



# EVENTOS EXTREMOS DE INCENDIOS FORESTALES: EXPERIENCIAS CHILENAS

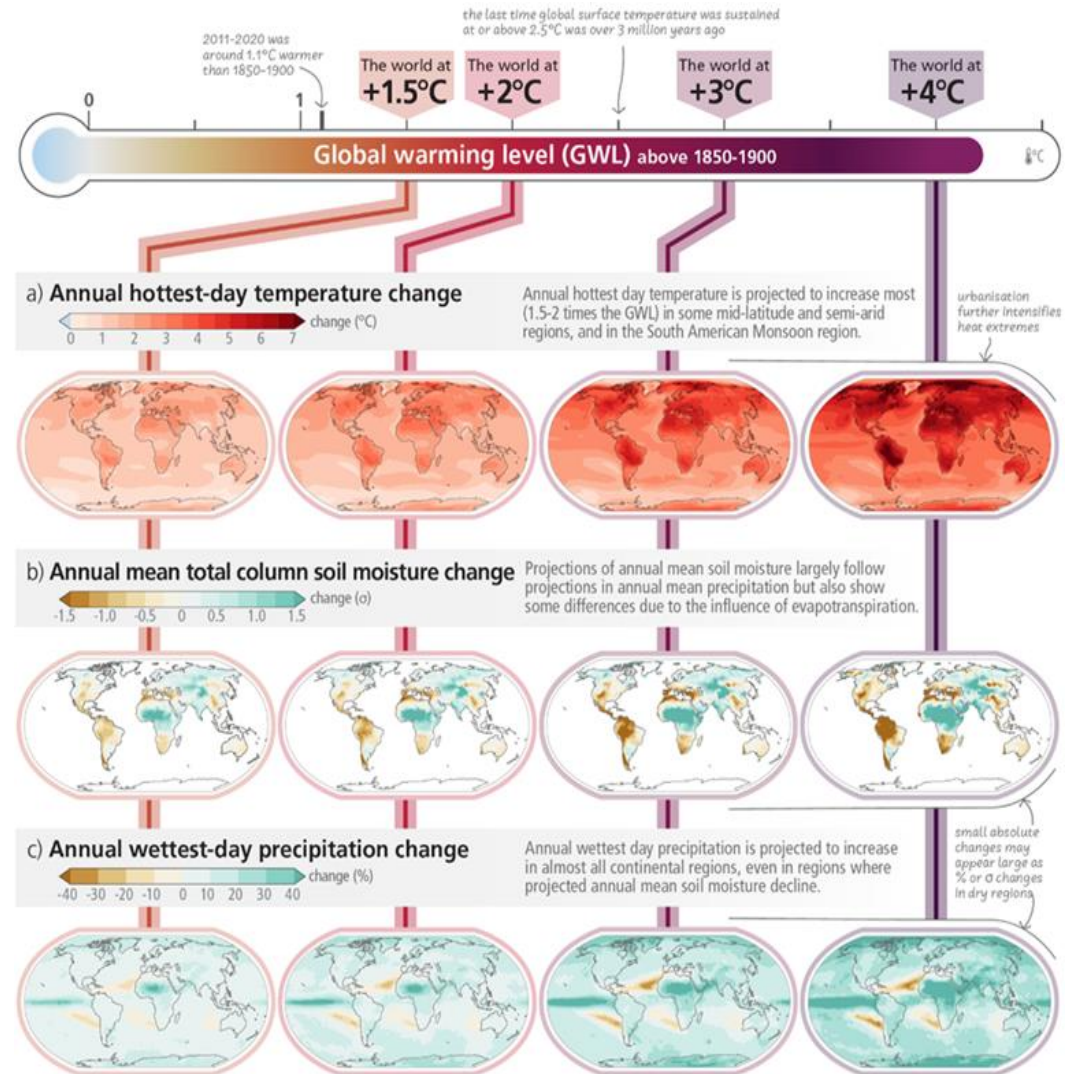
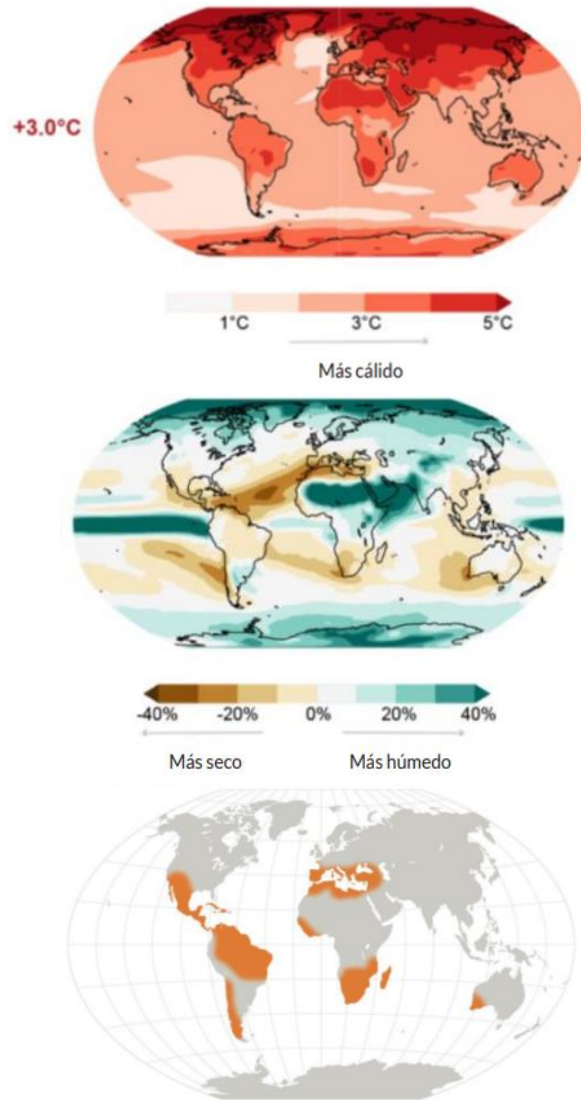
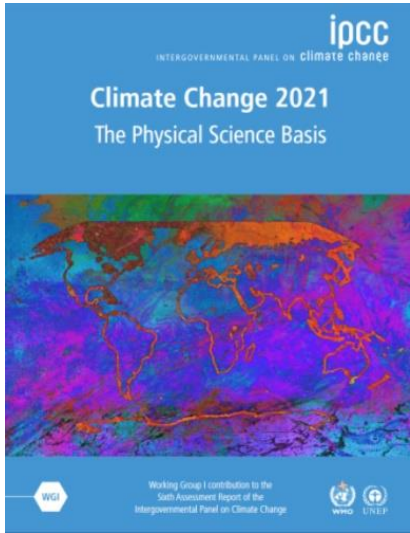
Jorge Saavedra Saldías

Gerente de Protección contra Incendios Forestales (GEPRIF)

Corporación Nacional Forestal (CONAF)



