

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA



**Simulación Numérica de la Atmósfera durante
Eventos Extremos de Incendios Forestales en la Región del Bío-Bío**

Nicolás D. García Lee

Habilitación Profesional
para optar al Título de Geofísico

Marzo 2016

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA

**Simulación Numérica de la Atmósfera durante
Eventos Extremos de Incendios Forestales en la Región del Bío-Bío**

Nicolás D. García Lee

**Habilitación Profesional
para optar al Título de Geofísico**

Profesor guía:
Dr. Aldo Montecinos

Comisión:
Dr. Andrés Sepúlveda
Dr. Juan Inzunza



Marzo 2016

La Ciencia es un esfuerzo de colaboración. Los resultados combinados de varias personas que trabajan juntas es a menudo mucho más eficaz de lo que podría ser el de un científico que trabaja solo.

John Barden

Agradecimientos

Agradezco a mis padres y hermanas, por siempre estar conmigo, su apoyo incondicional, por siempre creer en mí, por todo su esfuerzo para que pudiera cumplir con esta etapa sin preocupaciones y lo más importante por su amor.

Agradezco a mis abuelos, que siempre estuvieron presentes, sobre todo en los momentos más necesarios, sin jamás dar un no ante alguna petición que necesite en su momento.

A mis familiares en general, en especial a mis tíos, Carlos y Jacquelin por su hospitalidad en Concepción durante mis años de formación, a Nicole Montero, quien sin dudar me brindó su ayuda cuando la necesite.

Agradezco a mis amigos, Sebastián quien fue mi compañero de departamento estos 5 años, en los que compartimos más de algún momento de dificultad y millones de momentos de alegría, Héctor quien me ayudó a ser persona más consciente y agradecida con nuestra tierra. A mi grupo de forestines : Yanela, Coke, Daniela, Ornela junto con mis compañeros de universidad Angela, Diego, Marcela y Tania por haber recorrido conmigo este camino, a Aldo V., Matías G., James, Rodolfo, Tito y Eduardo por esas infinitas convivencias para aliviar el tedio de los trabajos. Agradezco a todos los que conocí en la universidad, por esas discusiones, marchas, risas, tardes en el “Chef Carlitos” y por todas esas infinitas horas de intercambio de ideas donde nos dimos cuenta que estamos tan locos como para poder arreglar el mundo.

A la carrera por todos los espacios de aprendizaje que me otorgaron, por el cariño, el respeto de todos y por las enseñanzas que dejaron, por compartir un momento, una sonrisa conmigo. Quiero decir gracias por dejarme formar parte del DGEO.

A la comisión evaluadora por su tiempo y disposición.

Al profesor Aldo Montecinos, por su apoyo, la motivación, buena ortografía, sus consejos, por permitirme trabajar con él, pero por sobre todas las cosas por su paciencia.

Agradecimientos al proyecto Fondecyt 1131092 Downslope Andean Winds in Southern-Central Chile, por aportar los recursos necesarios para la realización de este trabajo.

Agradecer a todos los que están conmigo, en su forma humana u otra, gracias por formar parte de mi vida, nunca olvidaré que unos de los mejores años de mi vida los pase en esta hermosa Universidad, junto a personas maravillosas.

Finalmente solo queda agradecer a la vida, por ser tan generosa, tan sabia y porque día a día me permite comprender un poco más mi propósito aquí.

Resumen

En el presente trabajo se investigan las condiciones atmosféricas previas a incendios forestales extremos en la Región del Bío-Bío. Para esto se definen como eventos extremos de incendios, aquellos que presentaron una superficie dañada superior a 3000 [ha]. Esta definición es posible, gracias a la base de datos de **CONAF**(3), que entrega la ubicación espacial y temporal de los focos de incendios extremos, entre otros datos. Es así como se agrupan grandes incendios forestales y se agrupan en 6 periodos de grandes eventos compuestos de varios focos. Cada uno de estos eventos de forma individual suma un área total afectada superior a 3000 [ha].

Sabiendo las fechas en las que se registran estos eventos, se pueden analizar las condiciones sinópticas presentes en cada uno de estos periodos. Esto se realiza mediante el producto de reanálisis **CFSR-NCEP**, del cual se obtienen campos de valores absolutos, anomalías y tendencias diarias de cada uno de los eventos.

Por otro lado, las condiciones locales se estudian mediante simulaciones numéricas hechas con el modelo **"Weather Research and Forecasting"(WRF)**. De estas se extraen perfiles zonales y verticales, que muestran valores absolutos y anomalías.

Condiciones tipo Foehn solo se ven en el evento 1, mientras que en los demás eventos la presencia de este tipo de condiciones no es tan clara. Por tanto, uno de seis eventos extremos no permite confirmar un factor vinculante entre los incendios forestales y los eventos Puelche en la región.

El evento 5 tuvo lugar el 4 de abril del 2010 (ubicado en la cordillera), a pesar de no tener todas las condiciones de secamiento esperadas, fue el evento más catastrófico, pues el área afectada fue de 6198 [ha] solo en el área de estudio. Esto da a suponer que existen zonas más vulnerables a condiciones meteorológicas propicias para el desarrollo de incendios forestales en la Región del Bío-Bío.

Finalmente, se confirma que no existe un secamiento en superficie causado por el viento Puelche que facilite el desarrollo de los incendios forestales extremos en la Región del Bío-Bío. Sin embargo, el presente análisis muestra que 5 de los 6 grandes incendios forestales en los bosques de la VIII región, coinciden con un patrón de circulación atmosférica típica dominada por una fuerte dorsal pasando sobre la costa suroeste de Sudamérica.

Índice General

Agradecimientos	II
Resumen	IV
Índice General	1
Índice de Figuras	
Índice de Cuadros	1
1 Introducción	2
2 Metodología	9
3 Resultados	15
4 Discusión y Conclusiones	32
5 Catálogo de Tablas	34
6 Catálogo de Figuras	35
6.1 Evento 1	36
6.2 Evento 2	51
6.3 Evento 3	69
6.4 Evento 4	87
6.5 Evento 5	102
6.6 Evento 6	117

Índice de Figuras

1.1	Modelo Conceptual descrito Garreaud	5
1.2	Compuesto del campo de altura geopotencial y anomalías de viento	6
2.1	Comparación de esquemas superficiales utilizados en W.F.R	12
2.2	Dominios y anidados utilizados en WRF	14
6.1	Datos CONAF y distribución de áreas de estudio, evento 1	36
6.2	Cartas sinópticas correspondientes al evento 1.	37
6.3	Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa, evento 1.	38
6.4	Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla, evento 1.	38
6.5	Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa, evento 1.	39
6.6	Campo de Anomalía de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa, evento 1.	39
6.7	Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500, evento 1.	40
6.8	Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, evento 1	41
6.9	Campo Longitudinal de Calor Latente, evento 1	42
6.10	Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, evento 1	43
6.11	Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, evento 1	44
6.12	Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, evento 1	45
6.13	Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, evento 1	46
6.14	Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, evento 1	47
6.15	Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, evento 1	48
6.16	Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, evento 1	49
6.17	Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, evento 1	50
6.18	Datos CONAF y distribución de áreas de estudio, evento 2	51
6.19	Cartas sinópticas correspondientes al evento 2.	52
6.20	Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa, evento 2.1	53
6.21	Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla, evento 2.1	53
6.22	Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa, evento 2.1	54
6.23	Campo de Anomalía de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa, evento 2.1	54
6.24	Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500, evento 2.1	55
6.25	Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa, evento 2.2	56
6.26	Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla, evento 2.2	56
6.27	Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa, evento 2.2	57
6.28	Campo de Anomalía de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa, evento 2.2	57

6.29	Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500, evento 2.2	58
6.30	Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, evento 2	59
6.31	Campo Longitudinal de Calor Latente, evento 2	60
6.32	Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, evento 2	61
6.33	Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, evento 2	62
6.34	Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, evento 2	63
6.35	Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, evento 2	64
6.36	Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, evento 2	65
6.37	Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, evento 2	66
6.38	Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, evento 2	67
6.39	Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, evento 2	68
6.40	Datos CONAF y distribución de áreas de estudio, evento 3	69
6.41	Cartas sinópticas correspondientes al evento 3.	70
6.42	Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa, evento 3.1	71
6.43	Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla, evento 3.1	71
6.44	Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa, evento 3.1	72
6.45	Campo de Anomalía de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa, evento 3.1	72
6.46	Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500, evento 3.1	73
6.47	Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa, evento 3.2	74
6.48	Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla, evento 3.2	74
6.49	Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa, evento 3.2	75
6.50	Campo de Anomalía de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa, evento 3.2	75
6.51	Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500, evento 3.2	76
6.52	Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, evento 3	77
6.53	Campo Longitudinal de Calor Latente, evento 3	78
6.54	Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, evento 3	79
6.55	Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, evento 3	80
6.56	Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, evento 3	81
6.57	Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, evento 3	82
6.58	Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, evento 3	83
6.59	Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, evento 3	84
6.60	Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, evento 3	85
6.61	Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, evento 3	86
6.62	Datos CONAF y distribución de áreas de estudio, evento 4	87
6.63	Cartas sinópticas correspondientes al evento 4.	88
6.64	Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa, evento 4	89
6.65	Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla, evento 4	89
6.66	Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa, evento 4	90
6.67	Campo de Anomalía de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa, evento 4	90
6.68	Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500, evento 4	91

ÍNDICE DE FIGURAS

6.69 Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, correspondiente al evento 4	92
6.70 Campo Longitudinal de Calor Latente, evento 4	93
6.71 Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, evento 4	94
6.72 Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, evento 4	95
6.73 Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, evento 4	96
6.74 Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, evento 4 . .	97
6.75 Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, evento 4	98
6.76 Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, evento 4	99
6.77 Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, evento 4	100
6.78 Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, evento 4	101
6.79 Datos CONAF y distribución de áreas de estudio, evento 5	102
6.80 Cartas sinópticas correspondientes al evento 5.	103
6.81 Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa, evento 5 .	104
6.82 Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla, evento 5	104
6.83 Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa, evento 5	105
6.84 Campo de Anomalía de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa, evento 5	105
6.85 Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500, evento 5	106
6.86 Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, evento 5	107
6.87 Campo Longitudinal de Calor Latente, evento 5	108
6.88 Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, evento 5	109
6.89 Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, evento 5	110
6.90 Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, evento 5	111
6.91 Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, evento 5 . .	112
6.92 Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, evento 5	113
6.93 Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, evento 5	114
6.94 Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, evento 5	115
6.95 Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, evento 5	116
6.96 Datos CONAF y distribución de áreas de estudio, evento 6	117
6.97 Cartas sinópticas correspondientes al evento 6.	118
6.98 Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa, evento 6 .	119
6.99 Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla, evento 6	119
6.100 Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa, evento 6	120
6.101 Campo de Anomalía de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa, evento 6	120
6.102 Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500, evento 6	121
6.103 Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, evento 6	122
6.104 Campo Longitudinal de Calor Latente, evento 6	123
6.105 Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, evento 6	124
6.106 Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, evento 6	125
6.107 Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, evento 6	126
6.108 Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, evento 6 . .	127

6.109	Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, evento 6.1	128
6.110	Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, evento 6.1	129
6.111	Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, evento 6.1	130
6.112	Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, evento 6.1	131
6.113	Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, evento 6.2	132
6.114	Campo Longitudinal de Calor Latente, evento 6.2	133
6.115	Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, evento 6.2	134
6.116	Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, evento 6.2	135
6.117	Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, evento 6.2	136
6.118	Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, evento 6.2 .	137
6.119	Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, evento 6.2	138
6.120	Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, evento 6.2	139
6.121	Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, evento 6.2	140
6.122	Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, evento 6.2	141

Índice de Tablas

2.1	Tabla de eventos elegidos	9
2.2	Parametrizaciones utilizadas para la simulación realizada en WRF	11
3.1	Tabla de focos de magnitud para el Evento 1.	15
3.2	Tabla de focos de magnitud para el Evento 2.	18
3.3	Tabla de focos de magnitud para el Evento 3.	21
3.4	Tabla de focos de magnitud para el Evento 4.	24
3.5	Tabla de focos de magnitud para el Evento 5.	26
3.6	Tabla de focos de magnitud para el Evento 6.	28
5.1	Tabla de Resumen Sinóptico (CFSR-MSLP)	34
5.2	Tabla de Resumen Local (WRF)	34

Capítulo 1

Introducción

Los incendios forestales son eventos que conllevan muchas pérdidas en toda clase de sectores. Según su propagación y comportamiento se puede cuantificar la cantidad de recursos necesarios para efectuar un combate apropiado y eficaz en contra de estos. A su vez, el combate contra los incendios resulta ser una tarea fundamental, que cada país ha ido desarrollando. Desde este punto de vista, la comprensión del comportamiento de los incendios es un tema de estudio importante para poder determinar planes de acción.

Uno de los factores que define el comportamiento del fuego es el comportamiento de la atmósfera, que puede proporcionar condiciones favorables o desfavorables para que el incendio pueda desarrollarse (1). Este suceso es consistente con la percepción de que existen eventos puelche responsables de incendios forestales, hecho que ha sido motivo de estudio en diversos países como Australia (6), Portugal (23) y Estados Unidos (24), donde se investiga la relación entre vientos tipo Foehn e incendios forestales en zonas determinadas.

Es por eso, que en el presente trabajo se analizan condiciones atmosféricas previas a los incendios forestales en la Región del Bío-Bío, a fin de determinar si existieron factores atmosféricos que pudieran haber favorecido al desarrollo de estos eventos extremos.

De esta manera se busca contribuir al estudio e información que existe sobre los incendios forestales extremos en la Región del Bío-Bío.

Marco Teórico

En relación con los incendios forestales, es de gran interés el conocimiento de algunos elementos meteorológicos, tales como, temperaturas elevadas, baja humedad relativa, días consecutivos sin lluvia, cantidad de precipitación recogida, dirección y velocidad del viento, etc. A todo esto, habría que añadir el estado de la vegetación (seco, húmedo), la densidad del bosque, la abundancia del combustible y leñas muertas e igualmente la topografía del terreno (pendientes de la montaña, valles cerrados, etc) (7). Por tanto, la cantidad de factores que participan en el desarrollo de los incendios forestales es amplia. Es por eso que la presente tesis se focaliza en el análisis de los elementos meteorológicos que aumentan el riesgo de incendios forestales.

Existen diversos estudios que advierten que a finales de este siglo las precipitaciones disminuirán, las sequías se harán más frecuentes y por tanto las condiciones para el desarrollo de incendios forestales de mayor extensión e intensidad aumentarán (4)(14)(9). Otro hecho alarmante es que en los años recientes, de acuerdo a bases de datos de CONAF entre 2002 y 2012, han ocurrido más de 20 mil incendios en la región con una distribución muy amplia de superficies afectadas. Sin embargo, solo 6 de los eventos informados superan el umbral de 3000 [ha].

Dadas las proyecciones que se han realizado y el considerable daño que produce un incendio forestal, es necesario comprender su desarrollo. Según un estudio realizado por Macias Fauria (15), un método que resulta útil para estudiar el desarrollo de los incendios forestales, es analizar los **controladores del clima y sus conexiones con climas regionales y locales**. Este método ya ha sido aplicado en el estudio realizado por Trigo (23), donde se demuestra que los grandes incendios forestales en los bosques portugueses están relacionados con un patrón de circulación atmosférica típica dominado por una fuerte dorsal situada sobre la Península Ibérica.

