuentran en los incendios de la región.

El evento reunió a brigadas forestales y agencias de emergencia de múltiples provincias y niveles de gobierno para simular y practicar el combate de incendios en escenarios realistas, contando con la participación de alrededor de 160 agentes de DC, Brigada Forestal y Bomberos de Tucumán, Brigada de Lucha Contra Incendios Forestales de Catamarca, DC de Salta, Administración de Parques Nacionales; Regional NOA, Brigada Nacional Centro y NEA del SNMF, Policía Federal Argentina, y DC y BBVV de municipios de Tucumán. Los participantes

se dispusieron en 9 grupos de trabajo, 8 operativos (1 helitransportado) y 1 de comando (comando, técnica, logística, soporte médico y comunicaciones).

### Un Enfoque Integral y Coordinado

El objetivo principal del ejercicio fue mejorar la capacitación y la respuesta ante incendios forestales, abordando desde la prevención hasta la gestión de riesgos. Este evento se centró en la práctica, recreando escenarios reales para que las brigadas practiquen y perfeccionen su trabajo de ataque inicial y extinción del fuego.

Durante la simulación, los equipos practicaron tácticas esenciales para la contención del fuego, como la creación de líneas de defensa y el tendido de equipos de bombeo.

## Beneficios del Ejercicio: Eficacia y Estandarización

La práctica y simulación de estos escenarios tienen beneficios clave para las instituciones y el personal involucrado. Al articular el trabajo entre las brigadas jurisdiccionales y nacionales, se busca estandarizar las metodologías de trabajo, lo que permite una respuesta más rápida y efectiva en situaciones reales. Además, este tipo de capacitación y planificación reduce la probabilidad de incidentes o mitiga la gravedad de sus consecuencias. La optimización de recursos y la mejora de las estrategias de combate resultan en una respuesta más eficiente y eficaz ante los incendios, lo que aumenta la eficiencia institucional en general.

El ejercicio se organizó en base a cuatro aspectos fundamentales:

- Planificación y preparación: Identificación de riesgos, elaboración de planes de acción y asignación de roles.
- Simulación y práctica: Realización de simulacros para entrenar a los equipos en la toma de decisiones y la aplicación de técnicas de combate.
- Utilización de recursos: Evaluación y uso eficiente de los recursos humanos, técnicos y materiales disponibles.
- Evaluación y mejora: Análisis de los resultados para identificar áreas de oportunidad y ajustar los planes futuros.

Este ejercicio resalta la importancia de la capacitación continua y la colaboración interinstitucional como pilares para fortalecer la capacidad de respuesta ante amenazas ambientales en constante crecimiento como los son los incendios forestales. ◀



▲ Ejercicio Operativo Regional NOA. Fotografía de Griselda Gerbi



# Sinergia Regional para el Manejo Integral de Incendios Forestales en el NOA

Autores: Lorena Aráoz y Carlos Zamora. Brigada de Lucha Contra Incendios Forestales, Catamarca.

Un hito crucial en la gestión y prevención de incendios forestales tuvo lugar en San Fernando del Valle de Catamarca. El I Encuentro de Técnicos de la Regional NOA reunió a expertos para estandarizar procesos, intercambiar conocimientos y fortalecer la respuesta ante incendios. El evento, que se llevó a cabo del 1 al 3 de julio, contó con la participación de 30 agentes de la Brigada de Lucha Contra Incendios Forestales de Catamarca, la Dirección de Incendios de Vegetación y Emergencias Ambientales de Jujuy, Defensa Civil Salta, la Brigada Forestal y DC de Tucumán, la Administración de Parques Nacionales (DLIFE) y el Servicio Nacional de Manejo del Fuego (Regional NOA y Brigada Nacional Centro).

## Un Enfoque Integral y Estandarizado

El encuentro se centró en la capacitación del personal a través de talleres y clases magistrales, abordando desde la conformación de equipos técnicos hasta el monitoreo de los impactos de los incendios en la biodiversidad. El objetivo principal fue lograr la estandarización de procesos y productos para mejorar la capacidad de respuesta y la gestión de riesgos en la región. Los grupos de trabajo se formaron de manera interjurisdiccional para fomentar la colaboración y el intercambio de experiencias.

Las actividades incluyeron entre otros temas:

- Talleres de SIG y Cartografía: Se definieron los criterios para la elaboración de mapas de incendios rápidos y elaborados, según la necesi-

-dad del momento del evento.

- Análisis del Clima y Peligro de Incendios: Se presentaron las perspectivas climáticas para la temporada 2025 y se introdujo el nuevo Sistema Canadiense de Evaluación de Peligro (GFMC-FWI). Este sistema incorpora datos para mejorar la predicción del peligro.
- Interpretación del FWI: Se realizó un taller para que los técnicos profundicen sus conocimientos en la interpretación de cada componente del Índice de Peligro de Incendios Forestales (FWI) y puedan replicar esta formación en sus propias jurisdicciones.
- Ecología del Fuego y Biodiversidad: Se discutieron las estrategias de paisajes resilientes al fuego y se expuso una investigación sobre el impacto de los incendios en la biodiversidad de las selvas de Yungas, utilizando sensores sonoros como herramienta de evaluación.



▲ Encuentro de técnicos.

## Colaboración para el Futuro

El encuentro también sirvió para establecer un formato unificado para la presentación de los Estudios de Caso de Incendios Forestales y los Informes Anuales, lo que permitirá estandarizar los criterios de evaluación y mejorar la planificación de los planes de manejo. Con esta iniciativa, la Regional NOA se posiciona como un referente en la estandarización de la gestión de incendios forestales, fomentando la colaboración y la investigación entre sus técnicos y la academia.



▲ Encuentro de técnicos. Fotografías de Griselda Gerbi



▲ Incendio de interfaz. Fotografía de Rodolfo Valdivia Ortega

## Incendio de interfaz en Balcarce, San Luis: caracterización y determinación de severidad.

Autores: Litwak, María Macarena; Palermo, Valentina Micaela

Colaboradores: Reartes, Cecilia; Marcuzzi, Ezequiel A.

Servicio Nacional de Manejo del Fuego. Agencia Federal de Emergencias. Ministerio de Seguridad Nacional.

### Introducción

Los incendios forestales son fenómenos naturales que representan uno de los desafíos más significativos en la gestión ambiental y la conservación de los ecosistemas en todo el mundo. En particular, aquellos que afectan zonas de interfaz urbano-forestal (IUF), generan impactos ambientales (naturales, sociales y económicos) significativos. Entre ellos se destacan la pérdida de biodiversidad, degradación del suelo, alteración de ciclos hidrológicos, afectación de la salud humana, destrucción de viviendas e infraestructura, y costos elevados de recuperación (Moritz et al., 2012). El crecimiento urbano desordenado en ambientes naturales ha incrementado la exposición de personas y bienes a incendios, exigiendo enfoques de gestión más integrados (European Forest Institute [EFI], 2024).

La realización de estudios e investigaciones sobre incendios forestales es fundamental para identificar las causas, evaluar el impacto y sus consecuencias, y lograr una mayor comprensión de la dinámica de estos eventos. Además, estos estudios proporcionan información valiosa para diseñar estrategias efectivas de prevención, manejo y mitigación, contribuyendo a reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las comunidades afectadas.

Dentro del análisis de incendios es fundamental comprender el concepto de severidad, que se refiere al grado de alteración que el fuego provoca en la vegetación y el suelo influenciados por la intensidad y la duración del evento (Keeney, 2006). La severidad, además, se ve influida por factores asociados como el tipo de cobertura vegetal, las características del suelo, los tiempos de rebrote de las especies y los impactos sociales relacionados con el uso del territorio.

En nuestro país, la “temporada de incendios”, es decir la época del año más favorable para la ocurrencia de incendios, varía de acuerdo a la región, lo que está determinado por el clima del lugar (estación seca). En la provincia de San Luis, la temporada de incendios se desarrolla desde finales del invierno hasta octubre.

Durante el desarrollo de la temporada 2024, un incendio forestal “Balcarce”, afectó un total de 661ha. en el paraje Balcarce, departamento Chacabuco, provincia de San Luis. El evento se desarrolló entre el 18 y 26 de septiembre presentando comportamiento extremo durante los primeros dos días y afectó un área de interfaz urbano-forestal, lo que incrementó el riesgo para las comunidades cercanas. Como consecuencia, se perdieron dos viviendas, más de 100 hogares estuvieron amenazados y fue necesario evacuar personas por seguridad, lo que generó desafíos particulares para las tareas de control del fuego.

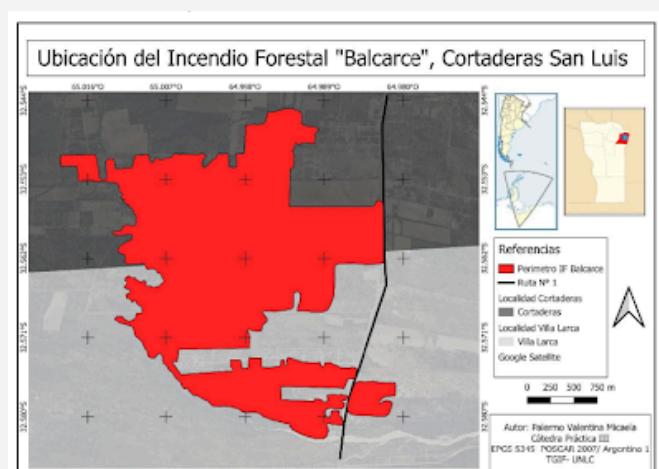
Dadas las características del evento, en este trabajo se propone como objetivo caracterizar las condiciones en las que se desarrolló el incendio y evaluar la severidad del mismo integrando información de sensores remotos y relevamiento en terreno.



▲ Fotografía del avance de las llamas. Imagen gentileza N. Brignone

## Localización geográfica, delimitación y características del área de estudio

El paraje Balcarce se encuentra en el departamento Chacabuco, al noreste de la provincia de San Luis, Argentina. Ubicado aproximadamente a 7 km al sur de la localidad de Cortaderas y a 5 km al norte de Villa Larca (figura 1) y se sitúa al pie de las Sierras de los Comechingones, en el sector oriental del Valle del Conlara.



◀ Figura 1: Ubicación del incendio.

El área afectada por el incendio se encuentra dentro de la región fitogeográfica chaqueña, caracterizada por bosques xerófilos adaptados a condiciones áridas. Se trata de un monte bajo, con escasa presencia de árboles que superen los siete metros de altura y una notable predominancia de pastizales. La composición y distribución de esta vegetación favorecen la propagación de incendios.



▲Imagen representativa del mosaico de patizales, matorrales y leñosas en el área de estudio. Fotografía M. Litwak.

## Metodología

### Análisis de condiciones meteorológicas previas y durante el incendio

Para el análisis de las condiciones meteorológicas se utilizaron datos de las estaciones Villa Dolores (Córdoba), Santa Rosa de Conlara (San Luis). Estas estaciones de la red del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Además, se tomaron datos de la estación Villa Larca, Merlo y Merlo Alto de la red de estaciones de la provincia de San Luis (REM) (Mapa 1).

Además, se analizaron los índices de peligro del subsistema meteorológico FWI (Fire Weather Index) calculados a partir de las estaciones meteorológicas de la red del SMN y la de Villa Larca.

Para completar el análisis se solicitaron al SMN, las alertas oficiales emitidos para los días 17 al 19 de septiembre de 2024 y los pronósticos especiales para incendios forestales emitidos por el Servicio Nacional de Manejo del Fuego (SNMF) y SMN.

### Estimación de la severidad del incendio

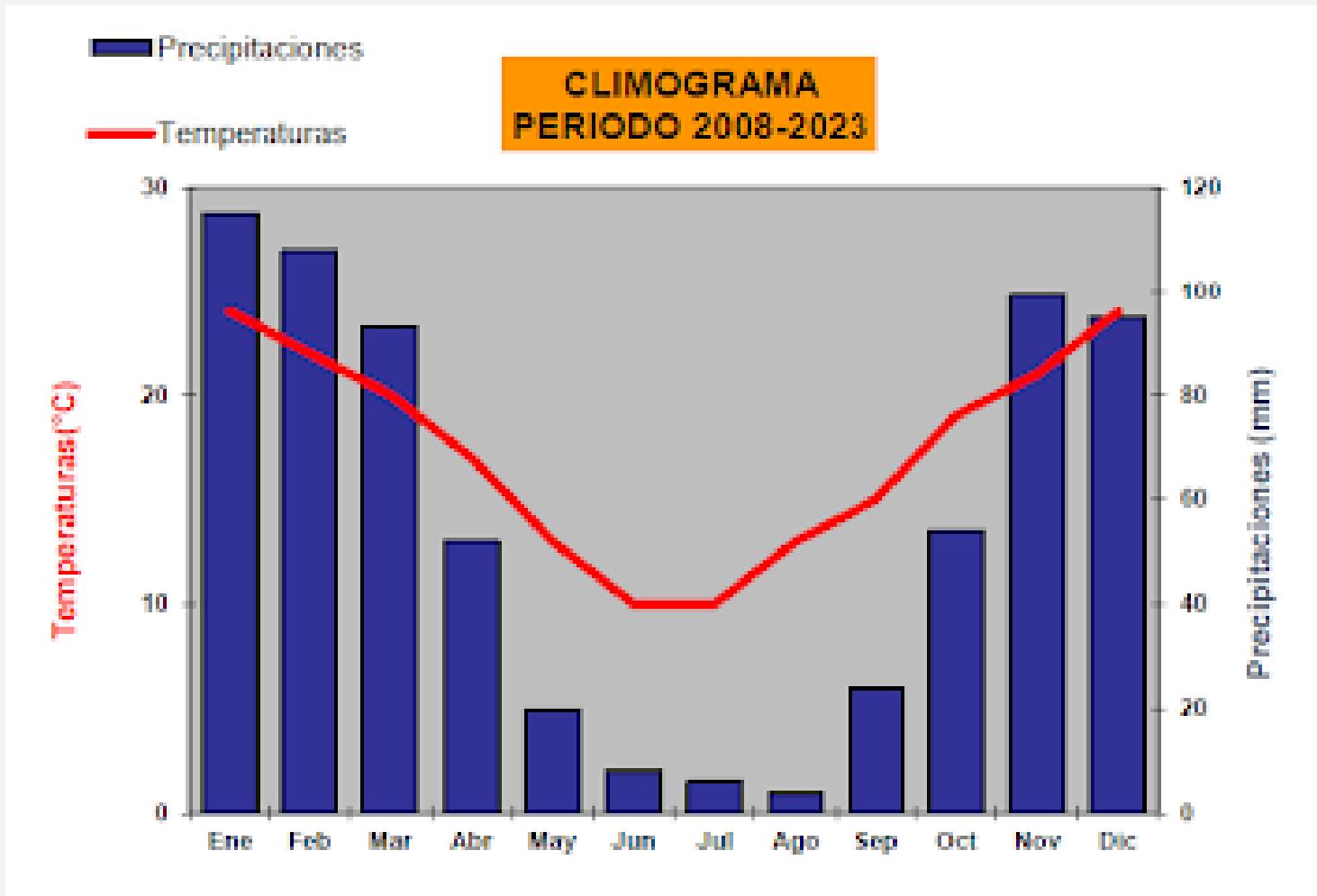
El índice Normalizado de Área Quemada (NBR) es una herramienta diseñada para identificar y resaltar las áreas afectadas por incendios en grandes extensiones territoriales. Este índice combina información obtenida en las bandas de infrarrojo cercano (NIR) y de infrarrojo de onda corta (SWIR), permitiendo evaluar la severidad del daño causado por el incendio. Para la estimación de la severidad del incendio forestal en la zona de Balcarce, se utilizaron imágenes satelitales Sentinel-2, las cuales cuentan con una resolución espacial de 10 metros. Se seleccionaron dos fechas específicas: una imagen del día 3/9, previo al incendio y otra del 28/9, posterior al evento. Las bandas utilizadas para el cálculo del NBR fueron la banda 8 (infrarrojo cercano, NIR) y la banda 12 (infrarrojo de onda corta, SWIR). Fuente de datos: <https://dataspace.copernicus.eu/>. Posteriormente, para evaluar la severidad del daño provocado por el incendio se obtuvo el índice dNBR mediante la diferencia entre ambos valores. Luego, para la clasificación de la severidad, el dNBR fue clasificado en cuatro categorías de severidad no quemado, severidad baja, severidad media y severidad alta.

