

# Incendios Forestales, la principal causal en Chile

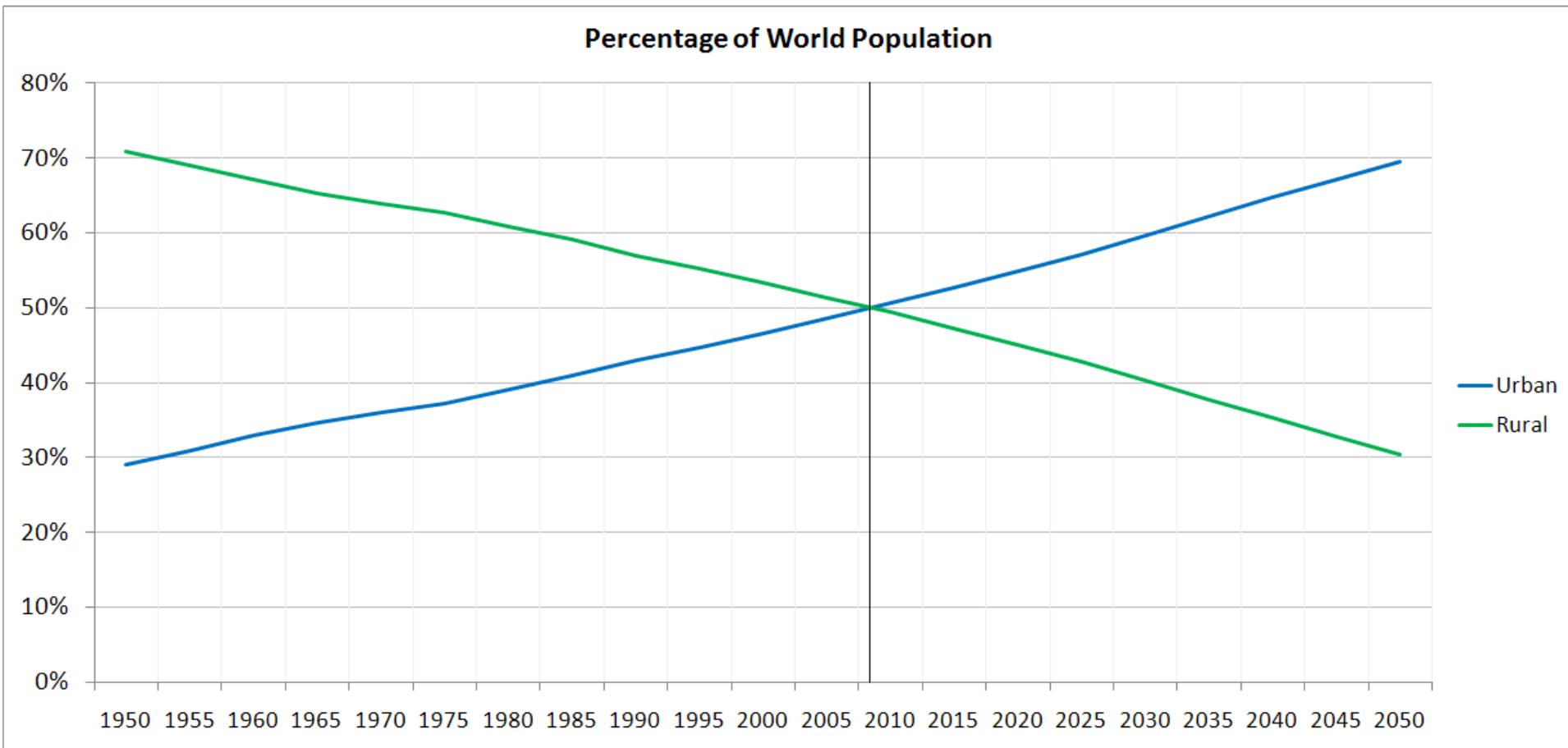
Jorge Andrés Saavedra Saldías  
Ingeniero Forestal (FBAN)  
Diplomado en Geomática y Tecnología Satelital  
Magíster en Teledetección  
Jefe Sección Análisis y Predicción de IF - CONAF



TODOS  
POR  
CHILE



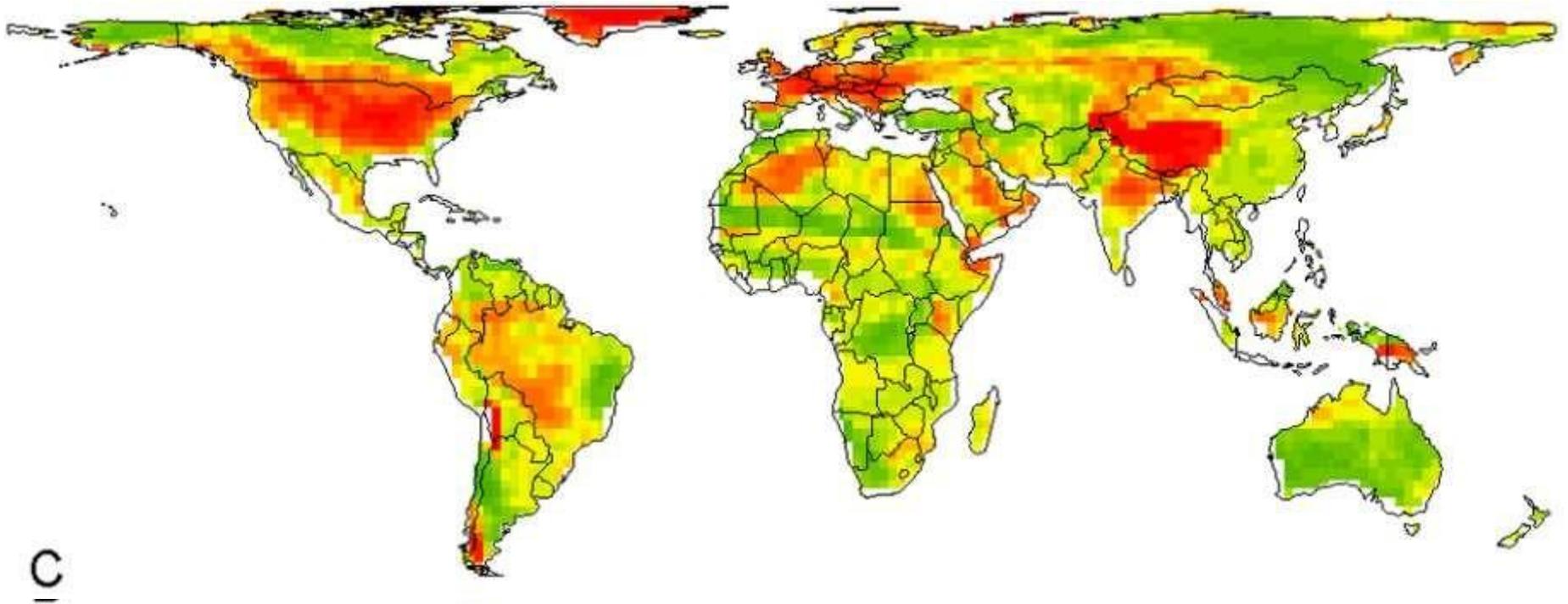
# world is urbanizing: the rural exodus



Data Source: United Nations, <http://esa.un.org/unup/p2k0data.asp>

# and it is getting worst...

Fire scenarios from 2010 to 2070 (ATSR Fire Atlas based)



Krawchuk MA, Moritz MA, Parisien M-A, Van Dorn J, Hayhoe K, 2009. Global Pyrogeography:

the Current and Future Distribution of Wildfire.  
*PLoS ONE* 4(4): e5102.

doi:10.1371/journal.pone.0005102

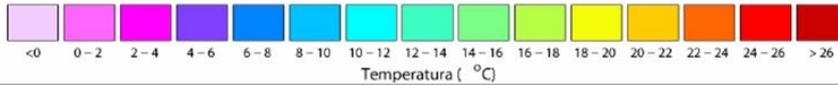
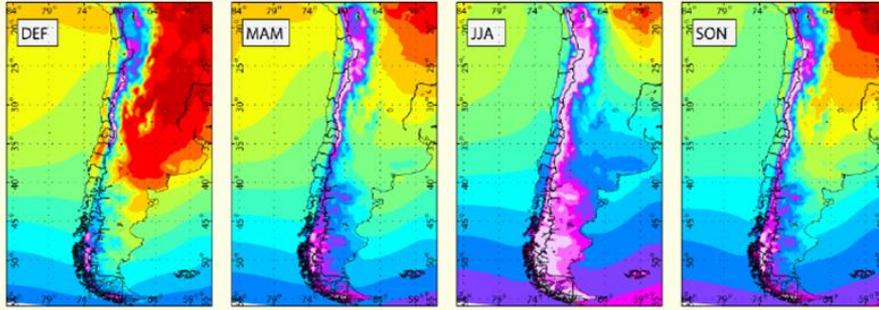
Climate projections include 2010, 2039 (A), 2040, 2069 (B) and 2070