Los Vientos del Este y su relación con condiciones de secamiento atmosférico

En la costa oeste subtropical de Sudamérica, específicamente en la zona centro-sur de Chile se encuentra la zona de estudio, la Región del Bío-Bío. Esta zona es influenciada por el Anticiclón Subtropical de Pacífico Sur, que provee de un clima templado, una troposfera de bajo nivel estable, temperatura superficial del mar fría y un viento suroeste a lo largo de la costa (8). Un modelo conceptual sobre los patrones de circulación en la escala sinóptica que afectan Chile realizado por Garreaud (8), establece la importancia de un evento sinóptico denominado “anticiclón migratorio” que pasa sobre el continente, alrededor de 40°S (**Figura 1.1, 1.2**). Según este estudio, estos eventos se producen hasta 5 veces al mes en todas las estaciones del año, aunque están mejor definidos desde el otoño hasta la primavera. El paso de este anticiclón produce que el viento superficial, predominante de el sur, se ajuste geostróficamente al campo de presión. Esto produce que los vientos salgan desde la costa hacia el océano (componente este). Para compensar este flujo, por conservación de masa, vientos que van en altura descienden desde la cordillera, lo que generaría compresión adiabática, y posteriormente, una mayor temperatura y la formación de una baja presión en superficie, esta baja se denomina como baja costera o vaguada costera, la cual, se manifiesta desde 25° a 35°S aproximadamente. Este aumento de temperatura participa al producir un secamiento superficial, ya que según la ecuación de Clausius-Clapeyron, a mayor temperatura aumenta la capacidad de la atmósfera de contener vapor de agua (12). Esta etapa también se caracteriza por una intensificación de

la surgencia costera debido la intensificación de los vientos del sur a lo largo de la costa (jet costero). Este proceso según Garreaud, tiene su fase culmine cuando la baja presión alcanza una latitud de 30°S (día 0), que se muestra en la **Figura 1.1**. Por tanto, la humedad de la superficie se traspasa hacia la atmósfera, lo que produciría un secamiento superficial y, en consecuencia, un potencial secamiento de la materia bio-combustible, lo cual es un factor clave en el desarrollo de incendios forestales (21).

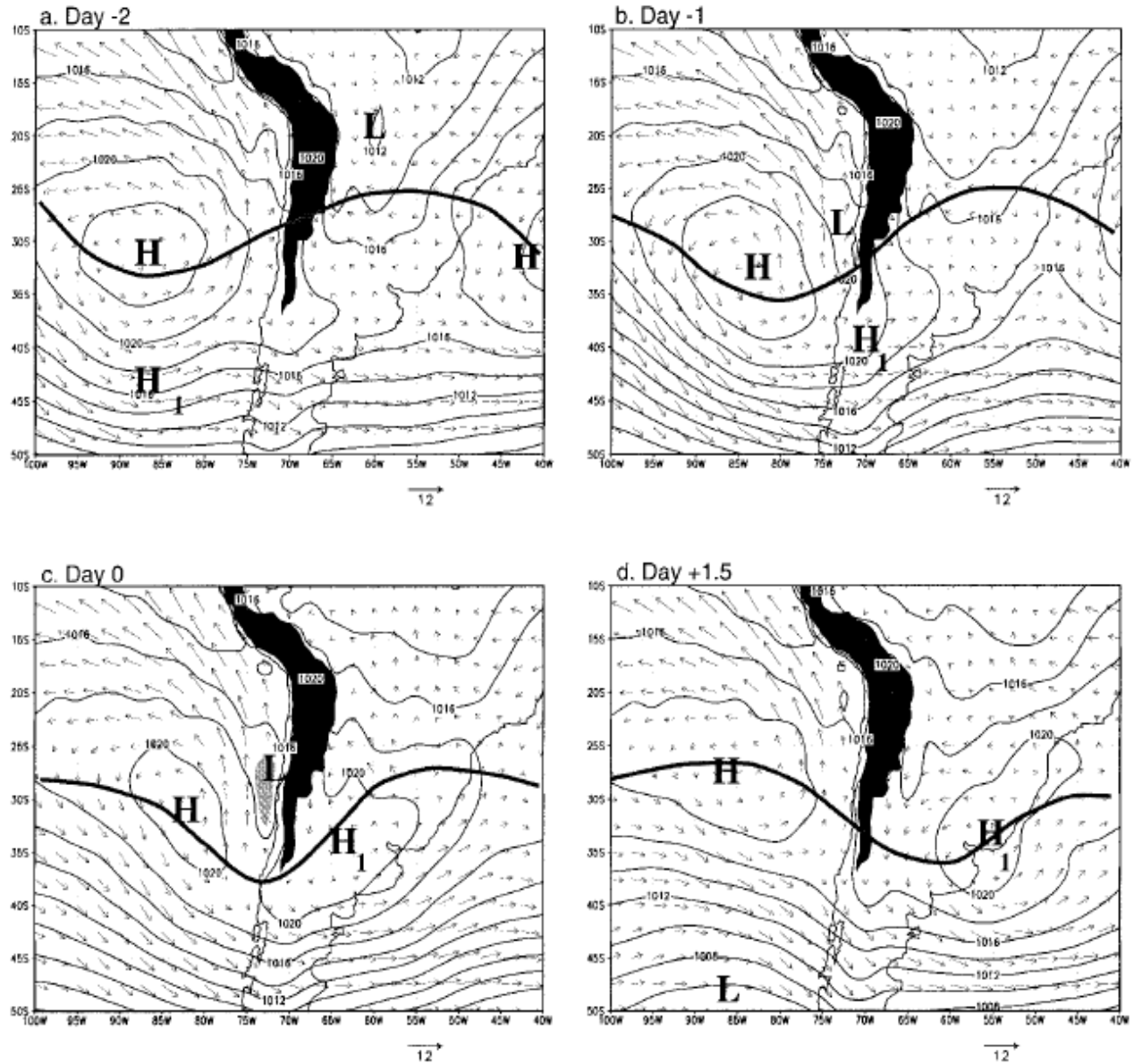


Figura 1.1: Modelo Conceptual presentado por Garreaud (8). Representa el compuesto del campo de Presión a Nivel del Mar y vientos a 1000 [hPa] (flechas) en el día (a) -2, (b) -1, (c) 0, y (d) 1.5. Línea gruesa, representa los 5680 metros de altura (altura geopotencial en 500 [hPa]). El vector de viento de referencia ($[\frac{m}{s}]$) se muestra en la parte inferior de cada panel. El área negra indica la elevación del terreno por encima de 2.000 [m]. Centros de alta y baja designadas con una letra H (High Pressure) o L (Low Pressure), indica el centro del anticiclón migratorio. El sombreado claro presente en el día 0 indica la baja de presión a nivel de superficie, inferior a 1016,5 [hPa].

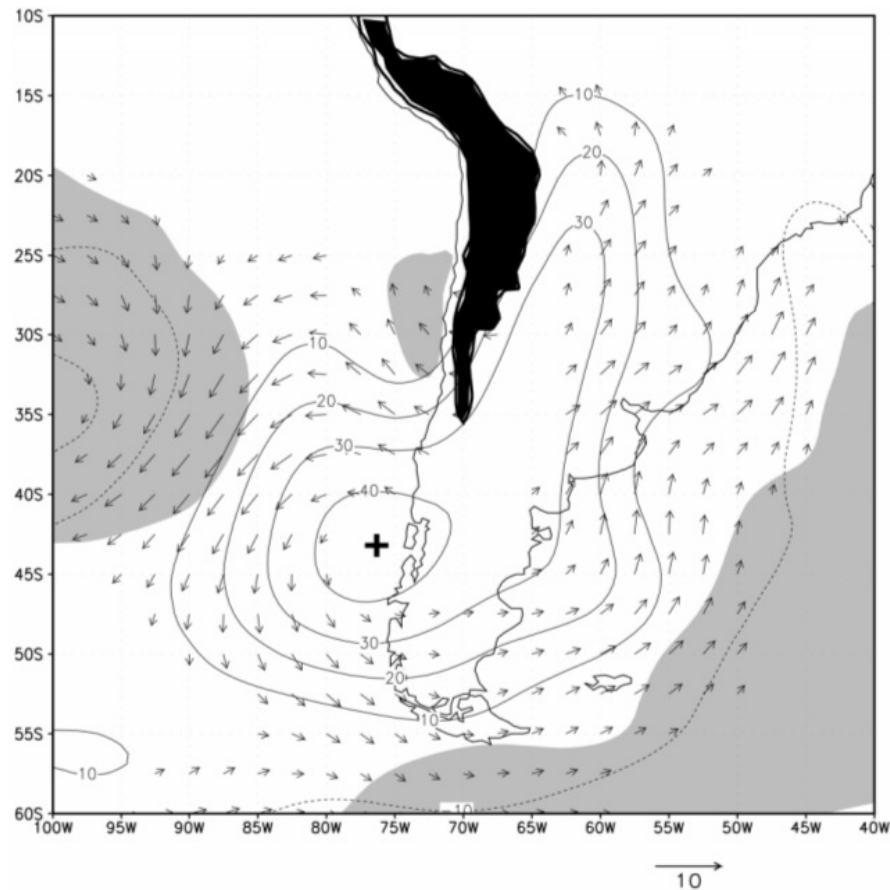


Figura 1.2: Compuesto del campo de altura geopotencial a 925 [hPa] (contorno) y anomalías de viento (flechas) para el día 0 (culminación del evento). El intervalo de contorno es de 10 metros, los valores negativos en línea discontinua, y el contorno cero se omite. El vector de viento tiene su referencia en la parte inferior de la figura ($10[\frac{m}{s}]$). El sombreado gris claro indica anomalías negativas de presión en superficie mayores a -1,5 [hPa]. El área negra indica la elevación del terreno por encima de 2000 metros. Extraída de investigación de Garreaud (8).

Trabajos referentes al viento Foehn y su simulación

Un aspecto importante de esta investigación es la posible participación de un evento Puelche en relación a los incendios forestales extremos. Es por eso que se consideraron trabajos como el realizado por Conil & Hall (5). Conil & Hall tenían el objetivo de estudiar el viento Santa Ana (tipo Foehn) y la variabilidad general de los vientos superficiales en California, Estados Unidos. Para ello, ocuparon 23 niveles verticales, usando tres dominios de 54, 18 y 6 kilómetros de resolución. A partir de esta simulación se comprobó que la topografía de la zona juega un rol importante, ya que potencia el flujo de vientos de la zona dependiendo el nivel de la pendiente. A su vez, otros estudios reafirman que la topografía juega un rol fundamental en los vientos descendentes, ya que determinan su desarrollo (22). Por tanto, datos de alta resolución, permitirían una mejor simulación y análisis.

Es importante mencionar que la velocidad no es atributo a considerar para los eventos Puelche, puesto que existen estudios como Hoinka (11) (otro caso en propuesto (24)) donde en el caso son los vientos Foehn en los Alpes, la velocidad decae casi un 60% una vez que se aleja

a 70 km de las montañas. Por tanto, para identificar eventos Foehn es necesario observar los cambios abruptos de temperatura, humedad relativa, temperatura de punto de rocío y vientos superficiales que bajan desde los valles.

Trabajos referentes al viento Foehn en relación con incendios forestales

En Australia se han realizado diversas investigaciones, con el fin de comprender mejor la participación que tienen las condiciones del viento Foehn en los mecanismos que participan en el desarrollo de los incendios forestales. Estas condiciones son denominadas condiciones “Foehn-like”, vale decir, condiciones tipo Foehn, que corresponden a vientos cálidos y secos en el lado sotavento de las cordilleras, donde el calor y la sequedad del aire se debe a la compresión adiabática del aire que desciende de las pendientes de las montañas (26).

Dos estudios en particular, uno realizado por Sharples (21) y otro por Fox-Hughes (6), establecen una metodología que analiza fechas específicas en las que se registraron incendios forestales en Australia, metodología similar a la establecida en este trabajo.

En el estudio de Sharples, se eligen 6 eventos particulares de incendios forestales, repartidos en diferentes zonas al sureste de Australia, todas zonas con ocurrencias de viento Foehn. La investigación confirma la existencia de vientos de alta intensidad, una atmósfera cálida y seca, ambas condiciones características de vientos tipo Foehn presentes en los días donde se registraron eventos de incendios forestales. Más interesante aún, una de sus estaciones que se encontraba dentro de la zonas afectadas por el incendio, no registró condiciones superficiales asociadas al viento tipo Foehn. Se argumenta que esto sucede debido a la variación de las condiciones de viento tipo Foehn en superficie, pues dadas las características de la topografía (asociado a la cadena montañosa) junto con otras estructuras atmosféricas como las inversiones térmicas, la presencia de este viento puede variar en la zona afectada por el incendio. Por tanto, la ausencia de viento tipo Foehn en las observaciones en superficie, en una estación particular, no significa que el viento tipo Foehn no haya participado, pues los procesos que desarrollan inversiones térmicas superficiales pueden variar ampliamente sobre áreas geográficas pequeñas. La investigación finalmente afirma que la ocurrencia de vientos tipo Foehn sobre la zona sureste de Australia, tiene un efecto importante en el riesgo de incendios forestales. Dado esto, se propone una mejor gestión de riesgo ante incendios, particularmente en cuanto a quemas prescritas en regiones propensas a la ocurrencia de vientos tipo Foehn.

El estudio de Fox-Hughes se realiza en Tasmania, Australia. Se estudian dos eventos de incendios forestales que comparten patrones de baja temperatura de punto de rocío (a 850 [hPa]), fuertes vientos asociados a un frente frío y vientos tipo Foehn. En ambos casos, hubo advección de viento sobre Tasmania por un frente frío y aire cálido descendente asociado a sistemas de altas presiones que pasan sobre la zona. Al final de este análisis, se confirma la existencia de un calentamiento, secamiento y vientos en la zona de estudio, consistente con la aparición de viento Foehn en uno de los eventos, que presentó 40 focos de alto índice de daño ($FFDI > 24$, Forest Fire Danger Index), en la zona este de Tasmania. Además, en esta investigación se confirma la asociación entre el viento Foehn y condiciones atmosféricas favorables para el desarrollo de los incendios forestales en ciertas localizaciones alrededor del mundo, mencionando lugares como el sureste de Australia y el sur de California, en Estados Unidos.

Hipótesis y Objetivos

Hipótesis

Existe un secamiento en superficie causado por el viento Foehn que facilitaría el desarrollo de los incendios forestales extremos en la Región del Bío-Bío.

Objetivos

Caracterizar las condiciones atmosféricas asociadas a eventos extremos de incendios forestales en la Región del Bío Bío.

Para esto es necesario establecer objetivos secundarios como:

- Caracterizar las condiciones sinópticas asociadas al desarrollo de eventos extremos de incendios forestales.
- Caracterizar el desarrollo de los incendios forestales (espacial y temporal, según catastro de CONAF).
- Determinar el grado de secamiento y su relación con vientos Puelches u otros factores atmosféricos.

Capítulo 2

Metodología

Datos de CONAF

La Corporación Nacional Forestal (CONAF), proporciona un catastro donde se puede observar todos los incendios forestales que han ocurrido desde 2003 hasta 2012. Estos cuentan con información como el lugar del incendio, área total dañada, hora de registro, hora de liquidación, velocidad de propagación, tipo de combustible, causa, entre otros datos (3).

La manera en la que estos se procesan consiste en elegir un evento cuya área dañada sea superior a 200 [ha]. Luego, considerando todos los eventos que se presentaron en el día, se realiza una suma del área total dañada. Si estos eventos se presentan como días consecutivos entonces se consideran los días de duración, de esta manera se conforma un evento.

Estos eventos tienen como daño total un número superior a las 3000 [ha] y los días consecutivos en los que se desarrollaron no son más de 3. Es así como se consideran 6 eventos, que se observan en la Tabla.2. Luego por medio de mapas (ver ejemplo, **Figura 6.13**), se puede determinar su ubicación espacial y determinar cual es la zona donde se realiza un dominio más específico en WRF y así obtener una mayor resolución espacial. A estas zonas se les denomina zonas de estudios.

Evento	Fecha	Hora Inicio	Área Afectada [ha]	Área Afectada en Área de estudio [ha]
Evento 1	13-15/01/2004	13:00	4877	3762
Evento 2	12-13/01/2007	11:00	7101	3490
Evento 3	17-19/01/2009	15:00	4104	3364
Evento 4	29/01/2009	17:00	3048	2984
Evento 5	04/04/2010	20:00	7321	6198
Evento 6	1-3/01/2012	15:00	7487	6721

Tabla 2.1: Tabla de eventos elegidos

Datos de Análisis de Presión a Nivel Medio del Mar (MSLP)

Estas son imágenes que se obtienen gratuitamente del sitio web de la Oficina de Meteorología de Australia (2). Se obtienen de una compilación cientos de observaciones meteorológicas (datos sinópticos) tomadas simultáneamente en Australia, India y el Pacífico este. Entre sus características se observan líneas de igual presión atmosférica que muestran los elementos centrales de los sistemas climáticos: máximos de presión, mínimos de presión (incluidos los ciclones tropicales) y los frentes fríos.