A partir de esta información se delimitaron las unidades de muestreo a campo para la posterior validación de la información obtenida. Por cada categoría, se seleccionaron tres unidades de muestreo en zonas representativas. Este enfoque metodológico permitió obtener datos cuantitativos que sirven para validar y complementar la información de dNBR, facilitando una interpretación más precisa del estado de la vegetación en las áreas afectadas por el incendio.

## Resultados

### Condiciones meteorológicas e índices de peligro:

En la zona de estudio, la temporada de incendios se produce desde los últimos meses de invierno y primeros meses de la primavera (figura 1). Esta condición, sumada a la ocurrencia de heladas, provoca una gran disponibilidad de combustible para arder. Mientras más se extienda este período seco, mayores serán las condiciones de peligro.



▲Figura 1: Climograma de Merlo, San Luis.

En septiembre de 2024 las precipitaciones fueron de 0.7 mm, registradas el día 13 en la zona del incendio. Este valor, solo afectó la humedad del combustible fino, sin modificar el incremento de las condiciones de peligro asociadas a la disponibilidad de combustibles muertos medios y gruesos para arder (BUI).

Día 18:

Un sistema de baja presión sobre el noroeste del país, sumado a un centro de alta presión en el océano Atlántico provocaron viento del sector norte con velocidades máximas de 29,1km/h con predominio del noreste sobre la zona del incendio, lo que provocó una propagación en dirección principal noreste-sudoeste (figura 3). La zona se encontraba bajo alerta meteorológico por vientos intensos del sector norte desde el día anterior. Se preveía viento del sector norte 40 a 55km/h con ráfagas mayores a 70km/h.

La temperatura máxima horaria superó los 30°C a las 19 hs. en Villa Larca, la más cercana al incendio. El viento máximo en el primer sitio alcanzó los 33,3km/h del norte/noroeste a las 14hs.

En cuanto al cálculo de los índices a las 12hs. fueron los siguientes: ISI: 13,4 (este valor implica elevada velocidad de propagación), BUI: 135,3 (este valor implica importantes dificultades en las tareas de control por elevada disponibilidad de combustible medio y grueso para arder) y FWI: 43,1 (comportamiento extremo).

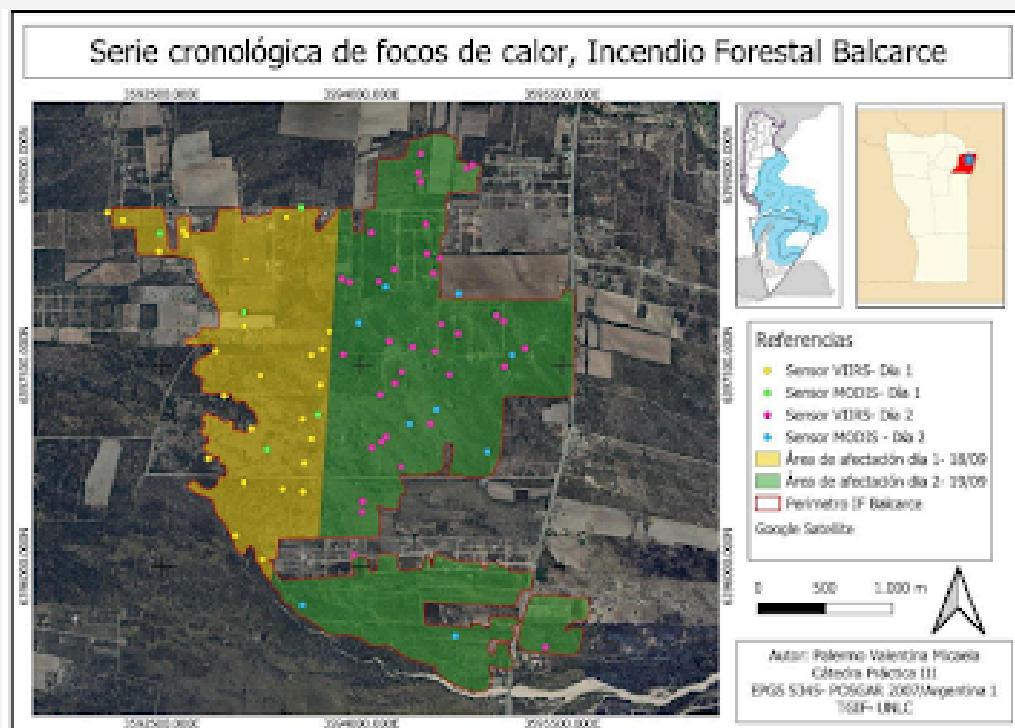
## Día 19:

La aproximación de un frente frío dio lugar a la rotación del viento al sector oeste. Esta jornada, la región se mantuvo bajo alerta por vientos intensos del sector oeste, estimando velocidades entre 40 y 55km/h con ráfagas superiores a 70km/h. Esta situación además era advertida en el pronóstico especial para incendios forestales emitido este día por el Servicio Nacional de Manejo del Fuego y SMN. Las mayores velocidades de viento se registraron en Villa Dolores con 59,2km/h del norte. Luego, en la mañana del 19, a partir de las 9 horas el viento rotó al sector oeste coincidentemente con lo registrado en Merlo Alto. La propagación del incendio fue oeste-este (Figura 3).

En la estación de Villa Larca, que se encuentra por encima de los 1000mts. de altura, los valores de humedad relativa se mantuvieron por debajo del 10% desde las 12 hasta las 18 hs. con un mínimo de 5.1% a las 16hs. coincidente con la mayor temperatura que fue de 26.7°C (Tabla 2). Los valores de humedad en Santa Rosa de Conlara registraron 7% entre las 16 y 18hs con una temperatura de 29°C.

Los índices para esta jornada fueron: ISI: 15,2 (este valor implica elevada velocidad de propagación), BUI: 138,9 (este valor implica importantes dificultades en las tareas de control por elevada disponibilidad de combustible medio y grueso para arder) y FWI: 47,1 (comportamiento extremo).

Los códigos de humedad del combustible fino (FFMC) registrados en Santa Rosa de Conlara, para los días 18 y 19 fueron de 92,9 y 94,3, mientras que en Villa Dolores fueron de 94,1 y 95,1, valores extremos que implican elevada facilidad de ignición y probabilidad de focos secundarios.



►Figura 3: Cronología de focos de calor detectados por los sensores MODIS y VIIRS y área afectada por día.

Fuente:<https://irms.modaps.eosdis.nasa.gov/>

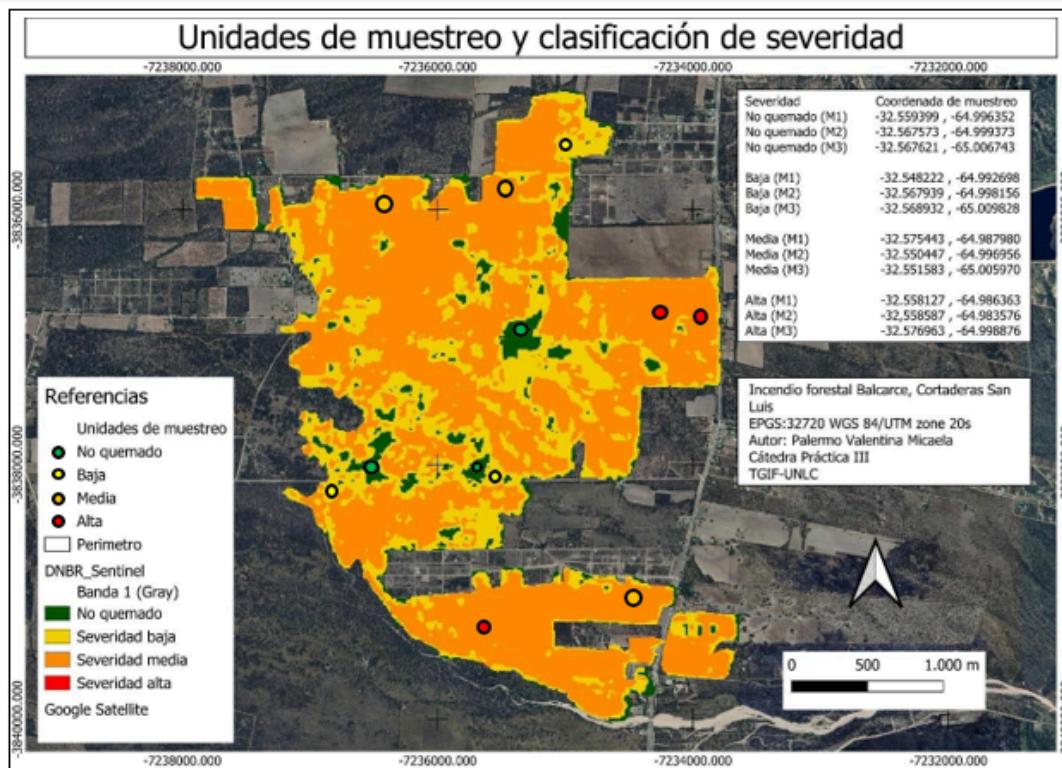
Los valores de humedad comenzaron a recuperarse a partir de las 19 hs., el viento rotó al sudeste y las temperaturas descendieron, momento que coincide con el detenimiento en el avance de las llamas y la declaración del incendio como “contenido”.

## Estimación de severidad del incendio

El mapa de severidad del incendio forestal Balcarce (18 al 26 de septiembre de 2024) evidencia el grado de impacto del fuego sobre la vegetación dentro del área afectada (figura 5).

Se identifican zonas:

- Con predominio de severidad media, especialmente en el sector central del perímetro y hacia los bordes, donde el fuego generó pérdida de biomasa y alteración de la estructura vegetal.
- De severidad baja distribuidas de manera fragmentada, probablemente asociadas a menor carga de combustible, discontinuidad del paisaje o condiciones ambientales que limitaron la propagación.
- No quemados que funcionaron como refugios biológicos y serán clave para la regeneración natural del ecosistema.
- De alta severidad, 3 parches donde se concentra el mayor impacto ecológico y requieren atención prioritaria en las acciones de restauración y manejo post-incendio.



▲Figura 5: Severidad del incendio y unidades de muestreo.

### Análisis de cobertura de vegetación según severidad del incendio

El análisis de la cobertura vegetal en función de la severidad del incendio, permitió caracterizar el estado estructural de la vegetación en el área de estudio. En las zonas no quemadas, la cobertura fue alta y equilibrada: el estrato herbáceo alcanzó el 100% y los arbustos el 98%, mientras que la cobertura arbórea presentó valores moderados (55% para árboles de 3 a 7 metros y 49% para árboles mayores).

En sectores de baja severidad, el impacto del fuego fue limitado. La pérdida de cobertura fue mínima (3,3% de suelo desnudo) y el estrato herbáceo se mantuvo dominante (96,7%). Aunque se registró una leve disminución de arbustos y árboles, la estructura vegetal conservó su funcionalidad y evidencia un proceso de recuperación activo.

Las áreas de severidad media mostraron una mayor alteración: el suelo desnudo aumentó al 32% y la cobertura herbácea descendió al 68%. La vegetación leñosa también resultó afectada, con una reducción notable de árboles adultos, aunque persiste la presencia de arbustos y renovales, lo cual indica capacidad de regeneración.

En zonas de alta severidad, el impacto ecológico fue profundo. Más del 58% del suelo quedó expuesto y la cobertura vegetal se redujo drásticamente en todos los estratos. Tanto arbustos como herbáceas mostraron valores bajos (41% y 34%, respectivamente), evidenciando condiciones iniciales de recuperación y alto riesgo de erosión.



▲Fotografías representativas de las zonas afectadas por el incendio. De izquierda a derecha, severidad baja, media y alta. Fotografías: V. Palermo y M. Litwak.

## Conclusiones

A partir de los datos presentados se puede concluir que la composición y distribución de la vegetación en la zona de estudio favorecieron la propagación de incendios. Los pastizales de cobertura continua, permitieron una rápida propagación del fuego en presencia de condiciones meteorológicas favorables, lo que junto a especies inflamables por su elevado contenido químico como las palmeras dificultaron las tareas de control.

Las condiciones meteorológicas registradas durante los primeros dos días en los que se desarrolló el incendio, marcadas por la falta de precipitaciones y temperaturas elevadas, enmarcadas en el ingreso de un frente frío, denotaron que el peligro fuera extremo, lo que se reflejó tanto en los indicadores de disponibilidad de combustible muerto para arder, como en los valores extremos de FWI alcanzados (asociados a la intensidad de línea en el frente de llama). Además, las variables registradas por las estaciones más próximas al incendio revelaron la influencia de una marcada disminución de la humedad relativa, relacionada a la situación meteorológica sinóptica de la ocurrencia de un importante viento zonda en la zona de Cuyo. Esta condición pudo haber tenido relación con la mayor severidad alcanzada en sectores durante el día 19.

En cuanto al análisis de severidad y sus diferentes niveles, se logró caracterizar su impacto ecológico mediante la integración del análisis de sensores remotos, relevamientos de campo y métodos cuantitativos de evaluación de vegetación. Los resultados evidencian un efecto diferenciado del fuego sobre la estructura y composición de la vegetación.

La cobertura vegetal disminuyó asociado al aumento de la severidad del incendio, con mayor afectación en el estrato arbóreo. En cambio, el estrato arbustivo mostró mayor resiliencia ecológica, el cual registró altos niveles de supervivencia y regeneración por rebrote. El estrato herbáceo también evidenció capacidad de recuperación temprana, donde cumplió un rol clave en la protección del suelo y en la estabilización posfuego.

Uno de los efectos más significativos fue el incremento del suelo desnudo en los sectores más afectados. Este fenómeno representa un riesgo importante para la integridad del ecosistema, ya que favorece procesos de erosión eólica e hídrica y pérdida de nutrientes, comprometiendo la recuperación natural a mediano plazo.

Las metodologías aplicadas resultaron complementarias y efectivas para estimar el daño ecológico y su variabilidad espacial. Estas herramientas permitieron cuantificar los cambios en la vegetación y aportar resultados para planificar acciones de restauración, evaluar riesgos posteriores al incendio y orientar estrategias de manejo adaptativo en áreas afectadas.