# CAMBIOS RÉGIMEN CLIMÁTICO

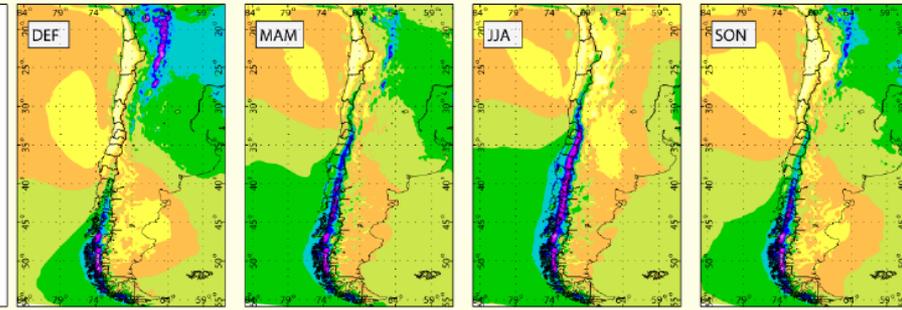
## TEMPERATURA PROMEDIO EN CHILE CONTINENTAL

## PRECIPITACIÓN ESTACIONAL EN CHILE CONTINENTAL

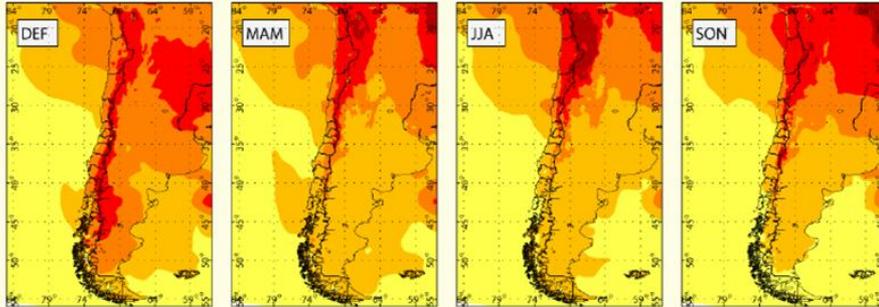
CLIMA ACTUAL



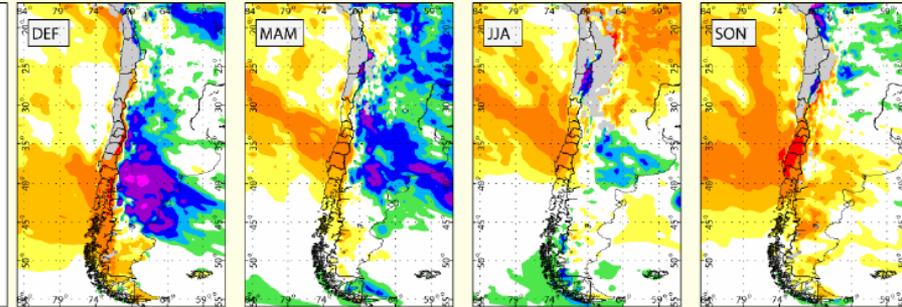
CLIMA ACTUAL



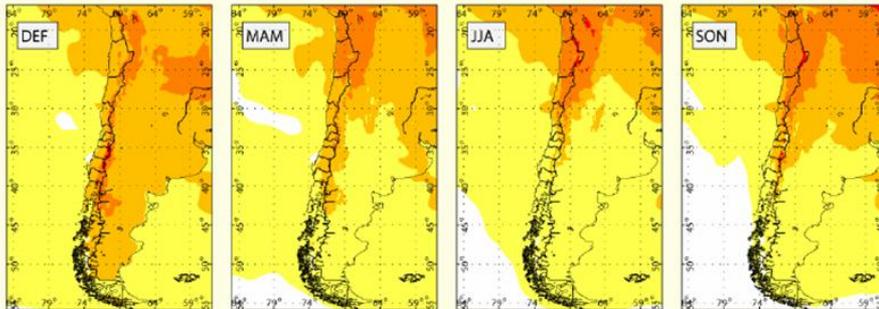
CAMBIO FUTURO: A2



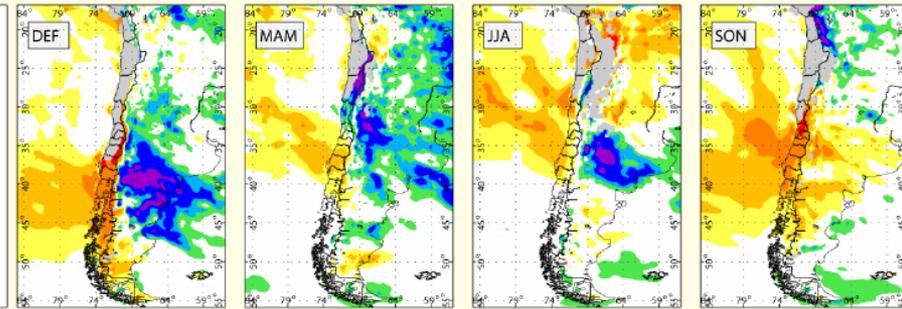
CAMBIO FUTURO: A2



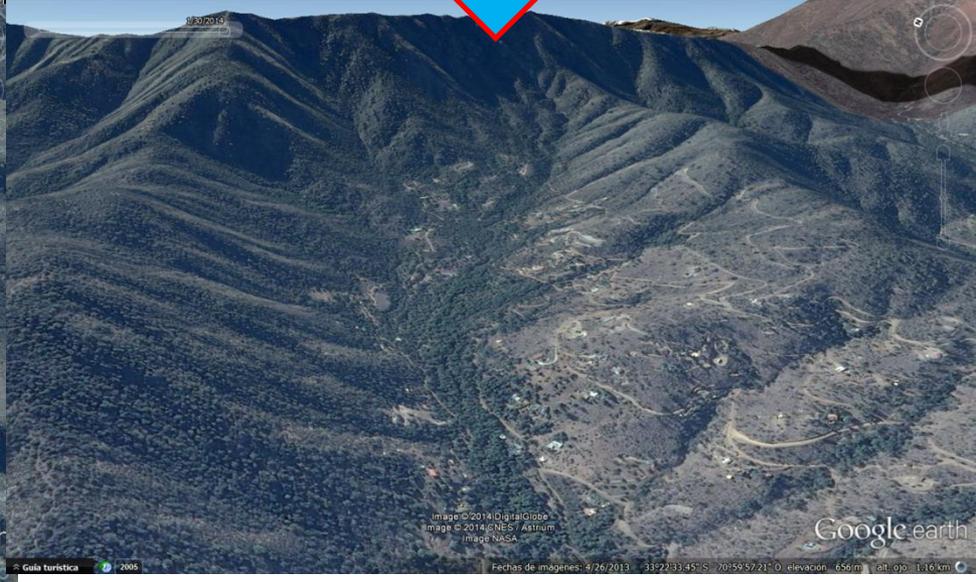
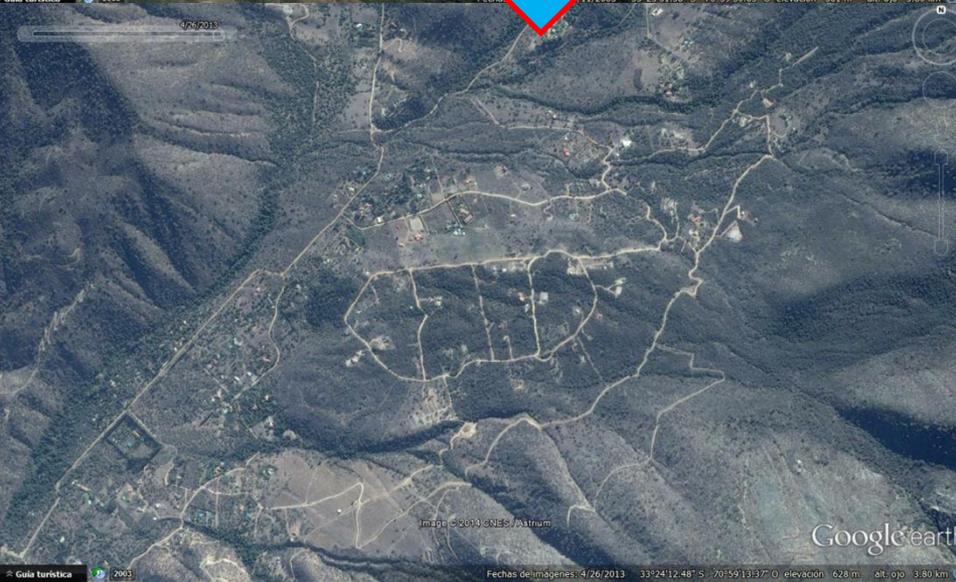
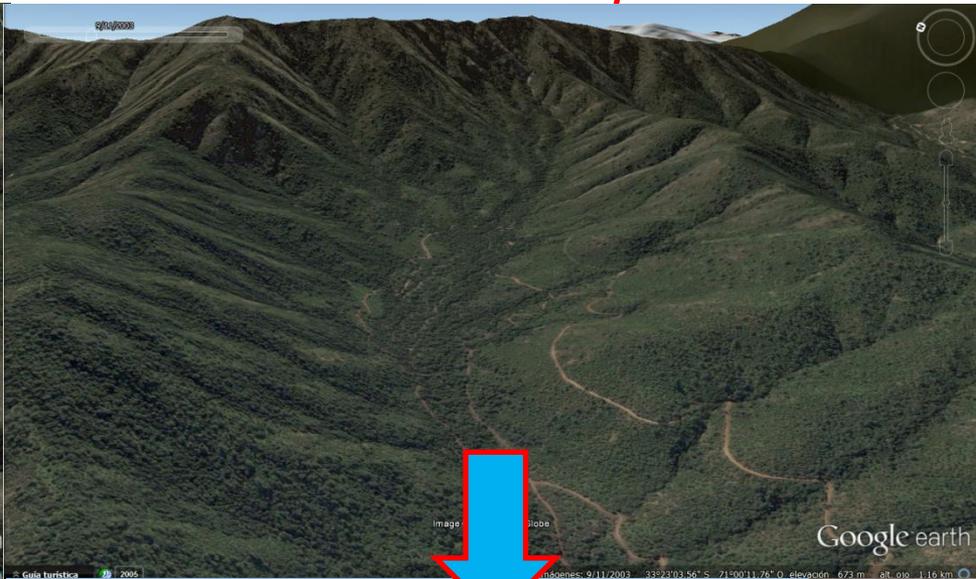
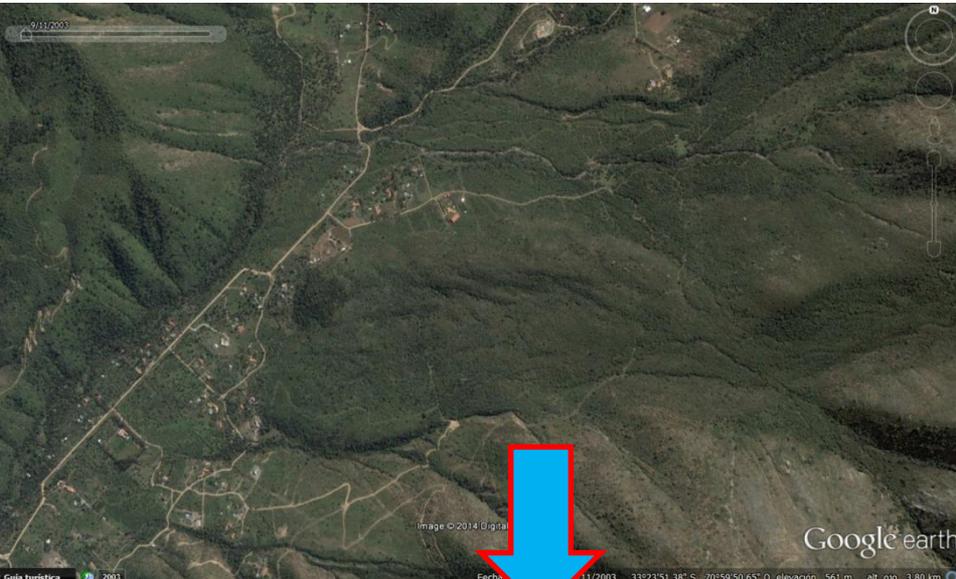
CAMBIO FUTURO: B2



CAMBIO FUTURO: B2



# AUMENTO DE LA INTERFAZ URBANO FORESTAL

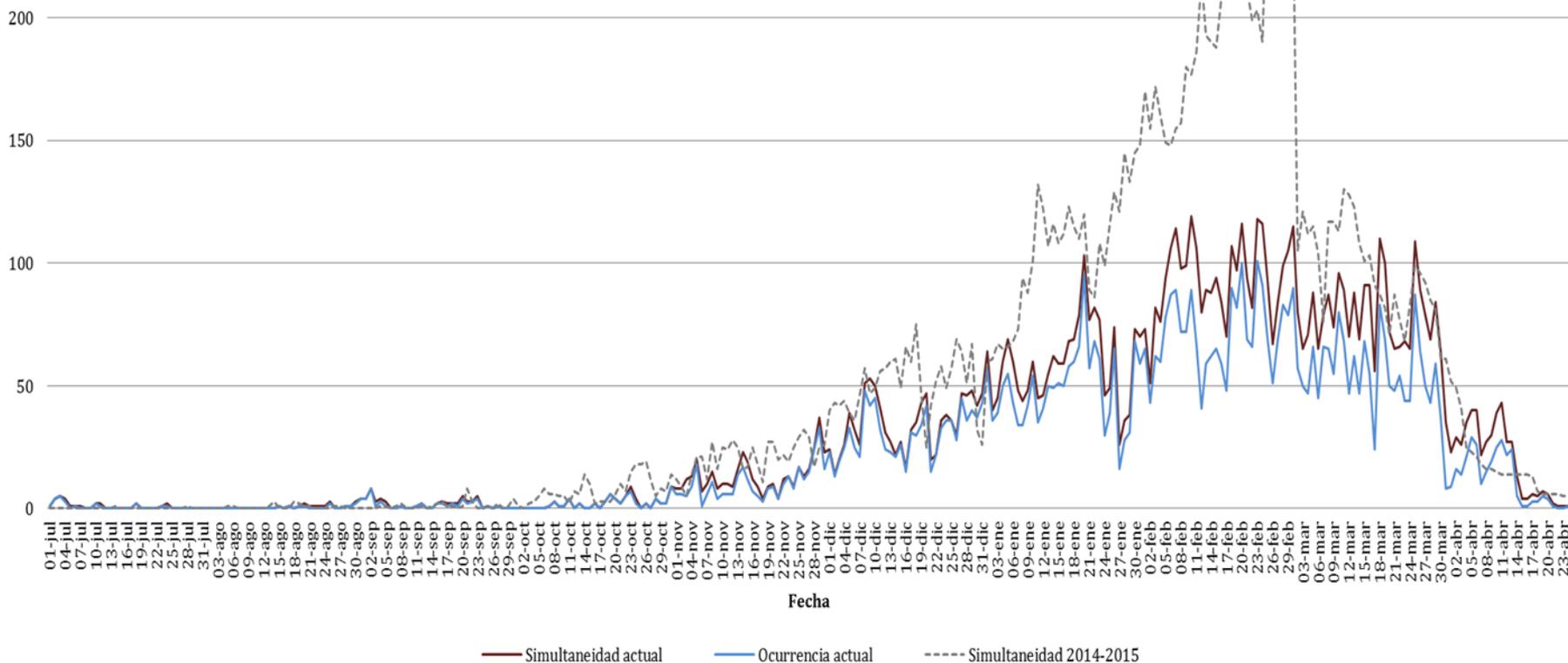


# SIMULTANEIDAD DE INCENDIOS FORESTALES

Máximo	2015-2016	2014-2015
	119	260 (-54%)

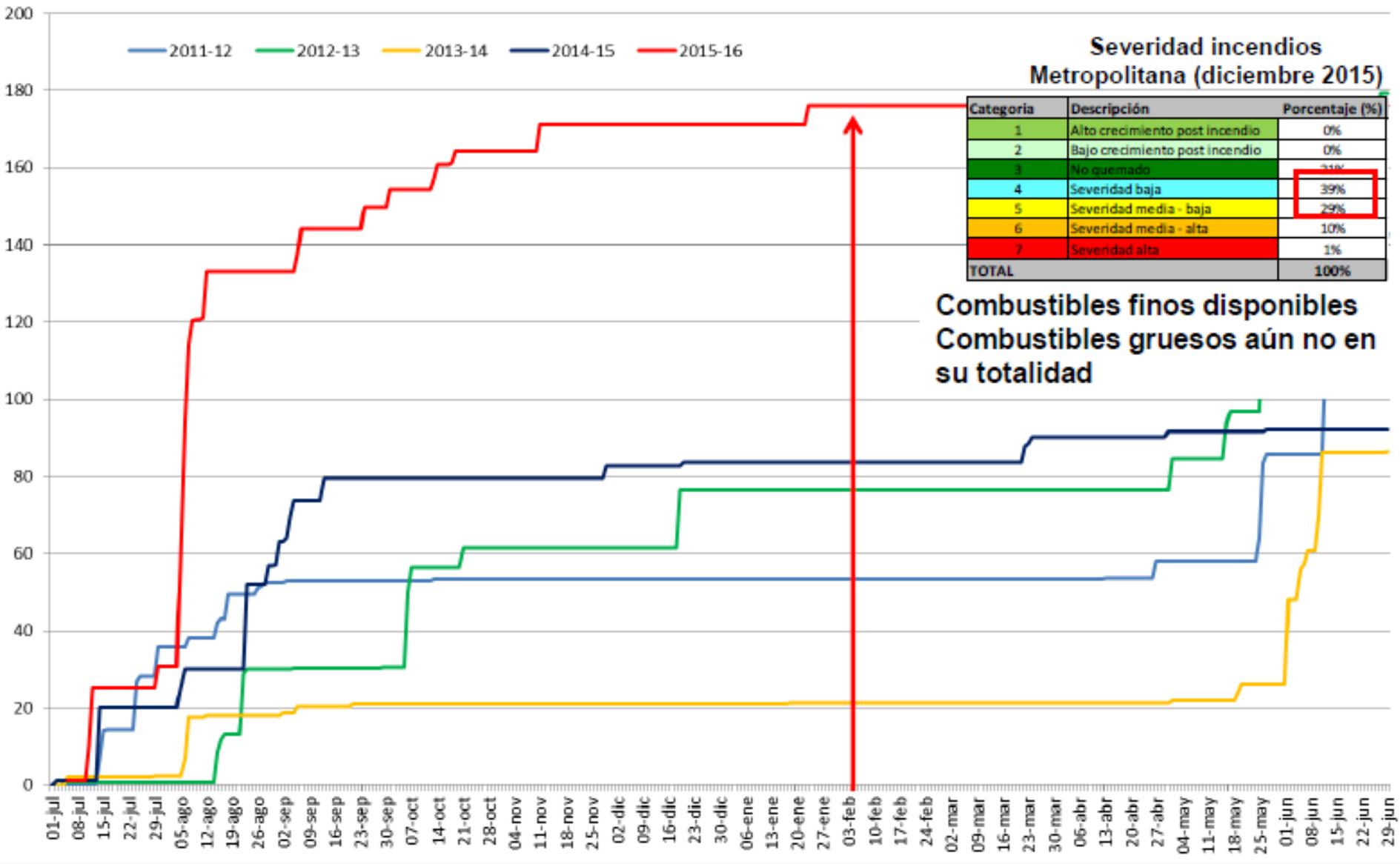
Promedio	2015-2016	2014-2015
	29	47 (-38%)

Número de Incendios



# PRECIPITACIÓN ACUMULADA Y DAÑO POR INCENDIOS FORESTALES

## Pudahuel Santiago - Precipitación Acumulada por Temporada Incendios (mm)



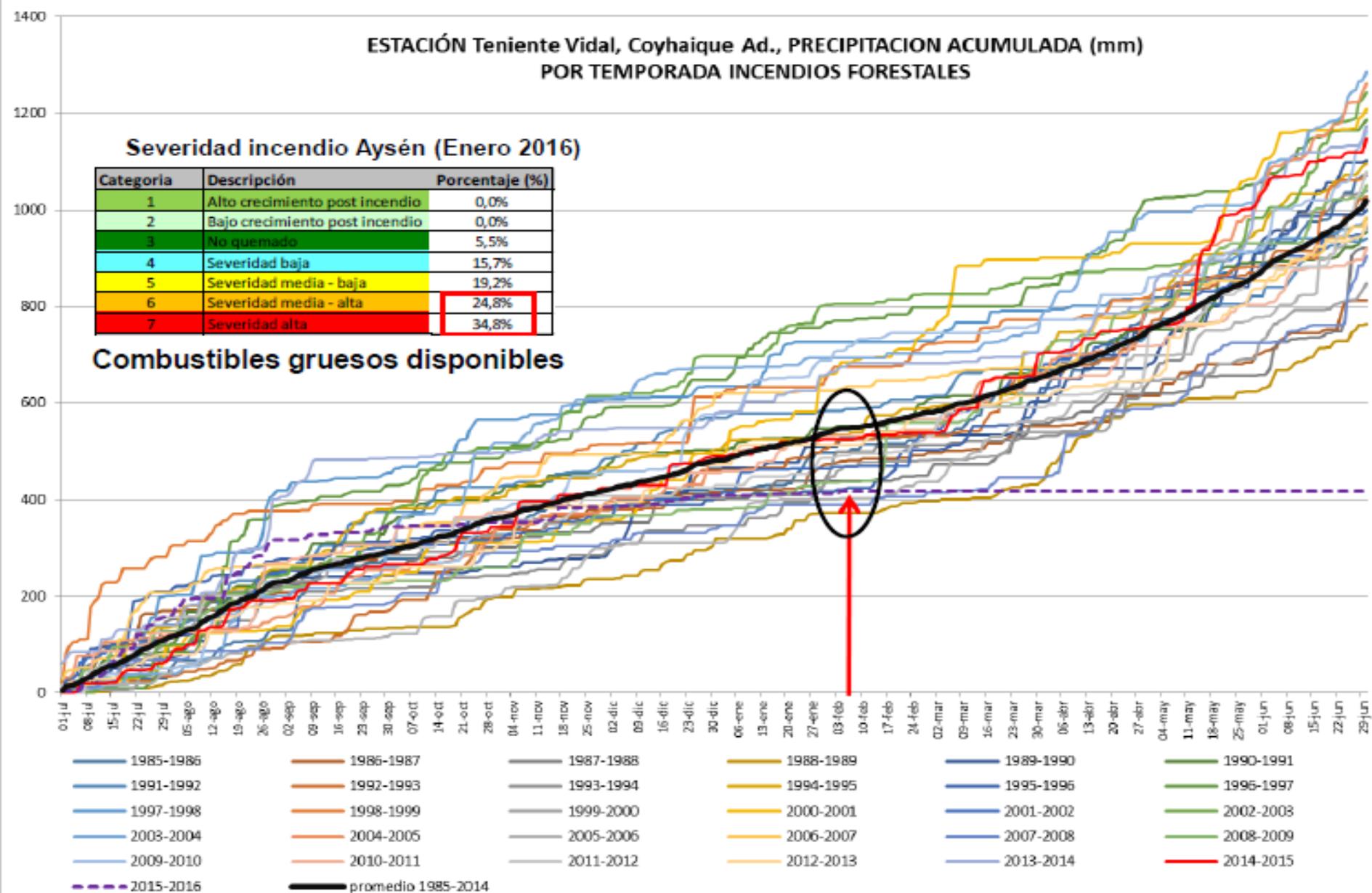
# PRECIPITACIÓN ACUMULADA Y DAÑO POR INCENDIOS FORESTALES

ESTACIÓN Teniente Vidal, Coyhaique Ad., PRECIPITACION ACUMULADA (mm)  
POR TEMPORADA INCENDIOS FORESTALES