Datos CFSR

Estos corresponden a datos del producto “Climate Forecast System Reanalysis” (**CFSR**) perteneciente a “National Center for Environmental Prediction” (**NCEP**). Este modelo que se complementa con información satelital, consta de 64 niveles verticales sigma y resolución horizontal de 0.5° (~ 55 km) (20). El periodo de tiempo empleado para el estudio va desde el 2004 hasta el 2012, periodo contenido en el registro de datos CFSR.

Las variables utilizadas de estos datos son: la componente zonal de velocidad del viento (**u**, en $[\frac{m}{s}]$), la componente meridional de velocidad del viento (**v**, en $[\frac{m}{s}]$), humedad relativa (**HR**, en [%]), temperatura (**T**, en $^\circ[C]$), presión a nivel del mar (**SLP**, en $[hPa]$), altura geopotencial en 500 y 850 $[hPa]$ (GH_{500} - GH_{850} , en $[hPa]$).

El área de estudio para la cual se extraen los campos de datos, se encuentra entre las latitudes 24° y $53^\circ S$, y entre las longitudes 98° y $65^\circ O$, tal como aparece señalado en las figuras del análisis de CFSR. Sobre esta zona, se esbozan 2 niveles verticales a 850 y 1000 $[hPa]$.

Para el procesamiento de estos datos se resta el campo del día anterior al día donde se registró el evento de incendio (**campo de tendencias diarias**). También se ocupan los valores absolutos y las anomalías del producto, siendo estas últimas calculadas respecto de una climatología.

El modelo de simulación atmosférica WRF

El modelo de investigación y pronóstico del tiempo “Weather Research and Forecasting” o en sus siglas WRF, es un sistema de predicción numérico de mesoescala, no hidrostático. Este fue creado después de 1990 con colaboración de diversas instituciones como “National Center for Atmospheric Research” (NCAR), la “National Centers for Environmental Prediction” (NCEP), la “Air Force Weather Agency” (AFWA) y la “Naval Research Laboratory, the University of Oklahoma, and the Federal Aviation Administration” (FAA).

Este modelo se basa en el uso de coordenadas verticales “sigma”, que son coordenadas de presión hidrostática que siguen la forma del terreno. El modelo también puede realizar simulaciones, considerando condiciones reales o ideales. Su funcionamiento consiste en una fase de pre-procesamiento (WPS) donde se preparan las condiciones iniciales para la simulación y posteriormente la simulación (`./wrf.exe` y `./real.exe` o `./ideal.exe`).

La parte de pre-procesamiento necesita datos de topografía, datos GRIB con información meteorológica, "desempaquetar" la información contenida en los archivos GRIB (proceso ungrib) y asignar cada dato sobre las grillas del dominio a simular (22).

Especificaciones de la simulación realizada

Se utiliza la versión 3.5 de W.P.S (Weather Systems Processor) para generar el pre-procesamiento de las condiciones para realizar la simulación. Para el procesamiento se utiliza la versión 3.4 de WRF.

El producto utilizado en la simulación en WRF son los datos **FNL** del National Center for Environment Prediction (NCEP), con registros desde julio de 1999. Estos tienen una resolución espacial de $1^\circ \times 1^\circ$ y son actualizados cada 6 horas. Este producto es del sistema de asimilación de datos globales (GDA) que continuamente recopila datos observacionales del sistema de telecomunicaciones (GTS) y otras fuentes. Los parámetros recopilados incluyen presión superficial, presión a nivel del mar, altura geopotencial, temperatura, temperatura superficial del mar, cubierta de hielo, humedad relativa, vientos zonal (u) y meridional (v), movimiento vertical (w), vorticidad y ozono (17). Luego el NCEP procesa estos datos globales y así estos constituyen el reanálisis final del NCEP.

Los datos de topografía utilizados cuentan con una resolución de 30 segundos (UCAR). Se utilizan datos de temperatura superficial del mar como forzante en la simulación, extraídos de la página web del "National Center for Environment Prediction" (NCEP)(18). Estos tienen formato "GRIB", resolución espacial es de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ y resolución temporal de 1 día.

La simulación que se realizó contempla las siguientes parametrizaciones:

Proceso	Opción elegida
Microfísica	Ferrier Scheme
Radiación onda larga	Esquema RRTM
Radiación onda corta	Esquema de Duthia
Capa superficial	Esquema de Monin-Obukhov
Superficie terreno	Modelo Noah
Capa límite superficial	Esquema YSU
Cúmulos	Esquema Kain-Fritsh (dominio exterior)
Efecto nubes	Se considera forzante radiativo de estas
Turbulencia	Coefficiente constate para eddiess
Actualización TSM	Se utiliza como forzante la temperatura superficial del mar

Tabla 2.2: Parametrizaciones utilizadas para la simulación realizada en WRF(22)

Es importante resaltar las características del modelo superficial del Noah, puesto que los flujos de calor superficial que entrega la salida del modelo WRF dependen mucho del esquema de suelo superficial. En este caso, las características del modelo Noah son **1 tipo de vegetación por grilla, 4 capas verticales de suelo (para la temperatura y humedad) y no considera rutas de ríos** (13). Esto lo diferencia de otros esquemas superficiales cuyas características pueden mejorar los resultados de la simulación. Si se observa la **Figura 2.1** se pueden ver las diferencias entre algunos esquemas de suelo, donde queda en evidencia la poca resolución del modelo *Noah* frente a otros esquemas de mayor resolución (RUC y CLM3).

	Vegetation	Soil	Snow	Lake	River routing
STD	N/A	5 layer temperatures, but no moisture and frozen soil	N/A	N/A	N/A
Noah	One vegetation type in one grid cell without dynamic vegetation and carbon budget	4 layer temperatures and moistures and frozen soil	1 layer snow lumped with the top soil layer No liquid water fixed snow density	N/A	N/A
RUC	One vegetation type in one grid cell without dynamic vegetation and carbon budget	6 layer temperatures and moistures and frozen soil	2 layer snow No liquid water Fixed snow density	N/A	N/A
CLM3	Subgrids with up to 10 vegetation types in one grid cell with dynamic vegetation and carbon budget	10-layer temperatures and moistures and frozen soil	5 layer snow with liquid water Variable snow density	10 layer lake with lake ice and snow included	A Digital Elevation Model (DEM) to calculate water flow directions

Figura 2.1: Comparación de esquemas superficiales STD, Noah, Rapid Update Cycle (RUC) y Community Land Model version 3 (CLM3) [Tabla extraída de Jin (2010) (13)].

Dominios y Variables utilizadas

La simulación consta de **2 dominios (Figura 2.2)** con resoluciones de **15 km (padre) y 3 km (hijo)**, resolución temporal de 1 hora y una resolución vertical de 49 niveles sigma. Las variables utilizadas de las salidas del modelo son: la componente zonal de velocidad del viento (**u**, en $[\frac{m}{s}]$), la componente meridional de velocidad del viento (**v**, en $[\frac{m}{s}]$), temperatura (**T**, en $^{\circ}[C]$), razón de mezcla a 2 metros del suelo (**QV2**, en $\frac{gr}{kg}$) y el calor latente (**LH**, en $[\frac{W}{m^2}]$).

Perfiles Longitudinales y Verticales

Los perfiles longitudinales son ajustados desde 73.5° a 69° O, exceptuando los campos de viento zonal **u**, viento meridional **v** y la magnitud del viento. Esto se realiza dado que de los flujos de calor que aporta el océano alteran bastante los promedios longitudinales del continente en variables como el calor latente, temperatura a 2 metros del suelo y razón de mezcla, y dado que se busca estudiar el secamiento superficial en tierra, se toma esta medida. En cuanto a las latitudes que abarca este perfil longitudinal, estas se van promediando en distintas latitudes según el evento.

Los perfiles verticales se realizaron creando cuadrantes, designados al escoger 4 focos cuya ubicación espacial esta dada en longitud y latitud (3). Estos cuadrantes contuvieron la zona afectada por los incendios forestales en su respectivo evento, formando así las denominadas áreas de estudio.

En las **figuras 6.1, 6.18, 6.40, 6.62, 6.80 y 6.96** se puede ver como fueron creados los perfiles longitudinales, verticales y las áreas de estudio.

Procesamiento de datos

Una vez que el incendio se desarrolla desencadena altas temperaturas (alterando los flujos y gradientes de calor) y fuertes movimientos ascendentes de aire que forman una auténtica nube de cenizas y hollín, que se dispara hacia arriba (6 kilómetros y más) durante su desarrollo (1). Por tanto la aparición del incendio en sí, altera las condiciones atmosféricas **locales**, las que no son simuladas por el modelo WRF (entrega información sin considerar focos de incendios). Por tanto, las condiciones post-incendio entregadas por las salidas del modelo dentro de las áreas de estudio, no son adecuadas para este análisis. Es por eso que se estudiarán las condiciones locales previas al inicio del evento de incendio forestal extremo. Sin embargo, se observarán las condiciones atmosféricas post-incendio en zonas que no correspondan a la localidad del evento. Por ejemplo en los perfiles longitudinales, se observarán las condiciones fuera de las longitudes de estudio, una vez iniciado el incendio forestal.

Para el procesamiento de estos datos, se usan los valores brutos extraídos de la simulación. De estos se definen anomalías como los valores horarios referidos a un ciclo diario promedio del periodo simulado.

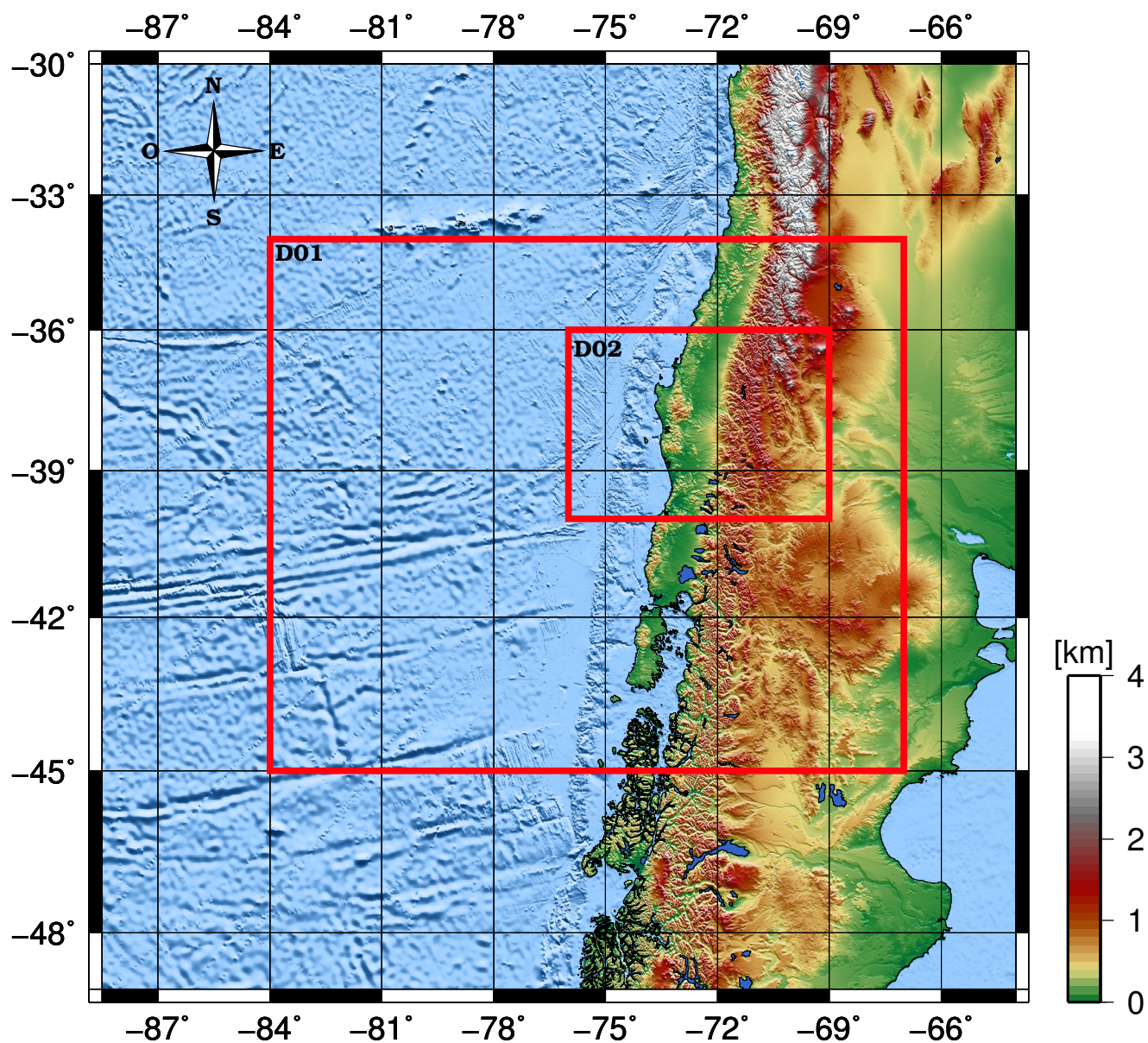


Figura 2.2: Dominio y anidado utilizado en la simulación WRF. D01 es el dominio padre (15 km de resolución) y D02 es el dominio hijo (3 km de resolución). La altura de la topografía se indica en la paleta de colores, ubicada a la derecha.

Capítulo 3

Resultados

Evento 1

Datos CONAF

El Evento 1 tuvo lugar durante los días 13, 14 y 15 de enero de 2004, contando un total de 103 focos de incendios de los cuales 8 resultaron ser eventos de magnitud, es decir que sus daños fueron superiores a 200 [ha]. Este último hecho esta señalizado en la **Figura 6.1**, donde además se nota además el desarrollo de focos de incendios, partiendo el día 13 con 60 incendios repartidos por toda la región, disminuyendo a 25 y 18 eventos los días posteriores. En la **Tabla 3.1** se observa que los eventos más dañinos ocurrieron dentro del día 13 de enero, día en el que se registró el comienzo del Evento 1.

NºFoco	Fecha	Hora Inicio	Área Afectada [ha]	Longitud	Latitud
1	13/01/2004	13:00	1289.9	-72.9107	-37.1675
2	13/01/2004	13:00	385.7	-72.9007	-37.1223
3	13/01/2004	14:00	987.3	-72.1633	-37.2781
4	13/01/2004	17:00	880.0	-72.1965	-37.2969
5	13/01/2004	17:00	605.0	-72.9002	-37.1403

Tabla 3.1: Tabla de focos de magnitud para el Evento 1.

Datos MSLP, CFSR y Análisis Sinóptico

En las cartas sinópticas de este evento (**Figura 6.2**), se observa el paso de una cuña anticiclónica sobre el sur de Chile desde el día 11 al 14 de enero. También se nota el desarrollo de la vaguada costera, con una baja presión alrededor de 35°S durante el día 11 y 12 (día 0 detallado en la **Figura 1.1**).

En la **Figura 6.3**, se muestra un campo de presión superficial del día en que se registró el comienzo del evento 1. En este campo se observa que la altura geopotencial a 500 [hPa] indica que sobre el continente esta pasando una predorsal. En superficie se tiene el núcleo de alta presión del Anticiclón del Pacífico, centrado aproximadamente a 37°S. Sobre el continente, alrededor de 42°y 75°O. Se ve una extensión de la alta presión en superficie, acompañada con

una baja presión entorno de 35°S y 73°O.

La **Figura 6.4**, hacia el día 13 de enero ratifica las tendencias positivas de presión sobre la zona sur del continente y una tendencia negativa de presión sobre la depresión intermedia. Por tanto, las condiciones sinópticas indican que una alta migratoria está pasando sobre el continente, además se detecta una baja presión acompañada de tendencias negativas de razón de mezcla, lo cual indica secamiento en la zona próxima a los focos grandes de incendios, denotados por dos puntos blancos en los campos CFSR.

