



Evaluación de peligro de incendios.  
Informes técnicos

# Primer Taller de Análisis de Comportamiento del Fuego

28 de febrero al 2 de marzo de 2007, Trevelin, Chubut





Jefatura de  
**GABINETE** de Ministros

**Evaluación de peligro de incendios. Informes técnicos**  
**Informe Técnico Nº 3 . Primer Taller de Análisis de Comportamiento del Fuego**

Editor: Plan Nacional de Manejo del Fuego. Programa Nacional de Evaluación de Peligro de Incendios y Alerta Temprana.

Ruta 259 Km 4 - Esquel, Chubut, Argentina.

Publicación seriada de periodicidad irregular. ISSN 2313-9420 - Julio de 2012

**Evaluación de peligro de incendios  
Informes técnicos**

**Informe Técnico N° 3  
Primer Taller de Análisis  
de Comportamiento del Fuego  
28 de febrero al 2 de marzo de 2007, Trevelin, Chubut**

Programa de Desarrollo e Implementación Operativa  
del Sistema Nacional de Evaluación de Peligro de Incendios

Programa de Protección  
Ministerio de Bosques y Praderas  
Columbia Británica

Plan Nacional de Manejo del Fuego  
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Esquel, Chubut, Argentina

ISSN 2313-9420

Agosto de 2012

Programa Nacional de Evaluación  
de Peligro de Incendios  
y Alerta Temprana

Plan Nacional de Manejo del Fuego  
Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable

### **Instructor**

Dave Marek  
Programa de Protección, Ministerio de Bosques y Praderas  
Columbia Británica, Canadá

### **Colaboradores**

Antje Siebert, Cecilia Ciampoli, Dante Guglielmin  
Plan Nacional de Manejo del Fuego

Silvestre Sagarzasu  
Coordinación de Lucha Contra Incendios  
Administración de Parques Nacionales

Miriam M. Muñoz  
Consejo Agrario Provincial de Santa Cruz

Lucas Bianchi  
Dirección General de Bosques y Parques de Chubut

## Contenido

---

Prólogo .....	7
Consideraciones Generales.....	9
Estudio de Caso	
Incendio “García Badiola, Estancia Amancay” .....	12
Estudio de Caso	
Incendio “Estancia San Ramón” .....	21
Estudio de Caso	
Incendio “Las Planicies” .....	29
Estudio de caso	
Incendio del Brazo Machete .....	36

## Agradecimientos

---

Agradecemos al Sr. Pablo Ezquivel el habernos brindado los datos del pluviómetro ubicado en Barrio Cumelén, Villa La Angostura ( $40^{\circ} 47'1.5''$  S y  $71^{\circ} 37'26.7''$  O), y la Sra. Mariela B. Toppazzini, de la Administración de Parques Nacionales, por la revisión del material contenido en esta obra.

## Prólogo

.....

La importancia de documentar los incendios mediante relatos o “estudios de caso”, ha sido reconocida repetidamente tanto por los combatientes de incendios como por otros profesionales relacionados al tema. La información recavada en los mismos, es de gran utilidad para la gestión de financiamiento, la evaluación interna de actuación, el entrenamiento del personal, la mejor comprensión del comportamiento del fuego, la investigación, y la definición de criterios de actuación durante los operativos de combate del fuego. En síntesis, hacen a un manejo del fuego más eficiente y más seguro.

Sin embargo, la valiosa información que contienen estos estudios no es siempre conocida o comprendida por el personal de operaciones de incendios y, en consecuencia, no es incorporada a los procesos de decisión. Por esto, entendemos que es fundamental promover la participación de los combatientes y técnicos involucrados en cada evento, en la elaboración de los mismos.

Con este espíritu se desarrolló este taller, en el marco del “Programa de Desarrollo e Implementación Operativa de un Sistema de Evaluación de Peligro de Incendios”, que el Plan Nacional de Manejo del Fuego (PNMF), lleva a cabo con la asistencia del Servicio de Protección de la Columbia Británica. Participaron de esta actividad combatientes y técnicos de las Provincias Patagónicas y de los Parques Nacionales de la Región, y que dio como resultado los estudios de caso que presentamos.

Coordinación de Desarrollo Técnico

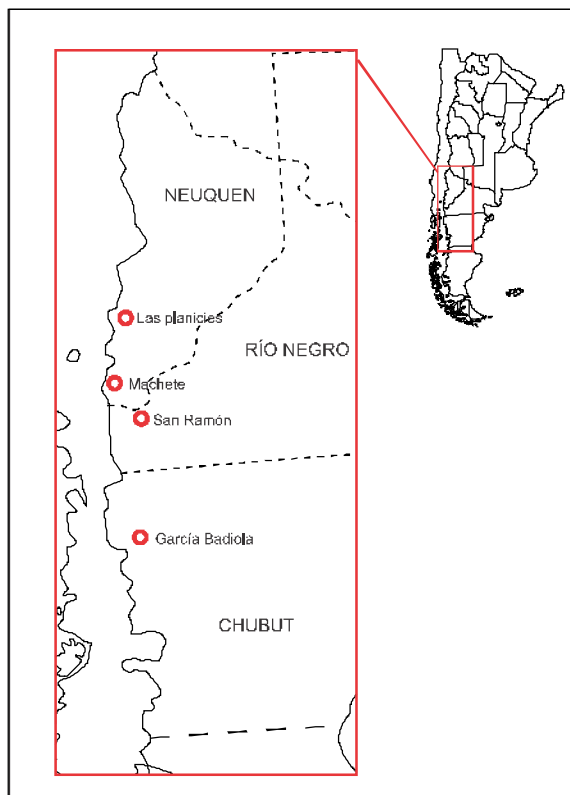
Plan Nacional de Manejo del Fuego





## Consideraciones Generales

.....



**Ubicación de** los 4 estudios de caso analizados en el presente taller.

Los estudios de incendios tienen diversos enfoques, algunos detallan especialmente aspectos operativos, otros enfatizan sobre los aspectos ambientales y el comportamiento del fuego, y otros estudian los efectos post-fuego. Los casos aquí presentados (*ver mapa*), tienen una estructura común acordada durante el desarrollo de este taller. La misma se compone de una breve introducción, de la caracterización de los combustibles vegetales afectados por el fuego, de la descripción de la topografía, del seguimiento de las condiciones meteorológicas, del cálculo del denominado “Sistema” o “Índice” Meteorológico de Peligro de Incendios FWI, y de una cronología del desarrollo del incendio. Los estudios concluyen con un análisis integrador de los aspectos antes considerados, con especial énfasis en la relación de los valores del índice FWI, y de cada una de sus componentes, con el comportamiento del fuego observado. El objeto de este enfoque en particular, es ajustar los códigos de sequía e índices de peligro a las condiciones ambientales de la región andino patagónica norte.

El FWI está conformado por seis indicadores: tres códigos que representan el contenido de humedad de tres clases de combustibles con distinta tasa de secado; dos índices intermedios que representan la velocidad de propagación y la carga de combustible disponible, respectivamente, y un índice final, que representa a la intensidad de línea.

El código de humedad del combustible fino (FFMC)<sup>1</sup>, representa el contenido de humedad de la hojarasca y de otros combustibles finos; el código de humedad del mantillo (DMC)<sup>2</sup>, representa el contenido de humedad de la materia orgánica poco profunda y poco compacta; el código de sequía (DC)<sup>3</sup>, representa el contenido de humedad de la materia orgánica profunda y compacta; el índice de propagación inicial (ISI)<sup>4</sup>, es un indicador relativo de la velocidad de propagación del fuego, y el índice de combustible disponible (BUI)<sup>5</sup>, es un indicador relativo de la carga de combustible medio y grueso disponible; finalmente, el Índice Meteorológico de Peligro (FWI)<sup>6</sup>, resume en un sólo número los efectos combinados del resto de las componentes, siendo un indicador relativo de la intensidad de línea del fuego.

Cada una de las componentes mencionadas, tiene distintas aplicaciones en las operaciones. Por ejemplo, el FFMC indica la probabilidad de que fuentes antrópicas generen focos, mientras que el DMC, indica la posibilidad de se produzca la ignición ante la ocurrencia de un rayo, por lo que ambos son utilizados para activar mecanismos de detección. El DC es utilizado para planificar la liquidación, ya que se lo asocia con la ocurrencia de fuegos de rescoldo. Los índices de comportamiento también son utilizados para distintos aspectos de la planificación, como el grado de alerta de medios aéreos para el ataque inicial. Es fundamental que el personal que los utiliza, pueda interpretar adecuadamente a cada uno de estos indicadores.

A través de la observación de los parámetros del comportamiento del fuego en los distintos ecosistemas, se identifican umbrales de cada uno de los códigos e índices asociados a distintos niveles de comportamiento del fuego; por ejemplo, valores de FFMC a partir de los cuales ocurren focos múltiples, valores BUI a partir de los cuales se dificulta el control del fuego, o valores de FWI asociados a tormentas de fuego. Estos umbrales han sido ya identificados en Canadá, y actualmente se los está verificando en la región Andino Patagónica norte.

---

1 En inglés: Fine Fuel Mixture Code

2 En inglés: Duff Moisture Code

3 En inglés: Drought Code

4 En Inglés: Initial Spread Index

5 En inglés: Build Up Index

6 En inglés: Fire Weather Index

El FWI es calculado con datos meteorológicos del mediodía; con estos datos, se proyectan las condiciones de peligro para las 16 hs. A este valor diario del FWI, calculado con datos de la hora 12, se lo denomina “estándar”. Asimismo, pueden hacerse ajustes horarios de los códigos e índices FFMCI, ISI, y FWI, que sufren rápidos cambios en el transcurso de un día. Tanto el valor estándar del FWI como los ajustes horarios de sus componentes, pueden pronosticarse en base a los valores pronosticados de las variables con los que se los calcula.

Los pronósticos meteorológicos a los que hacen referencia los trabajos aquí presentados, fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Plan Nacional de Manejo del Fuego (PNMF), a través del *Programa de Apoyo Meteorológico al Manejo del Fuego*, que ambos organismos llevan a cabo en forma conjunta.

La determinación del grado de Peligro de Incendios en base al Sistema FWI, puede hacerse de diversas formas, siendo la más frecuente definir rangos de los valores alcanzados por el FWI de acuerdo al clima de la región de interés. Este criterio es relativamente simple de aplicar, y fue adaptado a varias regiones de Argentina. Con este método, el grado de peligro de incendios es determinado sin tener en cuenta las diferencias entre los distintos tipos de vegetación, y puede aumentar tanto por el aumento de la velocidad de viento y la disponibilidad de los combustibles finos (ISI), como por la sequedad de los combustibles muertos medios y gruesos (BUI).