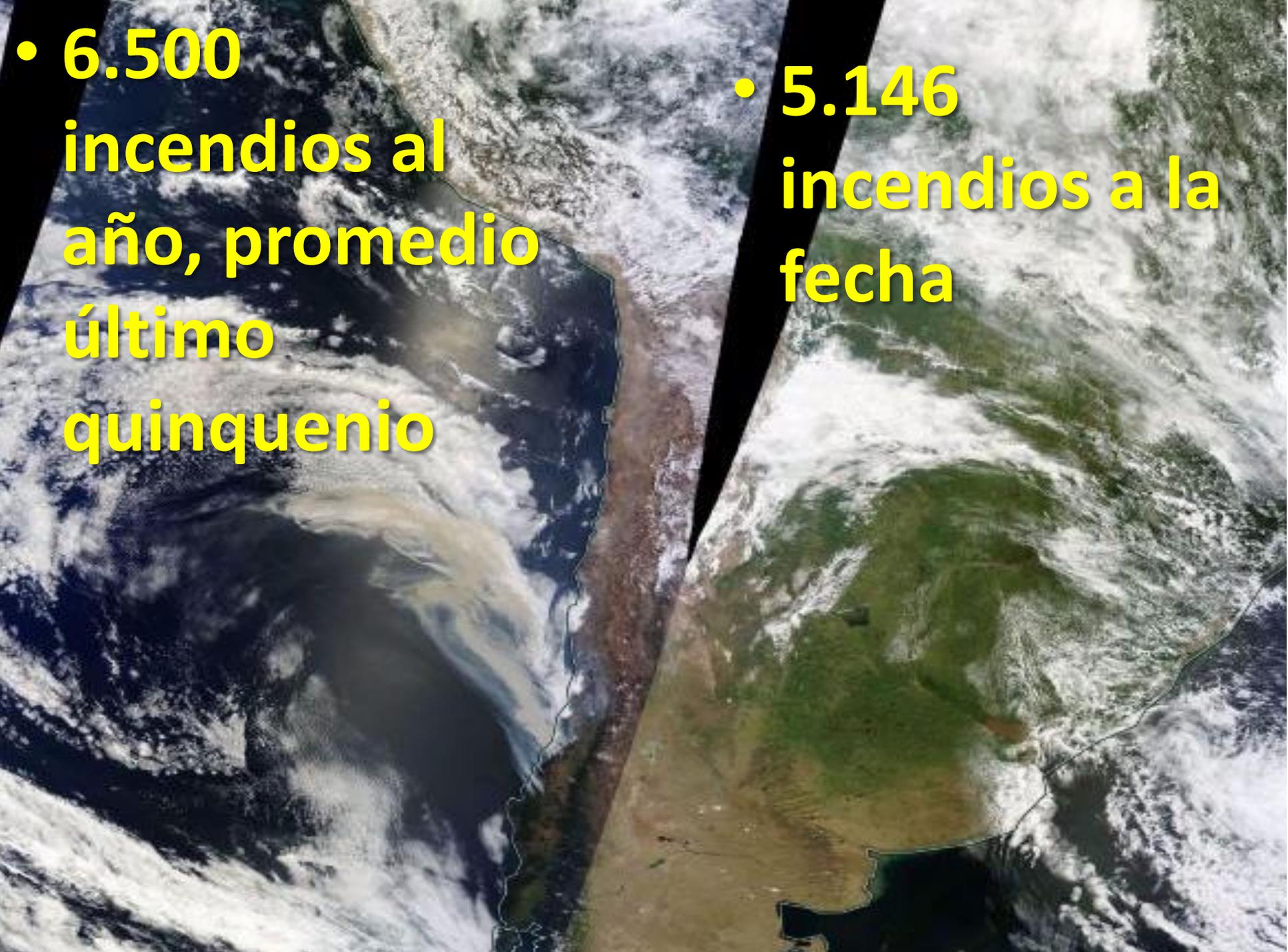
## Severidad incendio Aysén (Enero 2016)

Categoría	Descripción	Porcentaje (%)
1	Alto crecimiento post incendio	0,0%
2	Bajo crecimiento post incendio	0,0%
3	No quemado	5,5%
4	Severidad baja	15,7%
5	Severidad media - baja	19,2%
6	Severidad media - alta	24,8%
7	Severidad alta	34,8%

## Combustibles gruesos disponibles

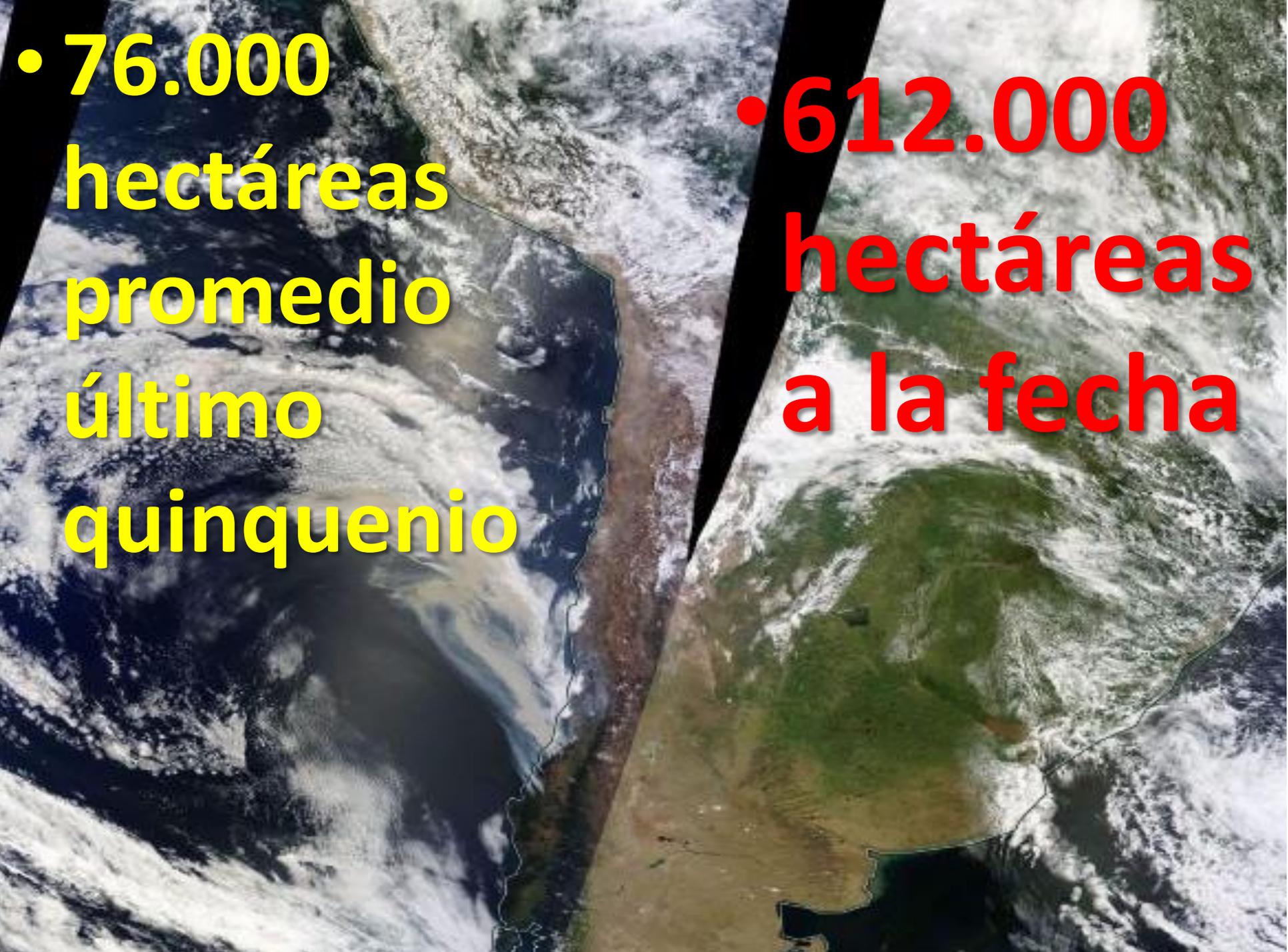




A satellite image of Earth showing a large fire plume over the Atlantic Ocean. The plume is a dark, irregular shape extending from the coast of Africa towards the west. The surrounding ocean is blue, and the landmasses are green and brown. The text is overlaid on the left side of the image.

• 6.500 incendios al año, promedio último quinquenio

• 5.146 incendios a la fecha

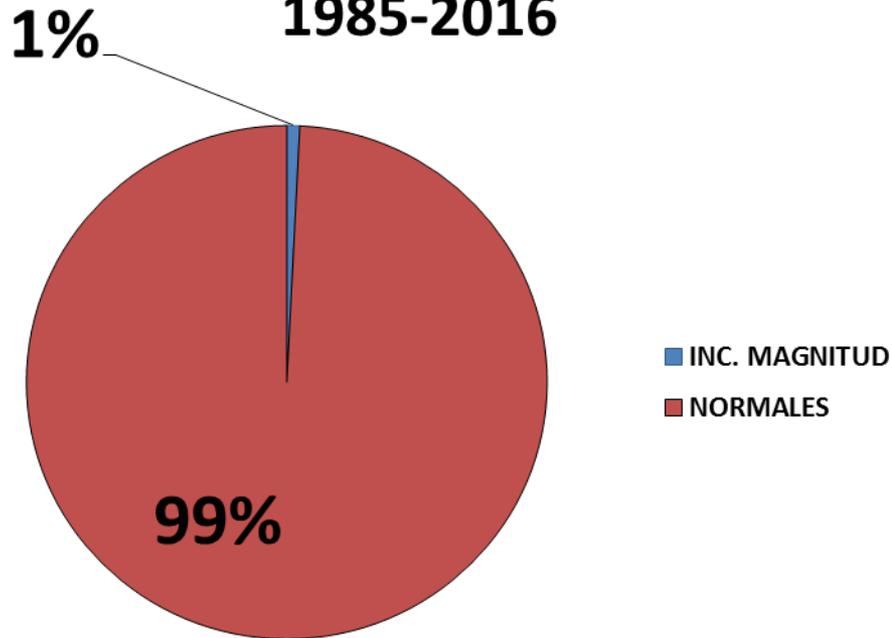
A satellite image of a river delta, likely the Amazon, showing a wide river channel branching into smaller distributaries. A black arrow points from the left side of the image towards the right. The text is overlaid on the left side of the image.

• 76.000  
hectáreas  
promedio  
último  
quinquenio

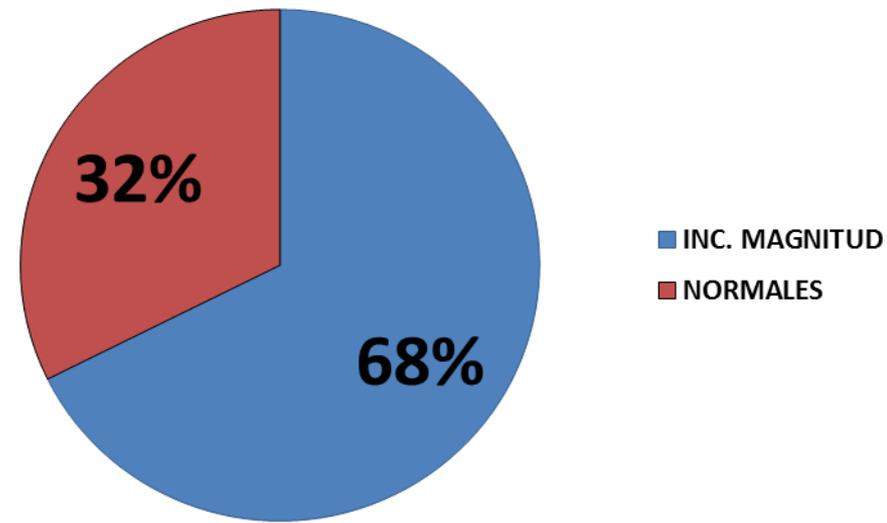
• 612.000  
hectáreas  
a la fecha

# Incendios de Magnitud

Ocurrencia incendios forestales 1985-2016



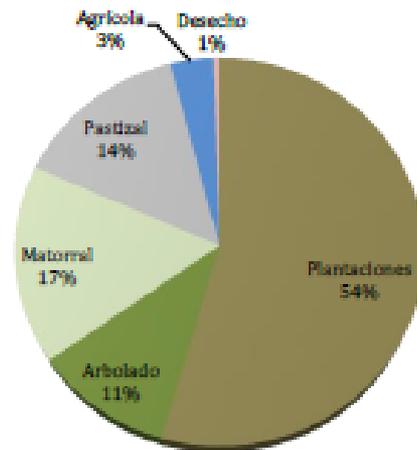
Daño por incendios forestales 1985-2016



# VEGETACION AFECTADA POR INCENDIOS FORESTALES

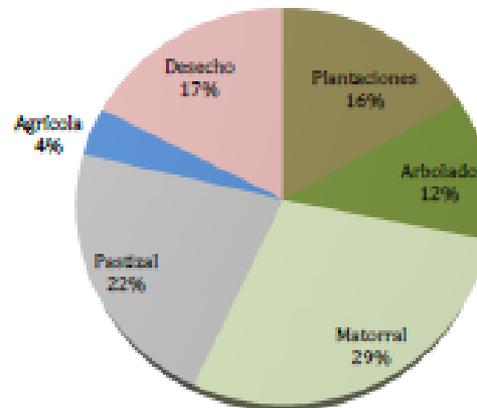
## VEGETACIÓN AFECTADA POR INCENDIOS FORESTALES A NIVEL NACIONAL

Período 2016-2017



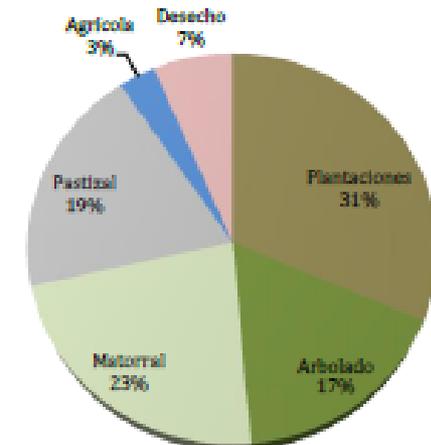
**612.518 ha**

Período 2015-2016



**41.821 ha**

Promedio quinquenio



**76.176 ha**

Periodos	Plantaciones	Arbolado	Matorral	Pastizal	Agrícola	Desecho	Total
Período 2016-2017	333.290	65.776	101.275	87.659	21.118	3.400	612.518
Período 2015-2016	6.889	4.921	11.972	9.142	1.640	7.257	41.821
Promedio Quinquenio	23.967	13.038	17.384	14.548	2.284	4.943	76.176

\* Los antecedentes de la superficie afectada por tipo de vegetación abarcan desde la región de Arica y Parícuta hasta la región de Magallanes y de la Antártica Chilena y consideran los incendios cuando ya se encuentran extinguidos.

# METODOLOGÍA (2 formas de cálculo)

Calculadora de Emisiones GEI

Emisiones GEI: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

Análisis de Severidad con imágenes satelitales  
(Análisis dNBR)

Asimilación de Severidad por tipo de Vegetación  
(Porcentaje de biomasa consumida)

Emisiones GEI Potenciales: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

Modelación Intensidad Calórica Dinámica  
(Simulación del Comportamiento del Fuego - WFA)

Asimilación de Severidad por tipo de Vegetación  
(Porcentaje de biomasa consumida)

Emisiones GEI evitadas: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

Calculadora de Emisiones GEI

Emisiones GEI: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

Análisis de Severidad con imágenes satelitales  
(Análisis dNBR)

Utilizando Superficie quemada  
Mapas de carbono, IPA, F.C. IPCC.

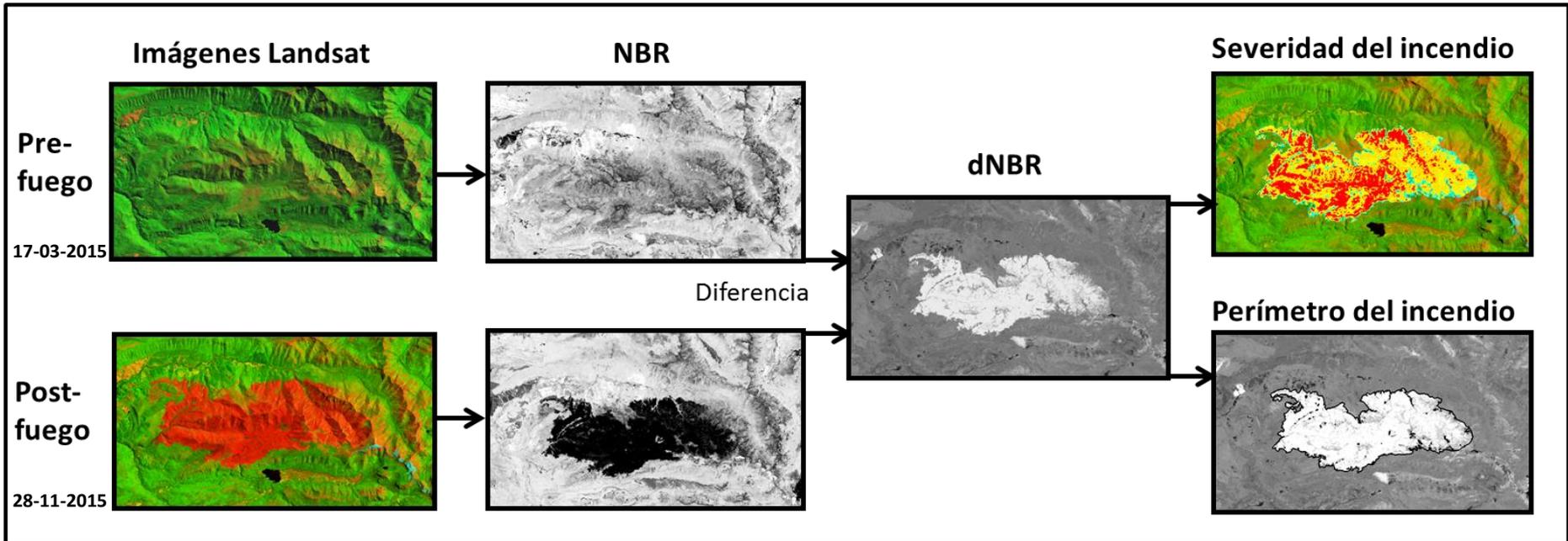
Emisiones GEI Potenciales: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

Modelación Intensidad Calórica Dinámica  
(Simulación del Comportamiento del Fuego - WFA)

Utilizando Superficie quemada  
Mapas de carbono, IPA, F.C. IPCC.