En las **Figuras 6.5 y 6.6** se puede ver que la temperatura cerca de los focos de incendio es cercana a 20°C y la anomalía diaria fue aproximadamente de 5°C acompañada con anomalías iguales a cero de razón de mezcla.

El campo de vientos de la **Figura 6.6** muestra una fuerte componente sureste a 850 [hPa], con una magnitud de 15 [$\frac{m}{s}$] sobre los focos, estructura que parece ser parte del jet costero (8).

En cuanto a los vientos a 500 [hPa], en la **Figura 6.7** se observa que la magnitud de los vientos son débiles sobre la zona afectada. Alrededor de 50°S, se observa el núcleo del jet con vientos de más de 40 [$\frac{m}{s}$].

Salidas del Modelo y Análisis Local

Perfiles Longitudinales

Las **Figuras 6.8-6.13** representan el análisis longitudinal realizado con las salidas del modelo WRF para el Evento 1, realizado entre las latitudes 37.13° hasta 37.33°S. Estas imágenes constan de dos franjas negras horizontales que encasillan las longitudes donde se registraron los focos de incendio. La franja vertical por otro lado, es la que indica el momento en el que se detectó el comienzo del primer foco de incendio perteneciente al Evento 1.

La **Figura 6.8** presenta los valores de temperatura a 2 metros del suelo, mostrando en primer lugar el marcado ciclo diario. En las horas previas al incendio se ven anomalías de temperaturas positivas durante el día, que son predominantes a diferencia de las anomalías negativas que se observan en la noche. Una vez registrado el incendio se registra un aumento zonal de las anomalías de temperatura, con un núcleo que se ubica entre 71° y 73°O.

En la **Figura 6.9** se ven los valores diarios del flujo de calor latente y se puede ver claramente el ciclo diario de este flujo. En el campo de anomalías de calor latente se ven pequeñas anomalías positivas predominantes en las longitudes desde el día 10. Durante el día 13 de enero, día en el que se registra el inicio del Evento 1, se pueden ver pequeñas anomalías positivas que indican un secamiento parcial desde 72° a 73°O, alcanzando valores máximos dentro de la zona y la hora en la que se registró el inicio del evento.

La razón de mezcla se observa en la **Figura 6.10**. Esta ratifica lo observado en el esquema del calor latente, pues anomalías negativas de razón de mezcla acontecen días previos al evento, sucedidas por una recuperación parcial con anomalías positivas durante el 14 y 15 de enero. Sin embargo, durante horas previas al evento las anomalías son negativas, lo cual indica secamiento superficial.

En la **Figura 6.11** se presenta el campo de viento zonal. En esta figura se aprecia que en los días 13, 14 y 15 de enero se presenciaron viento del este, lo que se interpreta como vientos descendientes desde la cordillera alrededor de 70° y 72° O. Estos vientos se intensifican en esta zona una vez empezado el evento. Dentro de la zona longitudinal en la que se encuentran los focos la componente zonal es de al menos $-2[\frac{m}{s}]$.

En la **Figura 6.12**, se observa los vientos meridionales donde se puede ver la presencia del jet costero con vientos superiores a $10[\frac{m}{s}]$, cuyo núcleo esta centrado alrededor de 74° O.

La magnitud del viento en la **Figura 6.13**, ratifica la franja de viento este a 73° O observada y confirma la presencia del jet costero desde 74° a 75° O.

Perfiles Verticales

La **Figura 6.14** muestra el perfil de viento zonal en la vertical extraído del área de estudio. Se ve en los valores absolutos que durante todo el periodo de simulación se presentó un viento este en superficie y en altura (hasta los 500 metros), alcanzando máximos en las horas previas al evento y manteniéndose los días posteriores.

La magnitud del viento (**Figura 6.15**) muestra que el viento este alcanzó velocidades de $5[\frac{m}{s}]$ alrededor de los 250 metros y alcanzaba magnitudes de $15[\frac{m}{s}]$ en superficie, previo a la notificación del evento 1.

En cuanto al secamiento, en la **Figura 6.16** se presenta el campo de razón de mezcla. Las anomalías indican un secamiento en superficie que aparece el día 10 de enero de 2004 y se detiene el día 12, para luego reaparecer el día 13; afectando la superficie horas antes de iniciar el evento.

Las anomalías de temperatura (**Figura 6.17**), indican un aumento de temperatura del orden de $3^\circ[C]$, en la columna, lo cual concuerda con el secamiento visto en el campo de razón de mezcla.

Evento 2

Datos CONAF

El Evento 2 tuvo lugar durante los días 12 y 13 de enero de 2007, teniendo un total de 77 focos de incendios de los cuales 12 resultaron ser eventos de magnitud; es decir que sus daños fueron superiores a 200 [ha]. Los focos de magnitud están señalizados en la **Figura 6.18**, donde además se nota también el desarrollo de focos de incendios, partiendo el día 12 con 57 incendios repartidos por toda la región, disminuyendo a 20 eventos el día posterior. En la **Tabla 3.2** se ve que los eventos mayores ocurrieron dentro de los días 12 y 13 de enero. A diferencia del Evento 1, este evento consta de dos fases. Esta excepción se realiza dado que el día siguiente al día en que comenzó el Evento 2, se registró el incendio con mayor área dañada dentro de los focos elegidos. Dado este hecho, se analizan las condiciones sinópticas y locales dentro de ambos días.

NºFoco	Fecha	Hora Inicio	Área Afectada [ha]	Longitud	Latitud
1	12/01/2007	11:00	495.9	-72.9107	-36.5998
2	12/01/2007	13:00	841.4	-72.9007	-37.1489
3	12/01/2007	14:00	776	-72.1633	-37.0809
4	12/01/2007	20:00	936.7	-72.1965	-37.0178
5	13/01/2007	16:00	937	-72.8182	-36.8594

Tabla 3.2: Tabla de focos de magnitud para el Evento 2.

Datos MSLP, CFSR y Análisis Sinóptico

La carta sinóptica para el día 12 de enero (**Figura 6.19**) indica el inicio del paso de un anticiclón migratorio por el sur de país el día 12, sin embargo la presencia de la baja presión alrededor de los 35°S no se ve sino hasta las 21:00 horas (horario local) del día 13. Entonces, se presenta el desarrollo de la vaguada costera que evoluciona hacia el día 13, lo que coincide con la mayor cantidad de daños provocados por los incendios forestales en este evento.

La **Figura 6.20** entrega el campo de presión superficial, junto con la altura geopotencial a 500 y 850 [hPa] para el 12 de enero, día donde comenzó el Evento 2. En esta figura se distingue una alta presión en superficie introduciéndose al continente, entre 40°y 45°S. Las líneas de altura geopotencial a 500 [hPa] muestran el paso de una predorsal sobre el continente.

En el campo de tendencias (**Figura 6.21**) se observa una baja de presión, que afecta desde la costa hasta la cordillera con un núcleo en 35°S, muy cerca de los focos principales (puntos blancos). También se observan valores negativos de razón de mezcla que se sitúan en la cordillera de los Andes.

La **Figura 6.22** indica que las temperaturas que afectaron la zona fueron de alrededor 20°C].

Las anomalías de temperatura (**Figura 6.23**) son positivas en la zona donde se localizaron los principales focos. Además, anomalías negativas de razón de mezcla se encontraron en esta zona, lo que reafirma lo que se puede apreciar en la tendencia e informa de un secamiento desde

la cordillera hasta la costa, alrededor de 37°S.

En cuanto a los vientos, en la **Figura 6.23** se aprecia que a los 850 [hPa] un viento sureste pasa por la zona donde se hallan los focos de incendio. Las flechas de mayor largo indican la magnitud del viento a 850 [hPa], por lo que se puede ver la presencia del jet costero frente a la zona centro-sur de Chile. En cambio, los vientos a 500 [hPa], se alinean con las isolíneas de altura geopotencial, confirmando el paso de una predorsal por el continente (**Figura 6.24**).

Para el día 13 se observa que el anticiclón migratorio se sitúa sobre Argentina, mientras la baja presión superficial está más desarrollada en el valle central (**Figura 6.25**), hecho que concuerda con lo presentado en la carta sinóptica para este día.

Las tendencias de razón de mezcla alcanzan valores negativos al igual que la tendencia de presión, afectando la zona de los focos (**Figura 6.26**).

También sobre esta área, se alcanzan temperaturas sobre 20°C] (**Figura 6.27**) y se presentan anomalías positivas de temperatura, anomalías negativas de razón de mezcla y la presencia del jet costero junto con vientos que descienden desde la cordillera alrededor de 71°O y 36°S (**Figura 6.28**).

La **Figura 6.29**, muestra el campo de vientos a 500 [hPa] donde se ve el paso de vientos por sobre 10 [$\frac{m}{s}$] sobre la zona afectada.

Salidas del Modelo y Análisis Local

Perfiles Longitudinales

Las **Figuras 6.30-6.35** representan el análisis longitudinal realizado con las salidas del modelo WRF para el Evento 2, realizado entre las latitudes 36.8° hasta 37.15°S.

La **Figura 6.30** muestra los valores de temperatura a 2 metros del suelo, obtenidos de la simulación hecha en WRF. Aquí se observa el ciclo diario donde en los días previos las temperaturas no sobrepasan los 21°C] en las longitudes de estudio. Las anomalías indican una baja de temperatura desde 71°a 73°O posteriores al día 12. Durante el día 12, se aprecia un máximo de temperatura, mayor a 25°C]. Una vez iniciado el evento se ven anomalías positivas en la franja longitudinal de 73°O.

El flujo turbulento de calor latente se muestra en la **Figura 6.31**, donde se observa un aumento del flujo en los días 12 y 13 de enero. Las anomalías por otro lado son negativas durante el periodo.

En la razón de mezcla (**Figura 6.32**) no se ve un secamiento local en la fase previa. Sin embargo, en la fase post-incendio (durante el día 13) hay un secamiento zonal generalizado desde 70°O hasta 73°O.

La componente zonal (**Figura 6.33**) muestra un viento oeste junto con un viento este en la fase previa. Una vez comenzado el evento, el viento este aparece entre 70°y 71.5°O y en la franja de 73°O, localización donde se presentaron altas temperaturas mostradas durante el día

13 de enero.

La **Figura 6.34** muestra la componente meridional, donde se aprecia la intensificación del viento sur en la costa atribuido al jet en la zona costera.

La magnitud del viento (**Figura 6.35**) indica que una vez comenzado el siniestro hubo vientos de a lo más $8 \left[\frac{m}{s}\right]$ en las longitudes de estudio. También se observa un aumento de la magnitud del viento que comienza durante la tarde del 12, en la zona costera (74° a 76° O) que se atribuye al fortalecimiento del jet.

Perfiles Verticales

La **Figura 6.36** muestra el perfil de viento zonal en la vertical extraído del área de estudio. Este muestra un viento del este en superficie que alcanza alturas sobre los 500 metros antes y durante el inicio del incendio forestal. Este domina los días previos y especialmente en la fase en que se desarrollan los incendios.

En el campo de magnitud (**Figura 6.37**) se ven estructuras similares en altura con vientos por sobre los $45 \left[\frac{m}{s}\right]$. En superficie, los vientos son menos intensos alcanzando valores bajo $5 \left[\frac{m}{s}\right]$. Sin embargo, en superficie en la fase previa al inicio del evento se ven vientos sobre $18 \left[\frac{m}{s}\right]$ en la zona

La razón de mezcla (**Figura 6.38**) presenta anomalías positivas en los días previos. Luego, aparecen anomalías negativas que débilmente se mantienen hasta el comienzo del incendio, lo que indica que hubo secamiento.

Esto se respalda con las anomalías de temperatura (**Figura 6.39**), donde se ven valores positivos en la fase pre-incendio, lo que aportaría a un secamiento local.

Evento 3

Datos CONAF

El Evento 3 tuvo lugar durante los días 17, 18 y 19 de enero de 2009, teniendo un total de 123 focos de incendios de los cuales 6 resultaron ser eventos de magnitud; es decir que sus daños fueron superiores a 200 [ha]. Este último hecho esta señalizado en la **Figura 6.40**, donde además se nota el desarrollo de focos de incendios, partiendo el día 17 con 24 incendios repartidos por toda la región, aumentando a 52 eventos y disminuyendo a 47 los días posteriores. En la **Tabla 3.3** se puede ver que los eventos más extremos ocurrieron dentro de los días 17 y 19 de enero, siendo el día 19 en el cual se presentaron los mayores daños. Este evento también consta de dos fases, pero a diferencia del Evento 2 hay un día por medio entre los focos detectados. Dado este hecho, se procede de la misma manera y se analizan las condiciones sinópticas y locales dentro de ambos días, a fin de encontrar patrones atmosféricos que hayan incidido en la ocurrencia de los incendios forestales.

N°Foco	Fecha	Hora Inicio	Área Afectada [ha]	Longitud	Latitud
1	17/01/2009	15:00	348.0	-72.9261	-36.6
2	19/01/2009	01:00	571.3	-72.9222	-36.7441
3	19/01/2009	01:00	1055.0	-72.8911	-36.6534
4	19/01/2009	14:00	1245.0	-72.9115	-36.7259

Tabla 3.3: Tabla de focos de magnitud para el Evento 3.

Datos MSLP, CFSR y Análisis Sinóptico

Las cartas sinópticas de este evento permiten ver una vaguada costera en la **Figura 5.41**. Se puede ver que el día 17 de enero de 2009 correspondería al día -2 y el día 19 corresponde al día 0 donde culmina la vaguada costera en la depresión intermedia, presente sobre los focos principales.

La **Figura 6.42** entrega el campo de presión superficial del día 17 de enero, día donde se registró el comienzo del Evento 3. Se observa una alta presión en superficie entrando al continente alrededor de 44°S. La altura geopotencial a 500 [hPa] indica que una predorsal esta por pasar sobre el continente, mientras el eje de la vaguada se ubica sobre Chile.

El campo de tendencias (**Figura 6.43**), entrega tendencias levemente positivas de presión en superficie cerca del foco, junto con tendencias de razón de mezcla positiva.

El campo de temperatura (**Figura 6.44**), indica temperaturas de 18°C, sobre el foco. Los vientos a 500 [hPa] tienen componente oeste.

La **Figura 6.45** muestra anomalías de razón de mezcla cercanas a cero y anomalías de temperatura positivas. En cuanto a los vientos a 850 [hPa], se puede ver una componente sur en la costa frente a los focos, lo cual puede ser la presencia del jet costero.

Los vientos a 500 [hPa] **Figura 6.46** corresponden a un viento del oeste, cuyas magnitudes sobre los focos están sobre los $15[\frac{m}{s}]$.

El día 19 de enero sobre el continente se encuentra ubicada el eje de la dorsal y presenta el patrón característico del día 0 de la vaguada costera(8), que se puede apreciar en el campo de presión superficial (**Figura 6.47**). Aquí se observa cómo la cuña anticiclónica se introduce al sur del continente, alrededor de 40° y 45° S. Por tanto, el día 17 correspondería al día -2 y el día 19 corresponde al día 0 del esquema mostrado en la **Figura 1.1**, donde culmina la vaguada costera en la depresión intermedia, sobre nuestros focos principales de este evento.

El campo de tendencias (**Figura 6.48**), exhibe valores negativos de presión sobre los focos acompañadas de tendencias positivas de razón de mezcla.

La **Figura 6.49** indica temperaturas sobre los 20° [C] y la **Figura 6.50** indica anomalías positivas de temperatura en la zona, junto con anomalías de razón de mezcla cercanas a cero.

En la **Figura 6.51** se ven los vientos a 500 [hPa], alcanzando intensidades de aproximadamente $10 [\frac{m}{s}]$ con una componente predominante sur.

Salidas del Modelo y Análisis Local

Perfiles Longitudinales

Las **Figuras 6.52-6.57** representan el análisis longitudinal realizado con las salidas del modelo WRF para el Evento 3, realizado entre las latitudes 36.5° hasta 36.85° S.