Las provincias patagónicas acordaron definir el grado de peligro de incendios utilizando distintas combinaciones de los indicadores de velocidad de propagación inicial (ISI) y de carga disponible (BUI). De acuerdo a la estructura de la vegetación, es mayor la influencia de factores como el viento, la penetración de la precipitación, o la incidencia de radiación, y distinta la influencia de los combustibles finos, medios y gruesos en el comportamiento del fuego, de ahí que cambia la importancia relativa de los índices ISI y BUI. En la región andinopatagónica, se identificaron cinco grandes asociaciones vegetales: pastizales, arbustales, bosque abierto, bosque húmedo y cerrado, y plantaciones. En cada caso, el organismo de manejo de fuego responsable de la protección de una determinada región, define el grado de peligro de incendio de acuerdo a la vegetación dominante en la zona, y en la que subjetivamente considera que la ocurrencia de fuego puede ser más crítica.

Los estudios de caso en los que se relata la evolución de los incendios, y se describen los combustibles vegetales, la topografía, los aspectos meteorológicos y el comportamiento del fuego, permiten validar los indicadores de peligro en los distintos ecosistemas.

## Estudio de Caso

# Incendio “García Badiola, Estancia Amancay”

.....



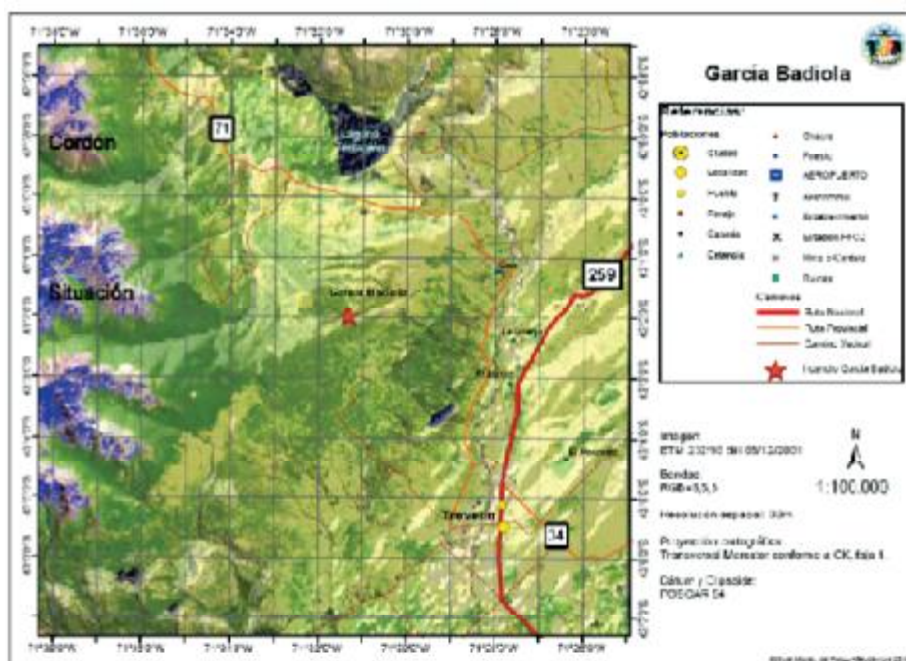
Tomás E. Withington, Héctor Quintuprai, Ariel Jones, Sebastián Pérez<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Dirección General de Bosques y Parques de la Provincia de Chubut (DGByP).

## 1. Introducción

El día 30 de abril de 2005, en las cercanías de la ciudad de Trevelin, Provincia de Chubut (Mapa 1), un incendio quemó 187 ha de vegetación en menos de 5 horas. Iniciado por una quema descontrolada, el incendio presentó un comportamiento extremo que limitó en gran parte las tareas de combate por parte del Servicio de Manejo del Fuego, dependiente de la Dirección de Bosques y Parques de la Provincia de Chubut, y de otras instituciones.



**Mapa 1.** Ubicación del incendio "García-Badiola" y la ciudad de Trevelin

## 2. Combustibles

El siguiente es un detalle de los complejos de combustible existentes en la superficie afectada por el incendio y cuya distribución se puede observar en el Mapa 2.

### **Bosque de ñire:**

La mayor parte del combustible quemado (correspondiente al 60% del total), pertenece a bosque de Ñire (*Nothofagus antártica*), el cual se presenta achaparrado. Esta especie de hoja caduca posee un alto porcentaje de made-

ra en pudrición, su altura varía de 1,5 a 5m, forma bosques y matorrales de importante densidad. Además dado su desprendimiento de la hoja en otoño, forma un mantillo de hojarasca de unos 5 cm de espesor.

El Ñire se encontraba acompañado por otras especies arbustivas como Laura (*Schinus patagonicus*), Chacay (*Discaria trinervis*) y Maitén (*Maytenus boaria*) entre otras, además posee un sotobosque con presencia en su mayoría de Calafate (*Berberis buxifolia*) y diferentes especies de pastos. Todo este complejo de combustibles posee una continuidad tanto vertical como horizontal, esta última también en el estrato aéreo (Foto 1).



Foto 1: ñirantal.

### Caña colihue:

Aproximadamente el 20% de la vegetación quemada pertenecía a un complejo de combustible dominado por Caña Colihue (*Chusquea culeou*), caña similar al bambú pero de menor tamaño y que forma densos manchones casi impenetrables para las personas.

Esta especie posee una altura promedio de 2,5m y, por sus condiciones de secado y la acumulación en su base de mucho material muerto (mantillo), su combustión es muy agresiva aumentando la posibilidad de focos secundarios. En este tipo de combustible tanto la continuidad vertical como horizontal estaban presentes.

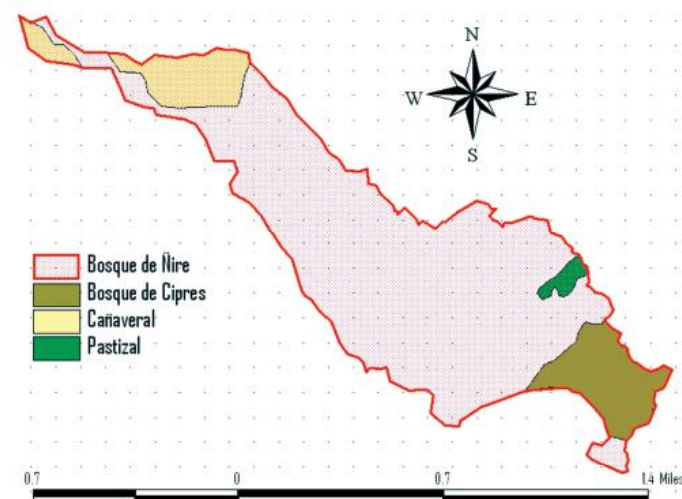
### Pastizales:

Sólo en algunas partes del incendio había presencia de pastizales de 10 a 20 cm de altura de la especie *Festuca sp.* Los mismos no presentan mucha continuidad horizontal. Se encuentran acompañados de ñires solitarios.

### Ciprés de la Cordillera:

Por último había presencia de árboles de Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis*) de aproximadamente 6 m de altura, alejados unos de otros, es decir sin continuidad horizontal por parte aérea, exceptuando las zonas de mucha pendiente donde el tamaño se reducía pero aumentaba la densidad.

En este tipo de bosque había gran cantidad de combustible grueso muerto en superficie y poseía un sotobosque similar al de bosque de Ñire.



**Mapa 2.** Complejos de combustibles en el sector del incendio.

### 3. Ubicación Geográfica y Topografía

El incendio comenzó en las cercanías de Trevelin, aproximadamente a unos 9 o 10 kilómetros en dirección Noroeste desde dicha localidad, en el camino que conduce al Parque Nacional Los Alerces, en el campo perteneciente a la Familia García – Badiola. De allí se propagó en dirección Sureste, quemando parte de la vecina Estancia Amancay. El lugar de origen del incendio está determinado por las siguientes coordenadas geográficas: 43° 2'00'' S y 71° 31'22 '' O.

La pendiente general del área afectada muestra un descenso de la misma en el sentido NO-SE, pudiendo observarse sobre la parte final del avance del incendio la presencia de cañadones cortos y altos.

La exposición de las laderas es mayoritariamente SE, aunque se observa un sector de exposición N en aquellos lugares donde la superficie está a mayor altura; este cambio de pendiente coincide con la divisoria de agua existente en la cima de una loma comprendida dentro del perímetro del incendio.

#### 4. Datos meteorológicos e Índice FWI

El día 30 de abril se esperaba, y así ocurrió, en horas de la tarde la entrada de un frente frío proveniente del Océano Pacífico, que generaría condiciones de vientos intensos con velocidades promedio de 50 y 70 km/h y con ráfagas que podrían llegar hasta los 90km/h. El anemómetro de la estación de Trevelin se descompuso a la hora 16:00 a causa de los fuertes vientos que empezaron a producirse y que lamentablemente no se pudieron registrar. Además, las mediciones de viento en esta estación subestiman dicha variable, debido principalmente a los obstáculos que se encuentran en cercanías del anemómetro como edificaciones y plantaciones de coníferas. Según distintos observadores el viento alcanzó velocidades de más de 50km/h para las 16:00 hs. Sucediendo a estos fuertes vientos, llegó una precipitación intensa, acumulando aproximadamente 7,2 mm desde la tarde del 30 de abril hasta las 09:00 hs del 1º de mayo (ver Tabla 2).

**Tabla 1.** Índice FWI estándar para la estación Trevelin del SMF.

Fecha	Hora	Temp. (° C)	HR (%)	Dir Viento	Vel. Viento (km/h)	Prec. (mm)	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
29/04	12	15,8	51	NO	4,8	0,0	86	24	561	3	44	8
30/04	12	16,7	60	SE	8,0	0,0	86	25	565	4	47	10

**Tabla 2.** Índice FWI horario para la estación Trevelin del SMF

Fecha	Hora	Temp. (° C)	HR (%)	Dir Viento	Vel. Viento (km/h)	Prec. (mm)	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
30/04	12	16,7	60	SE	8,0	0	83	24	561	2,5	44	7
30/04	13	18,2	54	S	6,4	0	84	24	561	2,5	44	7
30/04	14	20,3	46	S	14,5	0	85	24	561	4	44	10
30/04	15	20,7	41	S	4,8	0	85	24	561	2,5	44	7
30/04	16	22,1	33	*	*	0	86	25	565		47	
30/04	17	22,6	29			0	86	25	565		47	
30/04	18	22,5	29			0	85	25	565		47	
30/04	19	21,9	33			0	84	25	565		47	
30/04	20***	20	41			**	83	25	565		47	
30/04	21***	14,5	81			0	81	25	565		47	
30/04	22***	13,2	88			0	79	25	565		47	



**Tabla 3.** Índice FWI estándar para la estación Aeropuerto Esquel.

Fecha	Hora	Temp	HR	V Dir	V Int	Prec.	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
29/04	12	12,3	46		18	0	88	57	674	8	94	27
30/04	12	17,2	34		50	0	90	58	677	51	96	85

Condiciones similares a las observadas en las cercanías de la estación Trevelin, se registraron en la Estación del Aeropuerto de Esquel. El horario de comienzo de la precipitación coincidió, y los datos de velocidad de viento observados en Trevelin pudieron ser corroborados (Tabla 4).