Emisiones GEI evitadas: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

# PROCESO DE CALCULO DE LA SEVERIDAD DE UN INCENDIO MEDIANTE EL dNBR



Valores y categorías utilizadas según el Servicio Forestal de Estados Unidos

Descripción
Alto crecimiento post incendio
Bajo crecimiento post incendio
No quemado
Severidad baja
Severidad media - baja
Severidad media - alta
Severidad alta

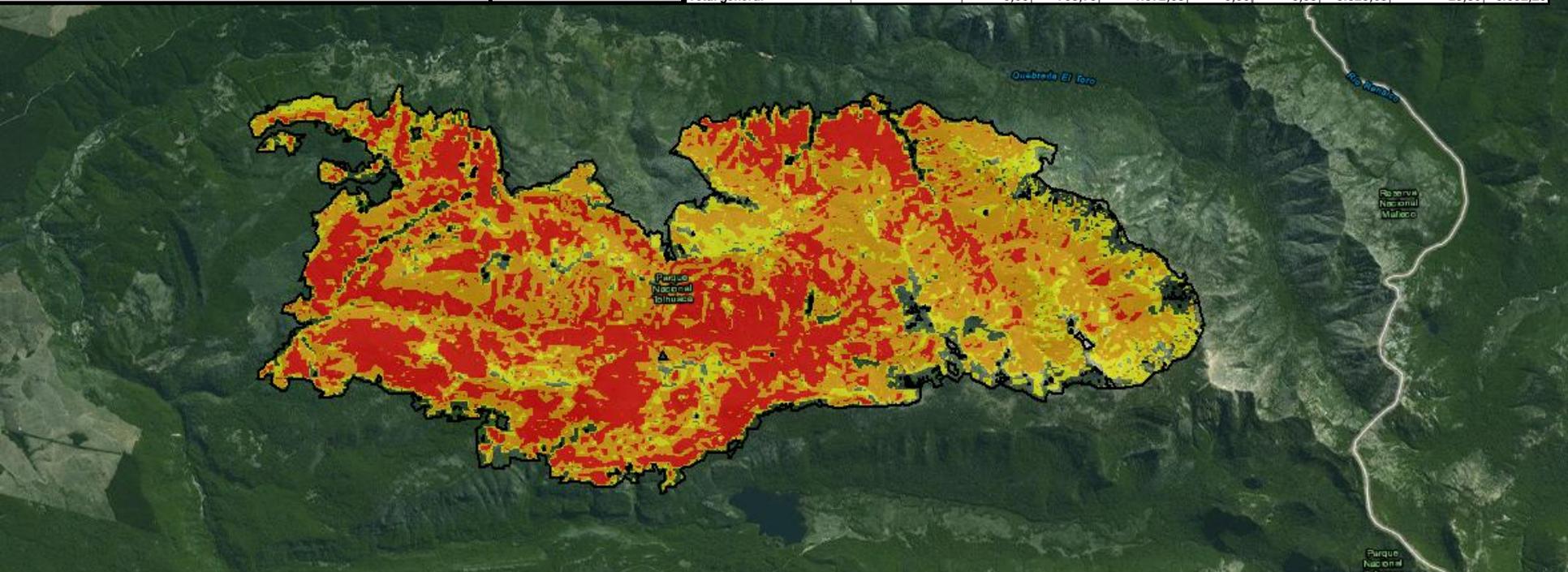
# Análisis de Severidad Incendio Forestal

## Niblinto

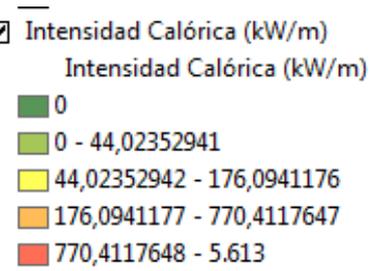
Niblinto 2015

Categoría	Descripción	Porcentaje (%)
1	Alto crecimiento post incendio	0,0%
2	Bajo crecimiento post incendio	0,0%
3	No quemado	2,4%
4	Severidad baja	9,0%
5	Severidad media - baja	14,4%
6	Severidad media - alta	42,7%
7	Severidad alta	31,6%
<b>TOTAL</b>		<b>100%</b>

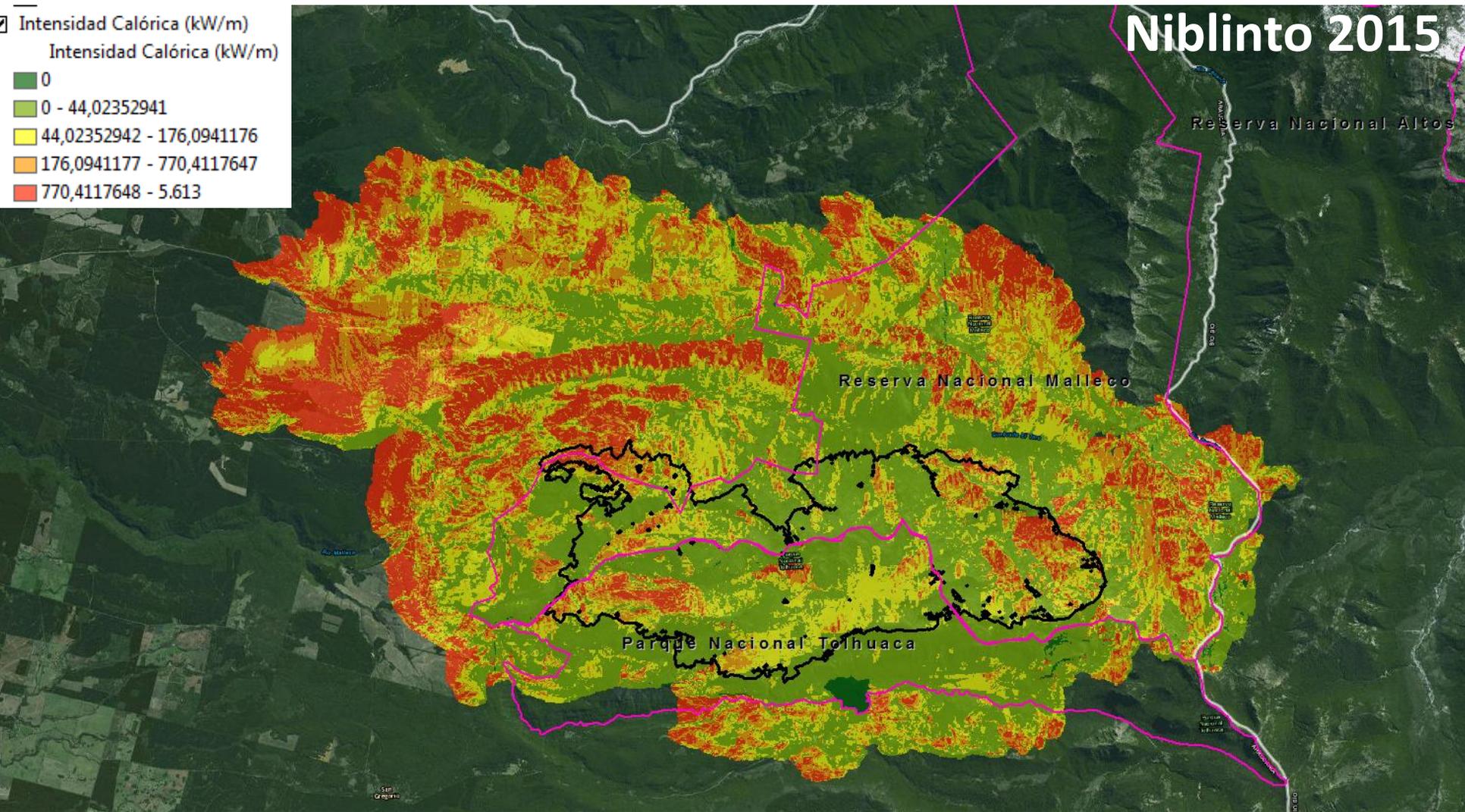
	Severidad y tipo de vegetación afectada								
	BIOMASA								
SEVERIDAD	Sin vegetación	Praderas	Matorral	Matorral arborescente	Terreno agrícola	Bosque coníferas	Bosque frondosas	Plantaciones	Total general
Alto crecimiento post incendio									
Bajo crecimiento post incendio			0,02				0,04	0,02	0,08
No quemado		0,04	6,38	38,19		1,59	93,52	2,71	142,43
Baja severidad		0,02	66,91	174,88		3,54	291,78	4,00	541,13
Media severidad		0,0002	108,66	272,27		1,67	480,75	5,02	868,37
Alta severidad		0,00	256,56	805,11		0,06	1.509,03	6,29	2.577,05
Muy alta severidad		0,00	267,22	681,63		0,00	948,60	5,77	1.903,22
Total general		0,06	705,73	1.972,08	0,00	6,85	3.323,68	23,80	6.032,20



# Análisis de Intensidad Calórica Potencial



**Niblinto 2015**



# EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE SEVERIDAD PARA EL INCENDIO FORESTAL R.N.MALLECO 2002

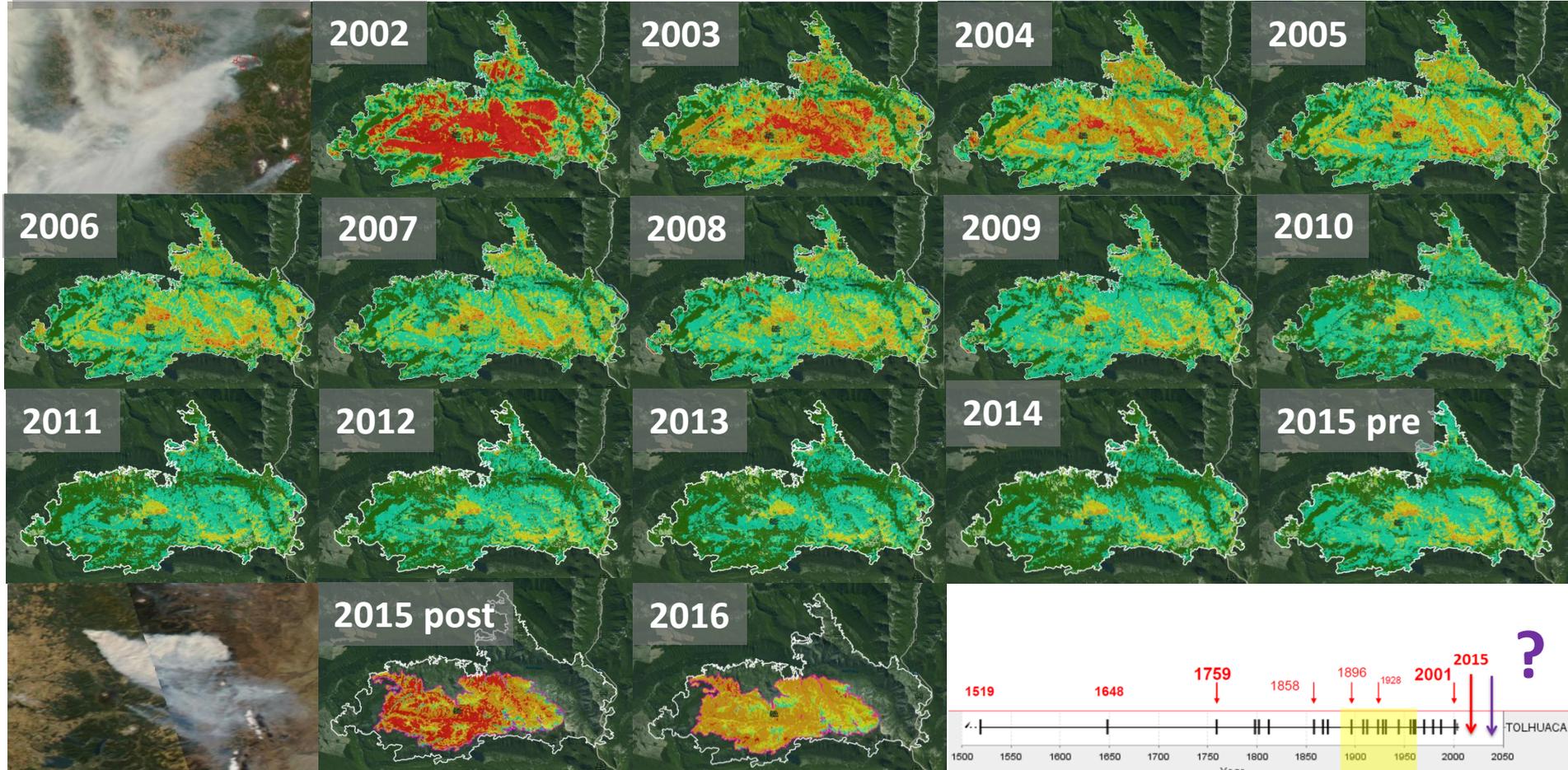
Nivel de severidad	Año															Diferencia 2015-2002 (ha)	Diferencia 2015-2002 (%)
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015			
Alto crecimiento post incendio	6,7	33,8	35,7	19,4	14,7	32,3	24,8	22,4	55,6	39,7	58,8	67,3	58,9	60,0	53,3	792%	
Bajo crecimiento post incendio	115,7	225,4	173,8	155,1	113,3	164,6	120,5	108,8	303,6	327,5	347,6	420,7	345,0	220,0	104,3	90,2%	
No quemado	3.365,7	3.478,8	2.878,2	3.207,7	3.187,5	3.774,7	3.235,1	3.196,3	4.911,7	6.516,3	6.284,8	7.425,3	7.513,9	4.981,4	1.615,7	48,0%	
Severidad baja	2.806,2	2.582,6	3.863,5	4.652,3	5.632,1	5.797,8	6.396,3	7.511,3	6.720,9	6.055,2	6.002,5	5.351,7	5.128,8	6.988,5	4.182,3	149,0%	
Severidad media - baja	2.137,1	2.520,2	3.635,2	4.299,8	4.179,5	3.730,9	3.784,7	2.987,1	2.125,1	1.343,9	1.563,5	1.093,3	1.210,9	1.893,7	-243,4	-11,4%	
Severidad media - alta	1.864,2	3.990,4	3.369,9	1.963,0	1.263,9	932,5	851,1	607,6	340,3	175,7	203,1	106,7	206,1	318,2	-1.546,0	-82,9%	
Severidad alta	4.170,0	1.634,3	509,1	168,3	74,5	32,7	53,0	32,0	8,5	7,3	5,4	0,6	1,9	3,7	-4.166,2	-99,9%	

¿RECUPERACIÓN?