La **Figura 6.52** representa el perfil longitudinal de la temperatura a 2 metros. El ciclo diario indica que la zona de estudio está alejada de donde se obtienen los valores máximos de temperatura. Las anomalías de temperatura son negativas previas al inicio del evento. Hacia el día 19 aparecen anomalías positivas en la franja zonal desde 70° a 73° O, hecho que se ratifica en la **Figura 6.50** que indica las anomalías de temperatura del análisis sinóptico.

El calor latente (**Figura 6.53**) muestra anomalías negativas previas al comienzo del incendio. Para el día 19 aparece una franja zonal con anomalías positivas leves desde 71° a 72.5° O.

En el campo de la razón de mezcla dada por la **Figura 6.54**, se ve que horas previas al comienzo del evento se registró una baja en la cantidad de razón de mezcla, en las longitudes de estudio. Esto se respalda con las anomalías negativas de razón de mezcla, además estas indican que los valores negativos se observaron de forma prolongada desde la tarde del día 17, hasta la madrugada del día 19.

El viento zonal en las longitudes de interés (**Figuras 6.55**), presentó una componente este horas antes de empezar el evento, presentándose en la franja longitudinal de 73° O. Esta franja comenzó el día 17 y se prolongó durante el día 19.

El viento meridional (**Figuras 6.56**) indica una componente norte del viento que comienza el día 16, lo que es congruente con el paso de la vaguada que se veía en el campo de presión superficial. Hacia el día 17 se fortalece la componente sur, evidenciando la presencia del jet

costero durante el evento.

En cuanto a la magnitud del viento **Figura 6.57**, se puede ver el fortalecimiento del jet costero a partir del día 17. La franja de vientos a 73°O , con componente del oeste que se mencionó aparece también con magnitudes inferiores a $2[\frac{m}{s}]$.

Perfiles Verticales

La **Figura 6.58** entrega el perfil de viento zonal en la vertical extraído del área de estudio. Se observa que en la superficie se presentaron vientos del este durante todo el periodo. En altura hay dos núcleos opuestos, el primero tiene una componente oeste y se presenta previo al inicio del evento, el segundo tiene componente este, durante el Evento 3.

La magnitud del viento (**Figura 6.59**) muestra que los vientos en superficie no alcanzaron magnitudes superiores a $10[\frac{m}{s}]$. En cambio los núcleos mencionados muestran magnitudes intensas por sobre los $35[\frac{m}{s}]$, cercanas a los 800 metros de altura.

La razón de mezcla **Figura 6.60** muestra una baja en las horas previas al evento. Las anomalías indican valores negativos, en las horas previas.

Las anomalías de temperatura (**Figura 6.61**), muestran anomalías negativas en superficie que se prolongan desde el día 16 al 18, durante el día 19 hay anomalías positivas.

Evento 4

Datos CONAF

El Evento 4 tuvo lugar durante el día 29 de enero de 2009, teniendo un total de 21 focos de incendios de los cuales 2 resultaron ser eventos de magnitud; es decir que sus daños fueron superiores a 200 [ha] (**Figura 6.62**). Este evento es el de más corta duración, pues solo el día 29 arrasó con 2823,6 [ha] en un foco y en otro con 224,4 [ha]. Ambos focos se consideran independientes el uno del otro pues no hay información que confirme que el segundo foco se originara por el primero. En la **Tabla 3.4** pueden apreciarse más características sobre los focos de este evento.

NºFoco	Fecha	Hora Inicio	Área Afectada [ha]	Longitud	Latitud
1	29/01/2009	17:00	2823.6	-72.0486	-37.0617
2	29/01/2009	19:00	224.4	-73.0596	-37.0709

Tabla 3.4: Tabla de focos de magnitud para el Evento 4.

Datos MSLP, CFSR y Análisis Sinóptico

La carta sinóptica para este evento (**Figura 6.63**), indica que el día 28 se observan las características de una vaguada costera, precisamente del día 0 sobre la zona afectada.

La **Figura 6.64** muestra el campo de presión superficial para el día 29. Se observa en las líneas de altura geopotencial a 500 [hPa] el paso de una prevaguada por el continente. El foco (punto blanco) está situado junto con valores de presión de 1010 [hPa].

El campo de tendencias (**Figura 6.65**) indica un cinturón de tendencias negativas de presión junto con tendencias positivas de razón de mezcla. Sobre el foco de incendio las tendencias de presión y razón de mezcla son levemente positivas. También se observa un frente frío débil cruzando la Patagonia y extendiéndose hacia el noroeste.

La **Figura 6.66** entrega el campo de temperatura, los vientos y la altura geopotencial a 500 [hPa]. Se puede ver el alineamiento de los vientos y las líneas de altura geopotencial, que muestran de forma más clara el paso de una prevaguada por el continente. Las temperaturas sobre el lugar alcanzan valores de 15°C].

En términos de anomalías **Figura 6.67** se observa el sistema frontal con anomalías positivas de temperatura y razón de mezcla, las cuales son cercanas a cero en el foco de incendio. Los vientos a 850 [hPa] indican una débil componente sur en la costa, frente a la Región del Bío-Bío.

La magnitud del viento (**Figura 6.68**) a 500 [hPa] indica vientos de de 5[$\frac{m}{s}$] frente a el punto y vientos del orden de 35[$\frac{m}{s}$] sobre el frente frío.

Salidas del Modelo y Análisis Local

Perfiles Longitudinales

Las **Figuras 6.69-6.74** representan el análisis longitudinal realizado con las salidas del modelo WRF para el Evento 4, realizado entre las latitudes 37° hasta 37.1°S.

La **Figura 6.69** muestra la temperatura a 2 metros del suelo para el Evento 4. La franja longitudinal de estudio es muy pequeña esta vez y se ubica alrededor de 73°O. Los valores diarios no alcanzan máximos de temperatura entorno a esta longitud, pero las anomalías de temperatura negativa se denotan a partir del día 29. Anomalías de temperatura positivas aparecen durante el día 29, abarcando la zona de la cordillera entre 70° y 71°O.

En la **Figura 6.70** se encuentran los valores de calor latente. En el ciclo diario se logra ver que los días previos al inicio del incendio se registraron valores altos de flujo de calor latente. Las anomalías, por su parte indican valores negativos en la franja de 73°O, durante el día 29.

La razón de mezcla (**Figura 6.71**) indica que ,previo al inicio, se registraron anomalías negativas en el sector que va desde 72° a 73°O.

El viento zonal (**Figura 6.72**) muestra que horas previas al inicio del evento los vientos vienen del oeste. La franja longitudinal 72.8°O, presenta durante casi todo el periodo un viento este.

El viento meridional (**Figura 6.73**) muestra de un debilitamiento del jet costero hacia el día del evento.

La magnitud del viento (**Figura 6.74**) señala que la intensidad esta por debajo de $2[\frac{m}{s}]$ en la longitud de estudio. También se puede apreciar el debilitamiento del jet costero.

Perfiles Verticales

La **Figura 6.75** proporcionan el perfil vertical de viento zonal para este evento. Se ve que en altura (entre 500 y 1500 [m]) hay viento oeste predominante durante todo el periodo, mientras en superficie se observa un viento este.

La magnitud del viento (**Figura 6.76**) señala que en altura (entre 500 y 1000 [m]) se alcanzan magnitudes de hasta $30[\frac{m}{s}]$, mientras que en superficie la magnitud no supera los $5[\frac{m}{s}]$.

La **Figura 6.77** muestra la razón de mezcla, donde se observa valores de $9[\frac{g}{kg}]$ en superficie, previo al inicio del evento. Las anomalías son negativas en superficie previo al evento.

Las anomalías de temperatura (**Figura 6.78**) muestran en superficie, valores negativos horas antes de iniciar el evento.

Evento 5

Datos CONAF

El Evento 5 tuvo lugar durante el día 4 de abril de 2010, teniendo un total de 22 focos de incendios de los cuales 4 resultaron ser eventos de magnitud, con duración sobre 1 día (**Figura 6.79**). Este evento al igual que el Evento 4, duró solo un día. Lo que diferencia este evento del resto, es que tuvo lugar en el mes de abril, y en un solo día se registraron daños que suman 6198 [ha] (dentro del área de estudio). Otra característica de este incendio es que los focos más dañinos se ubican muy cerca de la cordillera de los Andes. La **Tabla 3.5** entrega algunas características de los focos elegidos para este evento.

NºFoco	Fecha	Hora Inicio	Área Afectada [ha]	Longitud	Latitud
1	04/04/2010	20:00	2452.3	-71.5092	-36.6186
2	04/04/2010	21:00	3231.6	-71.5092	-36.6186
3	04/04/2010	21:00	249.5	-71.6408	-36.5437
4	04/04/2010	22:00	266.6	-71.6089	-36.5895

Tabla 3.5: Tabla de focos de magnitud para el Evento 5.

Datos MSLP, CFSR y Análisis Sinóptico

La **Figura 6.80** contiene la cartas sinópticas de este evento, donde se ven condiciones de la fase culmine (día 0) de la vaguada costera, durante el desarrollo del evento sobre la zona central de Chile.

La **Figura 6.81** representa el campo de presión superficial para el día 4 de abril junto con las alturas geopotenciales a 500 y 850 [hPa]. La presión en superficie muestra una estructura singular que corresponde a la presencia de una alta migratoria sobre Argentina, pues se tienen dos altas presiones y en medio de ellas una baja presión que se ubica entre la costa y el valle entorno a 35°S. En altura, a 500 [hPa], se nota el paso de una dorsal alrededor de los 42°S, sobre el sur del continente, situación que es representativa de un episodio de vaguada costera desarrollada.

Las tendencias (**Figura 6.82**) indican bajos valores de presión sobre el foco junto con valores cercanos a cero en la razón de mezcla. Hacia el sur, como en el Evento 4, se ven tendencias negativas de presión y positivas de razón de mezcla, típicas de un frente frío.

La **Figura 6.83** muestra el campo de vientos a 500 [hPa] y la temperatura a 10 metros. Se ven las isolíneas de altura geopotencial a 500 [hPa], lo que permite ver más claramente el paso de la dorsal por el continente. La temperatura en el foco es de alrededor 15°[C].

La **Figura 6.84** muestra anomalías positivas de temperatura sobre la zona junto con anomalías negativas de razón de mezcla. El viento a 850 [hPa] tiene una componente este sobre el foco, de alrededor 5[$\frac{m}{s}$]. Más lejos de la costa, alrededor de 77°O, se ve un núcleo de viento sur intenso.

La magnitud del viento (**Figura 6.85**) muestra valores bajos de intensidad sobre la región, no superando los $10[\frac{m}{s}]$.

Salidas del Modelo y Análisis Local

Perfiles Longitudinales

Las **Figuras 6.86-6.91** representan el análisis longitudinal realizado con las salidas del modelo WRF para el Evento 5, realizado entre las latitudes 36.5° hasta 36.65° S.

La temperatura a 2 metros del suelo durante el Evento 5 se ve en la **Figura 6.86**. Se observa que el ciclo diario durante los días previos se fue intensificando hacia el día 5 de abril, alcanzando valores sobre $20^\circ[C]$ en las longitudes de estudio (área acotada por franjas horizontales). Las anomalías indican valores positivos previos al registro del evento.

El calor latente (**Figura 6.87**) muestra el mismo aumento hacia el día del evento, mostrando anomalías cercanas a cero en la zona de estudio.

La razón de mezcla se observa en la **Figura 6.88**. Se aprecian valores bajos desde la longitud del evento hacia el este. Esta disminución está presente en la zona de estudio, pero durante las horas previas al evento se registra un pequeño aumento. Las anomalías por otro lado, son negativas la mayor parte del tiempo sobre la zona de interés.

El viento zonal (**Figura 6.89**) indica la presencia de vientos del este desde el día 3, que abarcan aproximadamente desde 70° a 72° O.

El viento meridional (**Figura 6.90**) presenta valores positivos concentrados en 74° O, lo que indicaría la presencia del jet costero. También se observa una intensificación del jet desde el día 3 que se prolonga hasta el día 5 en la madrugada.

En cuanto a la magnitud (**Figura 6.91**) se ve representada la actividad del viento este en el sector de la cordillera y la presencia del jet en la costa.

Perfiles Verticales

El perfil vertical del viento zonal se muestra en la **Figura 6.92**. Se observan valores negativos en superficie que se intensifican en altura el día 4 de abril, día donde se detectó el comienzo del evento. Se presenta un núcleo de viento este centrado a los 500 metros de altura, lo que se ve reflejado en los valores absolutos.

El perfil vertical de la magnitud (**Figura 6.93**) muestra que en la superficie las intensidades son más débiles, alcanzando valores de $5[\frac{m}{s}]$.

Los valores absolutos de la razón de mezcla (**Figura 6.94**) indican una disminución de humedad en superficie de la atmósfera, desde el día 3, que se prolonga hasta el día 5. Las anomalías respaldan lo mencionado, señalando anomalías negativas desde el día 3 y horas previas al inicio del evento (ver esta figura en detalle con zoom).

Las anomalías de temperatura (**Figura 6.95**) son positivas a partir del día 4, afectando la superficie y prolongándose durante el periodo restante.

Evento 6

El Evento 6 tuvo lugar durante los días 1, 2 y 3 de enero de 2012, teniendo un total de 104 focos de incendios de los cuales 7 resultaron ser eventos de magnitud. Este último hecho esta representado en la **Figura 6.96**, donde además se nota el desarrollo de focos de incendios, partiendo el día 1 con 48 incendios repartidos por toda la región, disminuyendo a 26 eventos y a 30 los días posteriores.

Este evento tiene la particularidad de tener dos áreas de estudio alejadas entre sí. El área de estudio I presentó un área afectada de 4210,3 [ha] y el área de estudio II 2224 [ha], y en total en este evento hubieron 6721 [ha] en las áreas de estudio. Estos incendios se registraron el día 1 de enero, el primero cerca de Cobquecura y el segundo se encuentra al noroeste de Cabreros. En la **Tabla 3.6** se ve el registro de los focos principales, y se observa que el foco más intenso tuvo lugar en las cercanías de Cobquecura, pues quemó 4210 [ha]. Dadas las condiciones de este evento se realizan dos áreas de estudio para el análisis vertical.

Datos CONAF

NºFoco	Fecha	Hora Inicio	Área Afectada [ha]	Longitud	Latitud
1	01/01/2012	15:00	400.9	-72.7073	-37.1908
2	01/01/2012	15:00	339.2	-72.7078	-37.1728
3	01/01/2012	20:00	1483.9	-72.1319	-36.9169
4	01/01/2012	23:00	4210.3	-72.5271	-36.1417

Tabla 3.6: Tabla de focos de magnitud para el Evento 6.

Datos MSLP, CFSR y Análisis Sinóptico

La **Figura 6.97** muestra las cartas sinópticas durante los días de desarrollo de este evento y estas muestran un hecho clave. Los focos y sus intensidades indican que a medida que se transcurre el día 1 los daños son más severos, lo cuál es congruente con el desarrollo de la vaguada costera durante este día. Esto se ve en la carta del día 2, 0000 UTC; lo cual vale decir 21:00 p.m hora local del día 1, donde culmina la formación de la vaguada costera, estructura propia del denominado día 0 planteado antes en la **Figura 1.1**.

La **Figura 6.98** es el campo de presión superficial junto con la altura geopotencial a 500 y 850 [hPa] para el día 1. La presión en superficie sobre los focos principales (puntos blancos) es de 1010 [hPa], mientras que las líneas de altura geopotencial a 500 [hPa] indican el paso de una dorsal sobre el continente.

Las tendencias (**Figura 6.99**) indican valores negativos de presión y de razón de mezcla sobre la zona de estudio.

En la **Figura 6.100** se puede observar temperaturas sobre los 20°C sobre la zona de estudio.

Las anomalías de temperatura superficial (**Figura 6.101**) presentan valores positivos sobre 5°C . En cuanto a las anomalías de razón de mezcla, éstas son muy cercanas a cero. El campo de vientos a 850 [hPa] indica un flujo anticiclónico centrado en 35°S - 80°O . Por otro lado, no se ve la presencia del jet costero como en otros eventos.

La magnitud del viento a 500 [hPa] ((**Figura 6.102**)) se ve un máximo de viento al sur de la zona de estudio, cuya intensidad no supera los $10\left[\frac{m}{s}\right]$.