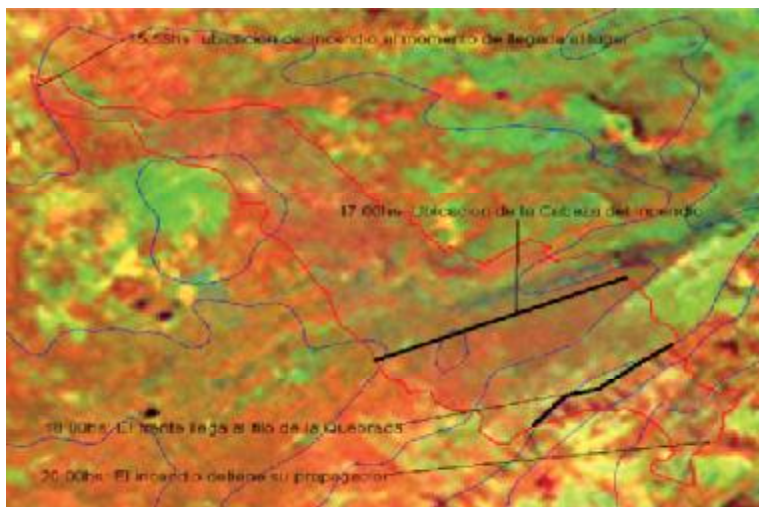
Teniendo en cuenta que en el cálculo del ISI el viento se utiliza dos veces<sup>8</sup>, y que en la estación meteorológica de Trevelin dicha variable está subestimada significativamente, no consideramos adecuado comparar los valores de ISI calculados con datos de la estación Trevelin con las variables de comportamiento del fuego observadas en el incendio, principalmente con la velocidad de propagación. Si para el análisis se utilizan los códigos e índices del Aeropuerto de Esquel, se observan valores más acordes al comportamiento observado a campo.

**Tabla 4.** Índice FWI horario para la estación Aeropuerto Esquel

Fecha	Hora	Temp	HR	V Dir	V Int	Prec.	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
30/04	12	17,2	35	O	50	0	88	56	673	40	96	74
30/04	13	17,3	34	O	59,2	0	88	56	673	40	96	74
30/04	14	18,9	35	O	53,7	0	89	56	673	46	96	78
30/04	15	18,8	33	O	50	0	90	56	673	53	96	88
30/04	16	21,1	33	O	46,3	0	90	58	677	44	96	78
30/04	17	20,9	33	O	59,2	0	90	58	677	53	96	88
30/04	18	19,5	36	O	59,2	0	89	58	677	46	96	78
30/04	19	19,6	28	O	64,8	0	88	58	677	40	96	74
30/04	20**	19,7	28	ONO	55,5	*	86	58	677	30	96	63
30/04	21**	16,5	48	ONO	46,3		85	58	677	21	96	50
30/04	22**	16	59	ONO	20,4		83	58	677	12	96	34

8 El índice de velocidad de propagación ISI se calcula en base al Código de Humedad del Combustible Fino (FFMC) y a la velocidad del viento; para el cálculo del FFMC también se utiliza la velocidad del viento.

## 5. Cronología



**Mapa 3.** Avance del fuego según la cronología descrita (la línea de las 17hs es incorrecta el horario es 17:30 aproximadamente).

### 30 de abril

- » 15:06 hs: Personal de Defensa Civil informa sobre Alerta Meteorológico por fuertes vientos.
- » 15:21 hs: Se recibe fax con alerta meteorológico por fuertes vientos.
- » 15:28 hs: Parques Nacionales informa a la central de incendios Trevelin sobre un aviso de un turista que afirma ver un foco de incendio en la zona del camino al parque.
- » 15:30 hs: Sale móvil con cuadrilla de ataque inicial y jefe de operaciones hacia el posible incendio.
- » 15:58 hs: Jefe de operaciones confirma lugar del incendio. Este toma magnitud importante debido a fuertes vientos, más de 50km/h. Se solicita refuerzos a otras instituciones.
- » 16:37 hs: Se realiza reconocimiento del perímetro. Sale de central otra cuadrilla hacia el incendio.
- » 17:56 hs: Sale otra cuadrilla de la central hacia el incendio. Viento y topografía dificultan el control de los sectores donde se estaba trabajando. Por razones de seguridad se corta la Ruta N° 71.
- » 19:56 hs: Comienza a llover en la zona el incendio.
- » 20:00 hs: Se controla flanco izquierdo y parte del flanco derecho, frente sigue activo, la rotación del viento dificulta el trabajo en este sector.

- » 20:30 hs: Precipitación importante ayuda a conseguir el control total del incendio.
- » 20:42 hs: Repliega una cuadrilla.
- » 21:50 hs: Repliega todas las cuadrillas presentes en el incendio.

### **01 de mayo**

- » 7:00 hs: Personal se presenta en la central de incendios.
- » 7:30 hs: Personal se dirige hacia el incendio para comenzar con la etapa de liquidación.

### **02 de mayo**

- » 19:15 hs: Se da como extinguido el incendio.

## **6. Análisis**

El incendio del día 30 de abril en cercanías del pueblo de Trevelin iniciado a las 15:28 hs. fue un incendio de comportamiento extremo debido principalmente a las altísimas velocidades alcanzadas por el viento que a su vez fueron causados por la entrada a la zona de un frente frío proveniente del Pacífico. En cuanto a la evolución horaria del comportamiento del incendio, en general y según testigos, desde el inicio el mismo fue extremo. A pesar de ir el fuego pendiente abajo, se vieron varios focos secundarios aunque no presentaban grandes dimensiones. Este comportamiento se refleja en los valores de los códigos e índices del FWI calculados con datos del Aeropuerto de Esquel. Una vez iniciado el fuego este se propagó rápidamente, principalmente por el viento, como lo indican los testigos; en sólo 4 horas el incendio recorrió aproximadamente 4 km y en la mayor parte de su recorrido lo hizo con pendiente negativa. Además, la forma que tomó el incendio (elíptica, una alta relación entre el eje mayor y el eje menor de la figura del incendio), nos muestra claramente que fue conducido por el viento.

Una vez que el incendio tomó grandes proporciones las operaciones de combate estuvieron muy limitadas. Dadas las condiciones meteorológicas, el incendio avanzó y quemó todo lo que encontró en su camino, en su mayoría fueron combustibles que siempre presentaron continuidad tanto horizontal como vertical y que en general estaban disponibles a arder tal cual nos muestra el BUI.

Poco tiempo le llevó al incendio formar una columna convectiva inclinada por viento, la cual provocó focos secundarios a grandes distancias.

En las horas finales, aproximadamente de las 18:00 hs en adelante, el incendio se encontró con una fuerte pendiente negativa y con una línea de cañadones que entorpeció su propagación. Debido a la columna convectiva y al fuerte viento algunos focos secundarios pudieron prosperar pendiente abajo.

Luego de sortear la línea de cañadones, el incendio se encontró con una superficie casi plana, en ese momento comenzaron las precipitaciones en la zona y hubo, según testigos, una rotación del viento en una dirección contraria a la predominante durante las horas anteriores. Estas precipitaciones no sólo ayudaron a enfriar el frente del incendio sino que además humedecieron los combustibles con los cuales se iba encontrando. Por suerte estas precipitaciones continuaron cambiando el comportamiento del incendio de extremo a moderado, y posteriormente a bajo sin propagación y sólo presentando puntos calientes en algunas zonas, permitiendo y facilitando al personal de supresión trabajar en él hasta su extinción.

## Estudio de Caso

# Incendio “Estancia San Ramón”

---



Violeta López, Sr. Gerardo Tacchini<sup>8</sup>, M. Cecilia Díaz, Brigada Nacional <sup>2</sup>, Facundo Bertolami<sup>9</sup>

---

8. Servicio de Prevención y Lucha contra Incendios (SPLIF), San Carlos de Bariloche, Río Negro

9. Plan Nacional de Manejo del Fuego (PNMF)

## 1. Introducción

El incendio forestal conocido como “Estancia San Ramón” se desarrolló en la región subandina de la cordillera norpatagónica, en la zona denominada *ecotono*, entre la estepa patagónica y el bosque subantártico; más específicamente en la Provincia de Río Negro, a 30 Km. de la Ciudad de San Carlos de Bariloche (Mapa 1). Se denominó así por haber afectado a la estancia que lleva ese nombre, de importancia agrícola y forestal en la región.



Mapa 1. Ubicación del incendio y de la ciudad de S.C. de Bariloche

El incendio comenzó el día 25 de enero de 1999, debido a la caída de un rayo, y se consideró controlado el día 3 de febrero, habiendo quemado una superficie de 18.760 ha., entre pastizales, plantaciones y matorrales.

La mayor parte de la superficie fue afectada durante los días 27 y 29 de enero, presentando el fuego características de comportamiento extremo.

## 2. Combustibles

La superficie total afectada fue de 18.760 hs, incluyendo áreas dentro del perímetro no afectadas por el fuego, como mallines y suelo desnudo.

Se identificaron los siguientes tipos de combustible:

- » Estepa de coirón  
Formada por Coirón amargo (*Stipa chrysophylla*) y blanco (*Festuca pallescens*)  
Carga 1456.6 kg/ha.

Altura 30 cm.  
Humedad % 2 a 8 %.  
Sin mantillo

» Estepa arbustiva

Compuesta por neneo (*Mulinum spinosum*), charcao (*Senecio filiginoides*), mamuel choique (*Adesmia vockmanni*), melosa (*Madia sativa*) y coirón amargo (*Stipa chrysophylla*).

Carga 7675.4 kg/ha

Altura 2m.

Sin mantillo

» Matorral

Constituido por coliguay (*Colliguaja salicifolia*), laura (*Schinus patagonicus*), palo piche (*Fabiana imbricata*), espino negro (*Rhamnus lycioides*).

Carga 16254.5 kg/ha

Altura 2-9m.

Horizontes superficiales, con poca materia orgánica. Suelos arenosos y pedregosos.

» Bosque nativo

Constituido por maitén (*Maytenus boaria*), ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y laura (*Schinus patagonicus*).

» Plantaciones

Especies exóticas: pino ponderosa (*Pinus ponderosa*), pino contorta (*Pinus contorta*), pino radiata (*Pinus radiata*), y pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*).

Carga 40000.00 Kg/ha.

Altura 4-20 m.

Mantillo de acículas.

Edad 5-39 años.