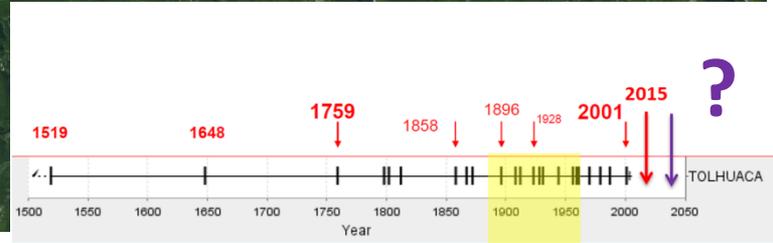
Año	Nivel de severidad						
	1	2	3	4	5	6	7
2002 (incendio)	6,7	115,7	3.365,7	2.806,2	2.137,1	1.864,2	4.170,0
2003	33,8	225,4	3.478,8	2.582,6	2.520,2	3.990,4	1.634,3
2004	35,7	173,8	2.878,2	3.863,5	3.635,2	3.369,9	509,1
2005	19,4	155,1	3.207,7	4.652,3	4.299,8	1.963,0	168,3
2006	14,7	113,3	3.187,5	5.632,1	4.179,5	1.263,9	74,5
2007	32,3	164,6	3.774,7	5.797,8	3.730,9	932,5	32,7
2008	24,8	120,5	3.235,1	6.396,3	3.784,7	851,1	53,0
2009	22,4	108,8	3.196,3	7.511,3	2.987,1	607,6	32,0
2010	55,6	303,6	4.911,7	6.720,9	2.125,1	340,3	8,5
2011	39,7	327,5	6.516,3	6.055,2	1.343,9	175,7	7,3
2012	58,8	347,6	6.284,8	6.002,5	1.563,5	203,1	5,4
2013	67,3	420,7	7.425,3	5.351,7	1.093,3	106,7	0,6
2014	58,9	345,0	7.513,9	5.128,8	1.210,9	206,1	1,9
2015 (pre incendio)	60,0	220,0	4.981,4	6.988,5	1.893,7	318,2	3,7

# EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE SEVERIDAD PARA EL INCENDIO FORESTAL R.N.MALLECO 2002, NIBLINTO 2015

IF MALLECO 2002



IF NIBLINTO 2015



Fuente: Adaptado de Gonzalez et al. en prep



# INCENDIO FORESTAL R.N.MALLECO 2002

Corporación Nacional Forestal- CONAF



# Complejo de IIFF 2017

Santiago Metropolitan Santiago

O'Higgins

Mendoza

Maule

Bío-Bío

© 2012 Inav/Geosistemas **Ñuquén**

© 2012 Google

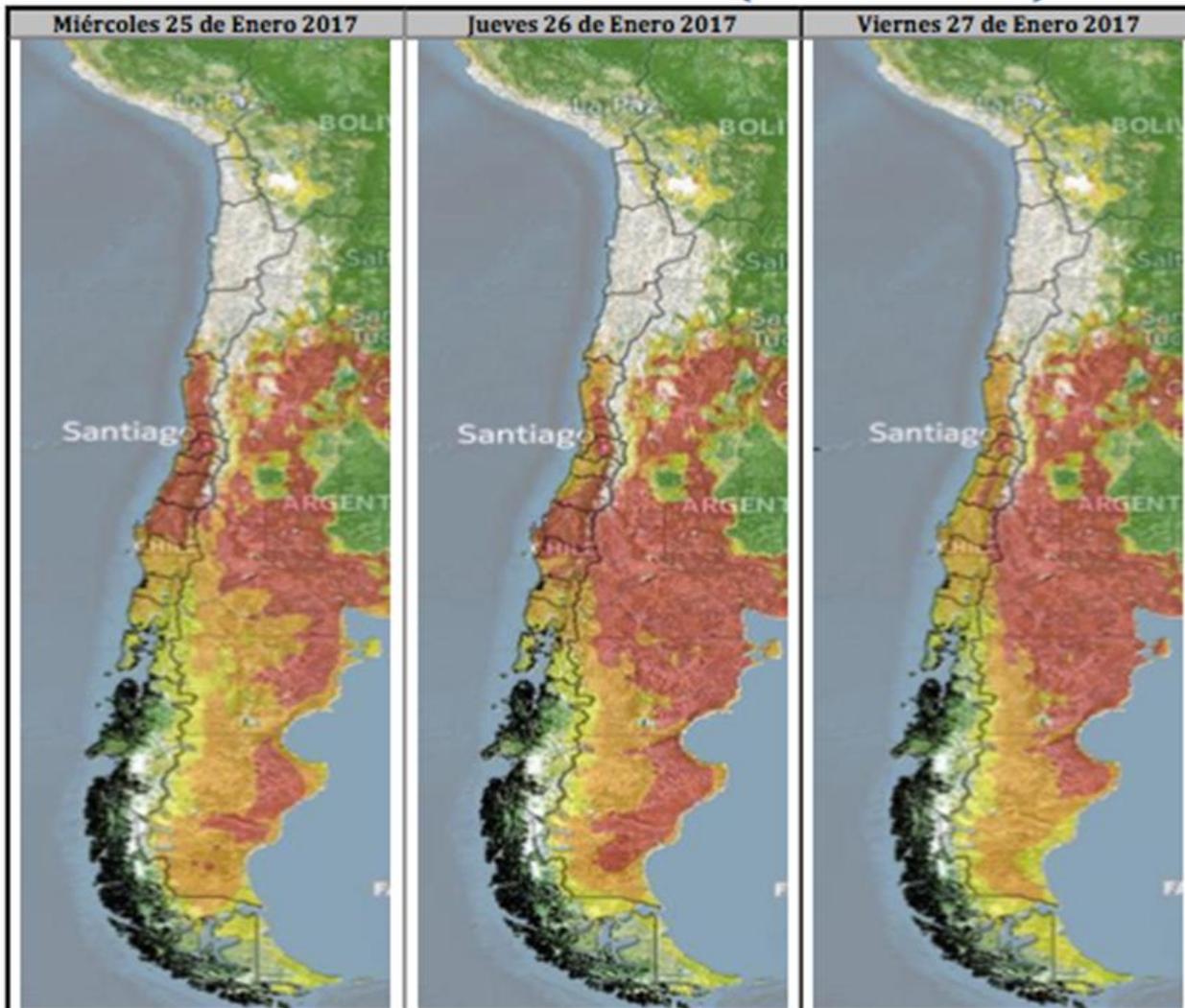
© 2012 Mapcity

© 2012 Cnes/Spot Image

Araucanía



# Riesgo de Incendios Forestales 25 al 27 de Enero 2017



Miércoles 25 de Enero 2017

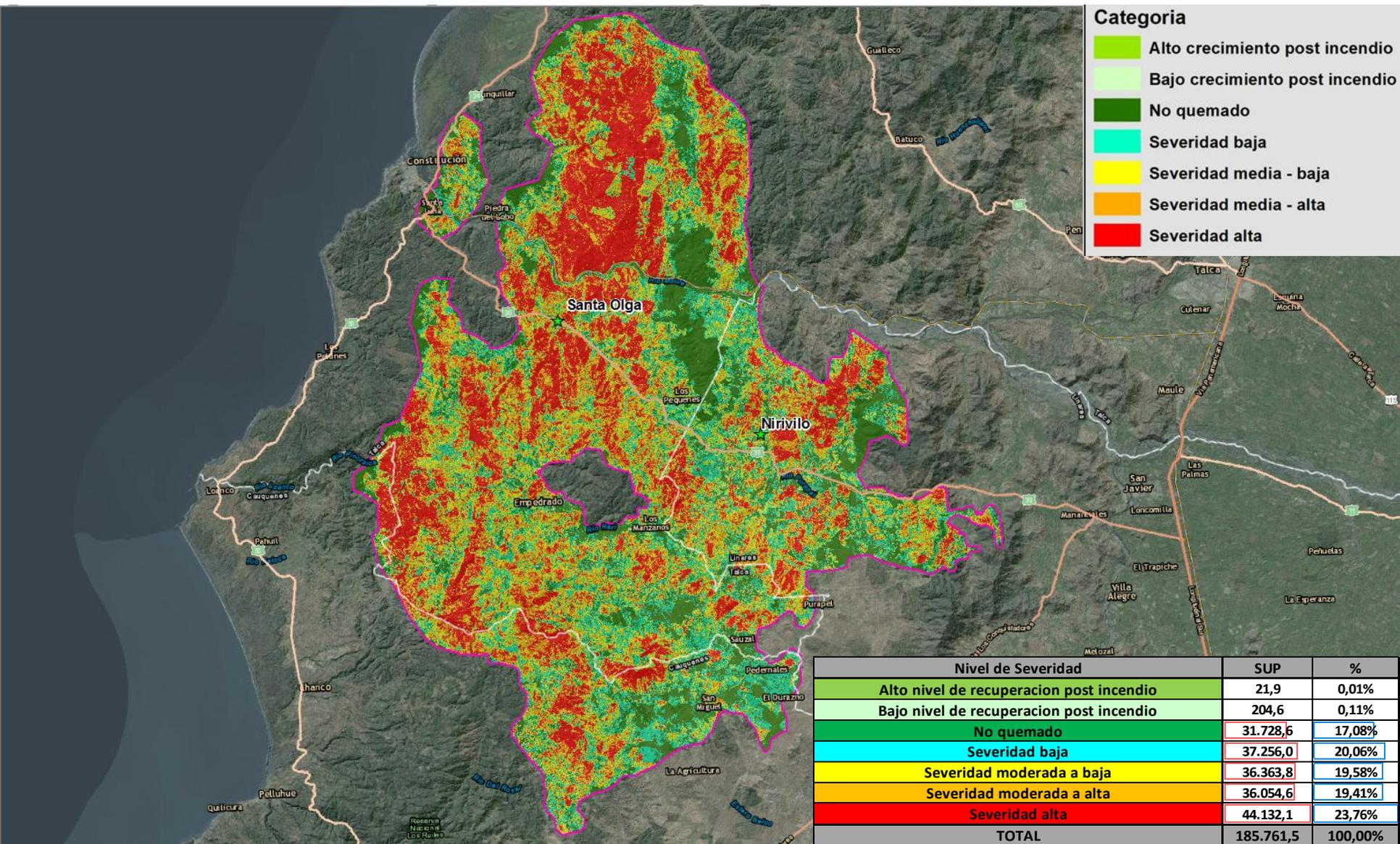
Jueves 26 de Enero 2017

Viernes 27 de Enero 2017

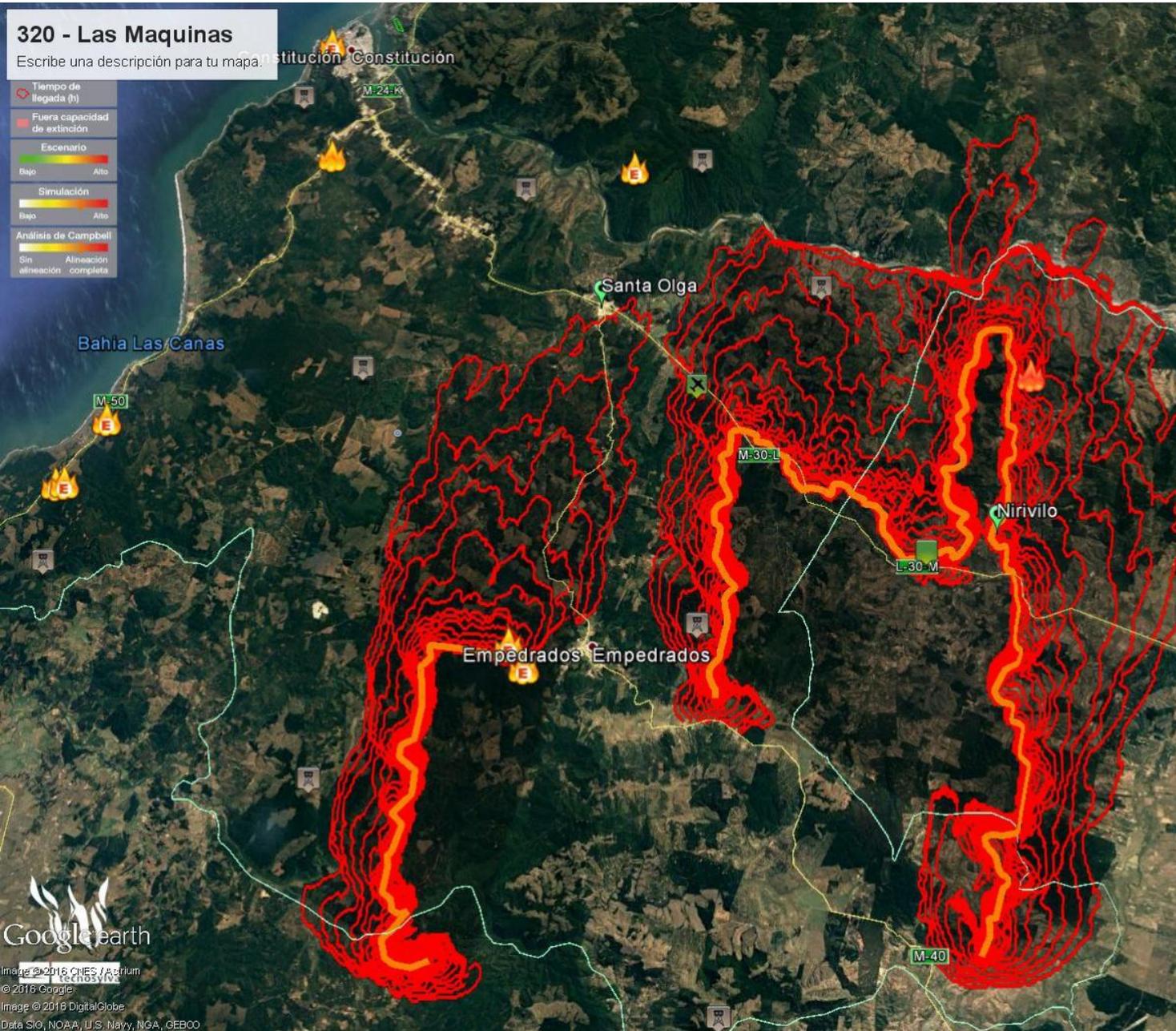
## ÍNDICE DE RIESGO DE INCENDIOS FORESTALES

- NULO
- MUY BAJO
- BAJO
- MEDIO
- ALTO
- EXTREMO

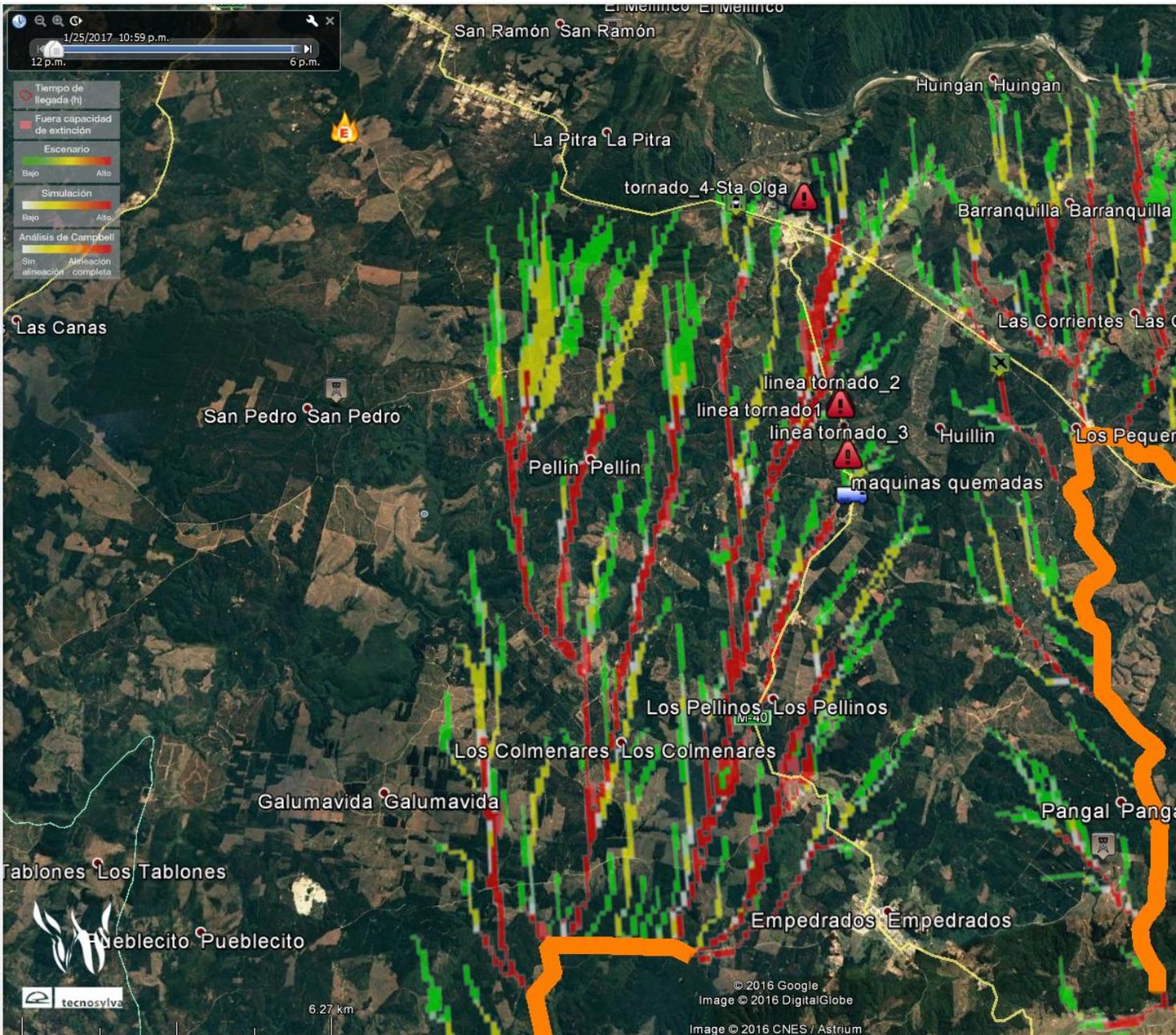
# Análisis de Severidad del incendio (dNBR)