Finalmente, en conjunto, el análisis espacial confirma que la dinámica del incendio estuvo fuertemente condicionada por la disponibilidad y continuidad del combustible, así como por factores meteorológicos. Esta información resulta esencial para planificar estrategias de rehabilitación del área afectada y mejorar las acciones de prevención y respuesta ante futuros ◀

## Bibliografía

**Keeley, J. E. (2009).** Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. International Journal of Wildland Fire, 18(1), 116-126.

**Moritz, M.A.; Parisien, M.A.; Batllori, E.; Krawchuk, M.A.; Van Dorn, J.; Ganz, D.J.; Hayhoe, K. (2012)** Climate change and disruption to global fire activity. *Ecosphere*, 3, 1-22.

**European Forest Institute. (2024).** PPRIF: Prevención y preparación frente al riesgo de incendios forestales. [https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2024/PPRIF\\_2024\\_ES.pdf](https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2024/PPRIF_2024_ES.pdf)



▲ Fotografía del suelo después de un incendio, autora Griselda Gerbi

# Integrando herramientas analíticas de sensores remotos y pasivos para evaluar el impacto de incendios forestales sobre los paisajes sonoros de las Yungas

Boullhesen, Martín<sup>1</sup>, Agüero, José Luis<sup>2</sup>, Akmentins, Mauricio<sup>1</sup>, Vaira, Marcos<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA), CONICET-UNJu

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Salta (UNSa)

## Introducción

Los incendios forestales pueden tener un rol crucial en la remodelación de los paisajes naturales en diversas regiones del mundo (Bowman et al., 2009).

Asimismo, son considerados uno de los principales disturbios que provocan la degradación de áreas protegidas boscosas (Jayathilake et al., 2020). En los últimos años, en los bosques andinos de las Yungas se ha registrado un aumento en la frecuencia y la extensión de incendios intencionales impactando sobre sus áreas protegidas (SNMF, 2022, 2020). El monitoreo de los ecosistemas afectados por el fuego resulta esencial para entender el impacto generado y su resiliencia (Walia et al., 2025). Mediante herramientas analíticas novedosas (índices acústicos), el Monitoreo Acústico Pasivo (MAP) permite comprender los impactos de incendios forestales sobre los paisajes sonoros (Spatharis et al., 2024). Investigaciones recientes utilizaron una combinación de índices acústicos y datos ambientales obtenidos por teledetección para interpretar estos patrones, aportando nuevos conocimientos sobre los efectos de los impactos tanto naturales como antropogénicos (Quinn et al., 2024). Si bien existen estudios en las Yungas que analizan las implicancias negativas de los incendios sobre la biodiversidad (Morales et al., 2020; Carbone et al., 2021), la existencia de información empírica en el contexto de las áreas protegidas es aún incipiente incluso a nivel global (Folharini et al., 2023). Comprender cómo varían entre regiones y a lo largo del tiempo los paisajes sonoros --que incluyen los sonidos de la biota, el ambiente y los antropogénicos-- (Pijanowski et al., 2011), resulta fundamental para evaluar la salud de los ecosistemas, especialmente ante impactos masivos como los incendios forestales. En ese sentido, este estudio apuntó a evaluar el impacto y la recuperación post- incendio del bosque en un sector representativo de las Yungas, el Parque Nacional Calilegua, integrando un conjunto de herramientas analíticas que incluyen el uso de imágenes satelitales a partir de sensores remotos e índices acústicos obtenidos de los datos de monitoreos acústicos pasivos.

## Métodos

El estudio se llevó a cabo en un sector de piedemonte del Parque Nacional Calilegua (PNC) y su área de amortiguamiento, en la provincia de Jujuy, noroeste de Argentina ( $23^{\circ}38'S$ ;  $64^{\circ}36'W$ ), en un rango entre los 500 a 550 msnm. Esta zona se encuentra dentro de los límites de dos tipos de biomas de incendios forestales

recientemente descritos como piromas intensos y raros, donde la mayor parte de la comunidad vegetal del piedemonte carece de rasgos resistentes al fuego (Simon y Dantas, 2025) (Figura 1)

#### Monitoreo Acústico Pasivo (MAP)

El MAP se llevó a cabo inmediatamente después del último evento de incendio forestal masivo registrado en la zona, entre el 12/12/2022 y el 18/11/2023. Se instalaron nueve unidades de grabación automática (ARU) Song Meter Mini (Wildlife Acoustic Inc., Concord, Massachusetts) a una altura de 2 m y se programaron para grabar durante 1 minuto a intervalos de 10 minutos en canal MONO, utilizando una frecuencia de muestreo de 44100 Hz con una resolución de 16 bits y un umbral de sensibilidad de -3 dB (un total de 144 grabaciones al día). Se instalaron grupos de tres grabadores por cada sitio de estudio, en función de un gradiente del incendio detectado en donde se identificaron 3 escenarios:

1. Bosques Quemados (BQ) tanto el sotobosque como el dosel se quemaron y se perdieron por completo.
2. Bosques Semiquemados (BSM) donde solo se consumió por el fuego el estrato del sotobosque y los árboles más altos y el dosel se vieron ligeramente afectados o permanecieron casi intactos.
3. Bosques No Quemados (BN) donde la vegetación no se vio afectada por el fuego de los incendios.

Para describir el paisaje sonoro en cada sitio se calcularon 4 índices acústicos: el Índice de Complejidad Acústica (ACI), el Índice Bioacústico (BI), el Índice de Entropía Temporal (Ht) y el Índice Normalizado del Paisaje Sonoro (NDSI). Estos índices fueron elegidos por ser los más utilizados en estudios de este tipo (Bradfer-Lawrence et al., 2021), y fueron evaluados como indicadores de la riqueza y actividad vocal de anuros (Boullhesen et al., 2021, 2023). Los índices acústicos se obtuvieron utilizando la librería scikit-maad en Python versión 3.11.8 (Ulloa et al., 2021).

#### Datos de Imágenes satelitales

Se procesaron 18 imágenes Sentinel-2A con nubosidad menor al 20%, correspondientes al periodo 23/12/2022-21/03/2023 en la plataforma Google Earth Engine (Gorelick et al., 2017). Las imágenes utilizadas coincidieron temporalmente con las fechas de registro de datos acústicos válidos y con la disponibilidad de información satelital para los sitios de monitoreo y sus alrededores. Para cada sitio de monitoreo, se calculó el valor promedio de los índices espectrales Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), Relación de Quema Normalizada (NBR) y Índice de Humedad por Diferencia Normalizada (NDMI) dentro de un buffer circular de 500 m de diámetro (área de influencia teórica de los grabadores automatizados (Quinn et al., 2024). Estos índices se consideran buenos indicadores de la dinámica de la vegetación post-incendio (Perez-Cabello et al., 2021; Kurbanov et al., 2022).

## Análisis de la dinámica post-incendio

Se utilizó el enfoque metodológico de análisis de series temporales (Hamilton, 2020) integrando los índices acústicos y los índices espectrales de los sitios de estudio (BN, BSM, BQ). Se analizó la correlación, la dinámica temporal no lineal y la respuesta tardía o lag en el comportamiento de los índices en el entorno R versión R-4.4.1.

Para evaluar la relación entre los índices acústicos y ópticos calculados, se realizaron análisis de correlación de Pearson, para establecer la existencia de relaciones lineales significativas entre cada índice acústico y espectral con el paquete tidyverse versión 2.0.0 (Wickham et al., 2019). Además, para evaluar una posible evolución no lineal en el tiempo de un índice, se realizaron Modelos Aditivos Generalizados (MAG) utilizando el paquete mgcv versión 1.9.1 (Wood, 2011) en R.

Para analizar similitud entre dos series de tiempo en función del desplazamiento temporal (lag) de una respecto a la otra, se realizaron correlaciones cruzadas con retardo (CCF) (Venencia et al., 2025). Este análisis detecta si un una serie temporal de datos anticipa o retrasa respecto a otra, evaluando si la correlación observada entre dos series en cada lag es significativamente diferente de cero, bajo la hipótesis nula de ausencia de relación lineal entre las variables en ese retardo. A posteriori se realizó una prueba de significancia de la CCF para evaluar si la correlación observada en un lag es estadísticamente significativa (no debida al azar) mediante el paquete forecast versión 8.24.0 (Hyndman y Khandakar, 2008). Durante esta ventana temporal, se evaluaron las dinámicas temporales y las relaciones entre índices acústicos y espectrales mediante las CCF y los MAG, con el fin de caracterizar en forma integral la recuperación del paisaje sonoro y vegetal tras un incendio masivo en un sector del piedemonte del PNC y su área de amortiguamiento.

## Resultados

Se encontraron distintas relaciones entre los índices acústicos y los índices espectrales. El NDSI mostró correlaciones positivas y moderadas con todos los índices espectrales: NDVI ( $r = 0.399$ ), NDMI ( $r = 0.526$ ) y NBR ( $r = 0.515$ ), lo que sugiere una asociación coherente entre la diversidad acústica y la recuperación de la vegetación. En contraste, los índices acústicos Ht, ACI y BI presentaron correlaciones muy bajas, indicando una escasa vinculación con los cambios en la vegetación durante el período evaluado.

Los MAG evidenciaron tendencias temporales positivas y significativas ( $p < 0.001$ ) en los índices espectrales, con una variación explicada superior al 78% para todos ellos: NDVI (81.1%), NDMI (85.9%) y NBR (87.7%), lo que confirma una recuperación vegetal clara y progresiva durante periodo evaluado. De todos los índices acústicos calculados, solo el NDSI mostró una tendencia temporal positiva y significativa ( $p < 0.05$ ,  $R^2 = 0.577$ ), indicando un incremento gradual en la biofonía. En contraste, los índices Ht, ACI y BI no mostraron tendencias significativas ni diferencias entre tipos de sitio, lo que sugiere que no se evidencia relación ni diferencias acústicas entre los sitios grabados y la dinámica de recuperación en este periodo calculado.

El análisis de correlación cruzada reveló que algunas respuestas acústicas se desfasan respecto a la recuperación vegetal. La correlación máxima más alta se observó entre NDVI y ACI ( $r = 0.485$ ) con un lag de +1, seguida por NDVI y Ht ( $r = 0.481$ , lag = -1). Esto indica que la complejidad acústica del paisaje sonoro revelada por el ACI aumenta después del rebrote vegetal, mientras que el índice de entropía temporal (Ht) podría anticipar ligeramente los cambios positivos en el NDVI. Bajo un umbral conservador de significancia ( $r > 0.476$ ,  $n = 20$ ), estas dos relaciones alcanzaron niveles significativos, sugiriendo una respuesta retrasada y parcialmente sincronizada de la comunidad acústica al restablecimiento del hábitat.

## Discusión y Conclusiones

Este estudio integra datos obtenidos de sensores acústicos y satelitales para evaluar el impacto y la recuperación post-incendio en un sector del piedemonte de un área natural protegida de las Yungas. Se pudo detectar que la vegetación mostró una recuperación robusta y significativa durante el período calculado, mediante altas desviaciones explicadas y tendencias positivas en los índices espectrales NDVI, NDMI y NBR. En cuanto a los índices acústicos, el NDSI demostró de manera consistente esta recuperación de la vegetación con el incremento de la biofonía, tanto en su correlación lineal con la recuperación de la vegetación como en su evolución temporal significativa. Este mismo fue validado recientemente como un indicador confiable para evaluar las tendencias temporales y espaciales luego de incendios en paisajes naturales de California, Estados Unidos (Quinn et al., 2024).

El ACI respondió con un ligero retraso al rebrote vegetal, mientras que el Ht podría anticipar cambios en la estructura del hábitat. El ACI tampoco resultó ser un buen predictor en los modelos calculados para otro estudio (Quinn et al., 2024). Otros índices como el BI no mostraron relaciones relevantes, lo que cuestiona su utilidad en este tipo de ecosistemas y escalas temporales. Sin embargo, el BI resultó ser eficiente para entender las dinámicas temporales post-incendio en ecosistemas desérticos de Norteamérica (Gas et al., 2018).

El NDSI emerge como un indicador sensible y confiable de recuperación, especialmente durante el período de

máxima actividad biológica. Se recomienda su uso en futuros programas de monitoreo integrado en ecosistemas tropicales y subtropicales afectados por perturbaciones. Nuestros resultados destacan que la combinación de herramientas analíticas de sensores remotos (MAP y satelitales) pueden ser útiles para evaluar impactos generados sobre los paisajes de las Yungas.