Estas plantaciones de especies resinosas presentaban abundantes residuos de poda bajo dosel, acumulados en pilas; algunas sin manejo silvícola.

Presentaban continuidad horizontal y vertical.

### 3. Topografía

La topografía es accidentada, con diversas lomadas, serranías, mesetas, extensos pedemontes, valles y algunos cordones montañosos con extensos mallines en el fondo de sus valles. Dentro del perímetro del incendio se encuentran los cerros Villegas y Guanaco, como las elevaciones de mayor importancia.

#### 4. Meteorología

El clima de la región se caracteriza por tener inviernos fríos y lluviosos y veranos cálidos y secos. La precipitación media anual es de 714.5 mm, siendo mayo, junio y julio los meses más lluviosos (54.6 % de la precipitación total anual), y el período mas seco es el comprendido entre noviembre y febrero (8.9 %).

La temperatura media es de 15°C para enero y 2.1°C en julio. La máxima absoluta fue de 34°C, registrada en febrero de 1987. La humedad relativa media mensual varía de 81 % para junio y julio; y de 56 % para diciembre. La mínima absoluta fue de 4%, registrada en septiembre de 1985. La velocidad del viento media mensual tiene su máximo en primavera, con 28.5 km/h. Estos datos corresponden a las series del Aeropuerto de la Ciudad de San Carlos de Bariloche, distante 20 km aproximadamente del lugar del incendio.

Las precipitaciones mensuales estuvieron por debajo de los valores normales entre enero de 1998 y enero de 1999, registrándose un 89% de déficit para el mes de diciembre de 1999.

En éste marco de sequía las tendencias meteorológicas pronosticaban temperaturas superiores a las normales y mayor frecuencia de tormentas eléctricas.

#### 5. Índice Meteorológico de Peligro de Incendios Forestales (FWI)

Se calcularon los códigos e índices estándar que componen el índice meteorológico FWI, para los días 25 al 31 de febrero (Tabla 1), con datos de la estación meteorológica del aeropuerto de la ciudad de Bariloche. Para el mismo período, se muestran en la Tabla 2, los códigos e índices correspondientes a la hora del día en la que el FWI alcanzó el máximo valor del día.

**Tabla 1.** Códigos e índices estándar para el período 25 al 31 de enero de 1.999

Fecha	Temp. (°C)	HR (%)	V (km/h)	PP (mm)	FFMC	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
25/01	32,2	17	18	0	93	93	170,5	638,7	16	209	52
26/01	29,4	21	7	0	91	91	173,5	646,7	7	209	31
27/01	26,6	12	18	0	91	91	177,5	654,7	12	209	44
28/01	29,3	18	9	0	92	92	181,5	662,7	9	217	37
29/01	31	11	46	0	93	93	186,5	671,7	67	230	125
30/01	16,6	23	37	0	82	82	141	677,7	9	186	36
31/01	17,6	20	40	0	89	89	143	683,7	28	186	73



**Tabla 2.** Máximos diarios de los códigos e índices y hora de registro

Fecha	Hora	Temp. (°C)	HR (%)	V (km/h)	PP (mm)	FFMC	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
25/01	19	24,6	31	33	0	93	91	170,5	638,7	26	209	70
26/01	23	18,4	53	33	0	90	82	173,5	646,7	8	209	34
27/01	18	26,6	12	33	0	91	90	177,5	654,7	23	209	67
28/01	15 *	28,2	18	11	0	92	92	181,5	662,7	10	217	39
29/01	16 **	31	11	46	0	93	93	186,5	671,7	67	230	125
30/01	10	11,2	43	46	0	90	86	135	671,7	25	186	69
31/01	17***	17,9	23	42	0	89	89	143	683,7	31	186	78

\* El mismo valor de FWI se registró a las 17 y 18 hs

\*\* El mismo valor de FWI, se registró a las 17 hs

\*\*\* El mismo valor de FWI se repitió a las 18 hs

## 6. Cronología

### 25 de enero

- » Las tormentas eléctricas que afectaron la zona provocaron rayos, uno de los cuales dio origen a un incendio entre las 20:00 y las 24:00 horas.
- » Durante este día la temperatura a las 16:00 horas alcanzó los 32°C y la humedad relativa llegó a 17%. El viento aumentó hasta los 33 Km/h en horas de la tarde.
- » Estas condiciones favorecieron la rápida ignición de los combustibles finos, formados por coirón y neneo. El código de humedad del combustible fino (FFMC) se encontraba por encima del límite para la ignición (75) y para la propagación continua en superficie (80). Datos que coinciden con lo sucedido.
- » El FFMC estaba en el límite para potencial de producción de focos secundarios (91).
- » El código de humedad del mantillo (DMC), estaba muy por encima del límite para la ignición por rayos (20).
- » El DC (Código de sequía), siempre superó el límite de 500, por encima del cual se esperan dificultades para la extinción y liquidación. Los fuegos de rescoldo se mantienen.

### 26 de enero

- » En horas de la mañana debido a la temperatura baja y humedad relativa alta, el fuego tuvo poca actividad. Después del mediodía aumentó la temperatura y bajo la humedad; sumado esto a la topografía y al viento proveniente del noroeste, el fuego tuvo una rápida propagación hacia el sudeste,

por pastizales y matorrales a 4m/minuto y con alturas de llama del orden de los 10 m.

- » El FWI pasó de un valor de 7 a las 05:00 de la mañana a un valor de 31 a las 17:00 horas, pudiendo con éstos valores esperar que se produzcan coronamientos.
- » El FPMC, el DMC y el DC se mantuvieron semejantes al día anterior.

## **27 de enero**

- » Durante la mañana el viento provino del Sudoeste, con una velocidad que aumentó de 5 km/h a las 08:00 de la mañana, a 24 km/h a las 12:00 del mediodía.
- » En estas circunstancias el fuego se propagó hacia el noroeste sobre pastizales y matorrales, alcanzando a las 15:00 hs. la base sur del Cerro Guanaco.
- » Después de esa hora, el viento aumentó su velocidad a 33 km/h., coincidentemente con el registro de la temperatura máxima y la mínima humedad relativa del día.
- » El fuego se desplazó por las laderas sur y sureste del Cerro Guanaco, en dirección noroeste, afectando a las plantaciones “Guanaco”, de pino, de la estancia San Ramón.
- » Es importante destacar que a las 18:00 horas el FWI era de 67, y el ISI de 23, superando el índice FWI ampliamente el límite para comportamiento extremo en plantaciones de pino (50), y esperándose un comportamiento severo y errático.
- » A esta hora un frente de fuego de gran actividad comenzó a desplazarse hacia la Localidad de Dina Huapi. Cruzando a la hora 22:00, el Río Limay afectando las plantaciones “Costa”.

## **28 de enero.**

- » El incendio presentaba baja actividad, aunque las variables meteorológicas fueran semejantes al día 27; exceptuando el viento que no superó los 15 km/h.

## **29 de enero.**

- » Se aproximó a la zona del incendio un frente frío. Se emitió a las 10:00 hs un alerta del SMN, por vientos intensos, altas temperaturas, baja humedad relativa y probabilidad de tormentas eléctricas.

- » A las 15:00 hs se produjo la rotación del viento al oeste coincidiendo con un aumento de su velocidad, reactivándose el fuego y propagándose hacia el este por pastizales y matorrales hacia la Ruta 26.
- » A las 16:00 hs el viento era de 40 km/h, la temperatura de 31 °C y la HR del 11%, lo que condujo a la rápida propagación del incendio sobre gran parte de las plantaciones y el casco de la Ea. San Ramón.
- » El FWI llegó a 121, y el ISI a 67. El incendio se transformó en un fuego de copas con características de comportamiento extremo, como era de esperarse.
- » El fuego llega hasta el Río Pilcaniyeu a las 22:00, luego de haberse desplazado a 155m/min.
- » La superficie afectada por el fuego en este día fue de 8687 ha.

### **30 de enero.**

- » El pasaje del frente frío por la zona del incendio provocó la disminución de la temperatura cuya máxima fue de 16 °C, la HR mínima se registró a las 05:00 de la mañana llegando al 80 % y la rotación del viento hacia el sudoeste, con fuertes ráfagas de hasta 50 km/h.
- » El incendio presentó poca actividad, salvo en el sector este.
- » El FWI, se mantuvo muy alto, 69 a las 10:00 de la mañana, con un ISI de 18.

### **31 de enero.**

- » La temperatura siguió en disminución, las otras variables se mantuvieron semejantes al día anterior.

## **7. Conclusiones**

- » Debido a la sequía se produjeron numerosos incendios simultáneos en la Patagonia cordillerana que superaron ampliamente la capacidad operativa de las Brigadas de combate de incendios forestales de la Región Patagónica. Como los de Cerro Carbón, Challhuaco y La Paloma en Río Negro; Lago Fontana y Cerro Centinela en Chubut; Espinazo del Zorro, Pino Hachado y Huarenchenque en Neuquén ; y Lago del Desierto y Perito Moreno en Santa Cruz.
- » Durante el desarrollo del incendio la temperatura y la humedad relativa alcanzaron valores cercanos a los máximos y mínimos históricos. Esto, el pasaje de un frente frío, junto al viento fuerte y cambiante; y la topogra-

fía favoreció el comportamiento extremo que tuvo el incendio durante los días 27 y 29.

- » Los Códigos y e Índices se mantuvieron durante los días del incendio en valores altísimos, el FWI siempre superó en algún momento del día durante todos los días, el límite para el desarrollo de un incendio con comportamiento extremo, con probabilidad en algunos casos de comportamiento severo y errático.

## 8. Bibliografía

Dentoni M. del C. et al., Estudios de Grandes Incendios, el Caso de Estancia San Ramón en Bariloche Río Negro Argentina.

PNMF. El Cálculo del Índice Meteorológico de Peligro de Incendios Forestales.

## Estudio de Caso

### Incendio “Las Planicies”

---



Gpque. Martín Lara<sup>10</sup> y Gpque. Pablo Dionicio

---

10. Administración de Parques Nacionales (APN), Central de Incendios, Comunicaciones y Emergencias (ICE) Parque Nacional Lanín.

## Introducción

El día 24 de febrero de 2002 se inició en el Parque Nacional Lanín un incendio originado por un rayo, ocurrido el día 17 del mismo mes. Dado que el lugar de inicio fue en la ladera sur del cerro *Las Planicies* (39° 59' 52" S; 71° 22' 28" W), ese fue el nombre que se dio al incendio (Mapa 1). El mismo fue extinguido el 8 de marzo de 2002, y afectó aproximadamente 4.000 ha.



**Mapa 1.** Sitio de localización del incendio

## 2. Combustible

El fuego se inició en un cañaveral dentro de un bosque de lenga (*Nothofagus pumilio*), y avanzó sobre arbustal, bosque abierto y matorral bajo.