# FENOMENO GLOBAL DE INCENDIOS FORESTALES





# ¿QUÉ CONDICIONES DEFINEN UN EWE?

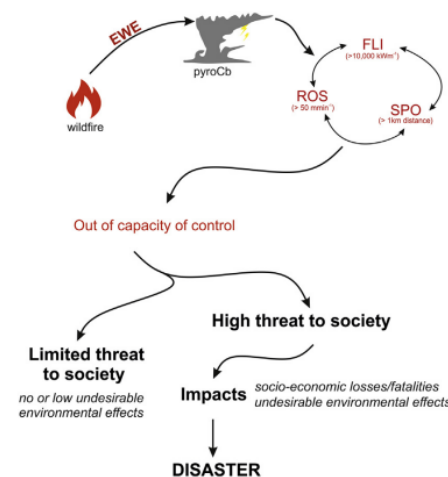
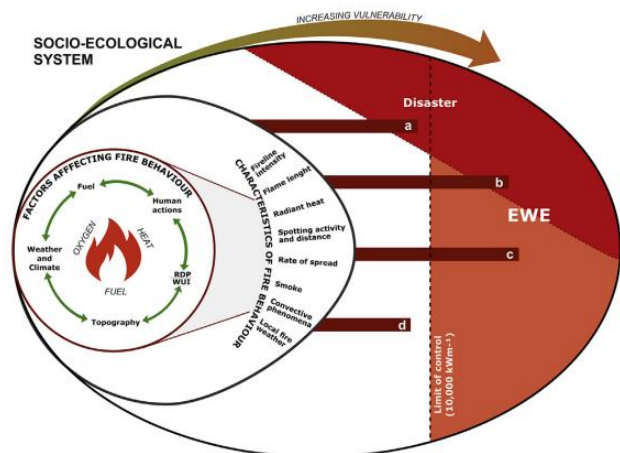
Table 3. Wildfire events classification based on fire behavior and capacity of control.

Fire Category	Real Time Measurable Behavior Parameters			Real Time Observable Manifestations of EFB				Type of Fire and Capacity of Control *	
	FLI* (kWm <sup>-1</sup> )	ROS (m/min)	FL (m)	PyroCb	Downdrafts	Spotting Activity	Spotting Distance (m)		
Normal Fires	1	<500	<5 <sup>a</sup> <15 <sup>b</sup>	<1.5	Absent	Absent	Absent	0	Surface fire Fairly easy
	2	500–2000	<15 <sup>a</sup> <30 <sup>b</sup>	<2.5	Absent	Absent	Low	<100	Surface fire Moderately difficult
	3	2000–4000	<20 <sup>c</sup> <50 <sup>d</sup>	2.5–3.5	Absent	Absent	High	≥100	Surface fire, torching possible Very difficult
	4	4000–10,000	<50 <sup>c</sup> <100 <sup>d</sup>	3.5–10	Unlikely	In some localized cases	Prolific	500–1000	Surface fire, crowning likely depending on vegetation type and stand structure Extremely difficult
Extreme Wildfire Events	5	10,000–30,000	<150 <sup>c</sup> <250 <sup>d</sup>	10–50	Possible	Present	Prolific	>1000	Crown fire, either wind- or plume-driven Spotting plays a relevant role in fire growth Possible fire breaching across an extended obstacle to local spread Chaotic and unpredictable fire spread Virtually impossible
	6	30,000–100,000	<300	50–100	Probable	Present	Massive Spotting	>2000	Plume-driven, highly turbulent fire Chaotic and unpredictable fire spread Spotting, including long distance, plays a relevant role in fire growth Possible fire breaching across an extended obstacle to local spread Impossible
	7	>100,000 (possible)	>300 (possible)	>100 (possible)	Present	Present	Massive Spotting	>5000	Plume-driven, highly turbulent fire Area-wide ignition and firestorm development non-organized flame fronts because of extreme turbulence/vorticity and massive spotting Impossible

Note: <sup>a</sup> Forest and shrubland; <sup>b</sup> grassland; <sup>c</sup> forest; <sup>d</sup> shrubland and grassland; \*FLI classes 1–4 follow the classification by Alexander and Lanoville [125].

Según definiciones del grupo de expertos del proyecto **Horizont2020 FIRE-RES**, donde CONAF participa, se ha definido lo siguiente:

- Los EWE son incendios forestales con **interacciones complejas a gran escala entre el fuego y la atmósfera** generando **comportamiento piroconvectivo**, que genera **cambios en el comportamiento del fuego**, rápido, intenso, incierto y acelerado.
- **Se excede los límites técnicos de control** (intensidad de la línea de fuego 10.000 kW/m; velocidad de propagación >50m/min; distancia de pavesas mayor a 1 kilómetro de forma masiva, Tedim *et al.* 2018; y valores de tasa de crecimiento extremo (superficie por hora, ha/h).
- El **comportamiento es impredecible** usando modelos operativos, con momentos de comportamiento del fuego observados que superan ampliamente lo esperado, **desbordando la capacidad de toma de decisiones** de la emergencia.



# FACTORES DETERMINANTES

**«La causa del incendio no determina su comportamiento, su tamaño o la velocidad que poseen. Tampoco es la clave para prevenirlos».**

Factores clave que inciden en que un incendio se vuelva fuera de capacidad de extinción (Megaincendio):

- Continuidad de Combustible.
- Densidad del Combustible (acumulación, vertical y horizontal).
- Evento Meteorológico Extremo.

Que pueden generar:

- Mayor probabilidad de eventos piroconvectivos.
- Los pirocúmulos pueden llegar a ocasionar tormentas y actividad eléctrica.
- Fuertes corrientes de vientos.
- Mayor intensidad y Velocidad = Fuera de Capacidad de Extinción.