## Tablas y Figuras

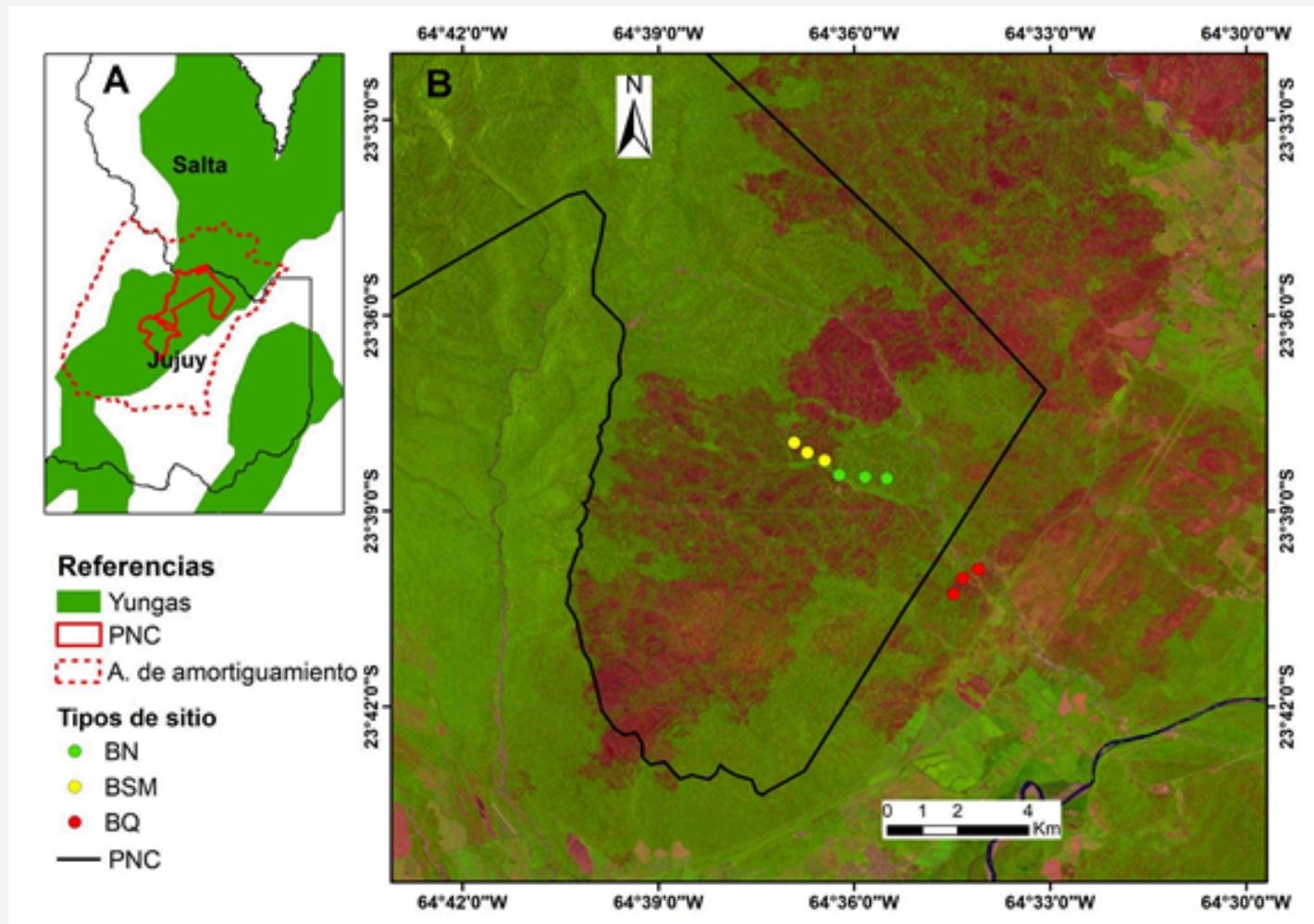


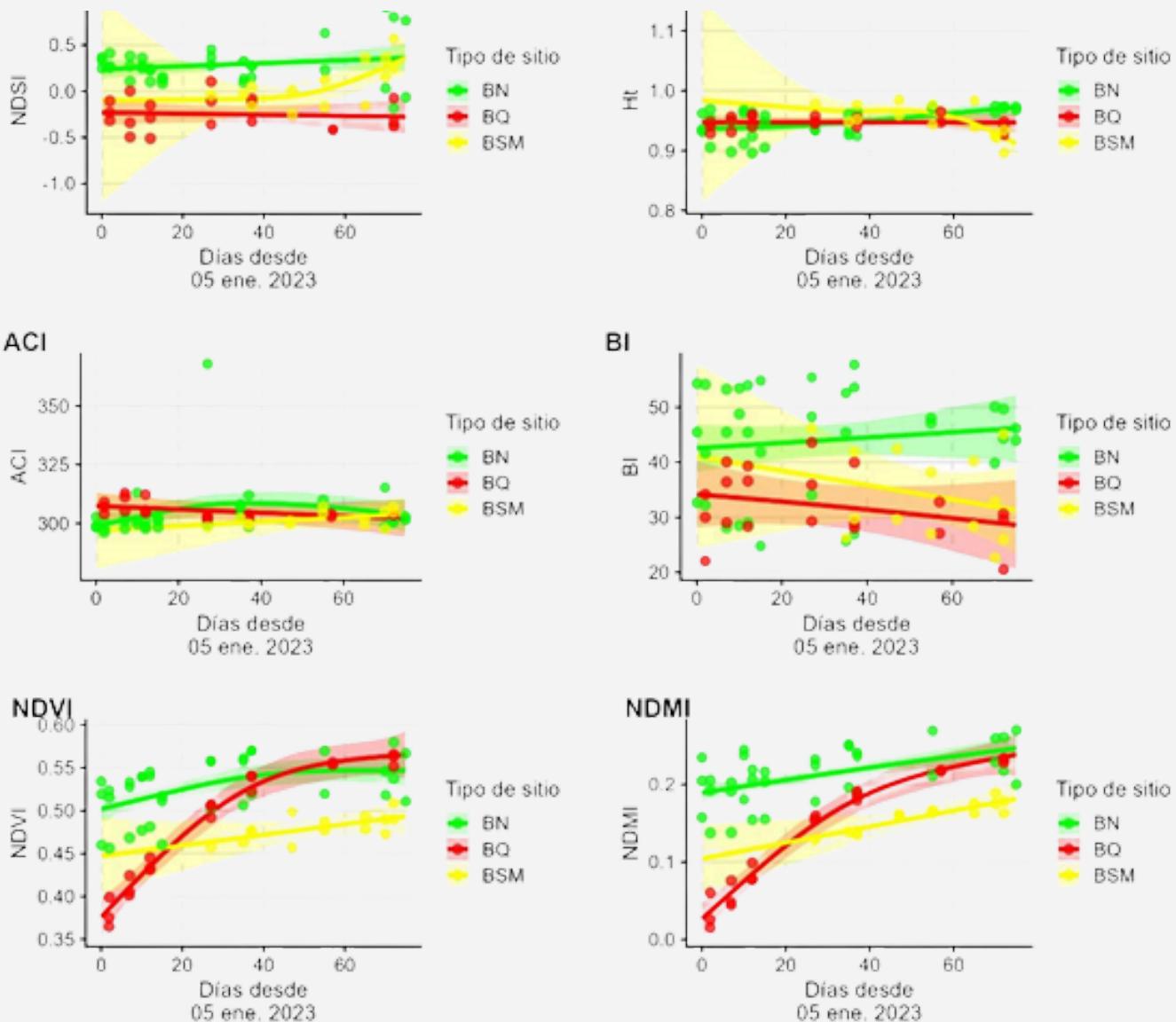
Figura 1. Área de estudio. A: ubicación general del PNC en el norte de Argentina. B: Zona este del PNC y área de amortiguamiento con sitios muestrales en las distintas categorías de bosques según grado de afectación por el incendio con imagen Sentinel 2 falso color (11,8,4) del día 07/01/2023.

	NDVI	NDMI	NBR
NDSI	0.399	0.526	0.515
Ht	-0.093	-0.025	-0.03
ACI	0.046	0.012	0
BI	0.045	0.14	0.128

Tabla 1. Correlación de Pearson de los índices espectrales con los índices acústicos calculados para los sitios de estudio.

Índice	R <sup>2</sup> ajustado	Variación explicada	AIC	p- valor
<b>NDSI</b>	<b>0.577</b>	<b>0.613</b>	<b>-15.75</b>	<b>&lt;0.05</b>
Ht	0.285	0.36	-348.46	<0.001
ACI	0.049	0.135	502.48	0.102
BI	0.274	0.328	501.14	0.374
<b>NDVI</b>	<b>0.789</b>	<b>0.811</b>	<b>-314.39</b>	<b>&lt;0.001</b>
<b>NDMI</b>	<b>0.844</b>	<b>0.859</b>	<b>-313.17</b>	<b>&lt;0.001</b>
<b>NBR</b>	<b>0.862</b>	<b>0.877</b>	<b>-286.1</b>	<b>&lt;0.001</b>

Tabla 2. Métricas de ajuste y significancia estadística de modelos GAM por índice. Los resultados significativos p- valor <0.05 se muestran resaltados.



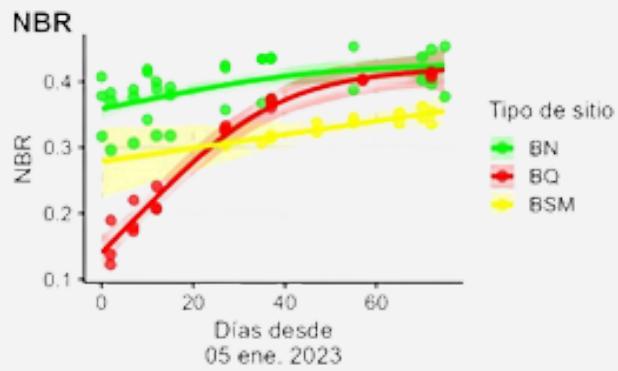


Figura 2. Serie temporal de índices acústicos y espectrales ajustados mediante modelos GAM, por tipo de sitio.

Índice Óptico	Índice Acústico	Retraso	Correlación	p-valor
NBR	ACI	1	0.378	0.12
NBR	BI	0	0.151	0.535
NBR	Ht	-1	0.376	0.121
NBR	NDSI	0	0.286	0.238
NDMI	ACI	-3	0.391	0.107
NDMI	BI	0	0.197	0.416
NDMI	Ht	-1	0.298	0.22
NDMI	NDSI	0	0.351	0.148
<b>NDVI</b>	<b>ACI</b>	<b>1</b>	<b>0.485</b>	<b>0.045</b>
NDVI	BI	5	0.109	0.653
<b>NDVI</b>	<b>Ht</b>	<b>-1</b>	<b>0.481</b>	<b>0.047</b>
NDVI	NDSI	-2	0.213	0.379

Tabla 3. Correlación cruzada (CCF) entre índices ópticos y acústicos: coeficientes, retraso temporal y significancia estadística

## Referencias

- Boullihsen, M. (2025). Evaluating the impact of intentional wildfires over anuran acoustic communities of the Yungas Andean forest using ecoacoustics tools.
- Bowman, D. M. J. S., Balch, J. K., Artaxo, P., Bond, W. J., Carlson, J., et al. 2009. Fire in the earth system. *Science* 324 (5926), 481–484.
- Carbone, L. M., Tavella, J. R., Naval Fernández, M. C., Bianchi, M. M., Rodriguez, J. M., Marcora, P. I., ... & Blackhall, M. (2021). Fuego en los ecosistemas argentinos.
- Darras, K. F., Rountree, R. A., Van Wilgenburg S. L., et al. 2025. Worldwide Soundscapes: a synthesis of passive acoustic monitoring across realms. *Global Ecology and Biogeography*, 34(5), e70021.
- Folharini, S., Vieira, A., Bento-Gonçalves, A., Silva, S., Marques, T., & Novais, J. (2023). Bibliometric analysis on wildfires and protected areas. *Sustainability*, 15(11), 8536.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment*, 202, 18-27.

Jayathilake, H. M., Prescott, G. W., Carrasco, L. R., Rao, M., & Symes, W. S. (2021). Drivers of deforestation and degradation for 28 tropical conservation landscapes. *Ambio*, 50(1), 215-228.

Kurbanov, E., Vorobev, O., Lezhnin, S., Sha, J., Wang, J., Li, X., ... & Wang, Y. (2022). Remote sensing of forest burnt area, burn severity, and post-fire recovery: A review. *Remote Sensing*, 14(19), 4714.

Ma, B., Zhang, Y., Hou, Y., & Wen, Y. (2020). Do protected areas matter? A systematic review of the social and ecological impacts of the establishment of protected areas. *International journal of environmental research and public health*, 17(19), 7259.

Morales, A. M., Politi, N., Rivera, L. O., Vivanco, C. G., & Defossé, G. E. (2020). Fire and distance from unburned forest influence bird assemblages in Southern Andean Yungas of Northwest Argentina: a case study. *Fire Ecology*, 16(1), 15.

Pérez-Cabello, F., Montorio, R., & Alves, D. B. (2021). Remote sensing techniques to assess post-fire vegetation recovery. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 21, 100251.

Quinn, C. A., Burns, P., Jantz, P., Salas, L., Goetz, S. J., & Clark, M. L. 2024. Soundscape mapping: understanding regional spatial and temporal patterns of soundscapes incorporating remotely-sensed predictors and wildfire disturbance.

*Environmental Research: Ecology*, 3(2), 025002.

Reporte de Incendios. Servicio Nacional de Manejo del Fuego, Argentina. 2022. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/09/11\\_de\\_septiembre\\_reporte.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2022/09/11_de_septiembre_reporte.pdf)

Simon, M. F., & Dantas, V. L. 2025. Fire as an Evolutionary Driver in South America. En: Fidelis, A. & Pivello, V. R. (Eds). *Fire in the South American Ecosystems* (pp. 9-38). Springer, Cham.

Spatharis, D., Tsaligopoulos, A., Matsinos, Y. G., Karmiris, I., Pleniou, M., Navarrete, E., & Astaras, C. (2024). Monitoring postfire biodiversity dynamics in Mediterranean pine forests using acoustic indices. *Environments*, 11(12), 277.

Sugai, L. S. M., Silva, T. S. F., Ribeiro Jr, J. W., & Llusia, D. 2019. Terrestrial passive acoustic monitoring: review and perspectives. *BioScience*, 69(1), 15-25.

Ulloa JS, Haupert S, Latorre JF, Aubin T, Sueur J (2021) Scikit-maad: an open- source and modular toolbox for quantitative soundscape analysis in Python. *Methods Ecol Evol* 12(12):2334-2340. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13711>.

Venencia, C. D., Agüero, J. L., Barboza, A. G. J. S., Pocoví, J. M. C., Insaurralde, C. O., & Seghezzo, L. (2025). Complex relationships between large-scale land acquisitions, deforestation, and land zoning policies in agricultural frontiers. *Land Use Policy*, 157, 107690.

Walia, K., Kumari, Y., Garima, & Mehta, A. (2025). Ecosystem Recovery and Resilience After Forest Fires. In *Forest Fire and Climate Change: Insights into Science* (pp. 119-145). Cham: Springer Nature Switzerland.

Watson, J. E., Dudley, N., Segan, D. B., & Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*, 515(7525), 67-73.

Hyndman RJ, Khandakar Y (2008). "Automatic time series forecasting: the forecast package for R." *Journal of Statistical Software*, 27(3), 1-22. doi:10.18637/jss.v027.i03

Woodley, S., Locke, H., Laffoley, D., MacKinnon, K., Sandwith, T., & Smart, J. (2019). A review of evidence for area-based conservation targets for the post- 2020 global biodiversity framework. *Parks*, 25(2), 31-46.

Wood, S.N. (2011) Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73(1):3-36

Wickham H, Averick M, Bryan J, Chang W, McGowan LD, François R, Grolemund G, Hayes A, Henry L, Hester J, Kuhn M, Pedersen TL, Miller E, Bache SM, Müller K, Ooms J, Robinson D, Seidel DP, Spinu V, Takahashi K, Vaughan D, Wilke C, Woo K, Yutani H (2019). "Welcome to the tidyverse." *Journal of Open Source Software*, \*4\*(43), 1686. doi:10.21105/joss.01686



▲ Incendio Forestal en Cerro Muñoz, Tafí del Valle, Tucumán. Fotografía Jessica Pachado

# La cartografía del riesgo de incendios: una herramienta clave para la gestión. El caso de la Comuna de Ranchillos y San Miguel, en Tucumán

Autores: Ramon Luis Imbert<sup>1</sup> y Leonela Valerie Villarubia<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dirección Provincial de Defensa Civil Tucumán

## Introducción

La comuna de Ranchillos y San Miguel, en la provincia de Tucumán, Argentina, se caracteriza por una compleja interfaz urbano-rural, donde áreas pobladas y la actividad productiva agrícola colindan con zonas de vegetación natural. El uso del suelo en la comuna está principalmente relacionado con la producción cañera. Mas del 95 % de la superficie de cultivos de la comuna responde a esta producción, mientras que la restante es de granos (trigo y maíz).

Este escenario presenta un elevado potencial para la ocurrencia de incendios, los cuales no solo afectan al ecosistema, sino que también representan una amenaza directa para la vida humana y la infraestructura. Los incendios en estas zonas de interfaz pueden derivar en serios problemas como cortes de servicios eléctricos, interrupción de rutas por la baja visibilidad y, en el peor de los casos, la pérdida de viviendas y la exposición al peligro de los equipos de emergencia.



Incendio Rural Fotografía Brig. Fta. Jesús Alanís

Para abordar esta problemática de manera efectiva, es crucial comprender los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo. La amenaza o peligro se refiere a la probabilidad de que un evento, como un incendio, ocurra en un lugar y momento determinados. La vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad de la población, los bienes y los servicios a sufrir daños si la amenaza se materializa. Finalmente, el riesgo es la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad, representando la probabilidad de que ocurran pérdidas o daños. La gestión de riesgos se basa en la identificación y el análisis de estos factores para implementar medidas de prevención y mitigación.

Este trabajo se propuso dos objetivos principales: primero, identificar las áreas más afectadas por los incendios recurrentes en la comuna de Ranchillos y San Miguel, y evaluar sus consecuencias. Segundo, diagnosticar el grado de vulnerabilidad de la población para delinear políticas de prevención y supresión de incendios por parte del gobierno local, incluyendo la implementación de un programa de educación y capacitación para reducir riesgos.