Salidas del Modelo y Análisis Local

Perfiles Longitudinales - Área I

Las **Figuras 6.103-6.108** representan el análisis longitudinal realizado con las salidas del modelo WRF para el Evento 6, realizado entre las latitudes 36° hasta 36.4°S , para la zona 1. Existen dos focos asociados a esta zona, siendo el foco más grande el que inicia a las 23:00 del 1 de enero de 2012. Por eso la hora de comienzo fijada en los mapas se centran a las 23:00 hrs.

La temperatura a 2 metros del suelo esta dada por la **Figura 6.103**. Se observa que el día 1 de enero la temperatura fue mayor de 35°C en las longitudes de estudio (franjas negras horizontales). Las anomalías indican valores positivos, horas previas al comienzo del evento.

El calor latente (**Figura 6.104**) indica que los flujos aumentan hacia el día 1 y 2 de enero. Las anomalías son positivas en la tarde del día 1 y negativas en la noche, previo al inicio del evento.

La razón de mezcla (**Figura 6.105**) muestra una disminución desde el día 31 de diciembre hacia el día 1 de enero, en las longitudes de interés. Las anomalías por otro lado, son negativas durante la tarde del día 1 y se mantienen hasta finales del día 3.

El viento zonal (**Figura 6.106**) señala que los valores fueron positivos en las horas previas al inicio del evento. Se ve una banda negativa alrededor de 72.8°S en la zona de estudio. Desde la cordillera aparece un viento este, pero este no se proyecta hacia el valle y no llega a las longitudes de estudio.

El viento meridional (**Figura 6.107**) indica la presencia dominante del jet costero, que se mantiene con un núcleo alrededor de 74°O . Sobre la zona de estudio se ve un incremento del viento sur sobre la zona, con valores por sobre $8\left[\frac{m}{s}\right]$.

La magnitud del viento (**Figura 6.108**) confirma las condiciones de viento meridional ya mencionadas, con un jet que se mantuvo alrededor de los 74°O . Se confirma la presencia de aumento de la magnitud al inicio del evento en la zona de estudio, es que alcanzó valores de $8\left[\frac{m}{s}\right]$.

Perfiles Verticales - Área I

El perfil vertical del viento zonal del área 1 se ve en la **Figura 6.109**. Aquí se aprecian valores positivos de viento zonal a 800 metros de altura, alcanzando un máximo previo al registro del incendio. En superficie se ve un viento este durante todo el periodo.

La magnitud del viento (**Figura 6.110**) indica que a 800 metros de altura los vientos alcanzan magnitudes por sobre $35[\frac{m}{s}]$. En superficie, se observan magnitudes por sobre $15[\frac{m}{s}]$, horas previas al registro del evento.

La razón de mezcla en la **Figura 6.111** muestra valores positivos desde el día 31 de diciembre, que disminuyen a medida que se acerca el registro del evento. Las anomalías indican valores negativos, por tanto secamiento en superficie horas previas al inicio del incendio.

En cuanto a las anomalías de temperatura en la **Figura 6.112**, se tienen valores levemente positivos en superficie.

Perfiles Longitudinales - Área II

Las **Figuras 6.113-6.118** representan el análisis longitudinal realizado con las salidas del modelo WRF para el Evento 6, realizado entre las latitudes 36.5° hasta 37.3° S, para la zona 2.

La temperatura a 2 metros del suelo esta dada por la **Figura 6.113**. Se observa que el día 1 de enero la temperatura estuvo sobre 30° [C] en las longitudes de estudio del área 2 (franjas negras horizontales). Las anomalías indican valores negativos, horas previas al comienzo del evento de esta zona.

El calor latente (**Figura 6.114**) muestra un aumento desde el día 31 de diciembre, hasta el 1 de enero. Las anomalías son positivas previo a registro del incendio.

La razón de mezcla (**Figura 6.115**) presenta valores altos desde el día 31 de diciembre, que se debilitan hacia el día 1 de enero. Las anomalías por otro lado, son cercanas a cero en las horas previas al inicio del evento.

El viento zonal (**Figura 6.116**) indica valores cercanos a cero, junto con una banda negativa alrededor de 72.8° S en la zona de estudio, horas previas al inicio del evento. Desde la cordillera aparece un viento este, pero no alcanza las longitudes de estudio.

El viento meridional (**Figura 6.117**) indica la presencia dominante del jet costero desde 73.5° a 76° O. Sobre la zona de estudio se ve un incremento del viento sur sobre la zona, con valores alrededor de $6[\frac{m}{s}]$.

La magnitud del viento (**Figura 6.118**) confirma la presencia del jet costero. Se confirma la presencia de aumento de la magnitud al inicio del evento en la zona de estudio, es que alcanzó valores de $6[\frac{m}{s}]$, previo al inicio del evento.

Perfiles Verticales - Área II

El perfil del viento zonal para el área 2 se puede observar en la **Figura 6.119**. Se observa un viento predominante que viene desde el oeste, centrado con un núcleo a los 900 metros. En superficie hay valores negativos y por tanto viento este.

Los valores absolutos de la magnitud del viento (**Figura 6.120**) indican valores positivos en altura (900 metros) correspondiente a el viento oeste, ya mencionado. Y en superficie un viento este con magnitudes sobre $10[\frac{m}{s}]$.

La razón de mezcla (**Figura 6.6.121**) es un poco más intensa en esta zona, pues tiene núcleos más definidos que en el área 1. Aún así, los valores disminuyen hacia la hora del comienzo del incendio. Las anomalías son negativas en superficie en la fase previa al inicio del evento.

Las anomalías de temperatura (**Figura 6.122**) presenta valores positivos en superficie previas al inicio del incendio forestal.

Capítulo 4

Discusión y Conclusiones

El presente trabajo se sustenta en base a simulaciones de modelos numéricos. Bajo esta condición, el análisis realizado depende de la calidad de la simulación respecto de las condiciones meteorológicas que se presentaron en la realidad. Es por esto, que una de las primeras falencias que presenta esta investigación, es la poca resolución del esquema de suelos utilizado en la simulación.

En la metodología se comentó que el esquema de suelos utilizado sólo incluye 1 tipo de vegetación por grilla, 4 capas verticales de suelo (para la temperatura y humedad) y no considera rutas de ríos (esquema Noah). Desde luego, lo ideal sería contar con una base de datos de tipos de vegetación para cada región, como la que se presenta en el estudio realizado por Holz (10), donde se debería caracterizar el tipo de vegetación en la Región del Bío-Bío, con el fin de estudiar la naturaleza de un incendio dado un tipo de combustible.

Otro hecho significativo, es que el modelo no tiene la capacidad de captar un incendio en una zona específica y mucho menos representar los cambios que este produce localmente en la atmósfera. Sin embargo, el motivo de estudio desde el comienzo no consideraba este tipo de análisis.

El análisis sinóptico observado (CFSR y MSLP) es resumido en la **tabla 5.1**, en rojo indican las condiciones favorables a los incendios, mientras que azul indican cuáles fueron los eventos que presentaron mayor área afectada. En los eventos 1, 2 y 3 se presentó una predorsal en altura, una alta migratoria en superficie, una baja presión en superficie sobre los focos y una tendencia negativa de presión sobre la zona centro-sur de Chile. El evento 4, es el evento con condiciones más distintas, con una prevaguada en altura sobre la zona, tendencias negativas de razón de mezcla y positivas de presión superficial. Los eventos 5 y 6 se caracterizaron por presentar una dorsal sobre la costa sureste de Sudamérica, una baja presión superficial sobre los focos y tendencias negativas de presión superficial sobre la zona afectada por el siniestro. Cabe mencionar la situación del evento 5 que tuvo lugar en las cercanías de Coihueco, sector aledaño a la cordillera. Se resalta este evento dado que fue el de mayor magnitud registrado en un zona específica, cercana a la zona de descenso del Puelche.

El análisis local de la simulación realizada con WRF, se encuentra resumido en la **tabla 5.2**. En esta tabla se observan marcados en rojo, las condiciones locales favorables al desarrollo de incendios forestales (condiciones tipo Foehn o Foehn-like). Se tienen bastantes eventos que cumplen con ciertos aspectos de las condiciones de secamiento, pero el único que cumple con todos los criterios es el **evento 1**. Para el evento 2 y 5, se confirman las condiciones de altas

temperaturas, baja humedad en superficie y una componente este del viento sobre la zona. No así para los eventos 3, 4 y 6, donde localmente no es clara la presencia del secamiento atmosférico.

Considerando ambos análisis, es posible observar que el único evento en el que se presentó la participación del viento Puelche junto a condiciones de secamiento atmosférico fue en el **evento 1**. Sin embargo, uno de seis eventos extremos no nos permite confirmar un factor vinculante entre los incendios forestales y los eventos Puelche en la región. No obstante, en las investigación de Fox-Hughes (6), solamente un evento de estudio coincidía con esta relación entre viento Foehn e incendios forestales. Es por esta razón que se propone seguir esta investigación, mejorando la cantidad de datos que se tienen respecto a los incendios forestales y las condiciones meteorológicas que precedieron en estos días. Además, este trabajo expone el hecho de que el evento 5, fue el evento más catastrófico tomando en cuenta de que el evento 6 fue compuesto por dos áreas de estudio donde se sumaron las áreas afectadas. Entonces, dada la magnitud y ubicación del evento 5, se supone que pueden existir zonas más vulnerables a condiciones meteorológicas propicias al desarrollo de incendios forestales en distintas zonas de la región.

La hipótesis planteada en este trabajo se rechaza, puesto que no se observa en los datos un secamiento en superficie causado por el viento Puelche que facilite el desarrollo de los incendios forestales extremos en la región.

Finalmente, el análisis ha mostrado que 5 de los 6 grandes incendios forestales extremos en los bosques de la VIII región, están relacionados con un patrón de circulación atmosférica típica dominada por una fuerte dorsal pasando sobre la costa suroeste de Sudamérica (Anticiclón migratorio). En los niveles inferiores, la configuración habitual de verano instaurada por el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur y el paso de la alta migratoria, forman una baja presión en la depresión intermedia alrededor de los 25°-37°S (Vaguada costera, vista en los resultados), proporcionando una advección anómala de aire caliente y seco proveniente de la cordillera de los Andes (condiciones tipo Foehn), factor que podría contribuir al desarrollo de los incendios forestales en la región. Sin embargo, esta configuración es relativamente frecuente, con una ocurrencia promedio de una vez por semana y con estructuras más definidas en invierno austral (8), por lo que resultaría alarmante tomar precauciones cada vez que estos sucedan. Es por eso que se necesita una mejor comprensión para entender mejor la relación entre las altas migratorias y las condiciones tipo Foehn en la Región del Bío-Bío.

Capítulo 5

Catálogo de Tablas

Evento	AG ₅₀₀	AM	BPV	TRM	TPS	JTC	T10'	RM'	LAE	DAE [ha]
Evento 1	Predorsal	✓	✓	~0	<0	✓	>0	~0	Valle	3762
Evento 2	Predorsal	✓	✓	~0	<0	✓	>0	<0	Valle	3490
Evento 3 (19/01)	Predorsal	✓	✓	~0	<0	✓	>0	~0	Costa	3364
Evento 4	Prevaguada	-	-	>0	<0	✓	>0	~0	Costa	2984
Evento 5	Dorsal	✓	✓	~0	<0	✓	>0	<0	Cordillera	6198
Evento 6	Dorsal	✓	✓	<0	<0	-	>0	~0	Costa-Valle	7467

Tabla 5.1: Tabla de Resumen Sinóptico (CFSR-MSLP). AG₅₀₀ (Altura geopotencial 500 [hPa]), Alta Migratoria (AM, extraída del análisis MSLP), carta sinóptica que indica presencia de Anticiclón Migratorio (A.M), Baja presión en el valle (BPV), TRM (Tendencia de Razón de Mezcla), TPS (Tendencia de Presión Superficial), JTC (Jet Costero), T10' (Anomalías de temperatura a 10 metros), RM' (Anomalías de razón de mezcla), Localización de Área de Estudio (LAE), Daño en Área de Estudio (DAE).

Evento	T2' _{Lon}	LH' _{Lon}	QV2' _{Lon}	U10 _{Lon}	V10 _{Lon}	U _{Vert}	QV2' _{Vert}	T' _{Vert}	Foehn-like
Evento 1	>0	>0	<0	<0	>0	<0	<0	>0	✓
Evento 2	>0	<0	>0	<0	>0	<0	<0	~0	-
Evento 3 (19/01)	<0	>0	<0	>0	>0	<0	<0	<0	-
Evento 4	<0	>0	<0	>0	<0	>0	<0	<0	-
Evento 5	>0	<0	<0	<0	~0	<0	<0	>0	-
Evento 6.1	>0	<0	<0	>0	>0	>0	<0	>0	-
Evento 6.2	>0	>0	>0	<0	>0	<0	<0	>0	-

Tabla 5.2: Tabla de Resumen Local (WRF). T2'_{Lon} (Anomalía de temperatura a 2 metros), LH'_{Lon} (Anomalía de Calor Latente), QV2'_{Lon} (Anomalía de razón de mezcla a 2 m), U10_{Lon} (Viento zonal), V10_{Lon} (Viento meridional), U_{Vert} (Viento zonal), QV2'_{Vert} (Anomalía de razón de mezcla a 2 m, vista en superficie), T'_{Vert} (Anomalía de Temperatura, vista en superficie), Condiciones tipo Foehn. Las variables con sufijo *Lon* y *Vert*, corresponden a los perfiles longitudinales y verticales respectivamente. Estas condiciones corresponden a las condiciones previas al incendio observadas en los resultados.