CONTINUIDAD

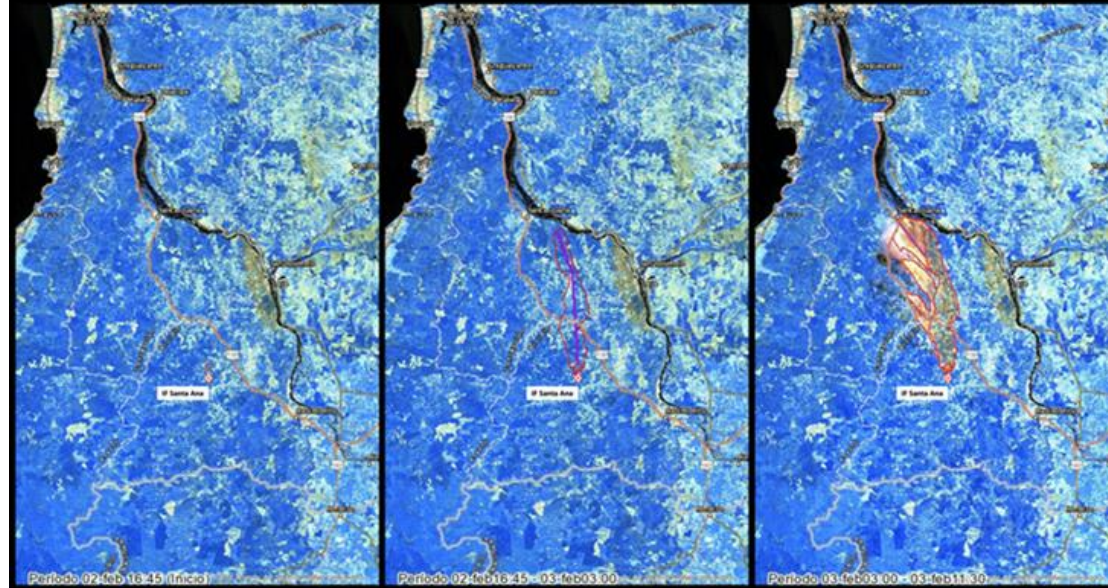


DENSIDAD



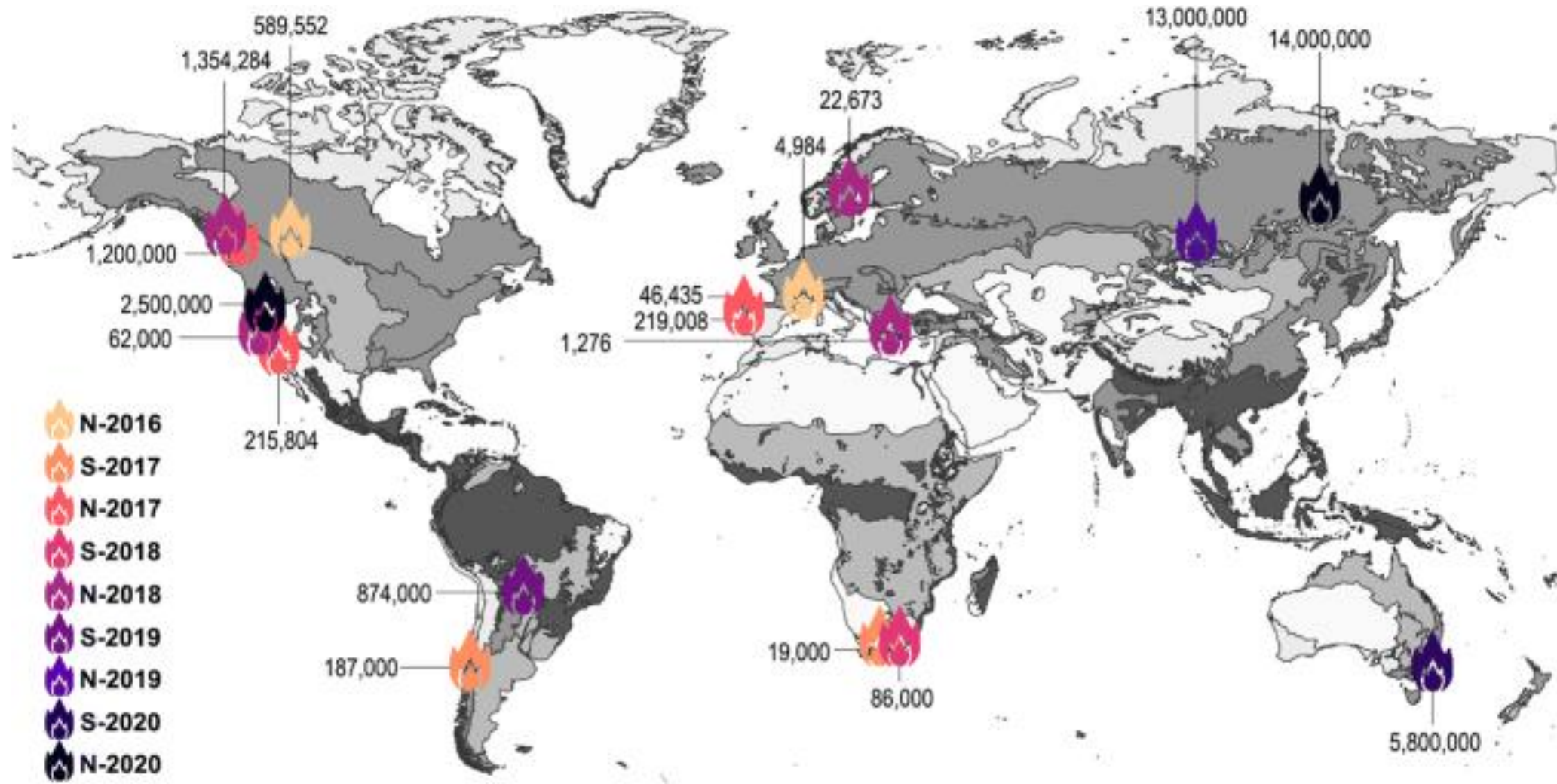
METEOROLOGÍA

© Jorge Mileto para Sonda Internacional





# EXTREME WILDFIRE EVENTS (EWE)



Duane A., Castellnou, M. and Brotons, L. Towards a comprehensive look at global drivers of novel extreme wildfire events. *Climatic Change* 165 ,43 (2021).



# INCENDIO LAS MAQUINAS – ENERO 2017



- Período crítico 25 -26 de enero.
- Se registraron **11 víctimas fatales**.
- Se vieron afectadas 159.813 ha. Con una tasa de crecimiento de 8.142 ha/hora.
- Más de 340.000 ha. Durante el evento extremo meteorológico.

# INCENDIO SANTA ANA/QUILLOTA, FEBRERO-2023



- Período crítico 2-3 de febrero, registrándose la mayor intensidad este último a las 21:30h.
- Se registraron **25 víctimas fatales.**
- Se vieron afectadas cerca de 90.000ha. Con 80 Km. De largo; en el complejo de incendios Santa Ana /Quillota.
- Más de 300.000 ha. Durante el evento extremo meteorológico.