## Metodología

Para el desarrollo del mapa de riesgo de incendios, se siguió un enfoque metodológico sistemático que incluyó la recopilación y el análisis de datos. La construcción del mapa se basó en la fórmula Riesgo Final = Amenaza Total X Vulnerabilidad Total.

Se definieron ocho variables para cuantificar la amenaza (Tabla 1), considerando tanto factores ambientales como antrópicos. Las variables principales estuvieron relacionadas con la recurrencia de incendios y la presencia de cultivos agrícolas que actúan como combustible, factores que tienen un fuerte sesgo productivo y de origen humano. Se consideraron otras variables de menor incidencia, como la proximidad a las redes de energía

CAPA	CATEGORIA DE AMENAZA	valor de escala	ponderacion	ponderacion X Ci	% influencia
densidad fuegos	1	2	0,7	0,230851639	33
	2	4			
	3	5			
	4	7			
	5	9			
Arbolado y arbustos	1	7	0,7	0,146312626	21
Caña y Pastisal	1	8	0,7	0,13486886	19
Dist. Cursos Agua	0	9	0,7	0,056862188	8
	50	3			
	100	6			
Dist. Redes Energía	0	3	0,3	0,019662062	7
	500	9			
	750	6			
Accesiv/Dist. A Vias Comunic.	0	3	0,3	0,017099825	6
	100	9			
	200	6			
Dens. Población	0	3	0,3	0,012456609	4
	500	9			
	1000	6			
Dist. Centros Poblados	0	3	0,3	0,006969227	2
	1000	9			
	1500	6			

▲ Tabla 1. Variables relacionadas con las amenazas.

Para determinar la vulnerabilidad, se utilizaron 10 variables (Tabla 2) basadas en índices estadísticos sociales, ambientales y de infraestructura. Se hizo especial énfasis en indicadores censales como las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) y el Índice de Privación Material de los Hogares (IPMH), que permitieron una identificación detallada de las características sociodemográficas de las viviendas y sus habitantes.

La asignación de la importancia de cada variable de amenaza y vulnerabilidad se realizó mediante el Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), un método desarrollado por Saaty (1987) que permite la toma de decisiones al ponderar la relevancia de cada indicador en el cálculo general del riesgo.

Capa de Vulnerabilidad	Clasificación de vulnerabilidad	valor de escala	ponderacion	Ponderación X Ci	%influencia
suma de vulnerabilidades	bajo	3	0,1	0,022735716	23
	medio	5			
	alto	7			
	muy alto	9			
ipmh convergente	bajo	3	0,1	0,004241552	4
	medio	5			
	alto	7			
	muy alto	9			
CCSB Insuficiente	bajo	3	0,1	0,00574406	6
	medio	5			
	alto	7			
	muy alto	9			
Edad	bajo	3	0,3	0,05844028	18
	medio	5			
	alto	7			
	muy alto	9			
Desempleo	bajo	3	0,3	0,03666904	12
	medio	5			
	alto	7			
	muy alto	9			
Caña y Pastizal	muy alto	9	0,4	0,043196841	11
Arbolado y Arbustos	muy alto	9	0,4	0,034260273	9
Analfabetismo	bajo	3	0,3	0,010709715	4
	medio	5			
	alto	7			
	muy alto	9			
Equipamiento Social	bajo	3	0,05	0,004362229	9
	medio	5			
	alto	7			
	muy alto	9			
Materiales Peligrosos	150	9	0,15	0,005875385	4
	300	6			
	500	3			

▲ Tabla 2. Variables relacionadas con la vulnerabilidad

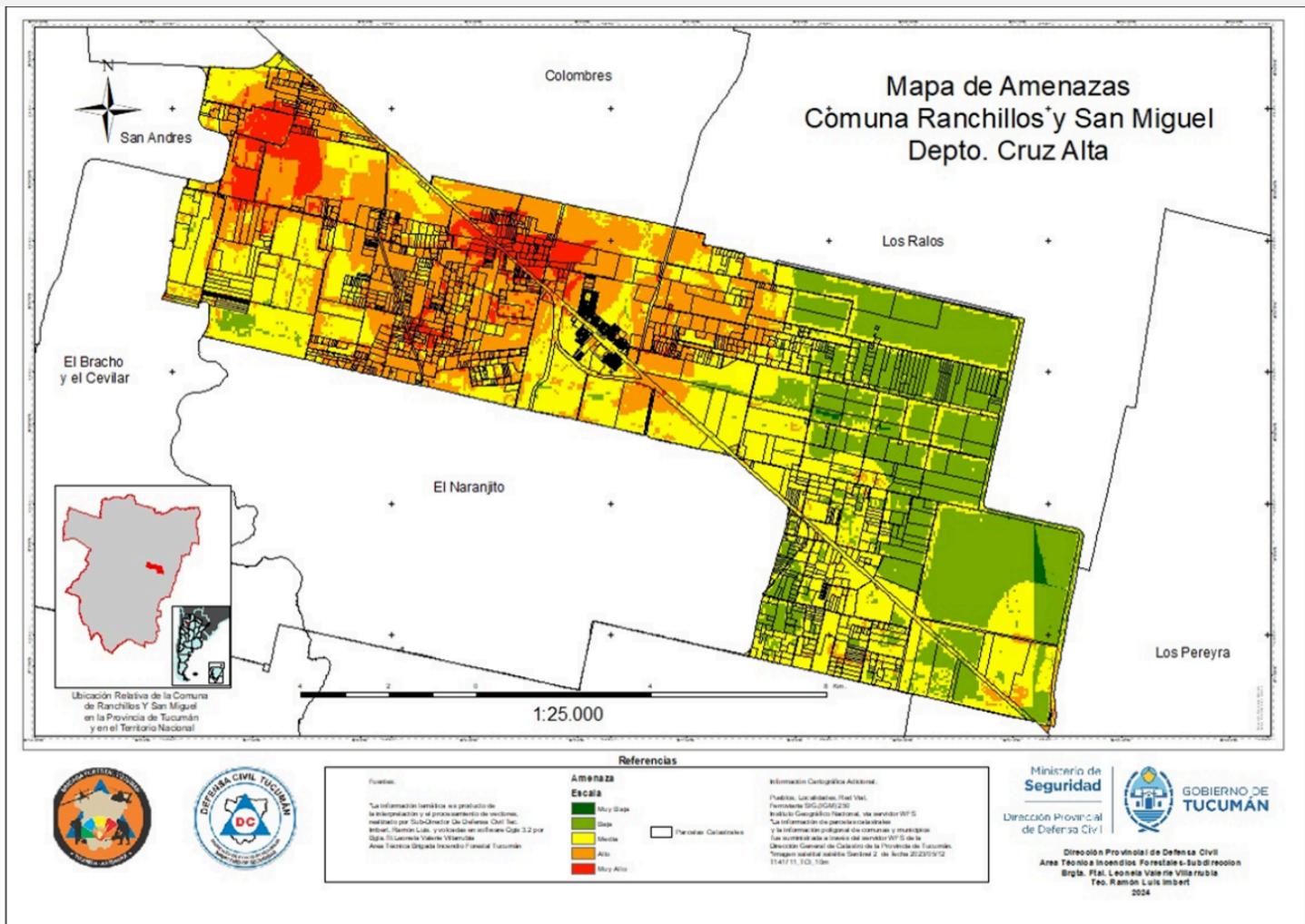
## Resultados y conclusiones

### Mapa de Amenaza

Como se puede observar en la Figura 1, se diferencian zonas con una marcada estacionalidad anual de quemas intencionales de caña de azúcar, en sectores donde el combustible está disponible luego de las heladas propias de la época invernal, en sectores noroeste y norte del mapa del ejido communal, principalmente en localidad de San Miguel en sectores de interface.

Los niveles medios se dan en sectores al sur y al este de la ciudad de Ranchillos mezclados con sectores de alta amenaza, donde confluyen zonas de interface cultivo, vegetación arbustiva pastizal y estructuras edilicias.

Finalmente se encuentran sectores de baja amenaza, cercanos a lugares con muy poca actividad humana lindantes con la comuna de los Ralos y los Pereyra



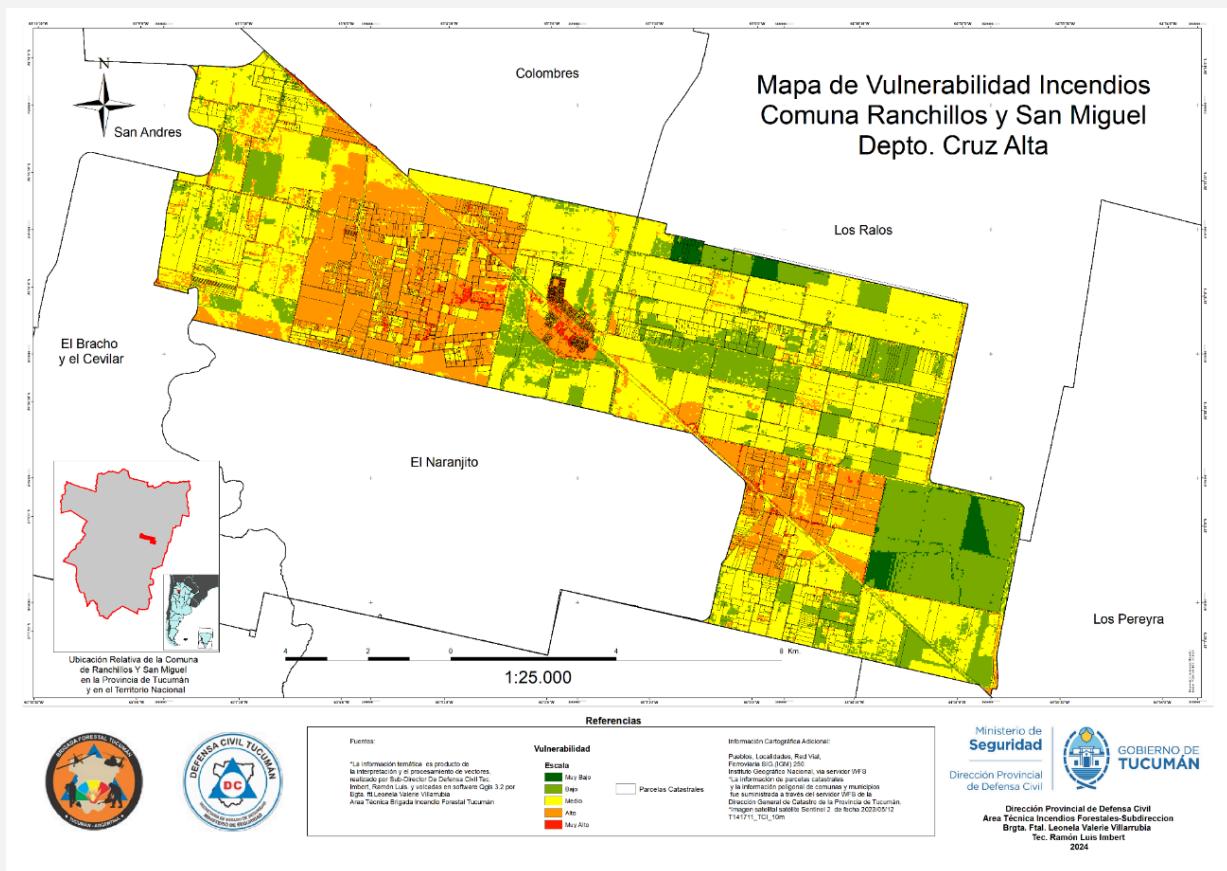
▲ Figura 1. Mapa de Amenazas de la Comuna de Ranchillos y San Miguel. Fuente de elaboración propia

## Mapa de Vulnerabilidades

El mapa de vulnerabilidades (Figura 2) nos muestra sectores con altos índices en sectores de interface con mayor exposición a actividades humanas, esto se relaciona con que los incendios, casi en su totalidad (99%), son de origen antrópico. Además, encontramos sectores dentro del ejido de la localidad de Ranchillos marcados por la presencia de materiales ignífugos, y en algunos casos con presencia de combustibles vegetal natural o cultivos.

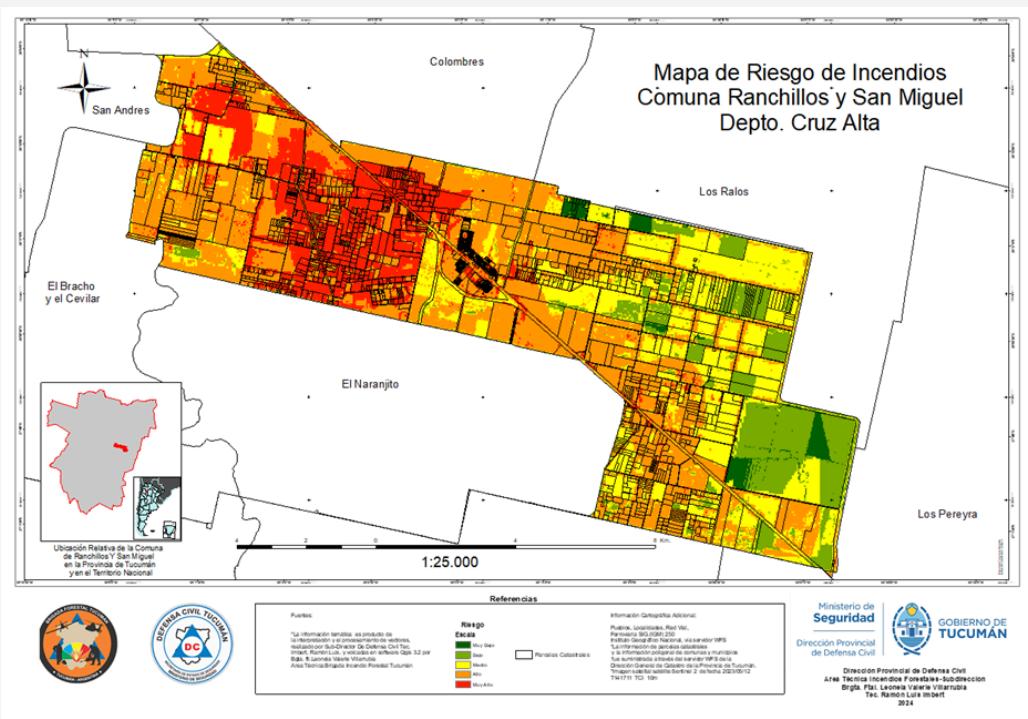
Los sectores de vulnerabilidad media corresponden aproximadamente al 50 % de la totalidad de la superficie comunal, en áreas más rurales alejadas, donde existe poca o escasa presencia de estructuras humanas. En el nivel bajo se encuentran sectores donde la presencia humana es mínima o se encuentran protegidas por la presencia de barreras de origen antrópico o naturales, como ser, canales, rutas, edificios o arroyos.





▲ Figura 2. Mapa de Vulnerabilidades de la Comuna de Ranchillos y San Miguel. Fuente de elaboración propia

Como análisis final, los resultados cartográficos (Figura 3) revelan que la comuna de Ranchillos y San Miguel presenta un elevado riesgo de incendios en gran parte de su territorio. Se determinó que el 25 % del área se encuentra en un nivel de "muy alto riesgo", mientras que un 45 % se clasifica como de "alto riesgo". Estos sectores de mayor riesgo coinciden con áreas donde se reportan accidentes vehiculares y pérdida de infraestructura (viviendas). Un 20 % de la comuna presenta un riesgo medio, y solo un 10 % un riesgo bajo, asociado a zonas con baja actividad humana y escasa infraestructura.