» Bosque de lenga:

Altura aproximadamente 25 m., diámetro de más de 30 cm., cerrado, con gran cantidad de barba del diablo en sus troncos y ramas muertas en la planta en pie.

Sotobosque, principalmente, de caña colihue (*Chusquea culeou*) muerta en pie y viva, cerrada, de hasta 3 m. de altura.

Mantillo profundo y mucho material muerto grueso caído.

Superficie 500 ha.

No había mucha continuidad horizontal aérea pero sí vertical.

» Arbustal de altura:

Lenga achaparrada, verde de 1 m a 1,5 m de altura,

Sectores difíciles para transitar (cerrado) y otros fáciles de transitar (abiertos) con individuos distanciados medio metro.

Superficie aproximada 3 ha.

Sin mantillo ni material muerto.

» Bosque de ciprés:

Individuos de *Austrocedrus chilensis* de hasta 25 metros de altura, distanciados. Diámetro hasta 30 cm.

Acompañados de radial (*Lomatia hirsuta*) con alturas de hasta 3 metros, laura (*Schinus patagonicus*), maitén (*Maytenus boaria*), ñire (*Nothofagus antarctica*) y michay (*Berberis darwinii*).

» Matorral bajo:

Presenta una altura máxima de 1 metro.

Principalmente neneo (*Mulinum spinosum*), coirón (*Stipa sp*), y otras especies arbustivas.

Muerto

Tenía continuidad horizontal, transitable.

Superficie aproximada 3.000 ha.

### 3. Topografía

El incendio comenzó en una ladera de exposición sureste, con pendiente entre 20 y 30 %, a media ladera, afectando la ladera sur del cerro Planicies y llegando hasta la divisoria de aguas, continuando en dirección este y cruzando un cañadón denominado “Cañadón Negro”.

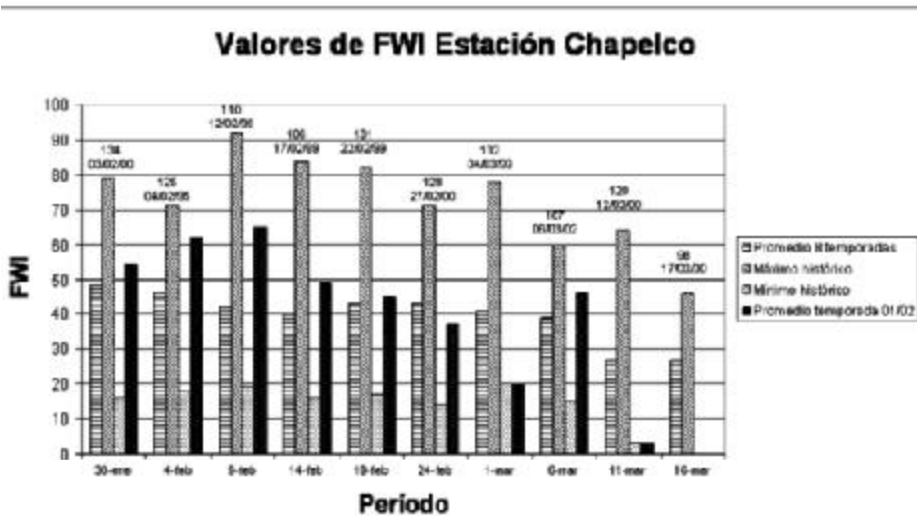
### 4. Meteorología

La estación meteorológica que se encuentra en San Martín de los Andes, denominada “Central”, es representativa del bosque de lenga donde comenzó el fuego, el resto del incendio lo representa la estación “Chapelco”, ubicada

en el aeropuerto homónimo a 790 m.s.n.m y perteneciente al Servicio Meteorológico Nacional. La estación “Central”, se encuentra a 650 m.s.n.m. y en la misma se utiliza un kit manual para obtener los datos.

Se consideraron 8 temporadas previas a la temporada 01/02. Se observa que los valores máximos absolutos de FWI registrados ocurren mayormente en la temporada 99/00. Esta situación estaba dentro de lo esperable considerando que fue una temporada de elevadas temperaturas y bajas precipitaciones.

Los valores de FWI de la temporada en que se produjo el incendio (01/02) se encontraban cercanos a la media de las 8 temporadas analizadas. La media de la temporada en curso fue en algunos casos superior a la media histórica.



**Gráfico 1.** Valores promedios de FWI para las últimas 8 temporadas en comparación con valores máximos y mínimos históricos.

**Variables meteorológicas registradas**

Se muestran a continuación, los datos meteorológicos correspondientes a las 12 hs en las estaciones “Central” y “Chapelco”, utilizados para el cálculo del FWI (Tabla 1). Asimismo, se muestran los datos de las mismas estaciones correspondientes a la hora 15, por ser un horario próximo al de la llegada de la primera cuadrilla al incendio (Tabla 2). Finalmente, en la Tabla 3, se mues-



tran datos de viento observados en lugar del incendio, asociados a variables de comportamiento del mismo.

Fecha	Estación	Temperatura (°C)	HR (%)	Vel. Viento (km/ h.)
24/2	Aero Chapelco	24	10	37
24/2	Central	21	38	7.5

**Tabla 1.** Datos meteorológicos registrados en las estaciones de referencia a las 12:00 hs.

Fecha	Estación	Temperatura (°C)	HR (%)	Vel. Viento (km/ h.)
24/2	Aero Chapelco	23	28	37
24/2	Central	23	30	19

**Tabla 2.** Datos meteorológicos registrados en las estaciones de referencia a las 15 hs

Fecha	hora	Pendiente de la ladera (%)	Vel. Viento (km/h)	Vel. de avance (m/min)	Longitud de llama (m)	Alto de llama (m)
24/2	16:00	25	11-19	0.7	1	0.5
24/2	17:30	20	21-31	2	3	2

**Tabla 3.** Registro horario del viento según Escala Beaufort y del comportamiento del fuego en el lugar de inicio del incendio (bosque cerrado)

Fecha	Hora	Temperatura (°C)	HR (%)	Vel. viento (km/h)
25/2	03:00	12	58	45 con ráf. de 75

**Tabla 4.** Datos registrados en una zona de bosque abierto

## 5. Índice Meteorológico de Peligro de Incendios Forestales (FWI)

**Índice estándar** (con datos de la hora 12:00)

Estación	Ffmc	Dmc	Dc	Isi	Bui	Fwi	Pastizales	Matorrales/ Arbustales	Bosque A*	Bosque B**	Plantaciones	Peligro
Chapelco Aero	97	249	866	73	284	135	E	E	E	E	E	E
Central	90	150	819	6	210	28	A	E	MA	E	E	MA

\*Bosque de lenga  
\*\* Bosque de ciprés

**Ajuste horario** del Índice para la estación Chapelco

Hora	Estación	Viento	FFMC	ISI	FWI
15	Chapelco	37	97	73	135
17	Chapelco	38	97	77	135
20	Chapelco	50	93	82	143

## 6. Cronología:

Detalle de la evolución día a día del incendio, análisis de la caracterización de comportamiento.

### 24 de febrero

- » 14:10: hora de recepción
- » 14:26: hora de despacho
- » 15:36: hora de llegada

### 25 de febrero

- » Hora de contención: 10:00

### 08 de marzo

- » Día de extinción

### Tareas de supresión realizadas:

El comienzo del fuego fue en un cañaveral, y se trasladó inmediatamente a las copas de las lengas, apareciendo fuego aéreo en forma inmediata a que esto sucediera.

La cuadrilla helitransportada intentó trabajar con herramientas de mano pero se vio imposibilitada por el calor desprendido, tal cual lo describe el valor del FWI para ese día. Se solicitó un equipo de agua que trabajó hasta la noche, sobre la cola, imposibilitándose otra tarea por verse superada la capacidad de la cuadrilla. Se hicieron 60 m de línea de control para apoyo de equipo de agua.

El incendio presentó características de comportamiento extremo durante 16 horas aproximadamente, favorecido por el fuerte viento proveniente de un frente de tormenta que ingreso del sector oeste.

Al día siguiente, cuando el personal se aprestaba a salir, una copiosa lluvia comenzó a caer en la zona (aprox. 42 mm). La misma comenzó aproximadamente a las 07:00 horas en San Martín y alrededor de las 10:00 en el lugar del incendio, lo que colaboró en la contención del fuego.

Todas las tareas realizadas luego se destinaron al control y extinción del incendio, trabajando sobre focos aislados localizados en el borde del incendio. Dichos focos mantenían un intenso calor en profundidad y permanecieron activos luego del paso de la lluvia. Su liquidación planteó un gran esfuerzo a las cuadrillas de incendios. El índice meteorológico explica esta dificultad en la extinción por medio de su código “DC”, el cual, a la fecha del incendio, alcanzaba valores muy altos en ambas estaciones, Central y Chapelco.

La extinción fue declarada el 8 de marzo.

## 7. Análisis y Conclusiones

Se observó que el comportamiento del incendio tiene relación con los códigos e índices que componen el índice FWI. Como se mencionó, el ataque inicial fue superado debido al importante desprendimiento calórico del incendio y el pronto coronamiento de los árboles afectados, hecho que explica el FWI. La extinción se vio dificultada por la profundidad de incidencia del incendio sobre el suelo, lo que se refleja en el valor del DC. Otro índice que reflejó lo ocurrido en el incendio fue el ISI calculado con la estación Chapelco, representativa de la zona de matorral, zona donde el avance fue muy rápido, aunque no se cuenta con datos concretos.

La densidad de la caña, el terreno y la llegada de un frente de tormenta dificultó las tareas de control por parte de las cuadrillas helitransportadas, que debieron regresar a pie ya que el fuerte viento impedía que el helicóptero volara.

La interpretación de códigos e índices del Índice Meteorológico de Peligrosidad de Incendios, resulta una herramienta muy valiosa para la planificación del combate del fuego y la seguridad del personal destinado a la tarea. El conocimiento previo de un potencial comportamiento del fuego puede hacer ahorrar tiempo, recursos y malos ratos a los combatientes. Esta herramienta alcanza tanto a los combatientes como a los jefes de las guardias de incendios.