# INCENDIO LAS TABLAS – RLP, FEBRERO-2024

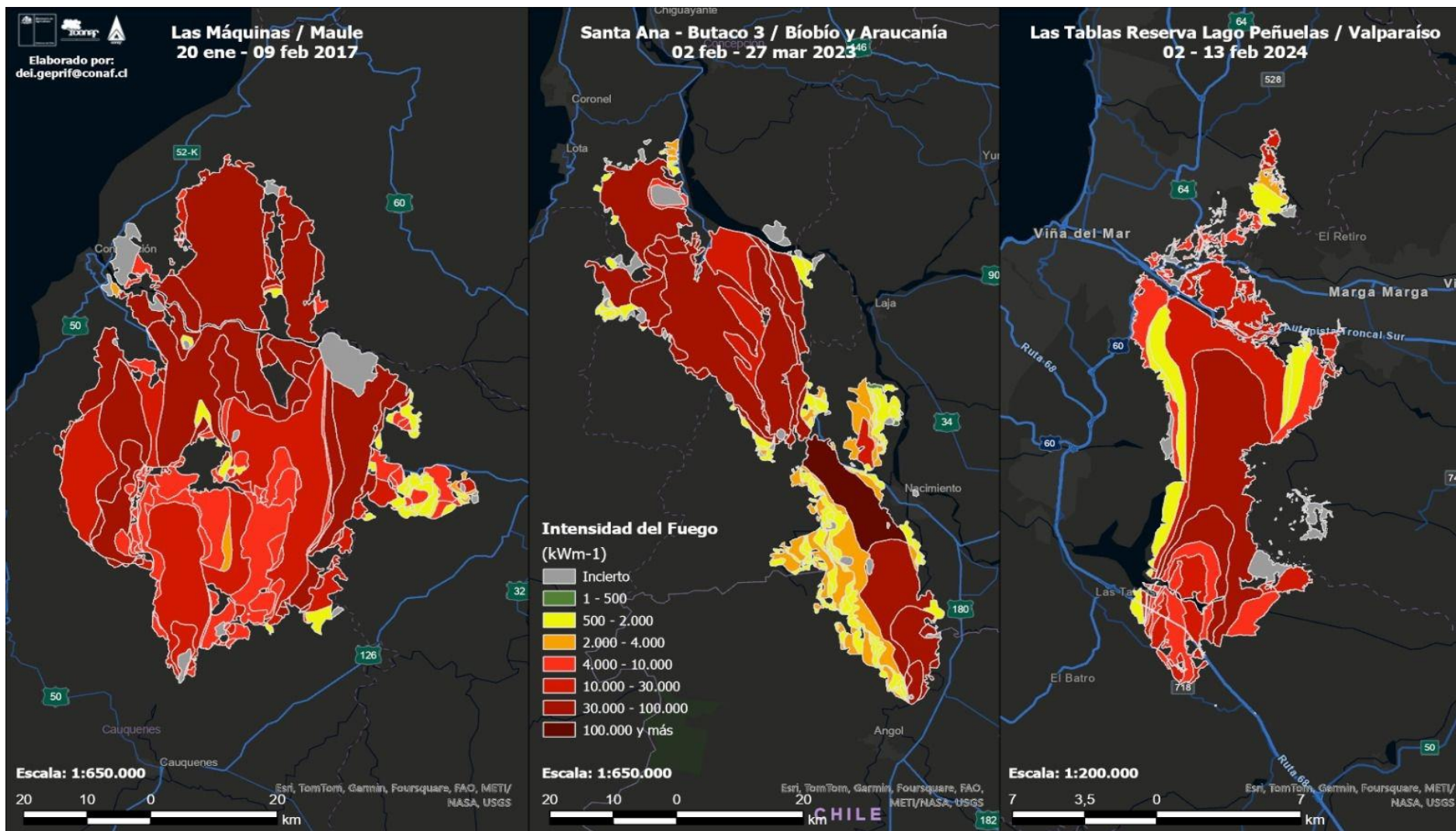


- Periodo crítico 2 de febrero 16:30 – 18:00.
- Se registraron **137 víctimas fatales**.
- Se vieron afectadas casi 9.000 ha.
- Velocidad de propagación máxima de más de 114m/min e intensidad de 87 mil kW/m.



# DATOS DE EWE PARA LA COMUNIDAD INTERNACIONAL

## Las Máquinas 2017, Santa Ana 2023, Complejo Las Tablas 2024

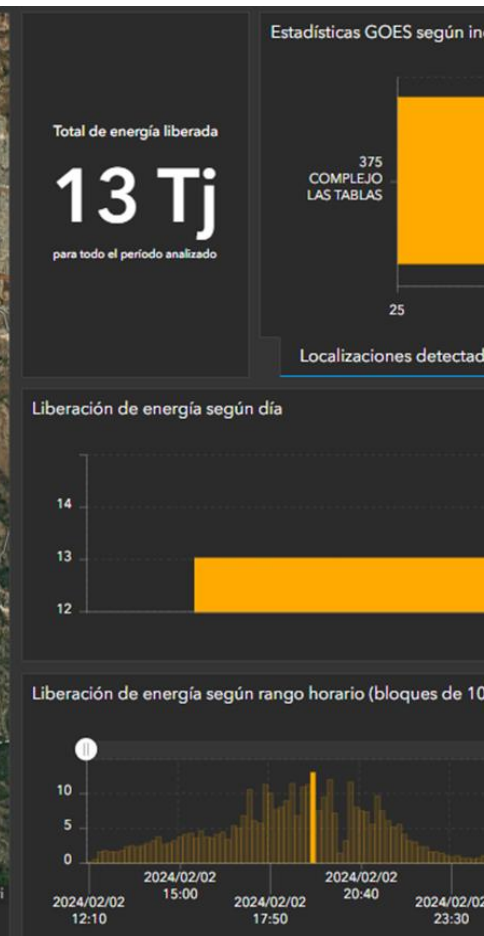
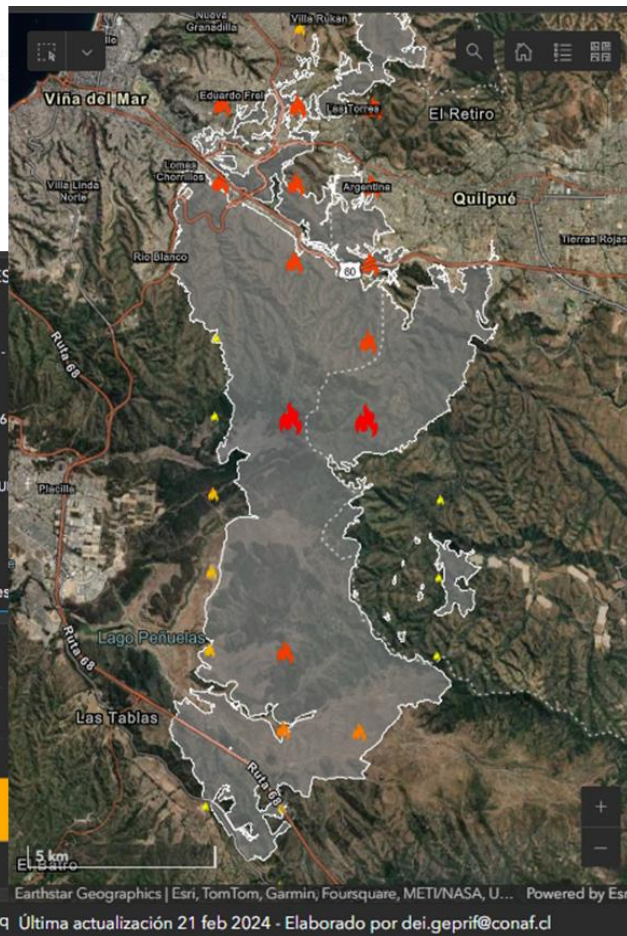
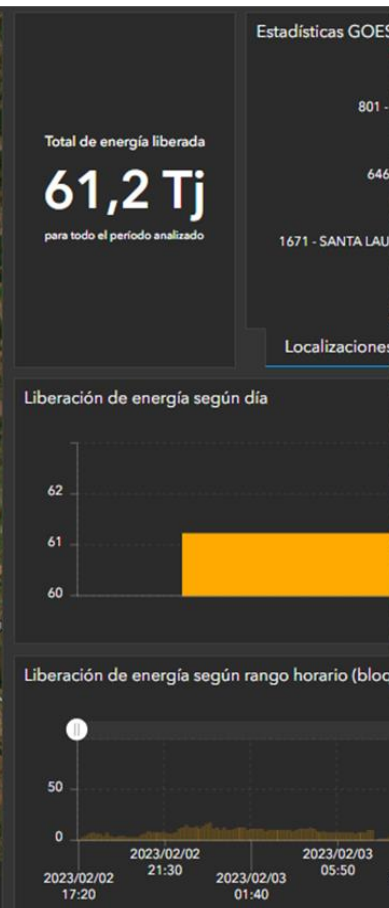
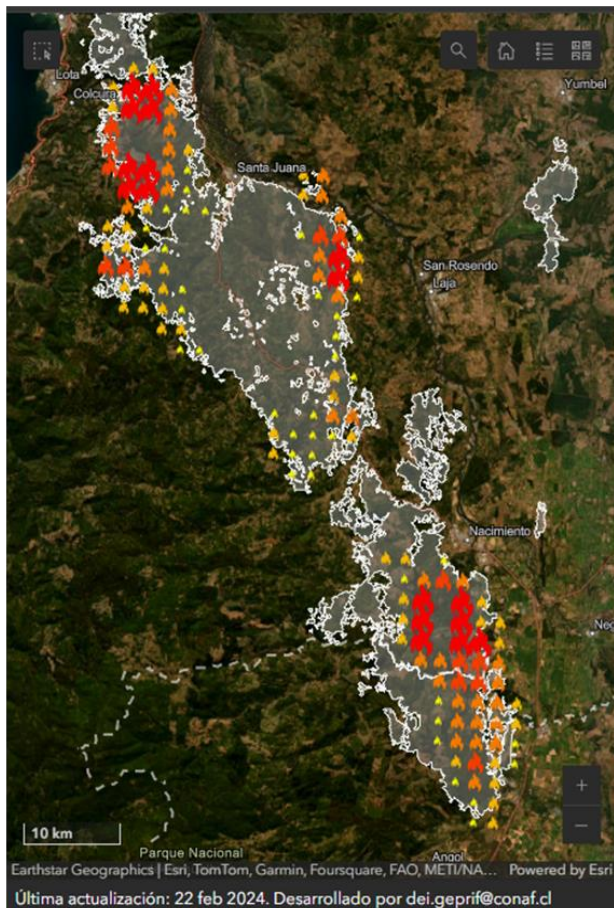