▲ Figura 3. Mapa de Riesgo de Incendios Forestales de la Comuna de Ranchillos y San Miguel. Fuente de elaboración propia

La elaboración de este mapa de riesgo de incendios forestales, proporciona una herramienta vital para la toma de decisiones en la gestión del riesgo de desastres. Al identificar las áreas más críticas, las autoridades locales pueden asignar de manera más eficiente los recursos, como así también la implementación de programas de educación y capacitación, y el desarrollo de políticas de prevención y supresión de incendios en los lugares más vulnerables.

Este estudio sirve como un punto de partida para la elaboración de un mapa de riesgo participativo, en el que la comunidad afectada pueda colaborar en la recolección de datos a una escala casi domiciliaria. Dicha participación no solo enriquece el diagnóstico, sino que también fortalece la resiliencia comunitaria y la capacidad de respuesta ante futuros eventos. ◀

## Bibliografía

- Argibay, D. S., Vignetta, C., Chaves, A., Piumetto, M., & Fuentes, L. (2022). Herramientas IDE aplicadas a mapas de riesgo local ante incendios forestales en el Corredor Sierras Chicas, Córdoba. En Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR).
- Colina, M. E. (2023). Acceso a la ciudad con perspectiva de género en Banda del Río Salí, Tucumán, Argentina. Revista Vivienda y Ciudad, 10. <https://orcid.org/0000-0003-0153-2722>
- Flores G., J. G., Benavides S., J. D., Casillas D., U. D., Hernández N., M. A., & Leal A., H. J. (2016). Manual para la elaboración de mapas de riesgo de incendios forestales. Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRPAC.
- INDEC. (2003a). Calidad de los materiales de la vivienda (CALMAT). Dirección Nacional de Estadísticas Sociales y de Población.
- INDEC. (2003b). El estudio de la pobreza con datos censales: Índice de Privación Material de los Hogares (IPMH). Dirección Nacional de Estadísticas Sociales y de Población.
- INDEC. (2014). Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) Información censal del año 2010 (Versión ampliada con datos departamentales). Dirección Nacional de Relaciones Económicas con las Provincias.
- INDEC. (2017). Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010 Censo del Bicentenario.
- Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR). (2023). Mapas de riesgo local e interfase para incendios forestales.
- PNUD & Ministerio de Seguridad de la Nación. (2017). Manual para la Elaboración de Mapas de Riesgo.
- Renda, E., Rozas Garay, M., Moscardini, O., & Torchia, P. N. (2022). Mapas de riesgo local para incendios forestales corredor Sierras Chicas y Jesús María. En Infraestructura de Datos Espaciales de Córdoba (IDECOR).)
- Renda, Emilio, [et al.] (2017). Manual para la elaboración de mapas de riesgo 1a ed ilustrada. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD; Ministerio de Seguridad de la Nación. 72 p. ; 30 x 21 cm.
- Saaty, R. W. (1987). The Analytic Hierarchy Process—What It Is And How It Is Used. Mathematical Modelling, 9(3-5), 161-176..



▲ Fotografía de Alejandro Pezzola

## IV Taller de incendios rurales y forestales

Alejandra Casella<sup>1</sup>; Alejandro Pezzola<sup>2</sup>; Cristina Winschel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Clima y Agua-CIRN-INTA Hurlingham. Estudio de riesgos y prevención ante eventos extremos

<sup>2</sup> Estación Experimental Agropecuaria - Hilario Ascasubi, Laboratorio de Teledetección y SIG

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ruta Nac. 3 sur km. 794 (8142) Hilario Ascasubi

"Institucionalización de la información", entendida como el proceso para establecer estructuras y procedimientos que aseguren la disponibilidad de información eficiente, precisa y confiable para la prevención, mitigación de incendios rurales y forestales.

Bajo esta premisa se realizó el "IV Taller de incendios rurales y forestales", con un enfoque particular en la prevención y mitigación de incendios rurales, cuyo propósito fue consolidar y socializar el conocimiento y las experiencias relativas a la gestión integral de incendios de vegetación en diversas escalas territoriales, y la creación de sistemas y políticas que permitan la recopilación, análisis y difusión de información relevante para la prevención.

La actividad fue organizada por el Laboratorio de Teledetección y SIG de la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Hilario Ascasubi del INTA, en colaboración con el Instituto de Clima y Agua de INTA Castelar y Defensa Civil de Villarino, dentro del marco del proyecto 2023- L02- PD I091 "Adaptación a la variabilidad y al cambio global: herramientas para la gestión de riesgos, la reducción de impactos y el aumento de la resiliencia de socioecosistemas" de INTA.

La conceptualización y desarrollo de este encuentro, así como los hallazgos y conclusiones que de él derivaron, están alineados con la necesidad de establecer marcos estructurados para la gestión del

conocimiento, un aspecto crítico en la prevención y mitigación de incendios rurales y forestales. Se enfatizó la necesidad creciente de una gestión de incendios más coordinada y basada en información robusta, en un escenario donde los eventos extremos son cada vez más frecuentes a causa del cambio climático. La metodología aplicada en este Taller se distinguió por su enfoque participativo y dinámico, buscando construir conocimiento de manera colectiva y promover procesos de transformación social.

Para lograr esto, se hace imperativo establecer estructuras y procesos para la gestión y organización de la información, así como definir roles y responsabilidades claros entre los actores involucrados.

Los objetivos planteados fueron:

1. Fomentar un entorno donde el conocimiento institucionalizado y la creatividad individual puedan coexistir armoniosamente.
2. Acceder y difundir la información generada por la comunidad científica, para que todos los involucrados tengan acceso a los últimos conocimientos en técnicas de gestión de incendios.
3. Poner a disposición de organismos de respuesta a emergencias (como bomberos) la información institucional sobre patrones meteorológicos, condiciones del material combustible e interpretación del comportamiento del fuego.

4. Promover la participación de las comunidades locales y asociaciones rurales en la gestión de la información, reconociendo su impacto directo y convirtiéndolos en participantes esenciales en los esfuerzos de prevención, adaptación y respuesta a incendios.
5. Trabajar colectivamente en la generación y comunicación de información para prevenir y mitigar los efectos indeseados del fuego.
6. Garantizar, que todos tengan acceso a los conocimientos y herramientas necesarios para proteger ecosistemas, comunidades y bienes de la amenaza de incendios forestales.

## Ventajas de la institucionalización de la información:

- Garantiza la continuidad del conocimiento a través de las generaciones. Crea un puente entre el pasado, el presente y el futuro, permitiéndonos aprender de los triunfos y fracasos de quienes nos precedieron.
- Permite normalizar y verificar la información. A través de metodologías de investigación rigurosas y procesos de revisión por pares, contribuyen al avance del conocimiento promoviendo información precisa y creíble.
- Democratiza el acceso a la información. Esta inclusividad rompe barreras y capacita a las personas para formarse y perseguir sus objetivos.
- Promueve el crecimiento ordenado minimizando riesgos, y permite anticipar desafíos y oportunidades.

Las conclusiones del taller reiteraron el avance a nivel regional e interprovincial en la institucionalización para la gestión de incendios rurales, sirviendo las experiencias presentadas como catalizadores para nuevas propuestas y vinculaciones. Se enfatizó la necesidad de mostrar los riesgos y consecuencias de la desinformación, mejorar la comunicación interinstitucional mediante protocolos, canales oficiales y centralizar la información en un solo organismo. Un punto crítico fue la urgencia de crear mecanismos que consoliden las estructuras ante los frecuentes cambios de autoridades, como la firma de convenios. La organización de toda la información disponible (topografía, meteorología, catastros, infraestructura) en formato digital y con fácil acceso para todos los actores, públicos y privados, fue un

## Estructura del evento:

- 1.Experiencias institucionales: Los representantes de diversas entidades compartieron sus vivencias y logros en la institucionalización local y provincial de la gestión de incendios: la creación del Consejo de Coordinación Interministerial del Manejo del Fuego, perspectivas climáticas, metodologías de gestión de riesgo, sistemas de alerta temprana, y legislación y acciones municipales.
- 2.Actividad en exterior: Demostración de equipos y herramientas para el combate de incendios, generando un intercambio de saberes prácticos y experiencias en un entorno real.
- 3.Taller de debate: Los 97 participantes provenientes de diferentes instituciones y organismos públicos nacionales, provinciales y locales (Bomberos Voluntarios, Defensa Civil, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, productores rurales, universidades, entre otros) se dividieron en seis grupos de trabajo guiados por moderadores. Cada grupo abordó las siguientes consignas: cómo fomentar la cultura de la institucionalización; qué obstáculos superar; cómo lograr una colaboración efectiva y qué acciones concretas implementar para promover esta cultura en la comunidad.
- 4.Plenaria y puesta en común de resultados

acuerdo fundamental. La autocracia, el autoritarismo y los egos fueron reconocidos como obstáculos intrínsecos que deben superarse para comprender la gestión integral. Finalmente, las acciones más relevantes propuestas incluyen la capacitación intra e interinstitucional, la comunicación social a través de todos los recursos tecnológicos disponibles (Apps, redes, Spots), el aumento del diálogo y la promoción de encuentros interjurisdiccionales, y el compromiso de la gestión política y el sector privado.

El taller articuló un espacio de reflexión y debate y sentó las bases para la socialización de la información institucional y el uso estratégico de herramientas disponibles para la prevención. La constante mención de "Información", "comunicación" y "Falta" en las nubes de palabras generadas a partir de las discusiones grupales su-

-braya la centralidad de estos conceptos y los desafíos pendientes. Las propuestas de "capacitaciones" y "difusión" como acciones concretas hacia la comunidad reafirman la vital importancia de la educación y el alcance masivo para fomentar una cultura de prevención sólida y eficaz.

En resumen, la institucionalización de la información es fundamental para la prevención y mitigación de incendios rurales, ya que implica crear una estructura organizativa que valore y gestione adecuadamente la información, reconociéndola como un recurso estratégico. Se concibe como un proceso vivo de construcción colectiva y adaptación continua, esencial para fortalecer la resiliencia territorial frente a la amenaza de los incendios. ◀



▲◀▼ IV Taller de incendios rurales y forestales. Fotografía de Alejandro Pezzola





▲ Ganadores del concurso de la provincia de Salta. Fotografía de Griselda Gerbi

## Un llamado a la acción: IV Concurso “Prevenir incendios es salvar vidas” 2025

*Autora Griselda Gerbi, Regional NOA – SNMF*

La Mesa de Prevención de Incendios Forestales y Manejo del Fuego del NOA dio a conocer los resultados de su IV Concurso anual, “Prevenir incendios es salvar vidas”. Este evento, dirigido a estudiantes de nivel primario y secundario de Jujuy, Salta, Tucumán y Catamarca, busca concientizar sobre la problemática de los incendios forestales y promover la conciencia ambiental y participación ciudadana de niños y jóvenes.

### Objetivos y categorías del concurso

El concurso fue diseñado para que los jóvenes se conviertan en promotores ambientales y lleven el mensaje de la prevención a sus comunidades. Se busca motivar una acción proactiva a través de la creatividad y la expresión artística. Los alumnos participaron en dos categorías:

- Arte Plástico: Los estudiantes crearon cuadros artísticos, valorando el uso de materiales reciclados.

- Textos Narrativos: Se presentaron cuentos, leyendas, mitos o crónicas en formato PDF.



▲ Ganadores del concurso de la provincia de Tucumán

Los trabajos, de carácter grupal, debían abordar la prevención de incendios forestales y la conservación de la biodiversidad, siendo originales e inéditos. En esta cuarta edición la participación fue un éxito, con un total de 159 grados/cursos que presentaron sus proyectos.

## Objetivos y categorías del concurso

La selección de los ganadores se realizó a través de un jurado de expertos representantes de las instituciones que forman parte de la Mesa, de las cinco jurisdicciones. Se otorgaron premios en cada provincia para los tres primeros lugares de cada categoría. A continuación, se destacan los primeros puestos de cada provincia.

### Jujuy

- Texto Narrativo: Bachillerato Provincial N° 6 “Islas Malvinas”, 1° año.
- Arte Plástico: Complejo Educativo “José Hernández”, 7° B.

### Salta

- Texto Narrativo: Escuela N° 4009, 9 de julio de 1816, 5° grado.

- Arte Plástico: Escuela N° 5092 Polivalente de Arte, 1° año.

### Catamarca

- Texto Narrativo: Escuela N° 179 de Chumbicha, 5° grado.
- Arte Plástico: Colegio Privado San Agustín, 5° año.

### Tucumán

- Texto Narrativo: Escuela secundaria Taco Palta, ciclo orientado.
- Arte Plástico: Escuela N° 247 Dr. Pantaleón Fernández, 4° grado, y Escuela N° 253 Estado de Israel, 2° grado.

Este concurso no solo premió la creatividad, sino que también destacó el compromiso de docentes y alumnos con la prevención de los incendios forestales, un tema de vital importancia para la región del NOA. La participación demuestra que, a través de la educación y la sensibilización, se puede construir una sociedad más consciente y preparada para enfrentar este desafío ambiental.



▲ Ganadores de la provincia de Jujuy por tercer año consecutivo.

## Testimonio de participación:

*"El IV Concurso 2025: Prevenir Incendios Es Salvar Vidas no fue un proyecto más. Comenzó con una simple pregunta en el aula: ¿Por qué se incendian los bosques?. Lo que parecía un tema ambiental, terminó convirtiéndose en una experiencia transformadora, tanto para los chicos como para mí. Los primeros días fueron de exploración, de tantear qué sabían, qué imaginaban, qué los preocupaba. Me sorprendió lo poco que conocían sobre incendios forestales y, a la vez, lo mucho que querían saber. Era como si una ventana se hubiera abierto, y desde allí, todos mirábamos con nuevas preguntas.*

*Fuimos tejiendo un recorrido que no solo integró materias, sino que conectó emociones, ideas y acciones. En ciencias, nos convertimos en "detectives del fuego", buscando causas, clasificando consecuencias, y leyendo con otros ojos. Las conversaciones que surgían eran profundas y sinceras, llenas de esa lógica infantil que a veces resulta más clara que cualquier teoría.*

*Uno de los momentos más significativos fue cuando hicimos la simulación del bosque seco y el húmedo. Aunque usamos materiales seguros, la sensación fue fuerte. Los chicos miraban cómo el fuego (representado con tiras de papel y viento) avanzaba y entendían, sin que yo tuviera que decir demasiado. Ahí no hubo necesidad de explicar por qué la prevención es clave: LO HABIAN VIVIDO.*

*La campaña de concientización fue una especie de puente entre el aula y la comuni-*

*-dad. Crearon afiches, hablaron con otros grados, hicieron encuestas a compañeros, a docentes y directivos. Asumieron el rol de portavoces de un problema real, y lo hicieron con respeto y convicción. El juego de roles cerró ese camino: fueron guardaparques, bomberos, periodistas. En cada escena, vi cómo ponían en práctica lo aprendido, cómo actuaban desde el conocimiento y no solo desde el juego.*

*A lo largo del proceso, hubo momentos un poquito complicados, sí. No todo fue perfecto ni lineal. Hubo cansancio, dispersión, dudas. Pero también hubo entusiasmo, preguntas que desbordaban la planificación, ganas de seguir más allá de la consigna. Y eso, para mí, tiene un valor incalculable.*

*Como docente, este proyecto me recordó por qué el aula es un espacio tan poderoso. No enseñamos solo contenidos: sembramos miradas, despertamos inquietudes, acompañamos la formación de ciudadanos que pueden pensar y actuar con sentido.*

*Nuestra Feria de Ciencias, titulada: INCENDIOS FORESTALES: UN DESAFIO PARA NUESTRA COMUNIDAD, será solo una instancia más, una celebración del camino recorrido. Pero lo esencial ya había sucedido en el aula: los niños entendieron que cuidar el ambiente no es una tarea de otros, sino un compromiso propio.*

*Yo, una vez más, aprendí con ellos."*

*-Celeste Soledad Orellana, Maestra de Cuarto Grado de la Escuela N 247 Dr Pantaleon Fernandez,*



▲ Maqueta ganadora



▲ Uso de simuladores. Fuente: Instituto de Artes Audiovisuales de Jujuy (IAAJ)

## XR Brigadistas: Innovación y Realidad Extendida en la Capacitación Forestal

Autora: Leonela Sotelos, Base Yuto

Dirección Provincial de Incendios de Vegetación y Emergencias Ambientales de Jujuy

### Introducción

Los incendios forestales representan una amenaza creciente para los ecosistemas y las comunidades a nivel mundial, exacerbada por el cambio climático. La formación de quienes enfrentan estas emergencias, a menudo expuestos a riesgos significativos, es un desafío constante. En respuesta a esta problemática, el proyecto "Praxis XR" ha surgido como una solución tecnológica avanzada, aprovechando la Realidad Extendida (XR) para crear un entorno de aprendizaje seguro y replicable. Su origen fue en Jujuy, Argentina, y fue ganador junto a "Conexión Pachamama", de la tercera edición del Laboratorio de Tecnologías XR, del Instituto de Artes Audiovisuales de Jujuy (IAAJ), junto a la empresa Virtuality y con la colaboración de la Dirección Provincial de Servicios Basados en el Conocimiento del Ministerio de Desarrollo Económico y Producción.