Capítulo 6

Catálogo de Figuras

6.1 Evento 1

Datos CONAF y distribución de áreas de estudio

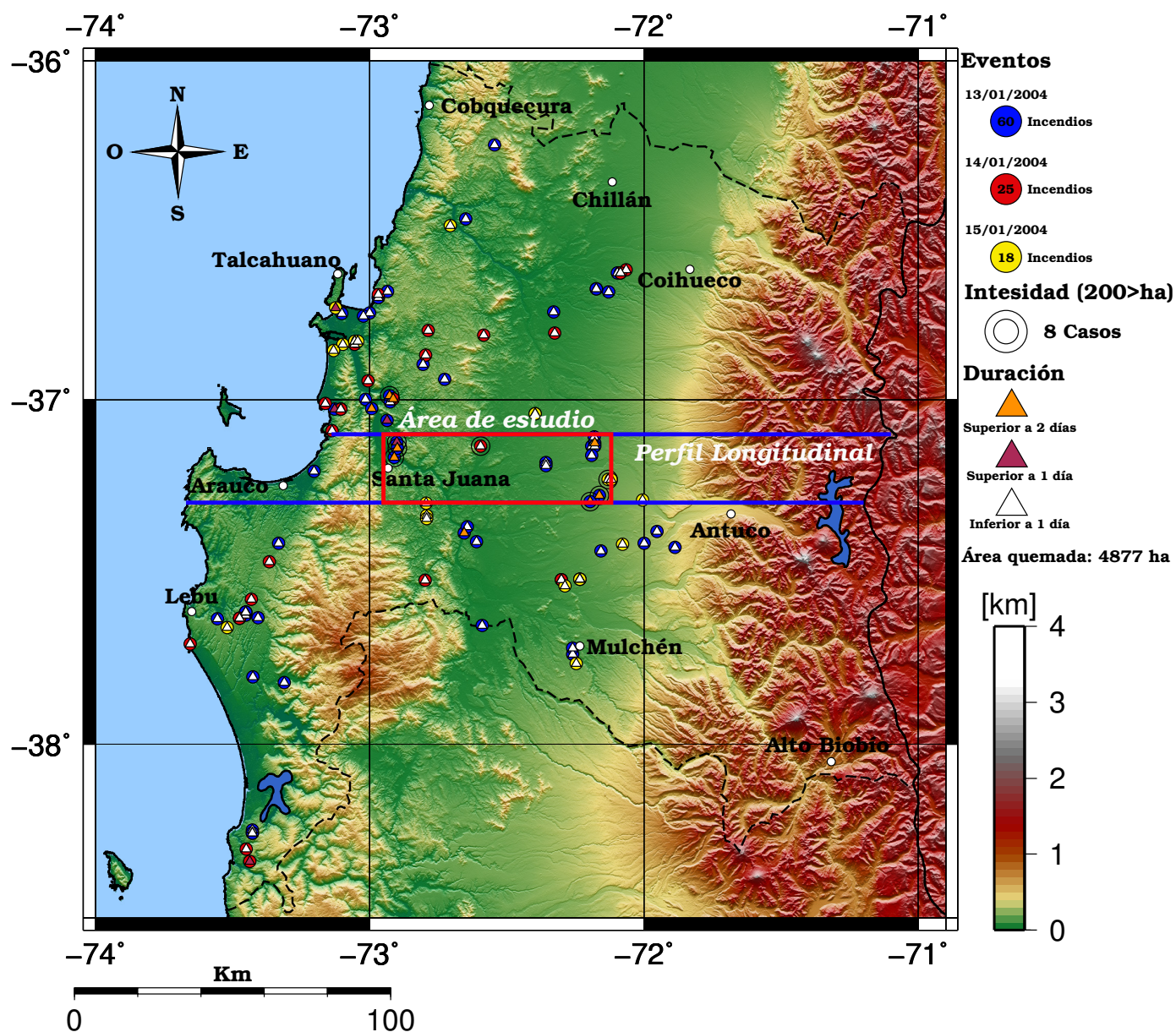
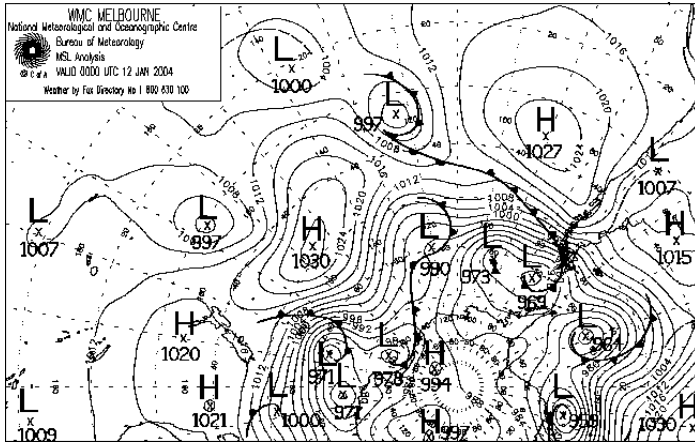
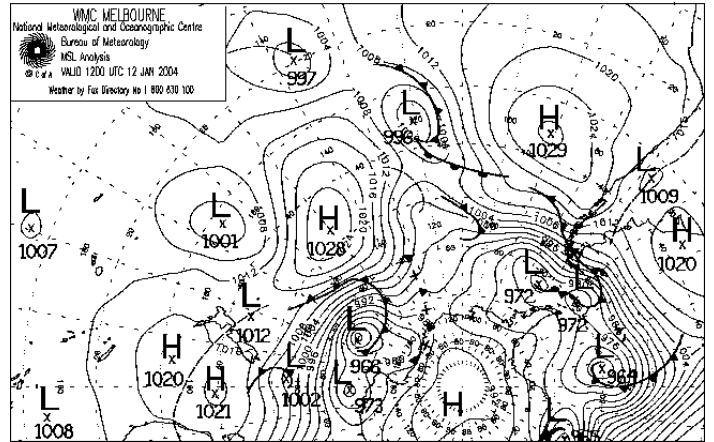


Figura 6.1: El cuadro rojo indica el área de estudio utilizada para extraer los perfiles verticales del Evento 1. El área contenida por las franjas azules corresponde a la zona utilizada para promediar las variables y realizar los perfiles longitudinales, cuya latitud va desde 37.13° a 37.33°S y longitud va desde 71° a 73°O. Área quemada total: 4877 - Área total afectada en área de estudio: 3762

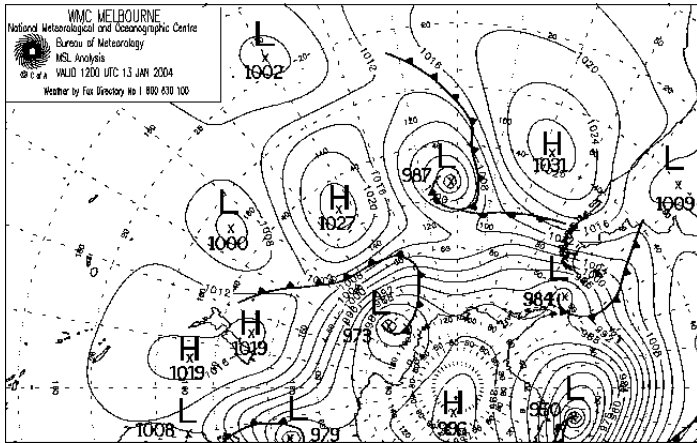
Análisis Sinóptico con Datos MSLP



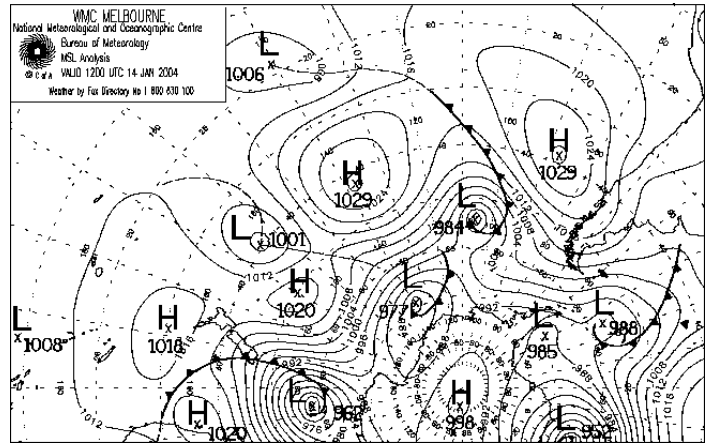
(a) 12 de Enero 2004, 0000 UTC



(b) 12 de Enero 2004, 1200 UTC



(c) 13 de Enero 2004, 1200 UTC



(d) 14 de Enero 2004, 1200 UTC

Figura 6.2: Cartas sinópticas correspondientes al evento 1. Extraídas del análisis MSLP realizado por la Oficina de Meteorología de Australia. Los centros de alta y baja (en hPa) designadas con una letra H (High Pressure) o L (Low Pressure), mientras que las horas corresponden a las 0000 UTC (9 p.m hora local) y 1200 UTC (9 a.m hora local).

Análisis Sinóptico con Datos CFSR

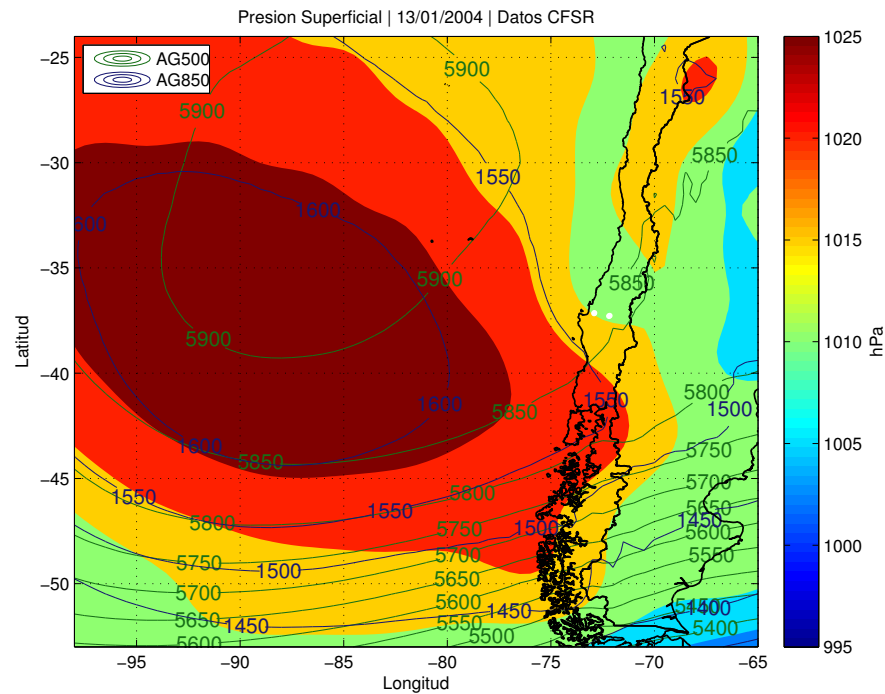


Figura 6.3: Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa para el comienzo del evento 1.

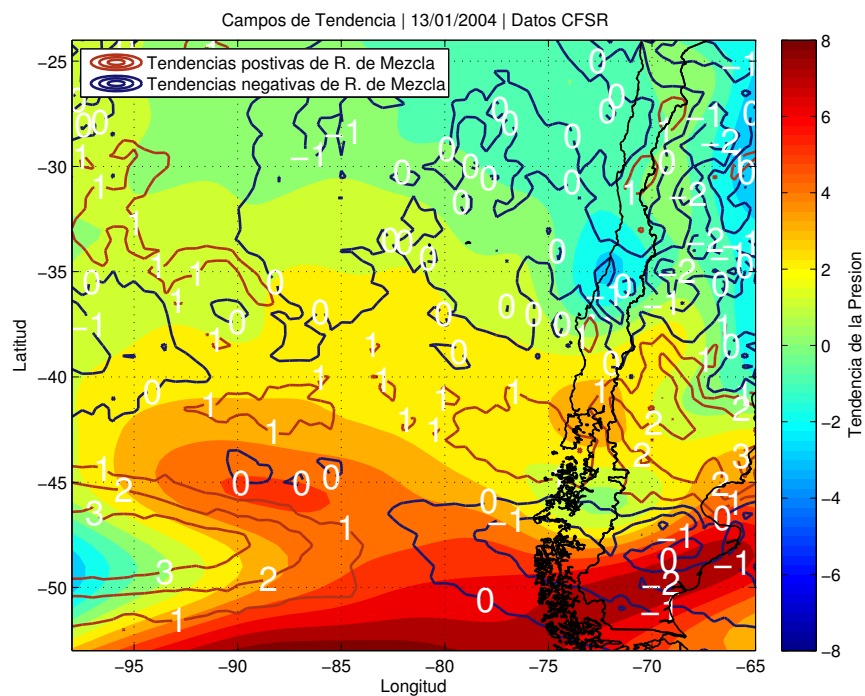


Figura 6.4: Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla para el comienzo del evento 1.

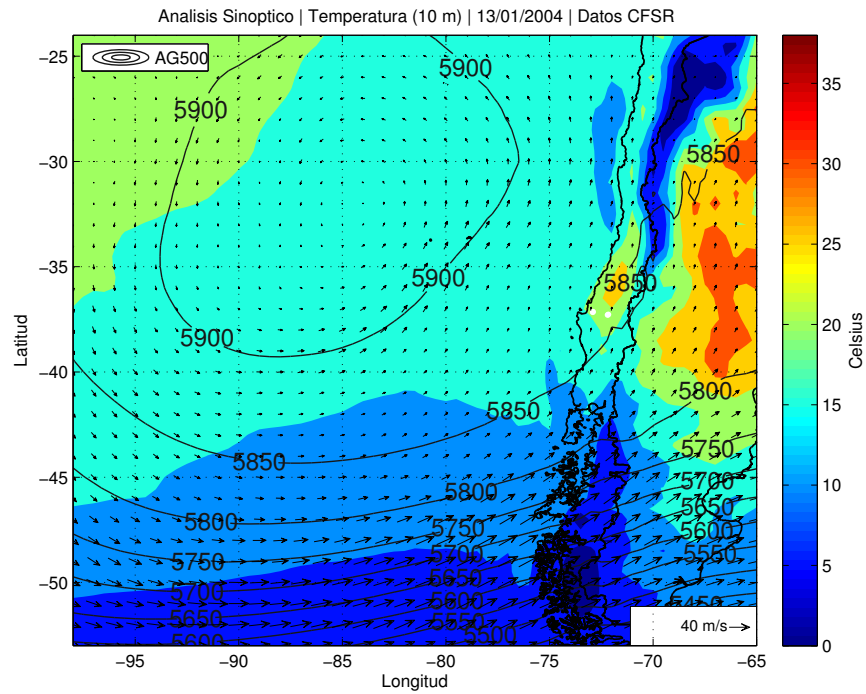


Figura 6.5: Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa para el comienzo del evento 1.

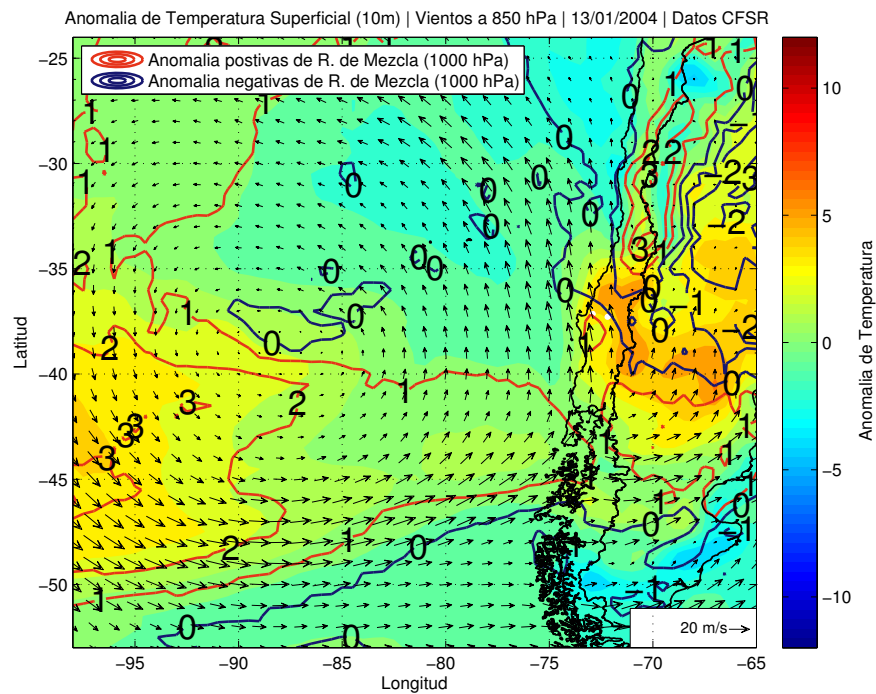


Figura 6.6: Campo de Anomalia de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa para el comienzo del evento 1.

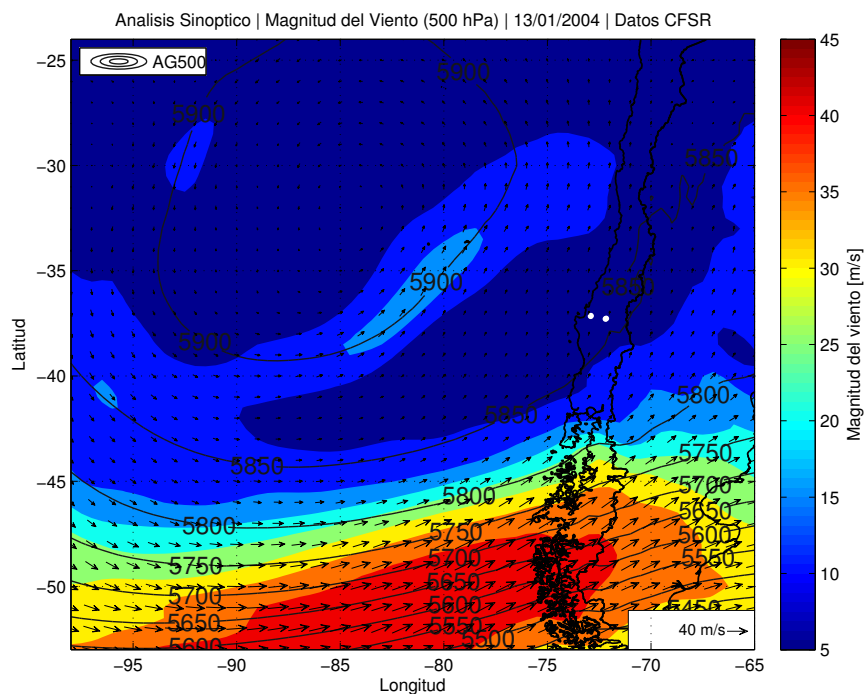


Figura 6.7: Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500 hPa para el comienzo del evento 1.