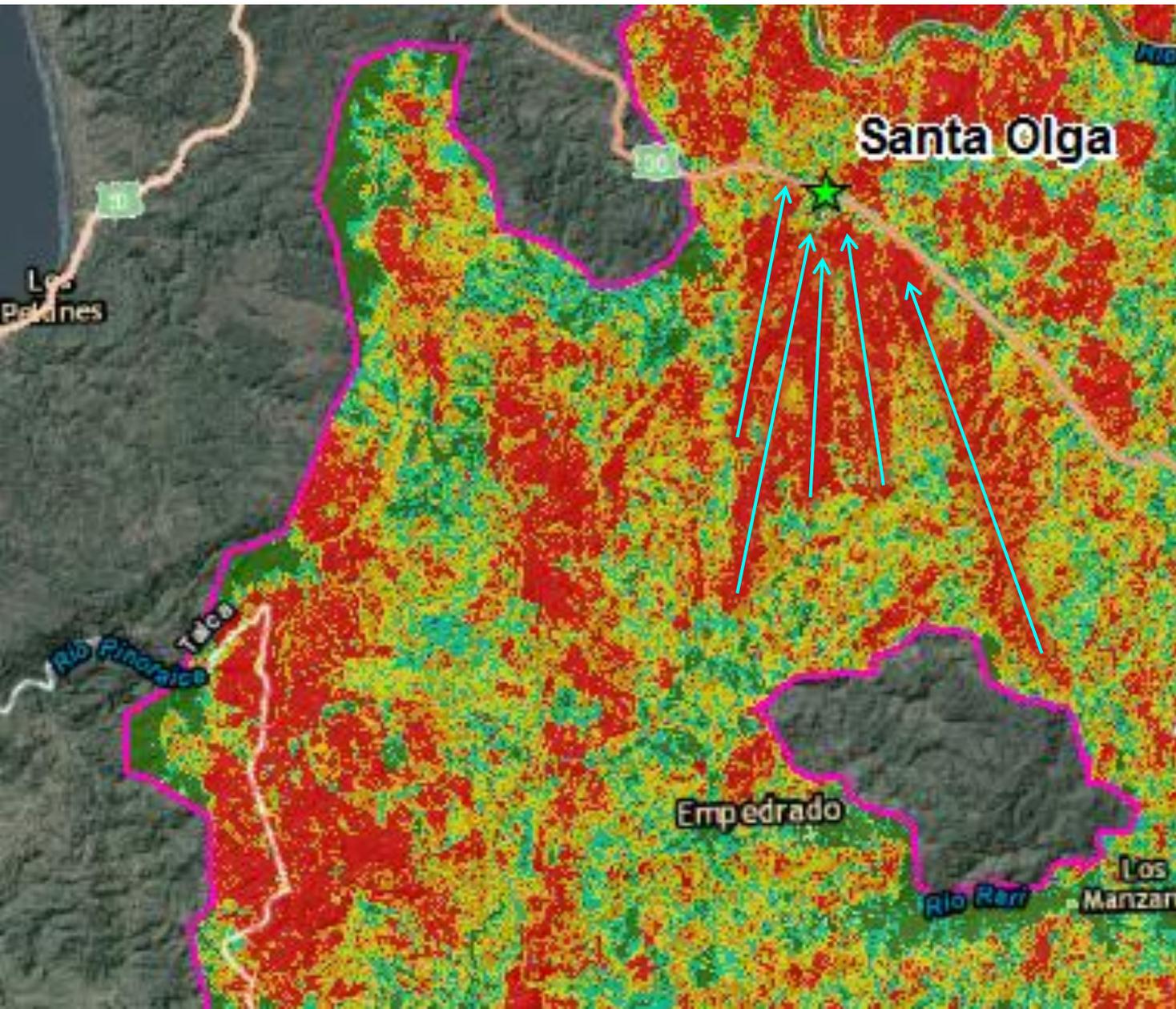
# Simulación 25-01-2017



# Simulación 25-01-2017 / Caminos del fuego



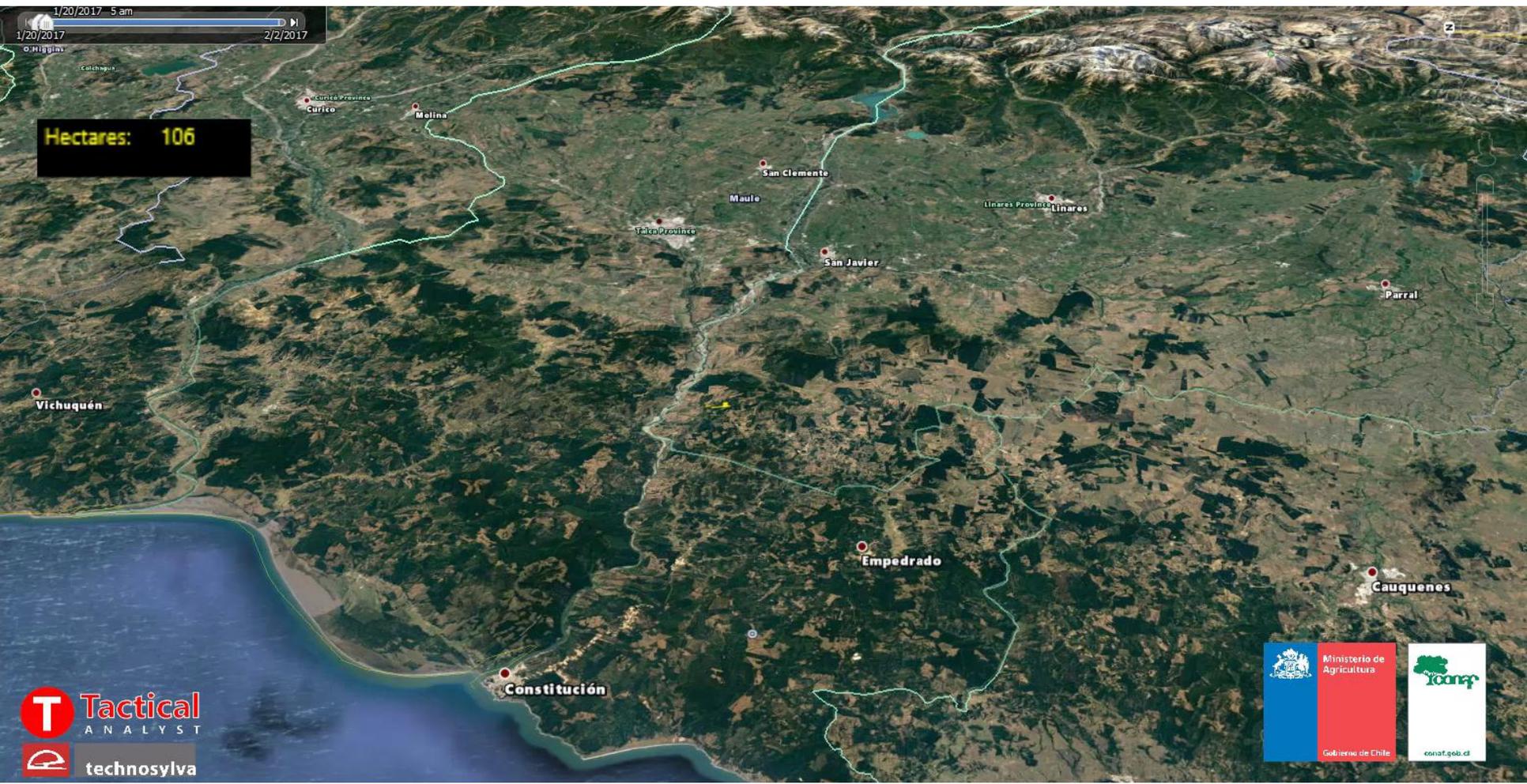
# Severidad / Intensidad del Fuego



# Evolución de Perímetro 25 al 26 de Enero «320 – Las Maquinas»

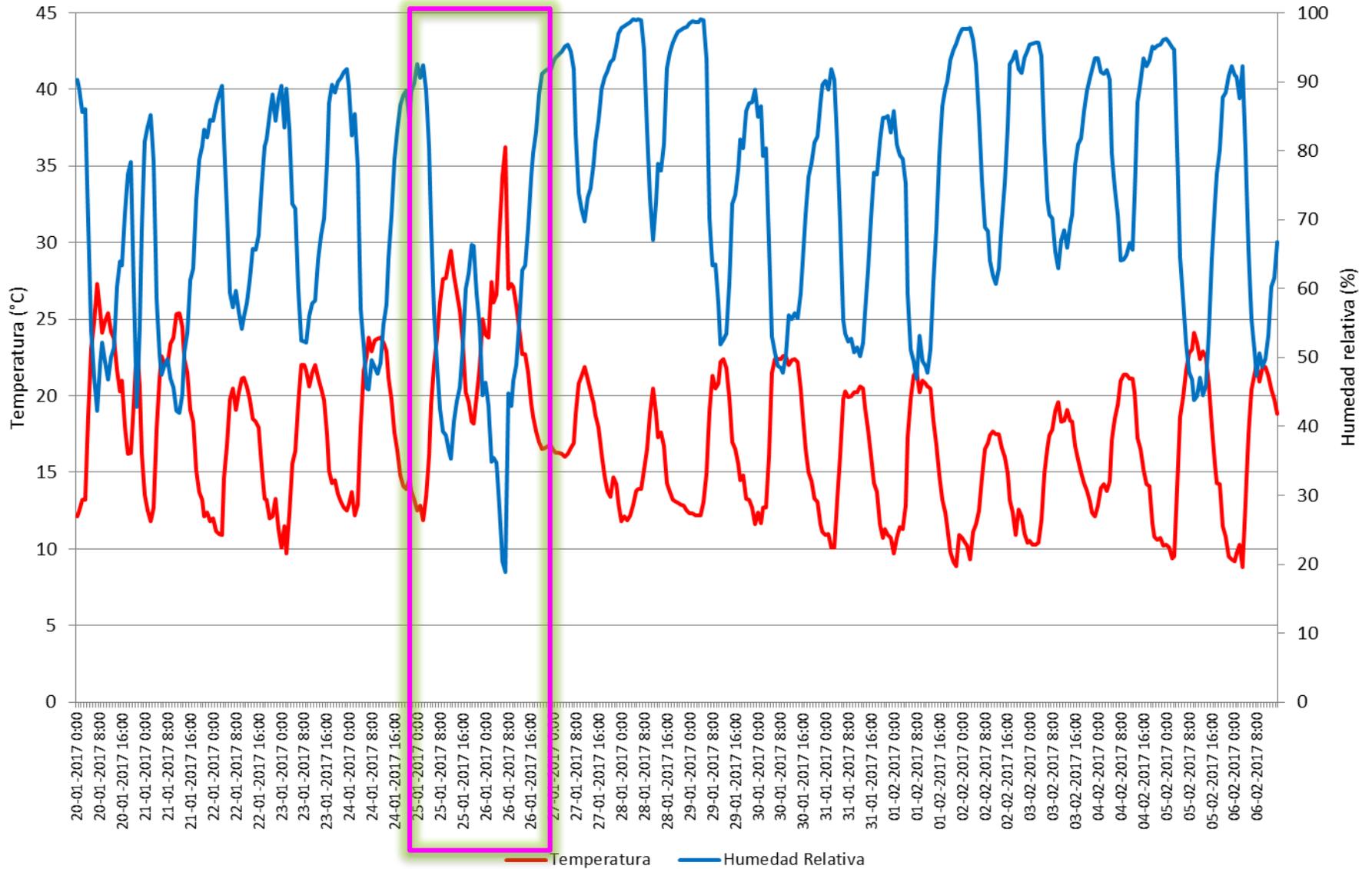


# Reconstrucción con Tactical Analyst (VIIRS DATA)



# Temperatura y Humedad relativa Estación Chanco (INIA)

## Incendio Las Máquinas

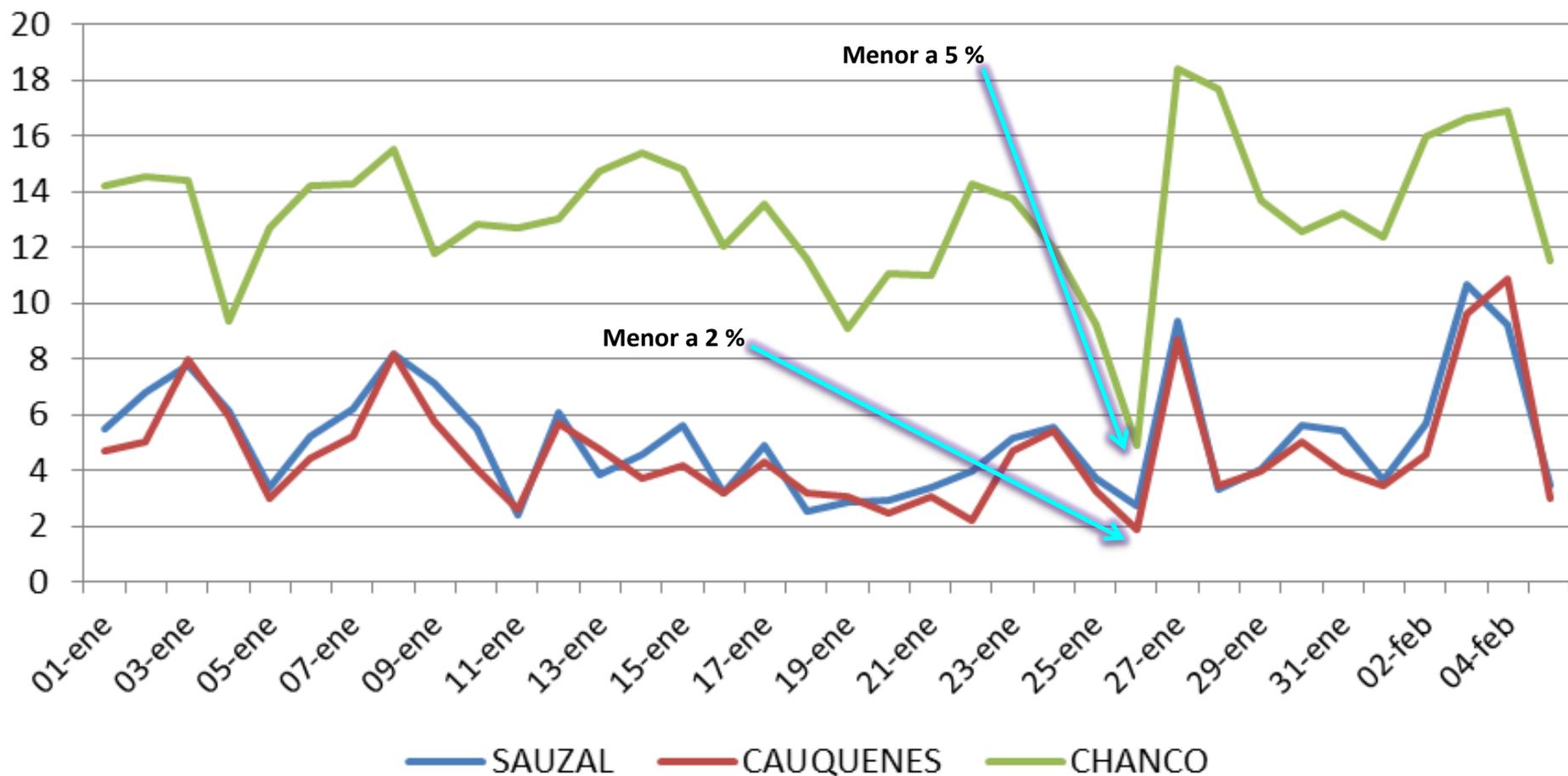


# Datos Viento Estación Chanco (INIA) Incendio Las Máquinas



Humedad de finos muertos más baja del 25 al 26, posterior al ingresar humedad costera, las condiciones cambian y se genera una ventana meteorológica que apoya el trabajo de terreno durante los próximos días. Énfasis en lo bajo de la humedad en Chanco para ser costa, menor a 5% y menor a 2% en el interior.