# DATOS DE EWE PARA LA COMUNIDAD INTERNACIONAL

## Las Maquinas 2017, Santa Ana 2023, Complejo Las Tablas 2024

- **Santa Ana, 03 feb 21:20h 147 locaciones**
- **14,6 kilotonnes (97% Bomba Hiroshima)**



- **Las Tablas, 02 feb 19:10h 24 locaciones**
- **3 kilotonnes de energía liberada**



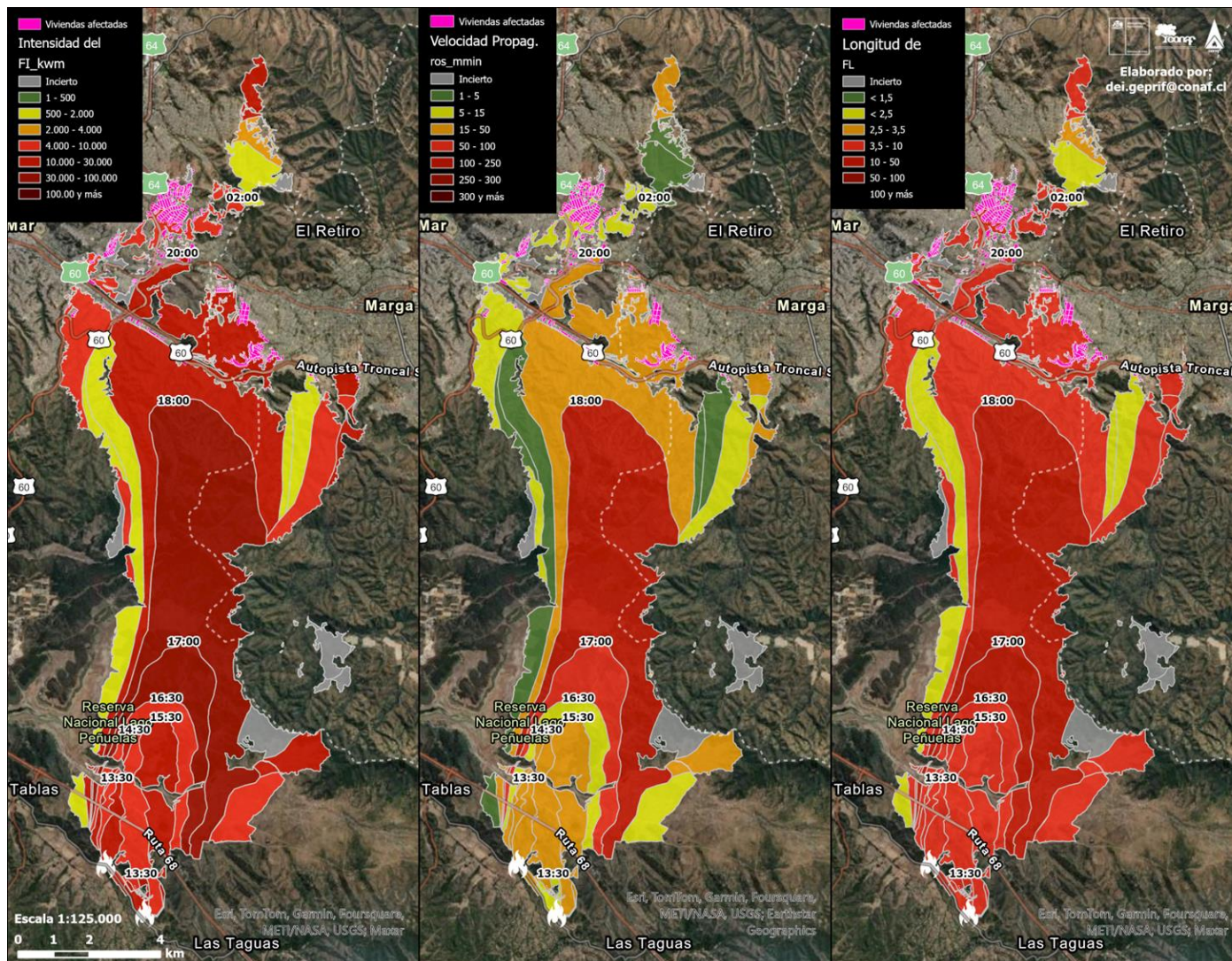
# SIMILITUDES EVENTOS EXTREMOS DE INCENDIOS FORESTALES (EWE)