## Estudio de caso

# Incendio del Brazo Machete

---



Pablo A. Pérez<sup>11</sup> ; Marcelo F. Bari<sup>12</sup>

---

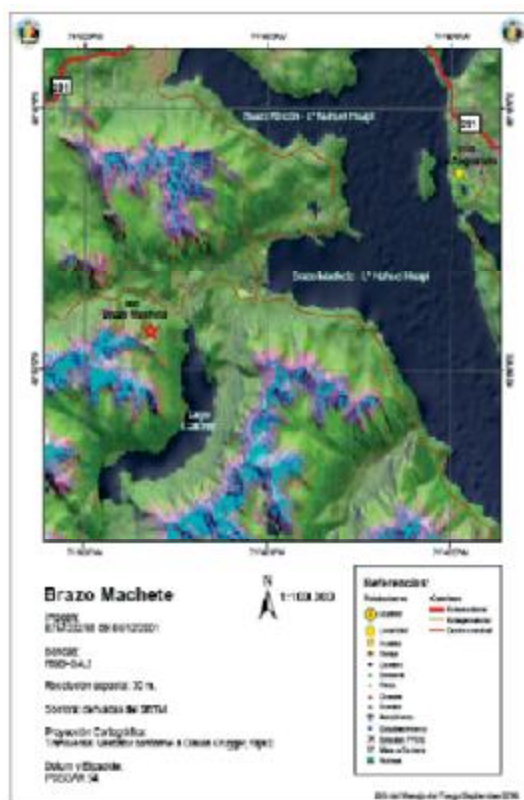
11 Subprograma de Ecología del Fuego, Coordinación de Lucha contra Incendios Forestales CLIF, Administración de Parques Nacionales (APN).

12 Área Técnica del I.C.E. del Parque Nacional Nahuel Huapi, Administración de Parques Nacionales (APN).

## Introducción

El incendio denominado “Brazo Machete” se desarrolló en un área ubicada al Sur de la provincia de Neuquén, Argentina, en proximidades del límite con la provincia de Río Negro. Fitogeográficamente, el área corresponde a la eco-región del Distrito Valdiviano con una precipitación media anual de 3.000 mm., y forma parte de la superficie protegida por el Parque Nacional Nahuel Huapi. Se encuentra aproximadamente a igual distancia de la ciudad rionegrina de San Carlos de Bariloche y de la ciudad neuquina de Villa La Angostura (Mapa 1), razón por la cual los datos de precipitación considerados fueron interpolados entre los obtenidos en cada uno de las ciudades mencionadas.

El fuego tuvo inicio con posterioridad a la tormenta eléctrica del día 16 de febrero de 2002, el día 22 se registró un comportamiento extremo debido a un aumento en la velocidad del viento y se dio por extinguido el día 25 del mismo mes. Afectó una superficie de 60 ha., ubicada entre los 800 y los 1600 m.s.n.m., consumiendo principalmente bosque de Coihue y Ñirantal en la zona baja y bosque de Lenga en las zonas de mayor altitud. Se desarrolló en la ladera NE del Cerro Gallardo.

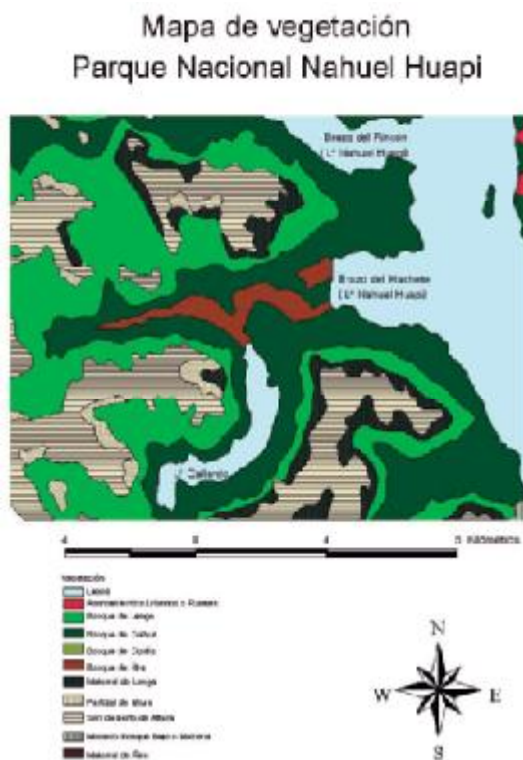


**Mapa 1.** Mapa de ubicación del incendio Machete y la ciudad de Villa La Angostura.

## Combustibles

La vegetación del Parque Nacional Nahuel Huapi está constituida por bosques monoespecíficos (de lenga, de ñire) y otros con diferentes asociaciones vegetacionales como los bosques de coihues y ciprés. Además se puede identificar a mayor altitud los matorrales de lenga y ñire (porte achaparrado) como así también los pastizales de altura (Figura 1).

**Figura 1.** Mapa de vegetación del sector en análisis.



El material afectado fue principalmente “caña colihue” (*Chusquea culeou*) y “coihue” (*Nothofagus dombeyi*), muerto y vivo. (Figura 2).

Los coihues, estrato dominante junto al sotobosque de caña colihue, tienen un diámetro promedio de 60 cm.

Las cañas colihue tienen una altura promedio de entre 3 y 4 metros, y se encuentran mayormente vivas (Figuras 2 y 3), alcanzando estimativamente un 90% de la superficie vegetal, tanto en el área afectada por el incendio como en las zonas aledañas.



**Figura 2.** Grupos de “caña colihue”.

La composición horizontal es continua, y hay relativamente escasa continuidad vertical (Figura 2).

En general, hay escaso número de material combustible medio, y el grueso se encuentra mayormente en estado de putrefacción en contacto con el suelo. Tampoco pueden observarse muchos ejemplares de coihue arbóreo muerto en pie. (Figura 4).



**Figura 3.** Bosque alto y “cañas colihue”

En cuanto al mantillo, puede decirse que en general es escaso (Figuras 5 y 6), con acumulaciones sólo en algunos lugares. Sin embargo, es muy poco el mantillo en la zona del incendio propiamente dicho, según puede verse actualmente, y hay incluso manchones sin cubierta vegetal y zonas erosionadas.



**Figura 4.** Bosque y material seco en superficie.



**Figura 5.** Mantillo de “caña colihue”.



**Figura 6.** Restos de “ciprés”





En zonas de menor altitud a donde se desarrolló el incendio, hay algunas áreas de “ñire” (*Nothofagus antarctica*; en Figura 7), en asociación con otras especies menores como “radal” (*Lomatia hirsuta*), “notro” (*Embothrium coccineum*), “chacay” (*Discaria sp.*), “tineo” (*Weinmannia trichosperma*), “maitén” (*Maytenus boaria*).



**Figura 7.** “Ñirantales” y “lenga” en altura.

En el perímetro occidental del área afectada por el incendio se observan ejemplares de “lenga” (*Nothofagus pumilio*), como puede verse en la figura 7.

Actualmente, el sitio disturbado se encuentra con gran cantidad de especies, algunas de ellas exóticas. Entre las especies de sotobosque se encuentran las siguientes: “canelo” (*Drimys winteri*), “chilcón” (*Fuchsia magellanica*), *Berberis spp.*, “taique” (*Desfontainea spinosa*), *Sonchus sp.*, “espino negro” (*Colletia sp.*), “laurel” (*Laurelia philippiana*), “maqui” (*Aristotelia chilensis*); “parrilla” (*Ribes magellanica*).

También ascendiendo altitudinalmente se encuentran ejemplares de “ciprés” (*Austrocedrus chilensis*) (Figura 8).



**Figura 8.** “Ciprés” y “coihue” en laderas

El sitio se halla ramoneado por ganado vacuno, a excepción de las zonas más altas e inaccesibles.

Curiosamente, se ha detectado una solanácea no identificada de momento (probablemente “papa”, *Solanum tuberosum*), asilvestrada en distintos lugares (Figuras 9 y 10), aunque mayormente en sitios quemados.



**Figura 9.** Hojas de *Solanum* sp.



**Figura 10.** Flores de *Solanum* sp.

### 3. Topografía

El área donde se desarrolló el incendio abarcó desde media ladera hacia arriba, de la cara NE del Cerro Gallardo propagándose hacia el sudeste, sin llegar a afectar el fondo del valle. Las alturas máximas de esta cara están entre los 1600 msnm al NO y 1300 msnm al SO, luego declinando hacia las costas del lago Gallardo (Figura 12).

Las pendientes son aproximadamente de 65°, típicas de los valles de origen glaciario de la cordillera, característicos del área afectada. Esta importante pendiente se puede observar en la Figura 11.

La cota inferior del área afectada por el incendio, objeto de este estudio, es 949 msnm, aunque el día del “escape” el frente bajó hasta los 810 msnm, a orillas del lago Gallardo.



**Figura 11.** Sitio post-fuego, con árboles muertos y “cañas colihue”.



**Figura 12.** Representación del incendio del “Brazo Machete”. Composición: Marcelo Bari.

## 4. Meteorología e índice de peligro de incendios FWI

### Descripción general

En la región de la cordillera norpatagónica existe un marcado gradiente de precipitaciones en el sentido oeste–este y la mayor concentración de precipitaciones en forma de lluvia y nieve, se concentra entre los meses de abril y agosto. Los datos presentados en la tabla 1 ilustran el gradiente de precipitaciones que se registra en la estación del SMN ubicada en la ciudad de San

Carlos de Bariloche con respecto a la registrada en el pluviómetro particular del Sr. Pablo Esquivel de la ciudad de Villa La Angostura.

**Tabla 1:** Comparación de precipitaciones medias mensuales para el mes de febrero en Bariloche y Villa La Angostura.

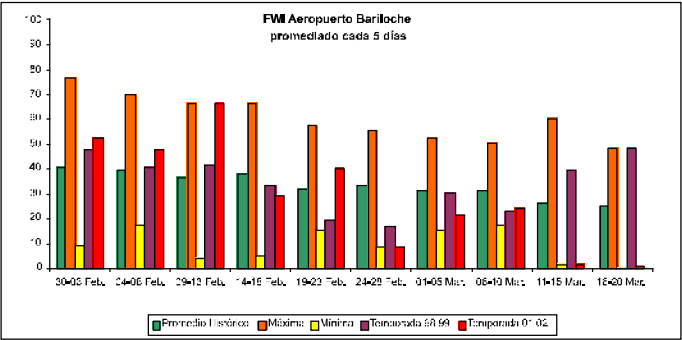
Precipitaciones en mm		
Año	Bariloche Aero	Va La Angostura
2002	52	81
2003	0	25
2004	6,2	30
2005	0	5
2006	6,2	28
2007	30,2	69
2008	0,5	28
2009	12,9	52

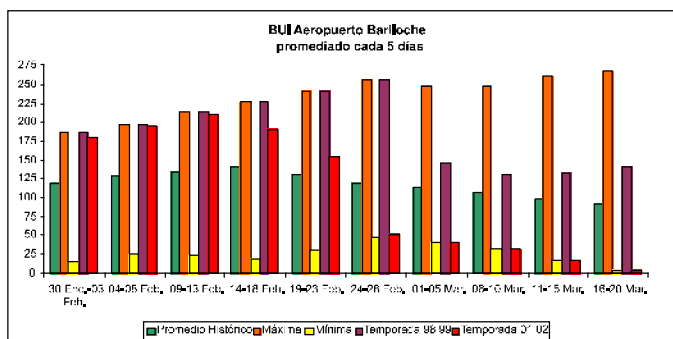
El área afectada por el “Incendio del Machete” se encuentra ubicada, en una zona de precipitación media anual de entre 3000 y 3500 milímetros; aunque en verano (enero, febrero, marzo), estos valores bajan a una media de 200 a 300 milímetros.