## Humedad Combustible Fino Muerto - MAULE



OVERLAYS

- Fires and Thermal Anomalies (Day and Night) Terra and Aqua / MODIS
- Fires and Thermal Anomalies (Day, 375m) Suomi NPP / VIIRS
- Fires and Thermal Anomalies (Night, 375m) Suomi NPP / VIIRS
- Coastlines OpenStreetMap (license)
- Coastlines / Borders / Roads OpenStreetMap (license), Natural Earth
- Place Labels OpenStreetMap (license), Natural Earth
- Nighttime Imagery (Day/Night Band, Enhanced Near Constant Contrast) Suomi NPP / VIIRS

BASE LAYERS

- Corrected Reflectance (Bands 7-2-1) Aqua / MODIS
- Corrected Reflectance (Bands M11-I2-11) Suomi NPP / VIIRS
- Corrected Reflectance (True Color) Suomi NPP / VIIRS
- Corrected Reflectance (True Color) Aqua / MODIS
- Corrected Reflectance (True Color) Terra / MODIS

+ Add Layers

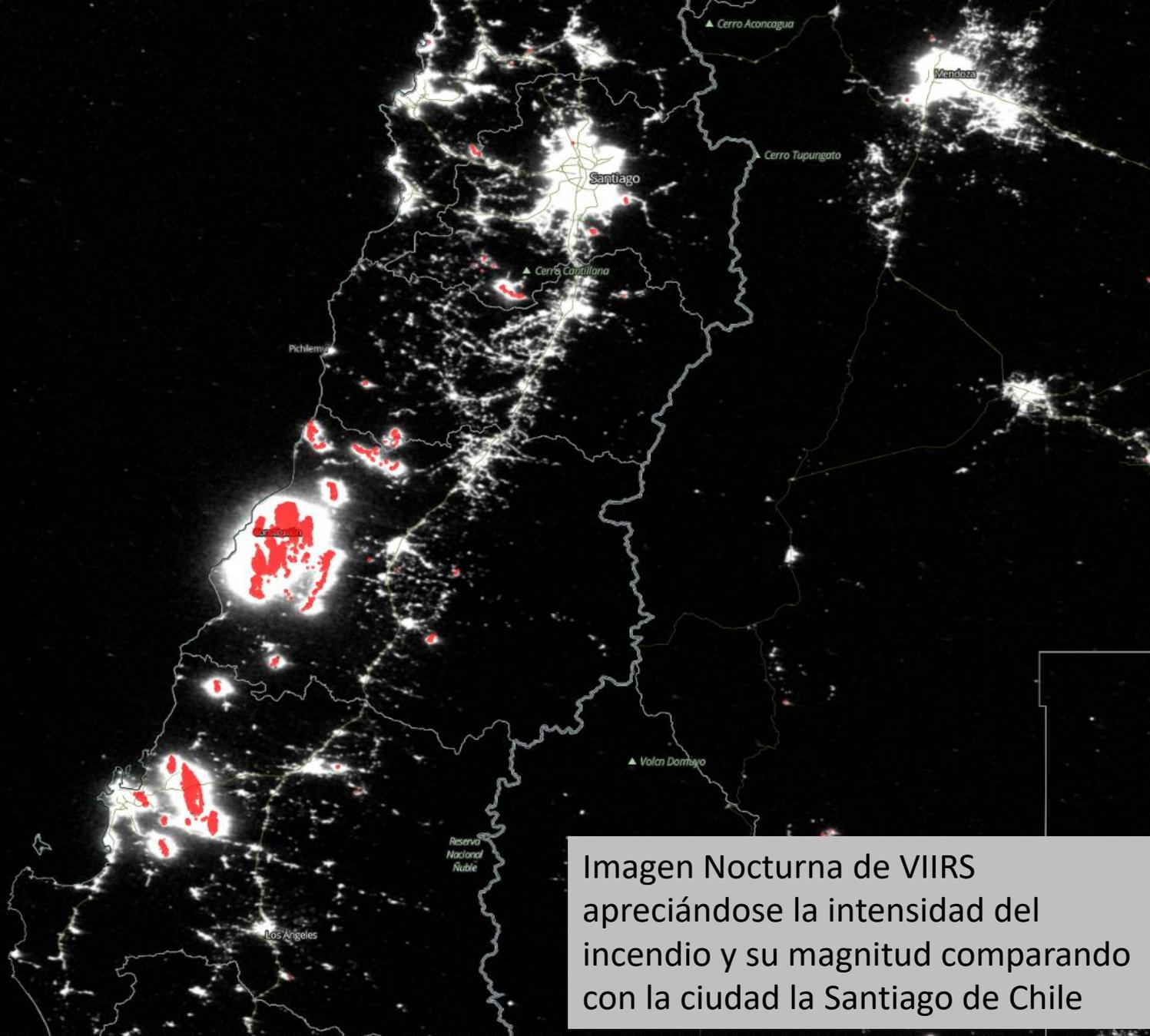
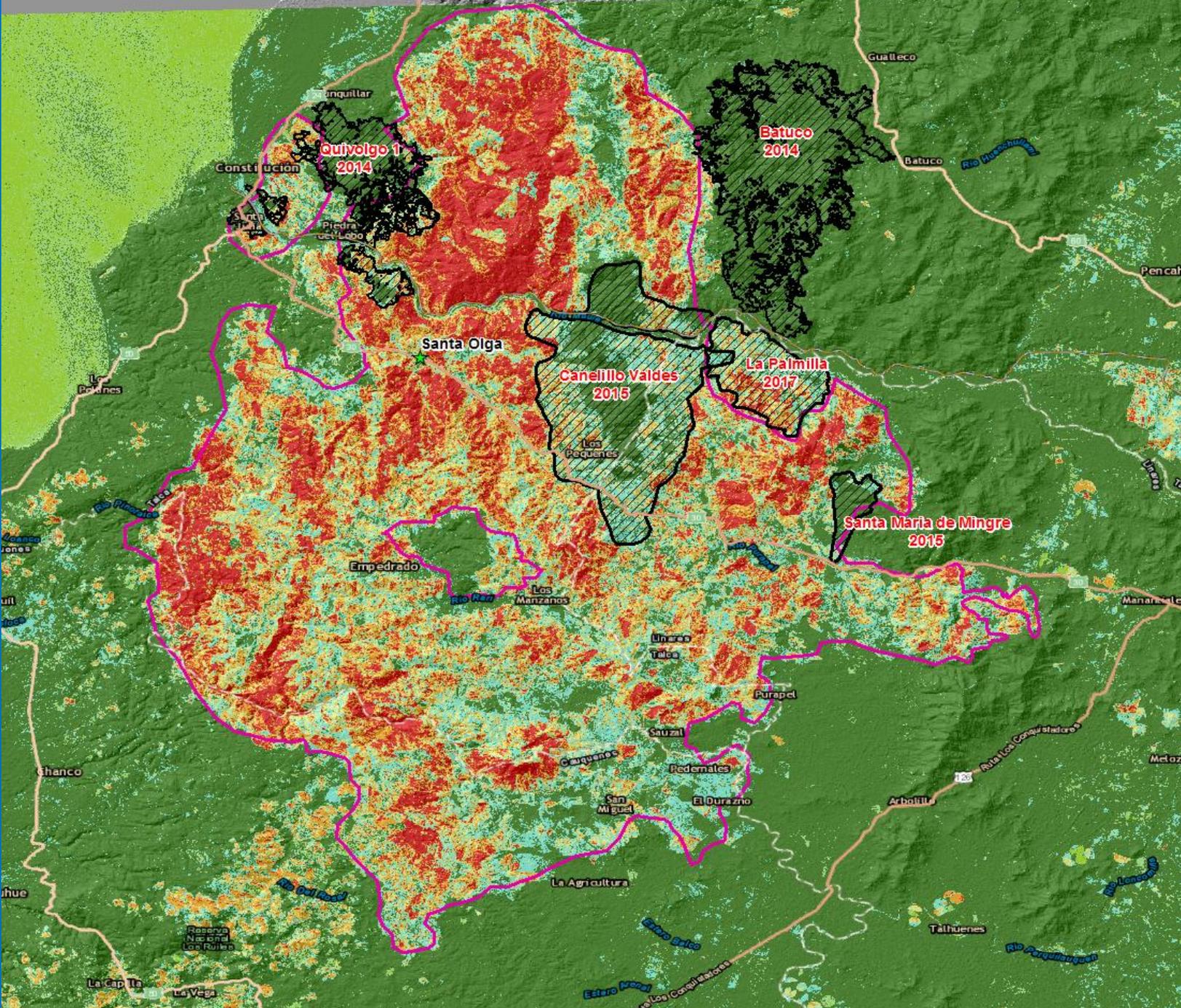
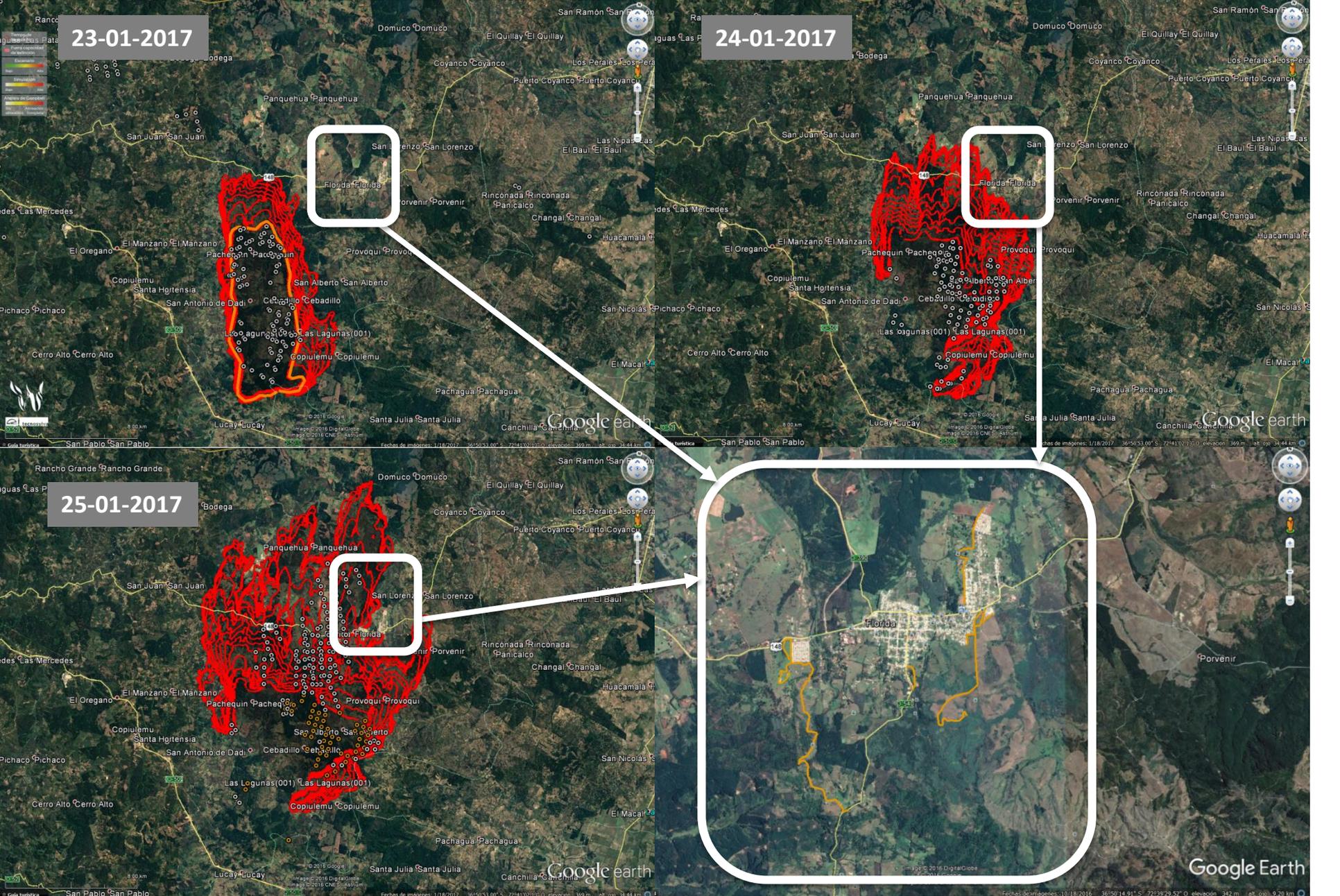


Imagen Nocturna de VIIRS apreciándose la intensidad del incendio y su magnitud comparando con la ciudad la Santiago de Chile

# Incendios Históricos y Severidad





23-01-2017

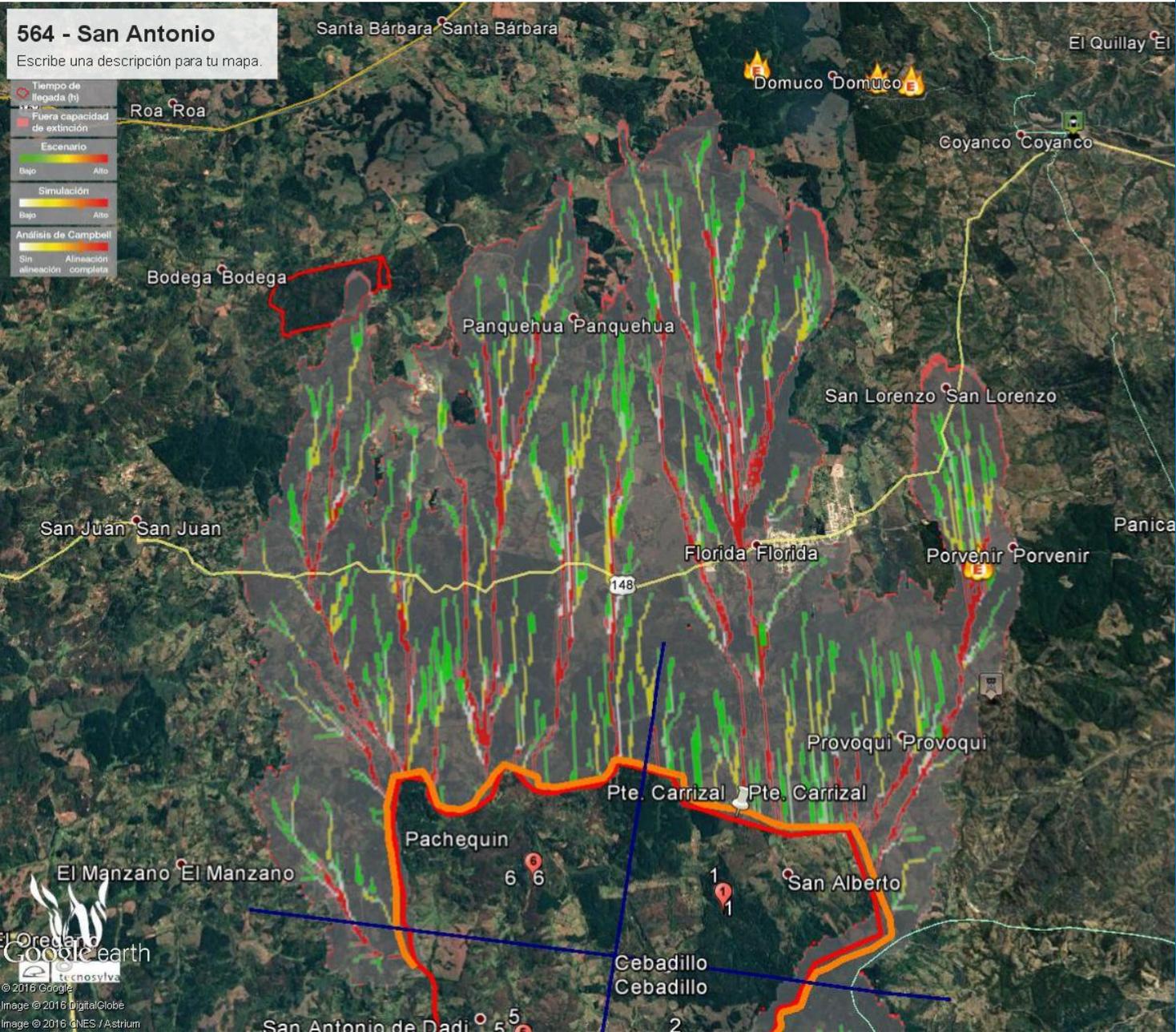
24-01-2017

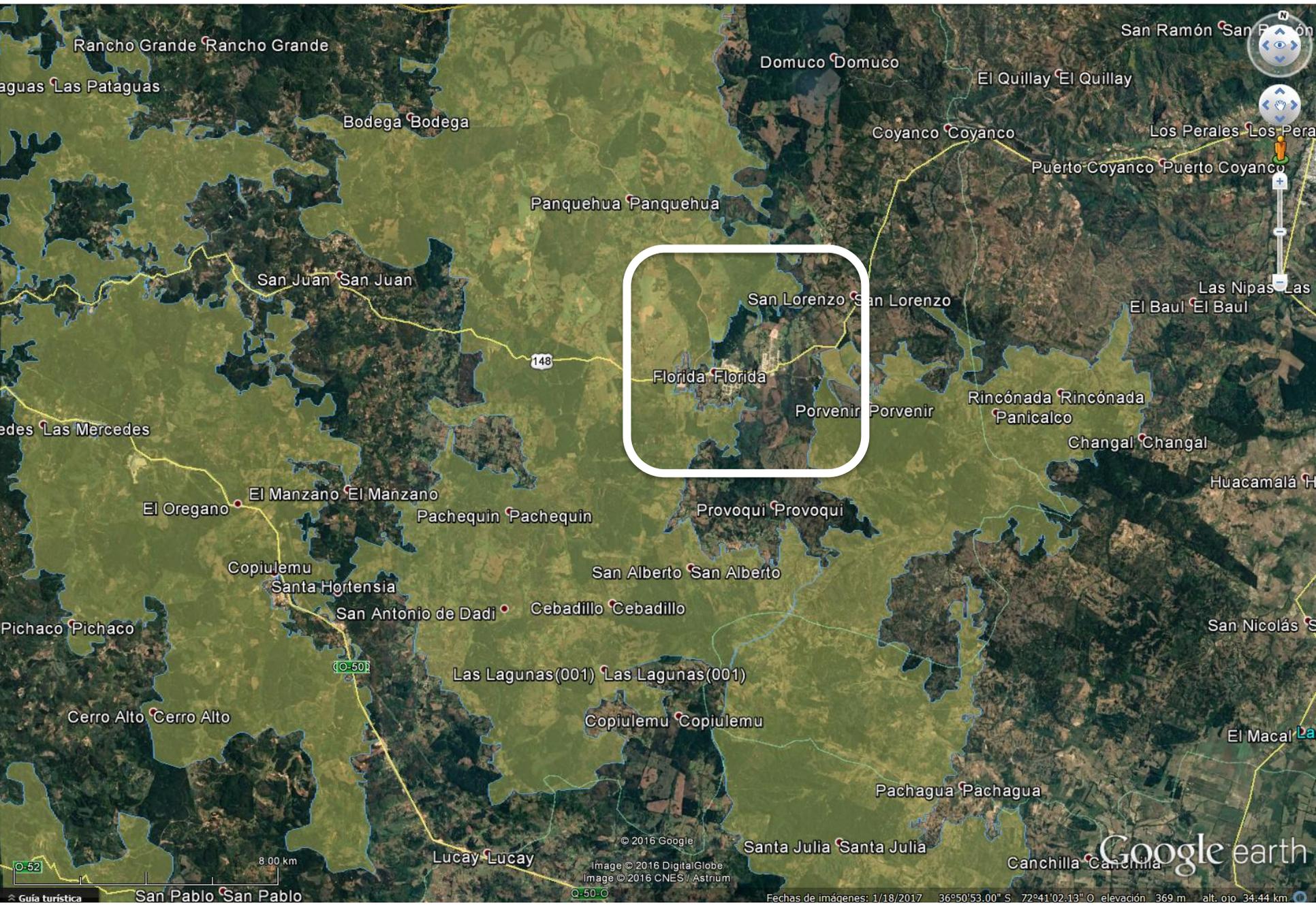
25-01-2017

«546 – San Antonio»  
Región Biobío

Red de Cortafuegos

# Propagación y Caminos del Fuego (FirePaths) (MTT Analysis)





Rancho Grande Rancho Grande

Las Pataguas

Bodega Bodega

Domuco Domuco

El Quillay El Quillay

San Ramón San Ramón

Coyanco Coyanco

Los Perales Los Perales

Puerto Coyanco Puerto Coyanco

Panquehua Panquehua

San Juan San Juan

San Lorenzo San Lorenzo

Las Nipas Las Nipas  
El Baul El Baul

148

Florida Florida

Porvenir Porvenir

Rincónada Rincónada  
Panicalco

Changal Changal

Las Mercedes

El Oregano

El Manzano El Manzano

Pachequin Pachequin

Provoqui Provoqui

Huacamalá Huacamalá

Copiulemu

Santa Hortensia

San Alberto San Alberto

San Antonio de Dadi

Cebadillo Cebadillo

San Nicolás San Nicolás

Pichaco Pichaco

Cerro Alto Cerro Alto

Las Lagunas(001) Las Lagunas(001)