- Extensas superficies afectadas.
- Rápidas velocidades de propagación.
- Desarrollo de multiples PYROcb con larga duración.
- Según Castellnou, estamos presenciando nuevos escenarios con episodios de incendios más rápidos, intensos y que, en números concretos se traduce en millones de hectáreas quemadas, 18 PYROcb en 24 horas (Australia), carreras de fuego 130 km (Bolivia), desplomes de masas de aire a 70-80°C, vientos de 140 km/h...
- **Escenarios que superan la "CAPACIDAD DE EXTINCIÓN" de cualquier servicio de incendios forestales, independiente de la cantidad de recursos que disponga.**





# RECONSTRUCCIÓN EWE – AVANCE POTENCIAL



Para evaluar el avance potencial del fuego descrito en las observaciones de terreno, se construyó un script para extraer los valores de fecha y hora, FRP y coordenadas, a partir de los datos Fire/Hotspots del satélite GOES16.

Para determinar las isócronas se utiliza toda la información disponible que fuese confiable, es decir, que tuviese menos incertidumbre en los periodos analizados, nos referimos información como: **imágenes del avión de coordinación, imágenes de terreno, posición de recursos, imágenes satelitales, puntos de calor, etc...**



# RECONSTRUCCIÓN EWE – AVANCE POTENCIAL

PROGRESIÓN Y COMPORTAMIENTO DEL FUEGO EN EVENTO EXTREMO DE INCENDIO / 375 COMPLEJO LAS TABLAS - RESERVA LAGO PEÑUELAS						
FECHA Y HORA LOCAL	FUENTE	TASA DE EXPANSIÓN (ha/h)	INTENSIDAD DEL FUEGO (kW/m)	VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN (m/min)	LONGITUD DE LLAMA (m)	TIPO DE FUEGO / CAPACIDAD DE CONTROL
2024-02-02 12:00	CONAF		Inicio actividad foco "Intersección"			
2024-02-02 12:00	CONAF		Inicio actividad foco "Sector La Isla"			
2024-02-02 13:30	Airplane	27	10.453	13	5	Incendio de copa, focos secundarios, propagación cónica e impredecible / Virtualmente imposible de controlar
2024-02-02 13:30	Airplane	60	19.657	28	7	
2024-02-02 14:30	Airplane	335	9.019	18	5	Incendio superficial, probable antorcho / Extremadamente difícil de controlar
2024-02-02 15:30	Airplane, VIIRS, GOES	363	23.741	19	8	Incendio de copa, focos secundarios, propagación cónica e impredecible / Virtualmente imposible de controlar
2024-02-02 16:30	VIIRS, GOES	263	8.659	9	5	Incendio superficial, probable antorcho / Extremadamente difícil de controlar
2024-02-02 17:00	GOES	1.016	70.694	55	13	Incendio altamente turbulento dominado por la columna de convección, propagación caótica e impredecible, focos secundarios a larga distancia / Imposible de controlar
2024-02-02 18:00	GOES	2.338	87.787	114	15	Incendio altamente turbulento dominado por la columna de convección, propagación caótica e impredecible, focos secundarios a larga distancia / Imposible de controlar
2024-02-02 20:00	Airplane, GOES, MODIS, VIIRS, Sentinel3	880	25.198	35	8	Incendio de copa, focos secundarios, propagación cónica e impredecible / Virtualmente imposible de controlar
2024-02-03 02:00	VIIRS, Sentinel3	30	4.480	7	4	Incendio superficial, probable antorcho / Extremadamente difícil de controlar
2024-02-03 02:00	VIIRS, Sentinel3	103	1.298	2	2	Fuego de superficie / Moderadamente difícil de controlar
2024-02-03 11:30	Sentinel3	15	1.772	3	2	
2024-02-03 11:30	Sentinel3	24	1.784	2	2	
2024-02-03 15:00	VIIRS, MODIS	19	7.020	10	5	Incendio superficial, probable antorcho / Extremadamente difícil de controlar
2024-02-03 15:00	VIIRS, MODIS	240	2.623	4	3	Fuego de superficie, posible antorcho / Muy difícil de controlar
2024-02-03 16:30	VIIRS, MODIS	53	14.910	22	6	Incendio de copa, focos secundarios, propagación cónica e impredecible / Virtualmente imposible de controlar
2024-02-03 16:30	VIIRS, MODIS	162	14.514	22	6	

- Entre las 16:30 y las 22:30hrs el incendio se movió en las categorías 5 y 6 de EWE, totalmente fuera de capacidad de extinción, el momento más crítico se establece entre las 17:00 y 20:00hrs del día 02-02 con una intensidad calórica en promedio de más de 60.000kW/m y más de 65m/min (3.900m/h) de velocidad de propagación. Dentro de este periodo se alcanzó un máximo de ROS de 6,8km/h, equivalente a 114m/min y una intensidad superior a los 80.000kW/m.