**Tendencias de la temporada**

La evolución de los indicadores FWI y BUI durante la temporada 98/99, se compara con los valores medios, mínimos y máximos históricos de los mismos (Gráficos 1 y 2).

**Gráfico 1:** Comparación entre los valores de FWI de varias temporadas y la de la temporada en estudio, calculados para la Estación Bariloche.





**Gráfico 2** Comparación entre los valores de BUI de varias temporadas y la de la temporada en estudio, calculados para la Estación Bariloche

Debe notarse que dos semanas antes al incendio, para el período comprendido entre el 14 y el 18 de febrero, el FWI promedio registrado para la temporada en curso fue el valor máximo histórico para la fecha. Recién en la semana del 24 al 28 de febrero se observa una caída considerable del FWI.

En los días previos al incendio, el BUI se destaca por encontrarse bastante cercano a las máximas históricas (marcadas por la temporada conflictiva 1998-1999), y siempre por arriba de los promedios históricos (Gráfico 2).

### Particularidades de los días del incendio

El día 16 de febrero hubo una tormenta eléctrica con lluvias dispersas y aisladas sobre la Cordillera, produciendo varias descargas y focos por rayos, inclusive en otras jurisdicciones de Parques Nacionales (“Las Planicies” en el P.N. Lanín; “El Congo” en el P.N. Los Alerces; y tres incendios más en el P.N. Nahuel Huapi: “Campana”, “Colorado” y “Fonck”).

El pronóstico especial emitido para las 20:00 hs del día 21 de febrero mencionaba la existencia de un frente frío en el Norte de Patagonia, desplazándose al NE. Con posterioridad, el día 24, ingresó por el extremo sur del continente otro frente frío con condiciones más extremas de humedad relativa, provocando abundantes precipitaciones. A consecuencia de ello se observó un marcado descenso de los índices. Entre los efectos conocidos por el ingreso de estos frentes, se cuentan la variación en intensidad y dirección de viento, aumentos en la intensidad del fuego, el cambio de geometría de un incendio forestal, etc. En las tablas 2, 3 y 4, se puede observar la evolución de los indicadores de peligro para los días comprendidos en el evento estudiado, calculados según datos de diferentes estaciones.

**Tabla 2:** Variables meteorológicas registradas en la estación Aeropuerto Bariloche entre los días 15 al 28 de febrero de 2002, y FWI con esos datos.

fecha	Temp. (°C)	HR (%)	direc. vto.	veloc. vto. (km/h)	PP (mm)	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
15-feb	20,4	17	E	9	0	93,7	179,8	716,4	11,4	221,0	42,8
16-feb	25,6	43	variable	9	0	91,6	182,8	724,1	8,5	224,2	35,4
17-feb	15,9	81	variable	6	4	54,7	94,2	706,0	0,4	141,3	1,9
18-feb	18,9	60	variable	6	0	73,6	95,8	712,4	1,0	143,4	6,0
19-feb	20,5	64	variable	6	0	81,1	97,3	719,1	1,7	145,5	10,1
20-feb	27,1	26	E	6	0	91,4	101,5	727,0	7,1	150,5	29,2
21-feb	26	36	NO	17	0	91,5	104,9	734,7	12,4	154,6	42,6
22-feb	19,6	38	O	41	0	91,1	107,5	741,2	39,4	157,8	86,6
23-feb	17,4	23	variable	7	0	92,0	110,3	747,3	8,1	161,2	32,5
24-feb	20,9	21	NO	19	7	78,6	64,4	700,0	2,6	104,7	12,0
25-feb	13	87	NNO	26	36	32,7	24,0	468,0	0,0	42,5	0,0
26-feb	12,3	60	NO	33	0	66,0	25,1	473,2	2,9	44,2	7,8
27-feb	12,2	74	O	46	5	58,7	16,6	460,3	3,8	30,4	7,9
28-feb	9,6	55	O	39	0	76,9	17,5	465,0	6,2	32,0	12,3

**Tabla 3:** Variables meteorológicas registradas en el lugar del incendio, y FWI calculado con esos datos, para los días 20 al 24 de febrero, período en el que hubo personal afectado a efectuar observaciones meteorológicas. Los cálculos de los códigos e índices del día 20 de febrero, se efectuaron en base a los valores que éstos alcanzaron el día 19 con datos de la estación Aeropuerto Bariloche.

Fecha	Temp. (°C)	HR (%)	direc. vto.	veloc. vto. (km/h)	PP (mm)	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
20/02/2002	23	60		0	0	83.8	99.2	726.2	1.8	147.9	10.4
21/02/2002	30	28		18	0	92.6	103.7	734.6	15.3	153.3	48.5
22/02/2002	19	43		27	0	90.5	106.0	741.1	17.9	156.1	53.8
23/02/2002	17	18	SSO	12	0	92.8	108.9	747.1	11.7	159.7	41.4
24/02/2002	22,5	14		17	10 <sup>13</sup>	79.8	59.4	673.3	2.6	97.3	11.7

**Tabla 4:** Variables meteorológicas y FWI pronosticados en función de los pronósticos especiales para incendios emitidos por el SMN/PNMF, para el período 21 al 25 de febrero. Los cálculos de los códigos e índices del día 21 de febrero, se efectuaron en base a los valores que éstos alcanzaron el día 20 en el lugar del incendios.

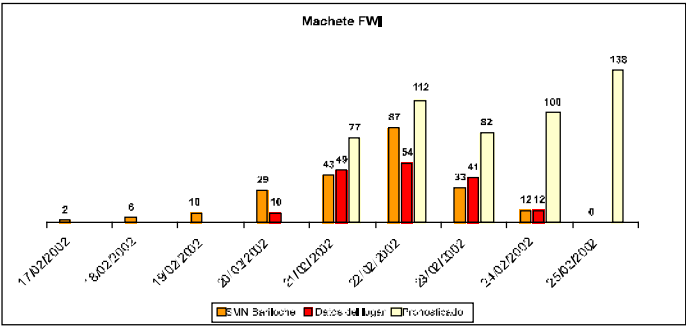
Fecha	Temp. (°C)	HR (%)	direc. vto.	veloc. vto. (km/h)	PP (mm)	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
21/02/2002	28	20	S-SO	29	0	94.0	103.9	734.3	32.6	153.5	77
22/02/2002	28	20	S	40	0	94.6	108.5	742.3	61.9	158.9	112.4
23/02/2002	22	15	S-E	28	0	94.9	112.4	749.3	35.2	163.5	81.7
24/02/2002	26	30	var-O	38	0	93.8	116.2	757	49.6	167.9	100.3
25/02/2002	22	20	O-SO	49	si <sup>14</sup>	93.8	119.9	763	87	172.2	138.1

13 En la Estación del Aeropuerto Bariloche se registraron 7 mm el día 24/2; por lo que se estima al menos 10 mm en el lugar del incendio, debido al antes mencionado gradiente de precipitaciones.

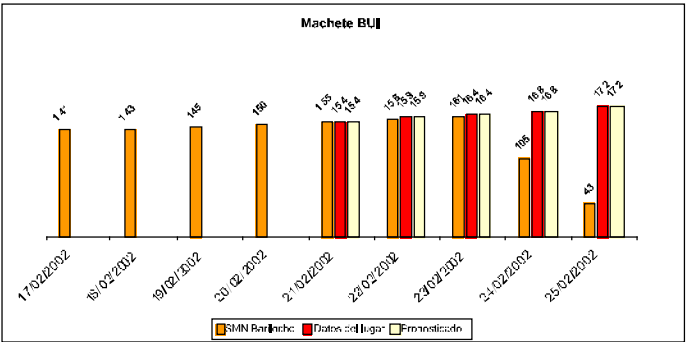
14 El pronóstico contemplaba precipitaciones, pero no indicaba la cantidad que se produciría. Los cálculos de los códigos e índices se efectuaron sin considerar precipitación.



En los gráficos 3 y 4, se observa el efecto de la precipitación ocurrida el día 24 de febrero en los valores de FWI y BUI registrados en el aeropuerto de Bariloche y en el incendio; sin embargo, al no haber precipitación pronosticada, los valores de FWI y BUI pronosticados continúan siendo altos.



**Gráfico 3:** Valores de FWI para los días en que duró el incendio en estudio, calculados para la Estación Bariloche, lugar del incendio y pronosticados

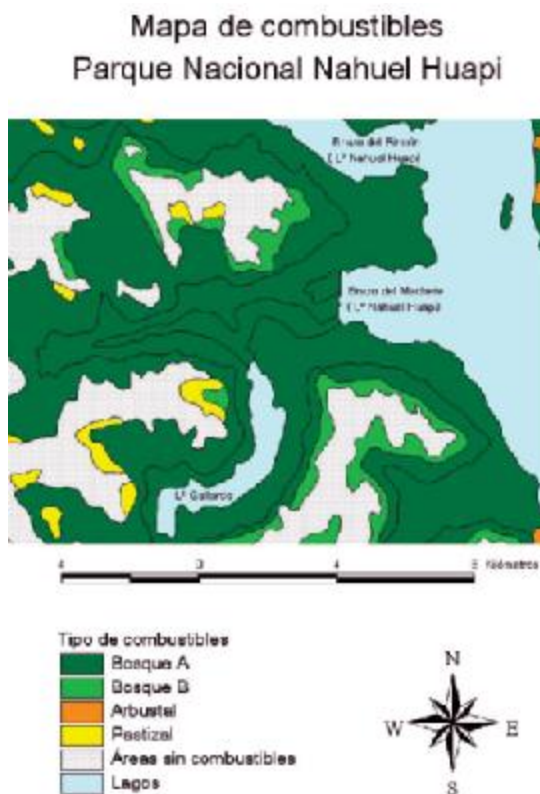


**Gráfico 4:** Valores de BUI para los días en que duró el incendio en estudio, calculados para la Estación Bariloche, lugar del incendio y pronosticados

## Clases de peligro

El área del incendio se encontraba dentro del denominado “combustible tipo A”<sup>15</sup>, tal como puede verse en la siguiente figura:

**Figura 13:** Mapa de combustibles del sector en análisis.



En la Tabla 5 se observan las clases de peligro para los días donde ocurrió el siniestro de “Brazo Machete” fueron, considerando los datos del Aeropuerto Bariloche:

---

15 En cuanto a los criterios para la definición de los distintos modelos para evaluación de peligro, la denominación de “bosque Tipo A” incluye un bosque húmedo, cerrado, con poca influencia del viento en su interior, con presencia de capa orgánica de suelo y gran cantidad de combustible medio y pesado. Para este tipo de combustibles se utilizaron las clases de peligro definidas para el sudeste de la provincia de British Columbia, por considerarse climáticamente similar a la región andina del Chubut. La definición de dichas clases de peligro en British Columbia, fue efectuada relacionando índices meteorológicos con ocurrencia de incendios principalmente en bosques de estas características. Los grandes incendios ocurridos en las áreas de trabajo que afectaron bosques de este tipo (dentro de lo que permite la información histórica disponible), fueron ubicados dentro de estas clases, encontrándose todos en el rango de peligro extremo. En este caso las clases de peligro se expresan en términos de rangos de FWI, es decir de intensidad relativa de línea.