El proyecto fue destacado por su enfoque en la innovación con impacto social y ambiental, y cuenta con la participación en el grupo de trabajo de Leonela Sotelos, combatiente de incendios forestales, programadora web y gestora de la idea inicial, quien junto a un equipo interdisciplinario llevó adelante esta propuesta innovadora.

Ambos equipos representarán a Jujuy en Virtuality Buenos Aires en noviembre de este año.

### ¿Qué es la Realidad Extendida (XR)?

La Realidad Extendida (XR) es el término que engloba tres tecnologías clave: la Realidad Virtual (VR), que permite la inmersión total en un entorno digital; la Realidad Aumentada (AR), que superpone elementos

digitales en el mundo real; y la Realidad Mixta (MR), que combina ambas, integrando lo físico y lo virtual. Gracias a estas herramientas, Praxis XR presentó dos herramientas que integran el proyecto: XR Brigadistas el cual ofrece experiencias inmersivas seguras, repetibles y altamente realistas, en las que los brigadistas pueden entrenar, simulando escenarios reales, sin exponerse a los riesgos que esto conlleva. Y, por otro lado, Vital XR, una plataforma para capacitar a profesionales y estudiantes de salud en primeros auxilios mediante prácticas seguras y realistas.

## Origen de XR Brigadistas

La idea de XR Brigadistas nació a partir de la experiencia directa de Leonela en la primera línea de combate contra incendios forestales. El contacto con el fuego, el cansancio extremo y la necesidad de tomar decisiones rápidas en contextos críticos, fueron el motor que impulsó la creación de un simulador inmersivo que reflejara esa realidad. Este enfoque, basado en vivencias reales, fue lo que convirtió al proyecto en un caso único dentro del ámbito tecnológico y ambiental.

XR Brigadistas fue posible gracias al trabajo colaborativo de un equipo multidisciplinario compuesto por el Tutor: Eduardo Labollita Integrantes: Leonela Sotelos, Jorge Albornoz, Guillermo Arostegui y Mayra Gutiérrez.

## Descripción del simulador XR Brigadistas

XR Brigadistas es un simulador de entrenamiento que utiliza tecnologías de realidad virtual, aumentada y mixta para recrear escenarios de incendios forestales en paisajes característicos de la región de Jujuy. Entre sus principales funcionalidades se encuentran:

- Combate contra incendios en ecosistemas nativos y zonas de interfaz urbano-rural.
- Procedimientos de evacuación de poblaciones humanas y fauna silvestre.
- Estrategias de contención, como cortafuegos y brechas de protección.
- Defensa de infraestructuras críticas y recursos comunitarios.

Un aspecto diferenciador del proyecto es la inclusión de un módulo de autocuidado del brigadista, que permite practicar la gestión de factores como hidratación, nutrición y descanso.

## Impacto y Proyecciones Futuras

El valor de XR Brigadistas se manifiesta en múltiples dimensiones:

- Capacitación profesional: entrenamiento seguro y eficiente sin exposición a riesgos reales.
- Concientización ciudadana: herramienta educativa en escuelas y comunidades para fomentar la prevención.
- Compromiso ambiental: recreación de paisajes locales que refuerzan el valor de la conservación.

La visión a futuro es que la plataforma trascienda las fronteras provinciales y se convierta en un modelo de formación a nivel nacional y regional. Asimismo, se proyecta su adaptación como videojuego educativo, capaz de sensibilizar a niños y adolescentes sobre la importancia de la prevención ambiental.

## Conclusión

XR Brigadistas no es solo un simulador. Es un puente entre la experiencia real y la tecnología, una herramienta que convierte el aprendizaje en prevención, y la innovación en una aliada para salvar vidas y proteger la naturaleza. Un proyecto nacido en Jujuy, con raíces en la experiencia local, que demuestra cómo la innovación puede tener impacto global. ◀



▲ Autores del proyecto. Fuente: Instituto de Artes Audiovisuales de Jujuy (IAAJ)

#### La experiencia en primera persona

“Cada incendio que enfrenté me dejó una huella. El agotamiento físico, la tensión emocional y la responsabilidad de proteger vidas me motivaron a transformar esa experiencia en una herramienta innovadora. Para mí, XR Brigadistas es la unión de dos mundos: la lucha por proteger la naturaleza y la posibilidad de usar la tecnología como aliada para generar un cambio real. Si este proyecto logra que un brigadista esté mejor preparado o que un niño aprenda a prevenir un incendio, todo el esfuerzo habrá valido la pena.” Leonela Sotelos



▲ Brigadistas en una quema controlada. Fotografía de APN

## Guardianes del fuego: la tarea silenciosa de proteger nuestros ambientes naturales

Sebastián Hernández – Dirección de Lucha Contra Incendios Forestales  
Administración de Parques Nacionales

La Administración de Parques Nacionales (APN) tiene como misión conservar la biodiversidad, los paisajes y el patrimonio cultural de la Argentina, garantizando el acceso equitativo y responsable de las generaciones presentes y futuras. Con una visión orientada al cuidado integral del ambiente y al fortalecimiento del vínculo entre las comunidades y las áreas protegidas, la APN administra actualmente más de 52 Áreas protegidas terrestres, que en conjunto resguardan una superficie aproximada de 5,4 millones de hectáreas de ecosistemas de alto valor ambiental. Estos territorios enfrentan crecientes desafíos derivados del cambio climático, el avance de la frontera agropecuaria, la presión urbana en áreas de interfaz y el aumento de incendios forestales de origen natural y antrópico. Frente a este panorama, el fortalecimiento institucional y la inversión en prevención, capacitación y tecnología constituyen pilares estratégicos para garantizar la resiliencia de las áreas protegidas en los próximos años.

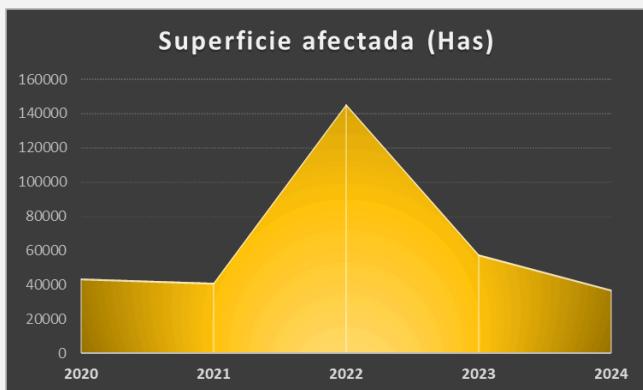
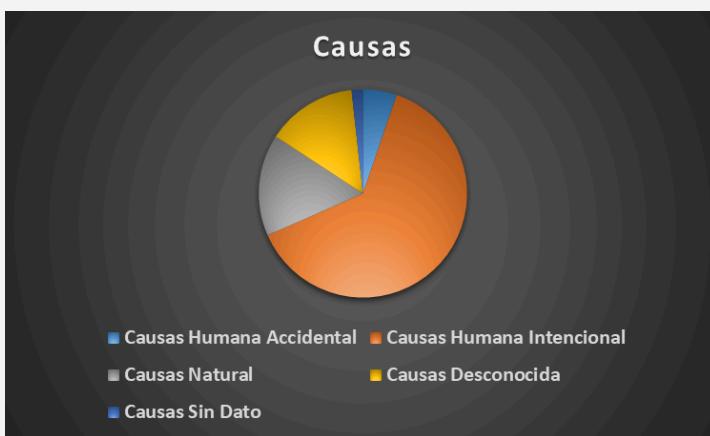
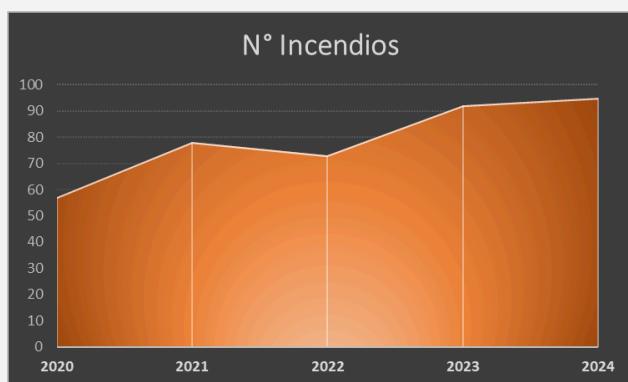
La Dirección de Lucha contra Incendios Forestales y

Emergencias (DLIFyE), dependiente de la Administración de Parques Nacionales, cuya función se centra en la capacitación, prevención, detección y combate de incendios forestales y la gestión de la emergencia en las áreas protegidas de la Argentina, cuenta con equipos técnicos (NOA, NEA, CENTRO y PATAGONIA) distribuidos en todo el país, coordina las brigadas, recursos técnicos, redacción de planes de manejo, planes de riesgo, accesibilidad a las comunicaciones y procesos de capacitación que permiten dar respuesta a una problemática creciente, como es la de los incendios forestales, al ser una de las principales amenazas a la biodiversidad y la seguridad de las comunidades circundantes.

Entre 2019 y 2024, la DLIFyE registró 461 incendios forestales en jurisdicción de la APN, que afectaron más de 359.000 hectáreas. La región NEA concentró cerca del 50% de los eventos y más del 70% de la superficie dañada, confirmando su carácter de zona crítica por la extensión de los pastizales, las condiciones climáticas y la presión antrópica.

Año	Nº Incendios	Superficie afectada (Has)	Personal intervintante (APN)	Personal interviniente (otras instituciones )
<b>2020</b>	57	43719	534	314
<b>2021</b>	78	41212	505	349
<b>2022</b>	73	145400	533	558
<b>2023</b>	92	57582	590	240
<b>2024</b>	95	37162	679	616
<b>Total</b>	<b>395</b>	<b>325076</b>	<b>2841</b>	<b>2077</b>

Causas				
Humana Accidental	Humana Intencional	Natural	Desconocida	Sin Dato
3	36	9	8	1
4	40	5	28	1
15	29	2	26	1
24	5	5	58	0
5	49	9	32	0
<b>51</b>	<b>159</b>	<b>30</b>	<b>152</b>	<b>3</b>



El origen de los incendios responde mayoritariamente a causas antrópicas (intencionales o accidentales), con un peso cercano al 60% en los registros oficiales. Solo una fracción menor está vinculada a descargas eléctricas o fenómenos naturales, lo que subraya la importancia de la prevención comunitaria y la educación ambiental como herramientas claves para reducir riesgos.

## Estrategia, recursos y costos

La lucha contra incendios forestales exige una planificación integral. Cada operativo moviliza brigadistas, vehículos, equipos de extinción, logística y tecnología. Entre 2022 y 2024, la inversión en recursos y operativos superó los cientos de millones de pesos, reflejando la magnitud del esfuerzo que demanda la protección de los bosques nativos y humedales.

Como fortaleza se destaca que en todo el territorio continental protegido, la APN actualmente cuenta con 396 Combatientes de Incendios Forestales, distribuidos en su mayoría en las APs con mayor ocurrencia de incendios. Éstos conforman brigadas de ataque inicial rápido con vasta experiencia de conocimiento y trabajo en territorio, fundamentales para la detección y control temprano de los incendios. Personal de las brigadas en conjunto con los departamentos de conservación de las APs conforman equipos técnicos encargados del

monitoreo del grado de peligro de incendios y la detección temprana.

La DLIFyE trabaja en estrecha coordinación con las provincias, municipios, fuerzas de seguridad y organismos de ciencia y tecnología, como la CONAE, que aporta información satelital para la detección de focos ígneos y la correlación con descargas eléctricas, proyectos de investigación con CONICET, articulación de recursos y medios con el SNMF, entre otros organismos. Este entramado interinstitucional resulta clave para ampliar las capacidades de respuesta y sostener el monitoreo en tiempo real.

## Planes de Manejo del Fuego: avances y desafíos

La planificación preventiva es un componente esencial en la gestión del fuego dentro de las áreas protegidas. Desde la Administración de Parques Nacionales se ha planteado como estrategia, la elaboración de planes integrales de manejo del fuego, que apuntan a manejar el fuego desde el análisis y evaluación de su rol ecológico en los diferentes ecosistemas que conforman cada área protegida; incorporando además el análisis de la cultura del fuego (necesidades socioeconómicas, impactos y conflictos) del entorno de las APs y el manejo de fuego en si (prevención, extinción y uso).

Al mes de agosto de 2025, de un total de 43 Áreas Protegidas con algún riesgo de incendios, se lograron elaborar y aprobar un total de 30 Planes de Manejo del Fuego (PMF), priorizando áreas con riesgo alto. De las 13 áreas restantes, cuatro ya se encuentran en estado avanzado de elaboración, otras cinco ya iniciaron el proceso de elaboración; mientras que en la restantes está previsto iniciar el proceso en los próximos meses, dado que se trata de áreas de creación reciente o con bajo riesgo de incendios.



## Estrategia, recursos y costos

En paralelo al combate de incendios, asistencia ante emergencias y gestión del riesgo, la capacitación del personal ha crecido de manera sostenida. Solo en 2024, más de 417 brigadistas y agentes realizaron el curso introductorio al Sistema de Comando de Incidentes (SCI), logrando un 41% de incremento respecto de 2023. En total, 810 personas obtuvieron certificación oficial del INAP, fortaleciendo la jerarquización y profesionalización del equipo humano de la APN.