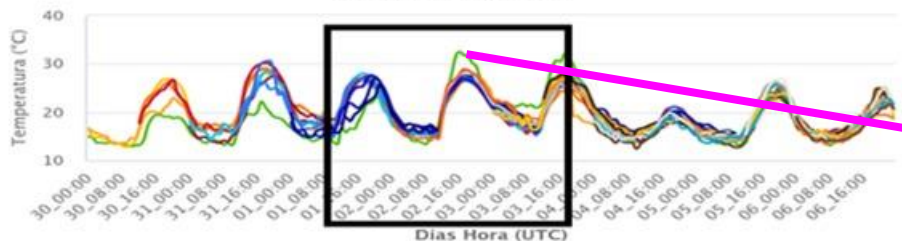


# Datos Observados Estación Meteorológica Rodelillo / Intensidad del fuego (kW/m)

Temperatura del Aire Seco

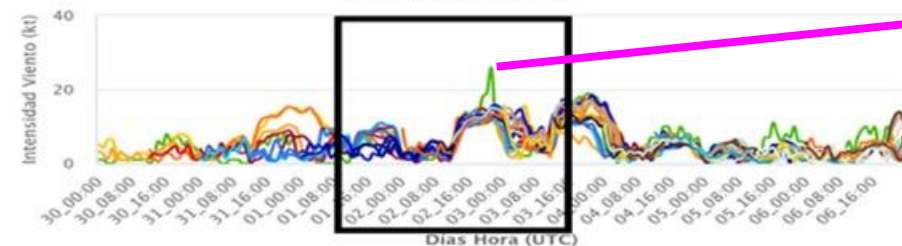
Fuente: DMC, 2024

Observada y Pronosticada



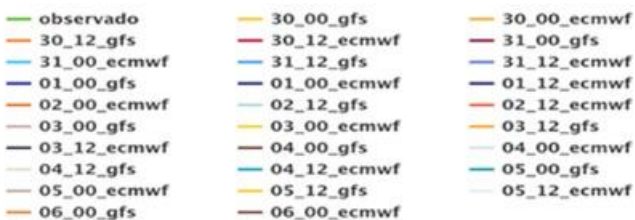
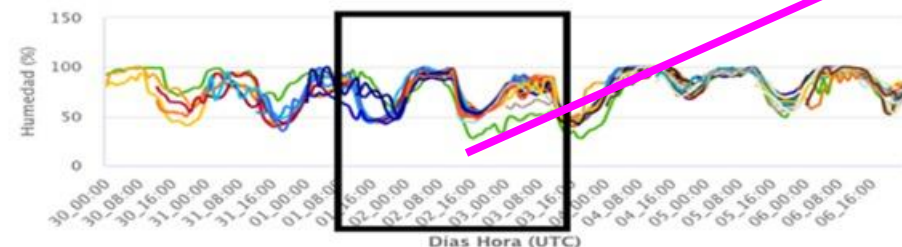
Intensidad del Viento

Observada y Pronosticada

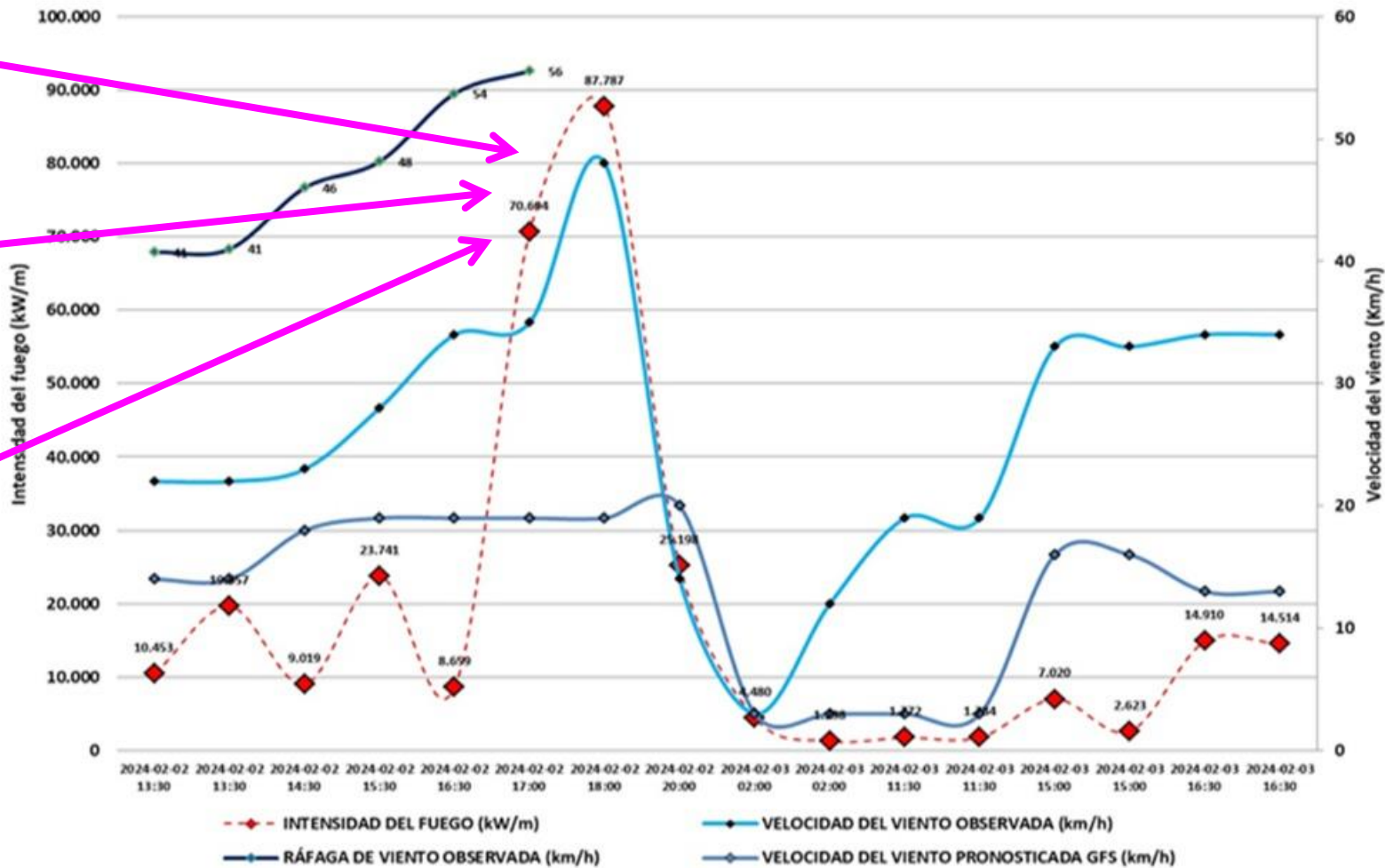


Humedad Relativa del Aire

Observada y Pronosticada



## INTENSIDAD DEL FUEGO (kW/m) / VELOCIDAD DEL VIENTO OBSERVADA Y PRONOSTICADA (km/h)



Meteorología observada EMA Rodelillo. DMC. Fuente: elaboración propia a partir de datos DMC.

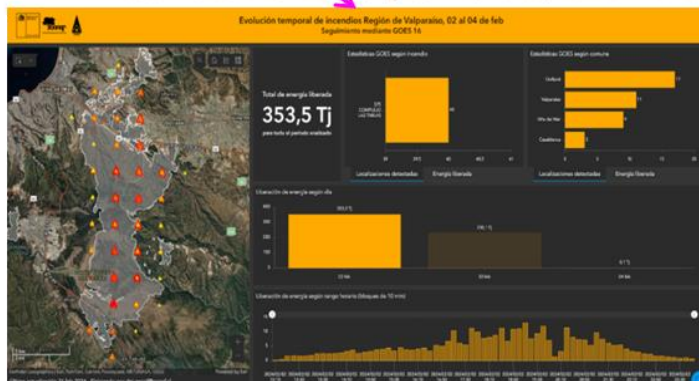
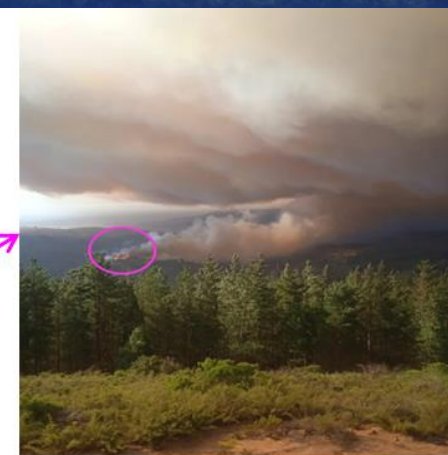


# DATOS OBSERVADOS /INTENSIDAD DEL FUEGO (KW/M)

Table 3. Wildfire events classification based on fire behavior and capacity of control.