**Tabla 5:** Clases de peligro por cada tipo de combustible, para los días 16/2/2002-24/2/2002, calculado en base a datos meteorológicos de la Aeroestación Bariloche.

Tipo de combustible	sábado	domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
	16/2	17/2	18/2	19/2	20/2	21/2	22/2	23/2	24/2
pastizal	MA	B	B	M	A	E	E	MA	M
matorral	E	M	M	A	E	E	E	E	MA
bosque A	MA	B	B	M	MA	MA	E	MA	M
bosque B	E	A	A	A	E	E	E	E	A
bosque im-plantado	E	M	M	M	E	E	E	E	M

Como puede observarse, las clases de peligro disminuyen ante la entrada del frente frío ocurrida el día 16, y que tuvo asociada la tormenta que originó el incendio, pero a partir del día miércoles 20/2, aumentan sensiblemente; el origen de ésto está en el rápido y significativo descenso de la humedad relativa y aumento de la temperatura (ver Tabla N° 2).

## 5. Cronología:

La siguiente sucesión de hechos, es un resumen elaborado por referencias indirectas tomadas de personal en el lugar del siniestro y participantes de las operaciones de supresión de fuego. Entre ellas, un informe titulado “Incendio del Río Machete”, elaborado por personal del ICE Nahuel Huapi.

### 16 de febrero

- » Se produce una tormenta eléctrica

### 17 de febrero

- » Denuncia de humo en Brazo Machete

### 18 de febrero

- » Salida de Hot-Shot, combatiendo otro foco producido por rayos, en el Cerro Colorado (a unos 10 kilómetros del Machete).

### 19 de febrero

- » Se vuelve a denunciar humo en el Brazo Machete, provocando una salida que finalmente encuentra el incendio. Una cuadrilla de seis personas

se dedica a construir una helimancha, lejos del foco. En el incendio había material rodante, y la superficie total afectaba cerca de 1 ha.

### **20 de febrero**

- » Trabajan dos aviones hidrantes; el viento es del Este; y se estima la superficie afectada en 5 ha. Personal de combate accede al lugar, aunque se retira por razones de seguridad. Cerca de las 17:30 hs. es evidente que la intensidad ha aumentado.

### **21 de febrero**

- » No se producen coronamientos; la columna de humo es vertical. Se estiman 10 ha. Hacia las 18:30 hs. aumenta la actividad.

### **22 de febrero**

- » Cambia el viento a SO; se observan precipitaciones al Oeste. El fuego avanza hacia abajo; alrededor de las 15 hs. se retira al personal. Se estima que el frente del incendio tiene alrededor de 700 m.

### **23 de febrero**

- » 11:00 hs. hay calma en el valle; a las 17:00 hs. la actividad es extrema. Se estima una superficie de 60 ha.

### **24 de febrero**

- » A la mañana hay un cinturón térmico; pasado las 16:00 hs., coronamientos masivos y comportamiento peligroso.

### **25 de febrero**

- » Comienza a llover

## Focos secundarios

En la imagen procesada por la Delegación Regional Patagonia no se encuentran considerados focos secundarios en el incendio objeto de estudio. Sin embargo, se produjo, al menos uno y se lo combatió.

El foco secundario se encuentra al oriente de la cabeza del incendio, en la orilla este del lago Gallardo, las pavesas cruzaron el lago, volando una distancia de 1,4 kilómetros (medido en la carta), provocando un foco secundario en “1” de la Figura 14, que llegó a las 4 ha. de superficie.

La zona de la cabeza del quemado, sin haber cruzado el lago Gallardo, aparece como “2” en la Figura 14., y zona central de la Figura 15.



**Figura 14:** Fotocomposición del lago Gallardo, mirando hacia el sur. Fotocomposición: Pablo A. Pérez.



**Figura 15:** Sector oeste del lago Gallardo, con ladera afectada por el incendio (a la derecha) y cabeza del incendio en el tercio superior de la elevación (parte central de la fotografía).

## 6. Análisis y conclusiones

El valor de referencia límite del código DMC que refleja la posibilidad de ignición por descarga eléctrica, es de 20 en Canadá. En la zona cordillerana, los valores usuales sobrepasan este umbral a días de comenzada la temporada de incendios y los valores de DMC cercanos a 100 que se registraron al inicio del fuego, son más que suficientes para que cualquier rayo produzca un fuego forestal.

Según los códigos e índices registrados entre los días 20 al 23 de febrero, se preveía propagación rápida, focos secundarios, dificultad de control en la cabeza, y comportamiento peligroso.

El BUI semanal promedio en los días del incendio fue siempre superior a los valores históricos y, durante la semana en que el incendio desarrolló mayor actividad (período del 19 al 23 de febrero), también el FWI fue mayores a la media.

La lluvia acumulada el día 24 de febrero a la mañana en el lugar del incendio, influyó haciendo bajar los códigos e índices. Sin embargo, el FWI se mantuvo por encima del valor límite para que la propagación sostenida del fuego ( $FWI > 3$ ), y el BUI por encima del valor umbral para el comportamiento extremadamente crítico del fuego ( $BUI > 60$ ), lo que explica que la precipitación no alcanzó a modificar significativamente el comportamiento del fuego.

Dada la rápida respuesta del FPMC y del ISI a cambios en la velocidad el viento, estos indicadores seguramente se incrementaron cuando la velocidad del viento aumentó la tarde del día 24 con la entrada del frente frío llevando del ISI de 2,4 calculados con datos de las 12hs a valores mucho mayores, superiores al valor utilizado en Canadá como referencia para el coronamientos en coníferas en Canadá ( $ISI > 10$ ). Como se mencionó, los valores de BUI se mantenían por encima de los umbrales críticos para comportamiento extremo del fuego, a pesar de la precipitación ocurrida. La combinación de valores altos de BUI e ISI, produjo seguramente altos valores de FWI, representativos del comportamiento del fuego observado ese día.

El día 24 de febrero se registró la mayor actividad del fuego, y seguramente (aunque no se midieron), deben haber existido las más altas velocidades de propagación del fuego, con aportes de aire potenciados por dicha actividad en sí misma que, es de suponer, han significado velocidades de viento superiores a las registradas fuera del incendio. Los datos tomados en la\* helimancha a las 12 hs. de ese día no reflejaron las condiciones de comportamiento del

incendio de esa tarde. De haberse utilizado los datos meteorológicos pronosticados (Tabla N° 4) se hubieran obtenido códigos e índices más ajustados al comportamiento del fuego.

El día 22 de febrero, el valor del FWI pronosticado (112,4) fue el doble respecto al calculado con los datos tomados en el fuego (53,8). Evidentemente, ese valor está relacionado a un elevado ISI calculado con los datos pronosticados que no está reflejado en los datos tomados a campo. El concepto que debe rescatarse de los códigos e índices calculados en base a los pronósticos, es que mostraron el aumento en la velocidad del viento, que causó el incremento en la severidad del fuego del día 23 al 24 de febrero. También el alto valor de FWI observado el día 23 de febrero, fue anticipado por el pronóstico.

Si bien el viento pronosticado y el registrado en cercanías del incendio tenían dirección SSO, es muy probable que la resultante haya sido oeste por efecto de la orientación del valle. Esto explica la geometría del incendio (alargada en dirección O-E y siguiendo las curvas de nivel), así como el foco secundario al este del lago Gallardo.

Otro aspecto a considerar de los pronósticos es que, si bien consideran la probabilidad de precipitación, no dan un valor numérico para la misma. Por lo que el valor de FWI pronosticado para el día 25 de febrero (138,1) fue sensiblemente mayor que el calculado posteriormente para ese día con datos registrados en la Estación Bariloche.

Por esto, consideramos que

- es conveniente tomar variables meteorológicas en distintos lugares cercanos al incendio, y calcular el índice a campo.
- deben tomarse medidas operativas de acuerdo a los datos pronosticados, anticipándose a las dificultades en el combate. Esta información debe tenerse en cuenta al momento de desplegar un equipo de combate en un lugar de difícil acceso, con vías de escape poco seguras, con alta carga combustible, elevadas pendientes, etc.
- La dirección de viento pronosticada, debe corregirse de acuerdo a la influencia de la topografía, ya que ésta no es tomada en cuenta por los pronósticos de escala sinóptica.

Existieron circunstancias que hicieron de la zona del Brazo Machete un lugar muy inseguro para el trabajo en el incendio forestal “Brazo Machete”. Además, el lugar contaba con una acumulación de biomasa muy importante (la fitocomposición no registra incendios en la zona de memoria histórica; y además la formación vegetal afectada estaba compuesta de tres mosaicos de bosques, según la Figura 13) y combustibles en escalera, facilitando el desa-

rrollo vertical del fuego y por tanto también el coronamiento y el fuego de copas. La topografía del lugar (un valle orientado de oeste a este) y los vientos dominantes del oeste, aumentaban la posibilidad de crecimiento del incendio por la ladera adyacente.

En este escenario, las condiciones meteorológicas se conjugaron de manera que los índices de comportamiento de fuego (ISI; BUI; BUI), superaron los umbrales para el comportamiento extremo del fuego y, en algunos momentos, fueron valores a los valores promedio para la región en esa época del año. Las clases de peligro por tipo de vegetación, reflejaban estas condiciones.

Las condiciones meteorológicas consideradas de manera aislada no alcanzan a explicar el comportamiento de un incendio forestal. Por ejemplo, la predisposición de combustibles adyacentes a un fuego por efecto de la rotación de un viento y la inclinación de la columna convectiva como su consecuencia, requieren de un análisis en el terreno.



Secretaría  
de Ambiente  
y Desarrollo  
Sustentable



Jefatura de  
GABINETE de Ministros

Evaluación de peligro de incendios. Informes técnicos  
Informe Técnico N° 3 . Primer Taller de Análisis de Comportamiento del Fuego

Editor: Plan Nacional de Manejo del Fuego. Programa Nacional de Evaluación de Peligro  
de Incendios y Alerta Temprana.  
Ruta 259 Km 4 - Esquel, Chubut, Argentina.  
Publicación seriada de periodicidad irregular. ISSN 2313-9420 - Agosto de 2012