La modalidad virtual, con un 73% de participación, permitió llegar a distintas regiones del país, mientras que instancias presenciales en el Centro de Formación y Capacitación de Embalse, en la sede de Bariloche y en los centros operativos de diversos PN complementaron las capacitaciones. Dictándose capacitaciones de distintas índoles

como ser coordinador de quemas prescriptas, técnicas de ignición, gestión de materiales peligrosos, preservación de la escena ante incendios forestales, SCI, L180, L280, comunicaciones, WAFA, WFR, manejo defensivo de vehículos de emergencia, curso inicial para combatiente de incendios forestales entre otros.

Para 2025, se prevé una expansión del plan de capacitación con más de 480 agentes formados, incorporando modalidades semipresenciales y una mejor distribución temporal de los cursos.



▲ Brigadistas en capacitación



▲ Brigadistas inspeccionando el terreno quemado

## Acciones con la comunidad

Más allá de las tareas operativas, un eje central de los equipos de los Parques Nacionales es el trabajo directo con las comunidades que habitan en áreas de influencia o de interfaz urbano-forestal. A través de talleres, charlas escolares, simulacros de evacuación y planes de autoprotección barrial, se promueve una cultura de prevención que permite reducir significativamente las causas antrópicas de incendios. Estas acciones se complementan con la señalización y ordenamiento de zonas de uso público, la capacitación de vecinos en el manejo seguro del fuego y la articulación con municipios, bomberos voluntarios y organizaciones locales. La construcción de este vínculo social fortalece la capacidad de respuesta comunitaria, genera

conciencia ambiental compartida y asegura que la preservación de los ecosistemas protegidos sea una responsabilidad asumida de manera conjunta por el Estado y la sociedad.



▲ Taller de concientización en niños

## Mirando hacia adelante

Los incendios forestales no son solo un fenómeno ambiental: representan también una amenaza directa para las comunidades, las economías regionales y el patrimonio natural del país. La Administración de Parques Nacionales reafirma su compromiso de invertir en recursos, capacitación y cooperación interinstitucional, convencida de que la prevención y la educación son tan importantes como la respuesta operativa en el terreno.

El desafío de los próximos años será sostener una red de brigadas capacitadas, con tecnología de vanguardia y un enfoque de gestión integral del fuego, que permita proteger los ecosistemas, garantizar la seguridad de las personas y dejar un legado ambiental resiliente para las futuras generaciones.

# Las Quemas Prescriptas y su Papel en la Gestión de Ecosistemas



▲ Participantes del curso de Jefe de Quema. Fotografía de Griselda Gerbi

Autora: Alejandra Pérez, Dirección Provincial de Incendios Forestales y Emergencias Ambientales de Jujuy

El primer curso de Jefes de Quema, organizado por el Servicio Nacional de Manejo del Fuego (SNMF), destacó el valor de las quemas prescriptas como una herramienta fundamental tanto para la gestión del fuego como para la conservación de los ecosistemas. La capacitación se desarrolló del 21 al 25 de julio en El Brete, Jujuy, y contó con la participación de combatientes de la Dirección Provincial de Incendios de Vegetación y Emergencias Ambientales de Jujuy, brigadistas de Tucumán y agentes de la Regional NOA del SNMF.

## Una herramienta de prevención y conservación

Aunque a menudo se las relaciona con la destrucción, las quemas prescriptas, se realizan de manera planificada y bajo criterios científicos, por lo cual cumplen un rol clave en la salud de ciertos ecosistemas. Favorecen la regeneración de especies vegetales, benefician a la fauna y reducen el riesgo de incendios de gran magnitud.

En especial, resultan estratégicas en las zonas de interfaz, donde conviven áreas silvestres y espacios habitados, representando una importante herramienta de gestión.

-enta de gestión. Su aplicación, sin embargo debe ajustarse estrictamente a los protocolos y normativas vigentes de cada jurisdicción, garantizando que se lleven adelante de forma segura y con objetivos claros de conservación y prevención.

## Formación integral para futuros jefes de quema

Durante una semana, el curso ofreció a los participantes una formación completa e intensiva, combinando teoría y práctica para planificar, ejecutar y evaluar quemas prescriptas de manera responsable.

Los principales ejes abordados fueron:

- Marco normativo: análisis de la Ley Nacional de Manejo del Fuego N° 26.815, la Ley Nacional de Quemas N° 26.562, la Ley Provincial de Jujuy N° 6374 y las normativas del resto de las provincias del NOA, que establecen los requisitos legales y los procedimientos a seguir.
- Fundamentos del fuego: el rol del fuego en los ecosistemas, los factores que condicionan su comportamiento y sus efectos sobre el suelo, la vegetación y la fauna.

- Planificación y seguridad: organización de cuadrillas, protocolos de seguridad, técnicas de ignición, uso de cortafuegos, logística y sistemas de comunicación.
- Planes y protocolos: diseño, ejecución y evaluación de quemas, además de la elaboración de informes posteriores.

## De la teoría a la práctica

La capacitación no se limitó a las aulas. Los últimos días se destinaron a ejercicios prácticos de ignición y quemas controladas, que permitieron a los participantes aplicar los conocimientos adquiridos en un entorno real, supervisado y seguro.

Este tipo de instancias no solo fortalecen las capacidades técnicas de los brigadistas de la Regional, sino que también constituyen un aporte al Sistema Federal de Manejo del Fuego. A partir de estos espacios se fomenta la investigación sobre modelos de combustible en la región, con el trabajo conjunto de técnicos e investigadores que ya integran la Comisión de Investigación de la Mesa de Prevención de Incendios Forestales y Manejo del Fuego NOA.



▲ Participantes en el ejercicio práctico

## Conocimiento que fortalece comunidades

El aprendizaje generado a partir de estas experiencias permitirá mejorar la aplicación de las quemas prescriptas y potenciar la prevención de incendios en todo el país. De esta manera, se contribuye al cuidado de los ecosistemas y al fortalecimiento de las comunidades frente al fuego.



▲ Quema controlada



▲ Fotografía de Martin Velardez

# Manejo sustentable del fuego en el Chaco argentino: una nueva guía práctica para productores y comunidades rurales

Autores: Rubén D. Coria<sup>1</sup>, Domingo M. Molina-Terrén<sup>2</sup>, Pablo L. Peri<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INTA EEA Santiago del Estero, investigador

<sup>2</sup> Revista Incendios y Riesgos Naturales (RIyRN), Director

<sup>3</sup> INTA EEA Santa Cruz, Coordinador del Programa Nacional Forestal del INTA

En la región chaqueña argentina, el fuego es un fenómeno habitual que puede ser beneficioso o perjudicial dependiendo de cómo se gestione. Esta guía práctica proporciona conocimientos y habilidades específicas para realizar quemas prescriptas efectivas y prevenir y controlar incendios (Figura 1).

El fuego puede ser una herramienta valiosa para la producción agropecuaria y forestal si se utiliza de manera adecuada. Sin embargo, su uso inadecuado puede generar daños económicos, sociales y ambientales. Los incendios pueden tener consecuencias devastadoras para los ecosistemas naturales y la economía local.



▲ Ejemplo de quema prescripta

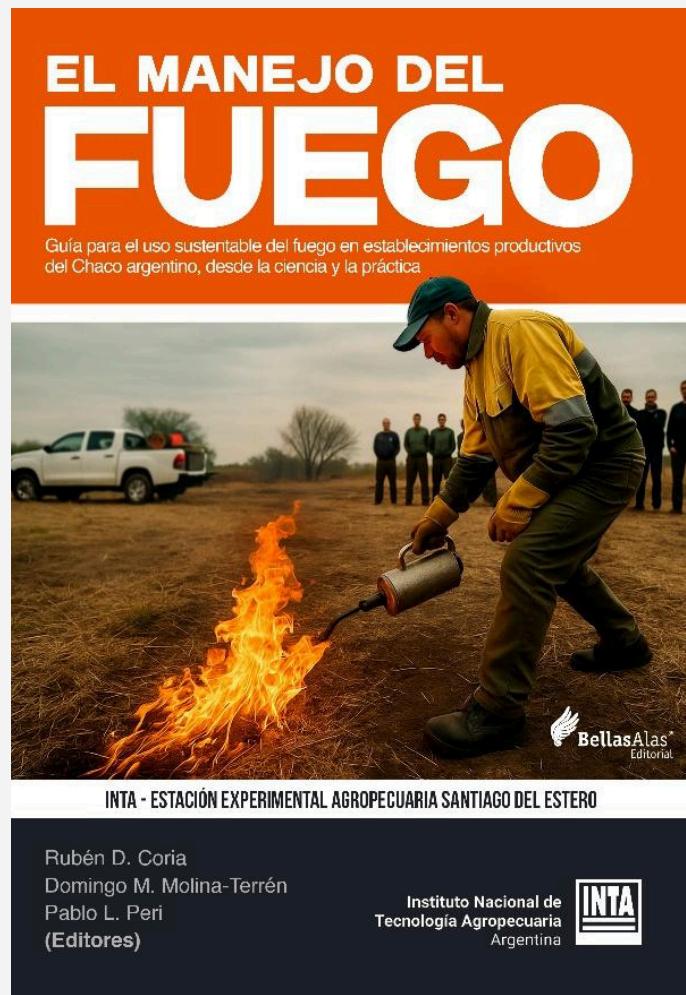
Esta obra ofrece una visión integral y práctica del manejo del fuego, abarcando desde la planificación y ejecución de quemadas prescriptas efectivas hasta la gestión de incendios en establecimientos productivos y comunidades rurales. Los temas tratados incluyen fundamentos teóricos, técnicas y estrategias para quemadas prescriptas, métodos para evaluar combustibles y gestión de incendios. La obra distingue claramente entre los usos adecuados y perjudiciales del fuego, promoviendo el cumplimiento de las normativas y regulaciones vigentes.

Los editores y autores incluyen a expertos reconocidos a nivel regional, nacional e internacional en el manejo del fuego, la gestión de incendios forestales y la silvicultura sustentable. Su amplia experiencia y conocimientos especializados han sido clave para desarrollar un material de alta calidad y relevancia para la región chaqueña argentina.

El Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) EEA Santiago del Estero es el autor institucional de la obra, que cuenta con el auspicio de la Revista Incendios y Riesgos Naturales (RlyRN, <https://revistarirn.org/>). Esta colaboración refleja el compromiso de las instituciones con la generación y difusión de conocimientos para mejorar el manejo del fuego en la región.

Puede acceder al libro "El Manejo del Fuego" en línea en:  
<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/24119>. Esta guía está dirigida a productores agropecuarios y forestales, comunidades rurales, servicios de extinción y organismos públicos vinculados al manejo del fuego.

La guía "El Manejo del Fuego" es una herramienta valiosa para tecnificar el manejo del fuego en la región chaqueña argentina. Al implementar las estrategias y técnicas descritas en la guía, se puede reducir el riesgo de incendios no deseados y mejorar la producción agropecuaria y forestal en la región. ◀



▲ Figura 1: Portada de la "El manejo del Fuego"



▲ Brigada de Incendios Forestales Catamarca

# BRIGADAS EN ACCIÓN: Catamarca

Autora: Paula Agustina Rojas

Comisión Comunicación/Educación MPIFyMF NOA

En Catamarca, donde las montañas, los valles y las zonas rurales conviven con un clima cada vez más extremo, la Brigada de Lucha contra Incendios Forestales se ha convertido en una pieza fundamental para la seguridad ambiental y humana. Su presencia no solo contiene el fuego: también sostiene la vida social, productiva y cultural de una provincia profundamente vinculada a su territorio.

Su historia nace de una necesidad concreta: profesionalizar la respuesta ante un tipo de emergencia cada vez más frecuente. Desde entonces, la brigada creció en estructura, en equipamiento y en especialización, articulando con organismos provinciales, el sistema federal y las brigadas del NOA. Pero más allá del aspecto operativo, la brigada catamarqueña se destaca por algo que la diferencia del resto de la región: tiene una de las tasas más altas de participación femenina dentro de las brigadas forestales del NOA.

Muchas de sus integrantes son jóvenes que se formaron en cursos específicos de manejo del fuego, otras se incorporaron tras experiencias en áreas ambientales o comunitarias. Su trabajo ha demostrado que el combate de incendios –un oficio históricamente masculinizado– también se construye con perspectiva, precisión y fortaleza desde la mirada de las mujeres. Esa presencia transforma la dinámica interna, fortalece la comunicación con las comunidades afectadas y abre el camino a nuevas generaciones que comienzan a ver la profesión como un espacio más inclusivo.

El impacto social de la brigada se percibe de múltiples maneras. Cada vez que un incendio se inicia en zonas rurales, los brigadistas llegan no solo a controlar el fuego, sino a acompañar a las familias que ven peligrar su hogar, sus animales y sus medios de vida. En Catamarca, muchas familias dependen de la agricultura familiar, la ganadería de pequeña escala y el aprovechamiento del bosque nativo; por eso, contener un incendio equivale a preservar la estabilidad económica y emocional de esas comunidades.

Además del trabajo operativo, la brigada lleva adelante acciones de prevención que suelen pasar desapercibidas, pero que resultan fundamentales. Durante gran parte del año realizan talleres en escuelas, encuentros con vecinos, capacitaciones para municipios y charlas en comunidades rurales sobre el uso seguro del fuego, el manejo de residuos, la limpieza de terrenos y la detección temprana de focos.



▲ Brigadistas en curso de capacitación sobre medios aéreos

Esas actividades crean un vínculo de confianza entre la institución y la ciudadanía, y generan una cultura del cuidado que se transmite de generación en generación.

La brigada también participa en campañas de educación ambiental y en proyectos regionales que buscan fortalecer la prevención en todo el NOA. En esos espacios, la presencia activa de mujeres dentro del equipo catamarqueño suele convertirse en un ejemplo inspirador para otras provincias, demostrando que la diversidad en los equipos no es solo un valor simbólico, sino un componente real de eficiencia, cohesión y sensibilidad social.

En los últimos años, los incendios forestales se han vuelto más intensos y frecuentes debido al cambio climático. Frente a ese escenario, el trabajo de la brigada no es solo urgente: es imprescindible. Su labor evita daños irreversibles en ecosistemas frágiles, protege cuencas hídricas que abastecen a pueblos enteros y resguarda áreas de bosque nativo que son parte del patrimonio cultural y ambiental de Catamarca.

A veces, la comunidad solo ve la última parte del trabajo: la línea de fuego, el humo, la pared de llamas. Pero la tarea comienza mucho antes y continúa mucho después: planificación, recorridas, guardias de cenizas, informes técnicos, prevención, educación, presencia territorial. Detrás de cada operativo hay días enteros sin descanso, decisiones tácticas complejas y un compromiso que muchas veces se sostiene por pura vocación.

Hoy, la Brigada de Lucha contra Incendios Forestales de Catamarca es más que un cuerpo especializado: es un escudo social, una red de cuidado que protege a la provincia en sus momentos más vulnerables. Representa la fuerza colectiva de quienes se forman, se sacrifican y trabajan en unidad para que el fuego no arrase con lo que las comunidades construyeron. Y en esa historia, la participación de mujeres —cada vez más visible, más reconocida y más imprescindible— es una marca de identidad que distingue a Catamarca dentro del mapa del manejo del fuego en el NOA.



▲ Brigadistas en curso de capacitación sobre medios aéreos



▲ Operativo en Fray Mamerto Esquiú



mesafuegonoa.org

ISSN 3072-7561