Fire Category	Real Time Measurable Behavior Parameters			Real Time Observable Manifestations of EFB				Type of Fire and Capacity of Control *	
	FLI* (kWm <sup>-1</sup> )	ROS (m/min)	FL (m)	PyroCb	Downrafts	Spotting Activity	Spotting Distance (m)		
Normal Fires	1	<500	<5 <sup>a</sup> <15 <sup>b</sup>	<1.5	Absent	Absent	Absent	0	Surface fire Fairly easy
	2	500–2000	<15 <sup>a</sup> <30 <sup>b</sup>	<2.5	Absent	Absent	Low	<100	Surface fire Moderately difficult
	3	2000–4000	<20 <sup>c</sup> <50 <sup>d</sup>	2.5–3.5	Absent	Absent	High	≥100	Surface fire, torching possible Very difficult
	4	4000–10,000	<50 <sup>c</sup> <100 <sup>d</sup>	3.5–10	Unlikely	In some localized cases	Prolific	500–1000	Surface fire, crowning likely depending on vegetation type and stand structure Extremely difficult
Extreme Wildfire Events	5	10,000–30,000	<150 <sup>c</sup> <250 <sup>d</sup>	10–50	Possible	Present	Prolific	>1000	Crown fire, either wind- or plume-driven Spotting plays a relevant role in fire growth Possible fire breaching across an extended obstacle to local spread Chaotic and unpredictable fire spread Virtually impossible
	6	30,000–100,000	<300	50–100	Probable	Present	Massive Spotting	>2000	Plume-driven, highly turbulent fire Chaotic and unpredictable fire spread Spotting, including long distance, plays a relevant role in fire growth Possible fire breaching across an extended obstacle to local spread Impossible
	7	>100,000 (possible)	>300 (possible)	>100 (possible)	Present	Present	Massive Spotting	>5000	Plume-driven, highly turbulent fire Area-wide ignition and firestorm development non-organized flame fronts because of extreme turbulence/vorticity and massive spotting Impossible

Note: <sup>a</sup> Forest and shrubland; <sup>b</sup> grassland; <sup>c</sup> forest; <sup>d</sup> shrubland and grassland; \*FLI classes 1–4 follow the classification by Alexander and Lanoville [125].



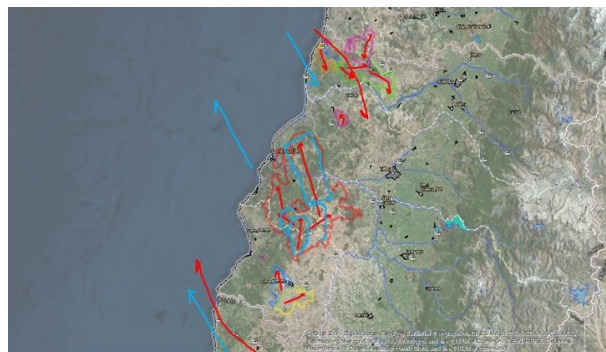


# ¿QUÉ SON LOS EWE?

En la gestión de la emergencia los EWE implican:

- Incertidumbre en la propagación
  - Movimientos ligados al acoplamiento con las capas altas de la atmosfera
  - Intensidad y velocidad x5 x12 de lo previsto
- Impacto a escala de paisaje
- Consecuencias en la toma de decisiones

Casos reales CH17, PT17, CAL18, CAT21, FR22, CH23, GR23... preguntas sin respuestas

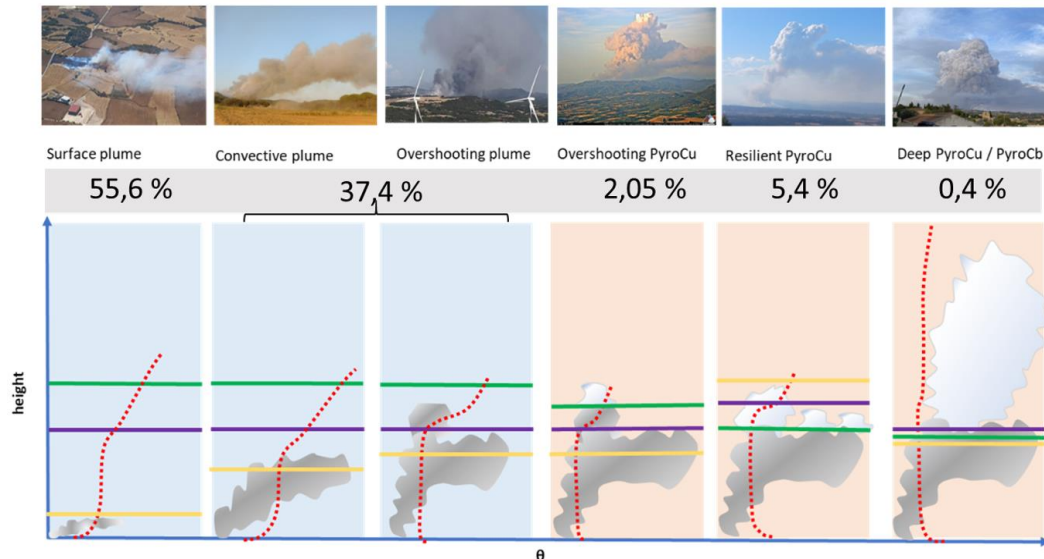




# ¿QUÉ NECESITAMOS SABER PARA ANTICIPAR UN EWE?

Reto del conocimiento del fenómeno y la gestión de la emergencia:

- Conocer los distintos procesos de piroconvección y su interacción
- Identificar las variables clave para analizar los procesos de piroconvección
- Anticipar el cambio en el comportamiento del incendio
- Ajustar la estrategia para la gestión de la emergencia





# CONCLUSIONES

- **Definición y Desafíos de los EWE:** Los EWE representan incendios forestales con interacciones complejas y dinámicas entre el fuego y la atmósfera, generando comportamientos piroconvectivos intensos, rápidos y difíciles de predecir.
- **Factores clave para los Megaincendios:** La continuidad y densidad del combustible, junto con condiciones meteorológicas extremas, son determinantes críticos que pueden llevar a que los incendios se tornen fuera de capacidad de extinción
- **Importancia del Análisis en la Gestión de Emergencias:** La reconstrucción del avance del fuego y el análisis del comportamiento en tiempo real, utilizando datos satelitales y otros recursos confiables, son fundamentales para comprender y predecir la evolución de los incendios.
- **Necesidad de una Estrategia Integral y Coordinada:** Para enfrentar los retos que presentan los EWE, es imperativo que las estrategias de análisis y predicción estén presentes en toda la estructura de gestión de incendios.





# Gracias



[conaf.cl](http://conaf.cl)    