Copiulemu Copiulemu

El Macal El Macal

Pachagua Pachagua

© 2016 Google

Santa Julia Santa Julia

Canchilla Canchilla

Google earth

0-52 8.00 km

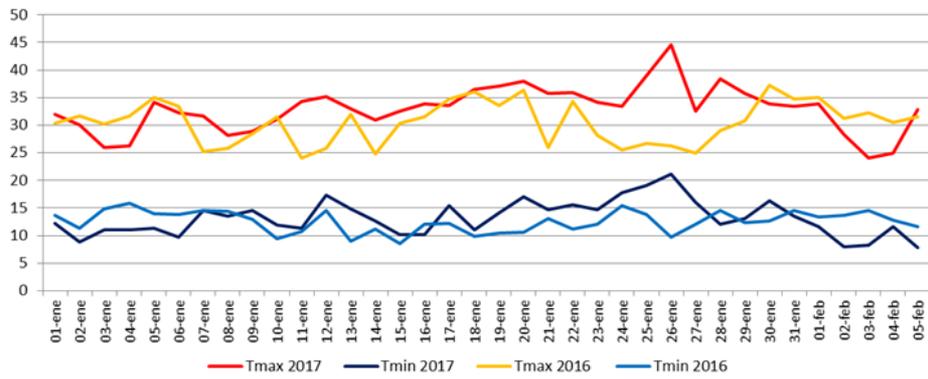
Image © 2016 DigitalGlobe  
Image © 2016 CNES / Astrium

Fechas de imágenes: 1/18/2017 36°50'53.00" S 72°41'02.13" O elevación 369 m alt. ojo 34.44 km

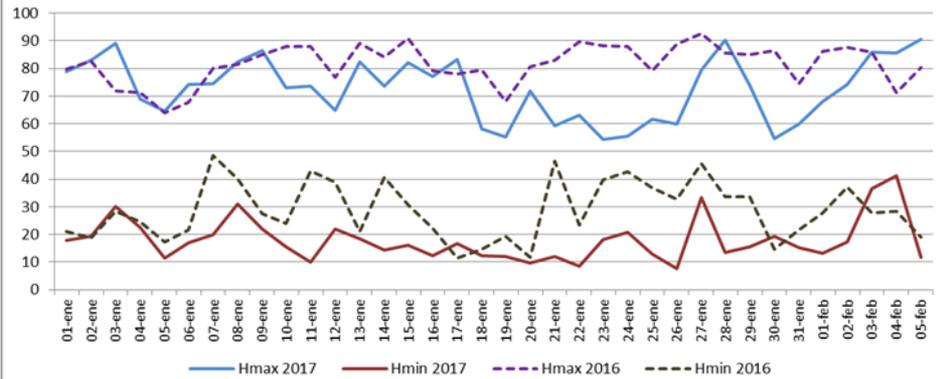
Guía turística San Pablo San Pablo

# Estación Cauquenes. Condiciones Críticas Enero 2017

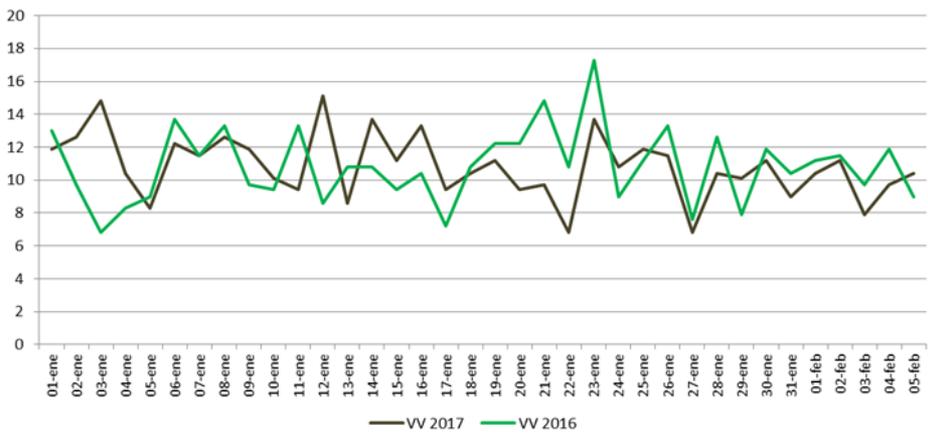
Temperatura máxima y mínima (°C) - Estación Cauquenes (INIA)



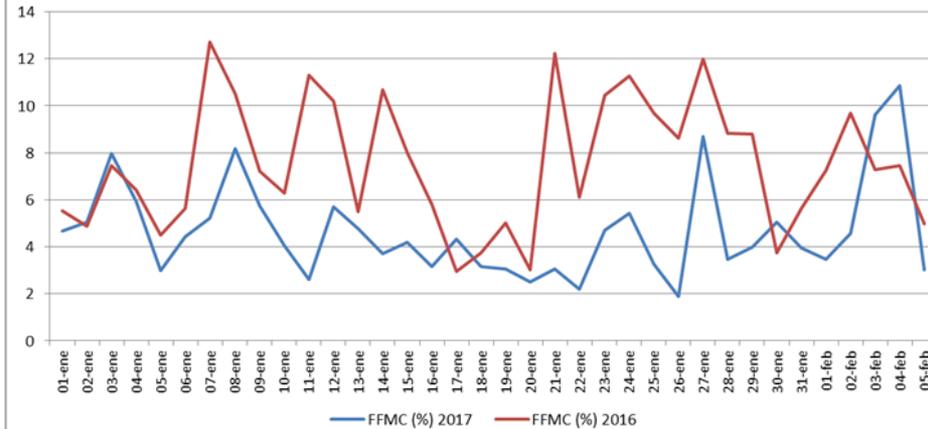
Humedad máxima y mínima (%) - Estación Cauquenes (INIA)



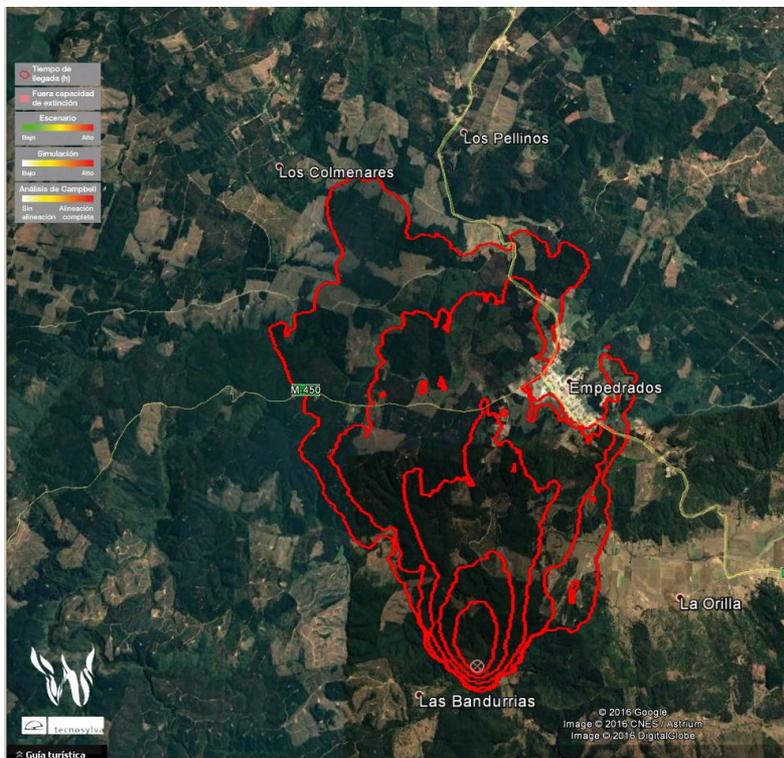
Velocidad (Km/h) - Estación Cauquenes (INIA)



Humedad Combustible Fino Muerto (%) - Cauquenes



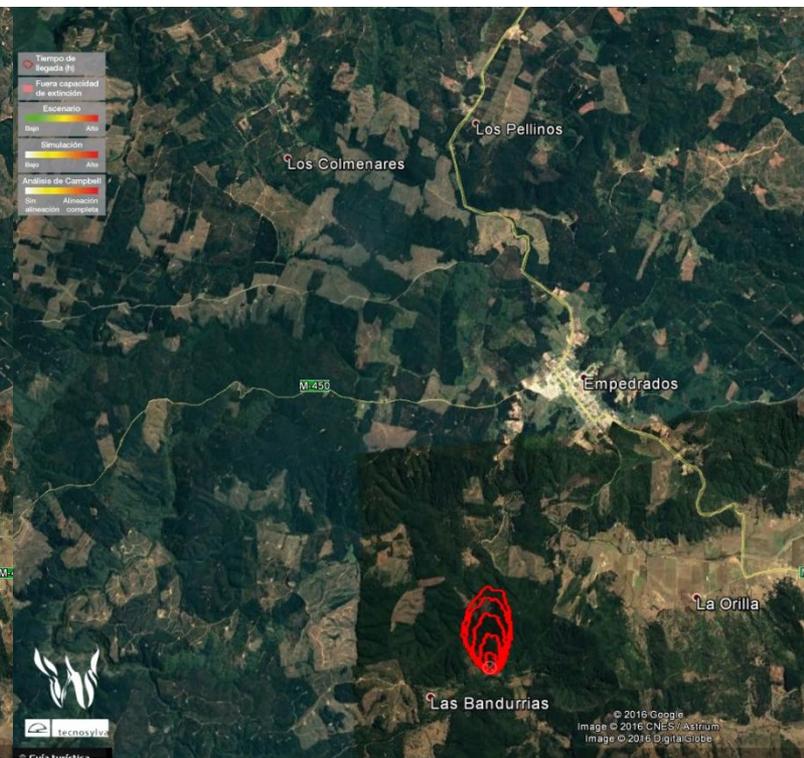
**Condiciones del escenario enfrentado durante el Verano 2017**



**Datos Promedio 01-01-2017 al 05-02-2017**

Temperatura máx: 32,95  
 Humedad Relativa min: 17,96 %  
 Viento: 17 Km/h  
 Humedad Comb. Fino Muerto: 4,68

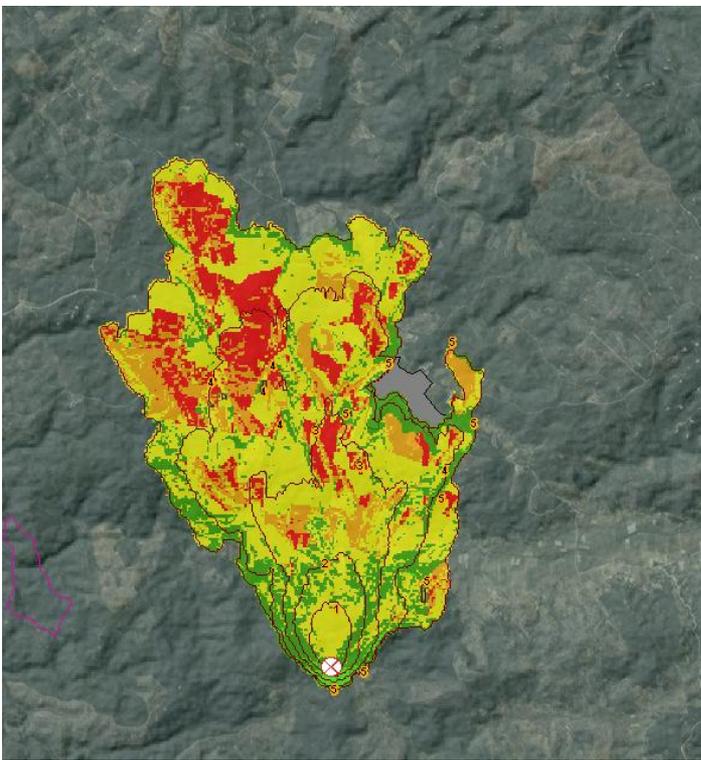
**Superficie potencial: 3.000 ha**  
**Crecimiento potencial: 600 ha/hora**



**Datos Promedio 01-01-2016 al 05-02-2016**

Temperatura máx: 30,47  
 Humedad Relativa min: 28,78 %  
 Viento: 17 Km/h  
 Humedad Comb. Fino Muerto: 7,54

**Superficie potencial: 100 ha**  
**Crecimiento potencial: 20 ha/hora**



**Datos Promedio 01-01-2017 al 05-02-2017**

Temperatura máx: 32,95  
 Humedad Relativa min: 17,96 %  
 Viento: 17 Km/h  
 Humedad Comb. Fino: 4,68

Velocidad de propagación (Km\_h)

Km/h

- Baja (< 0,1)
- Media (0,1 - 0,6)
- Alta (0,6 - 2)
- Muy alta (2 - 5)
- Extrema (> 5)



**Datos Promedio 01-01-2016 al 05-02-2016**

Temperatura máx: 30,47  
 Humedad Relativa min: 28,78 %  
 Viento: 17 Km/h  
 Humedad Comb. Fino: 7,54

Velocidad de propagación (Km\_h)

Km/h

- Baja (< 0,1)
- Media (0,1 - 0,6)
- Alta (0,6 - 2)
- Muy alta (2 - 5)
- Extrema (> 5)

# Conclusiones

- Los efectos del cambio climático están desarrollando incendios forestales más severos y virulentos. En este contexto los incendios forestales son la principal causa de degradación de RRVV.
- A mayor sequía mayor severidad de incendios forestales (acumulada).
- Menor cantidad de incendios forestales pero más complejos de manejar.
- El índice dNBR es un buen indicador de la severidad del fuego y su evolución temporal es una herramienta útil y económica, en proyectos de restauración, para el seguimiento y evaluación de la respuesta de la vegetación en el área quemada.

# Conclusiones

- Mediante el nivel de severidad se mejora y se ajusta el cálculo de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que establece de forma genérica el IPCC para áreas quemadas.
- Poca información referente a niveles de severidad y combustión de CO2 por tipo de vegetación. Pocas experiencias a nivel mundial.
- Los sistemas de simulación, pronóstico y monitoreo de CONAF apoyan la toma de decisiones y la preparación para respuesta y respuesta ante incendios forestales del estado.
- El análisis de incendios forestales nos permite entender la dinámica y comportamiento del fuego en nuestro país, se debe seguir avanzando en esta línea.

# Muchas Gracias

## Jorge.saavedra@conaf.cl

Jorge Andrés Saavedra Saldías  
Ingeniero Forestal (FBAN)  
Diplomado en Geomática y Tecnología Satelital  
Magíster en Teledetección  
Jefe Sección Análisis y Predicción de IF - CONAF

ENCORV

ENCORV



TODOS  
POR  
CHILE