Salidas de Simulación en WRF

Perfiles Longitudinales

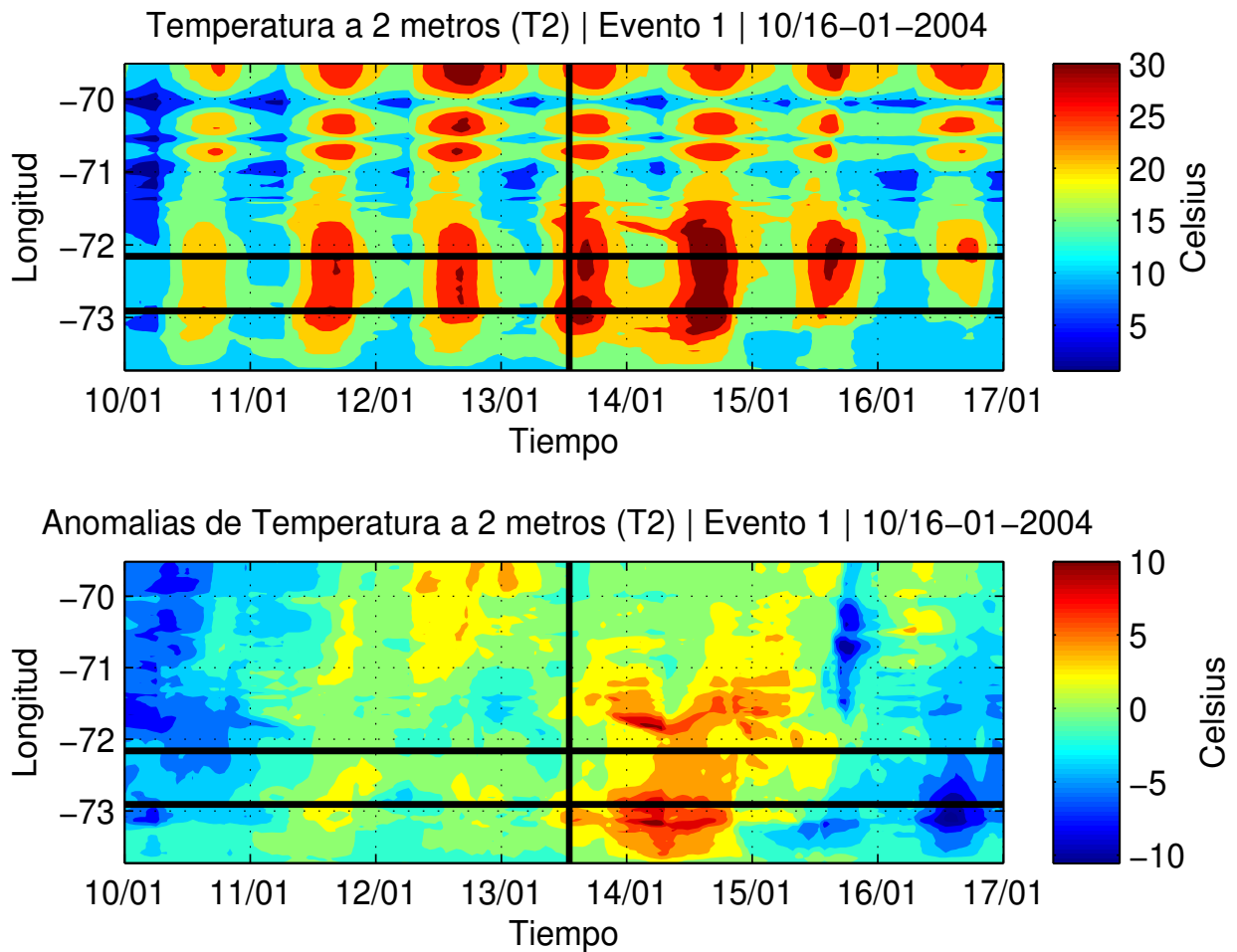


Figura 6.8: Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, correspondiente al evento 1. Promedio realizado entre 37.13°y 37.33°S. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

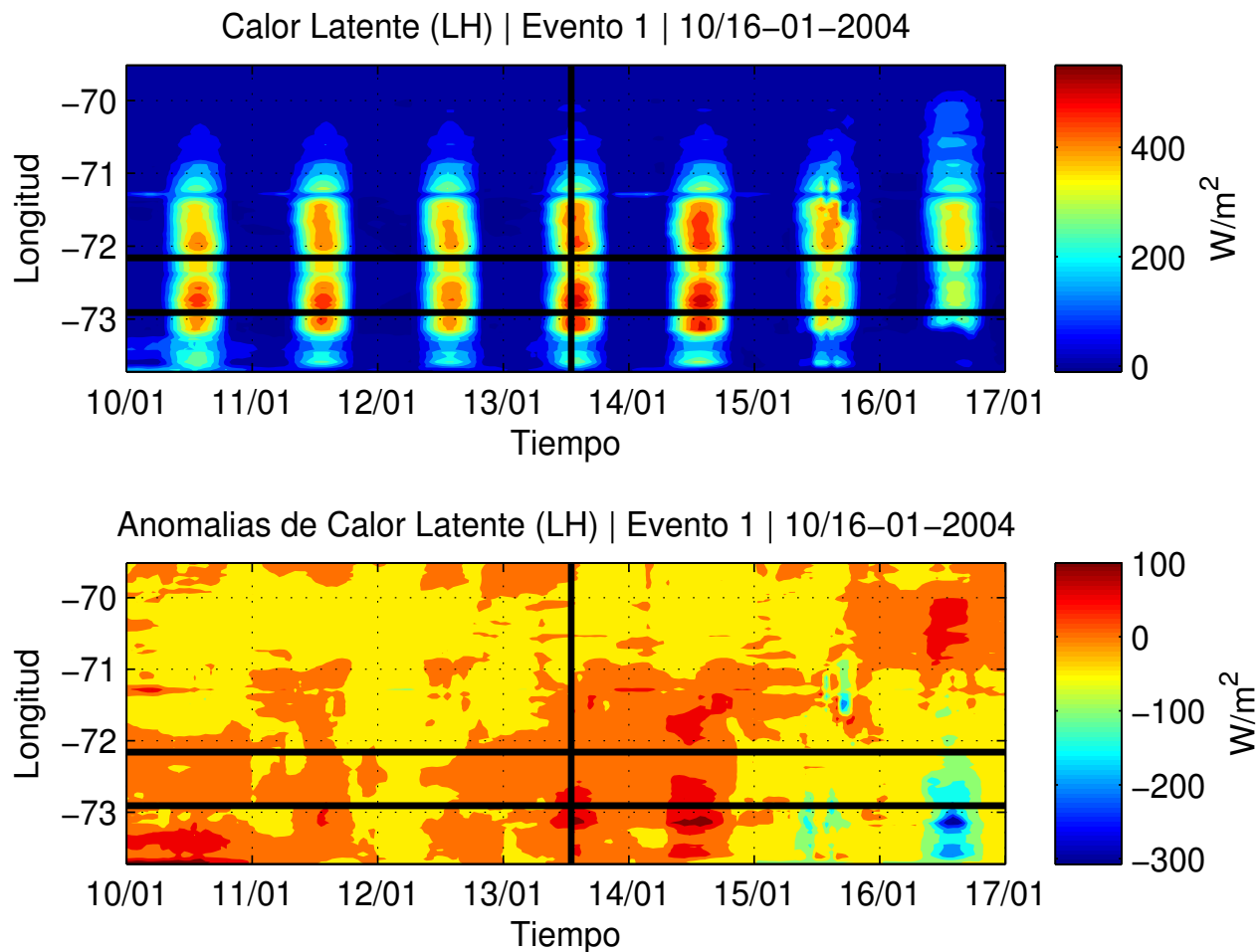


Figura 6.9: Campo Longitudinal de Calor Latente, correspondiente al evento 1. Promedio realizado entre 37.13° y 37.33°S . Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

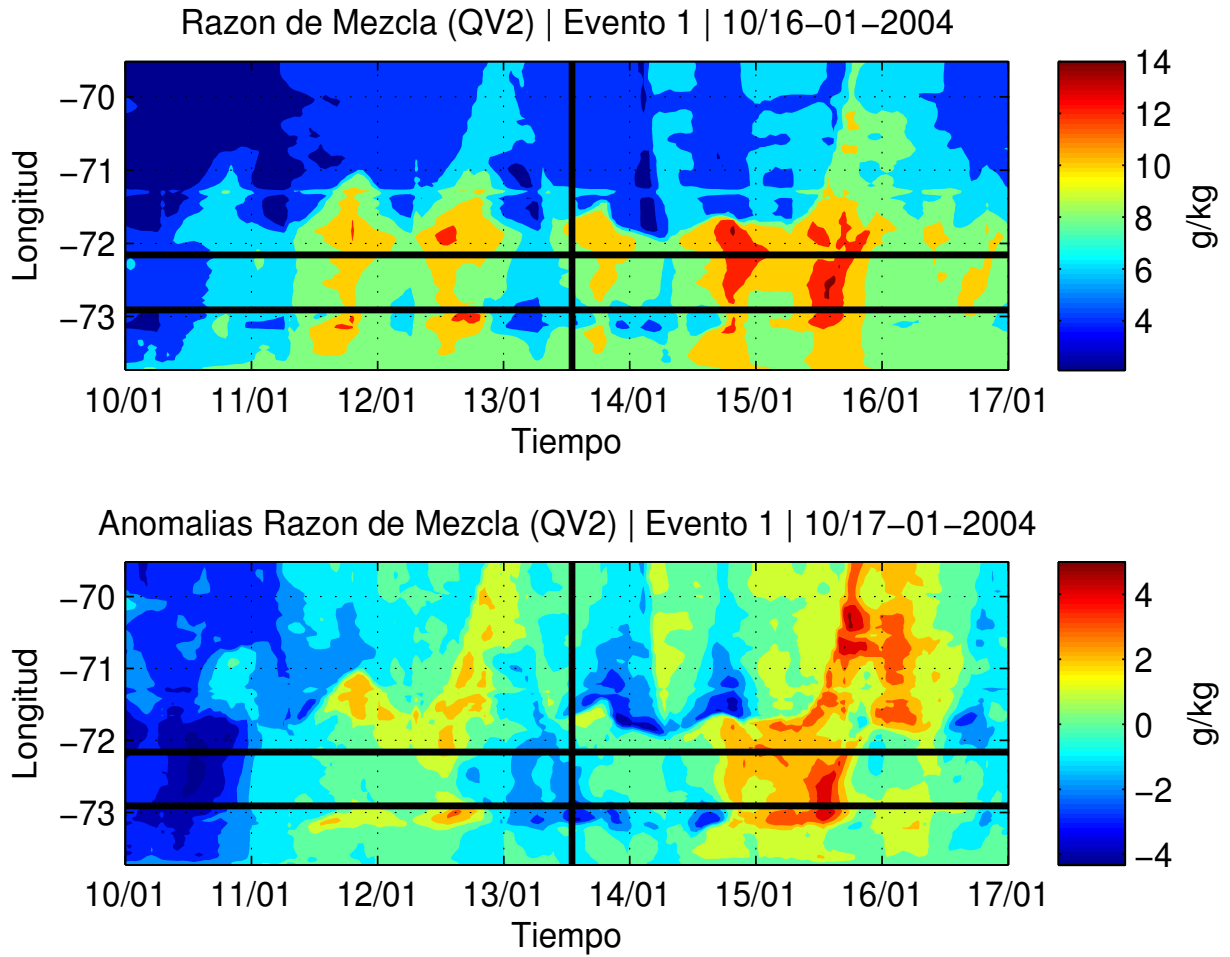


Figura 6.10: Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, correspondiente al evento 1. Promedio realizado entre 37.13° y 37.33° S. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

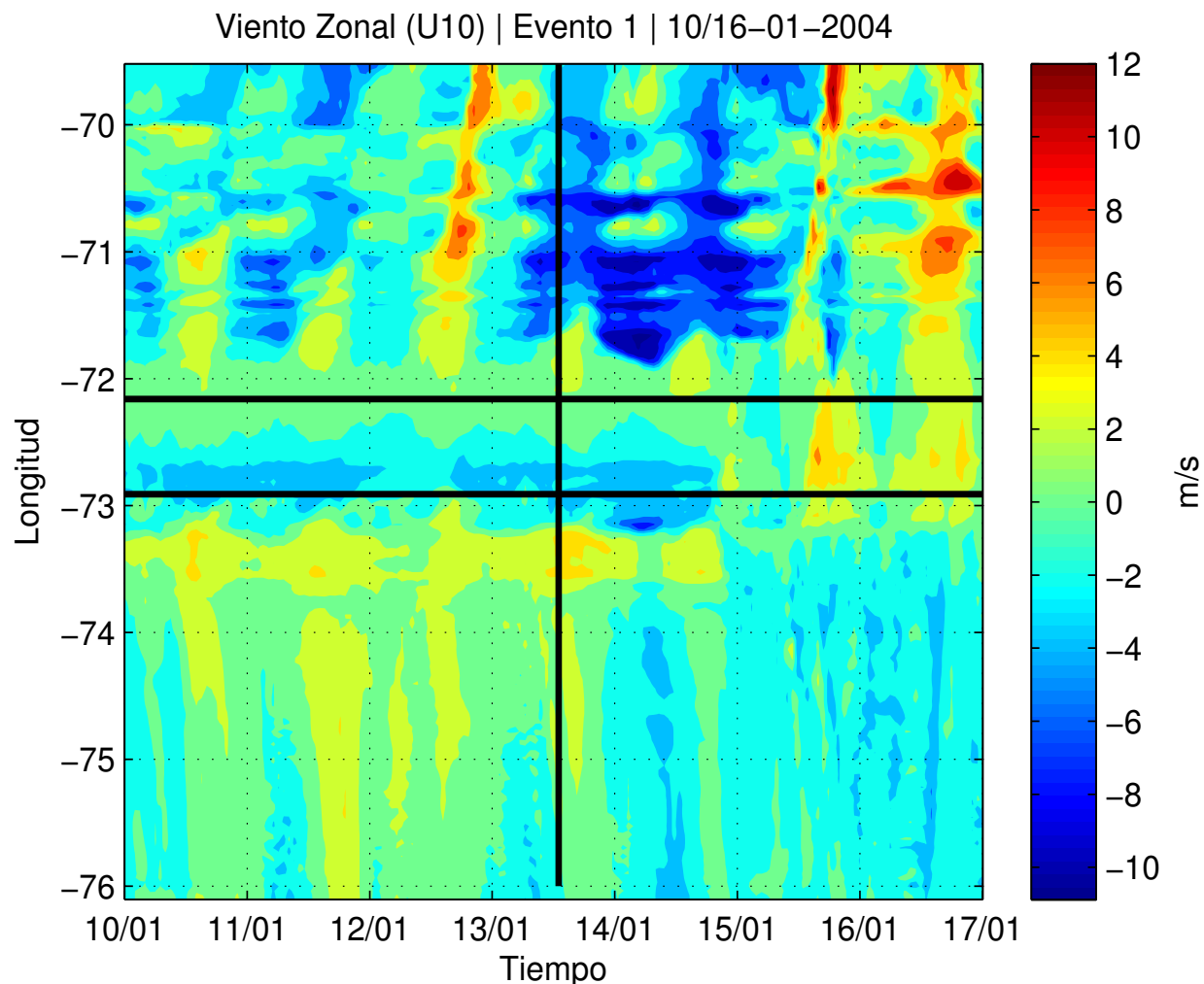


Figura 6.11: Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 1. Promedio realizado entre 37.13° y 37.33° S. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

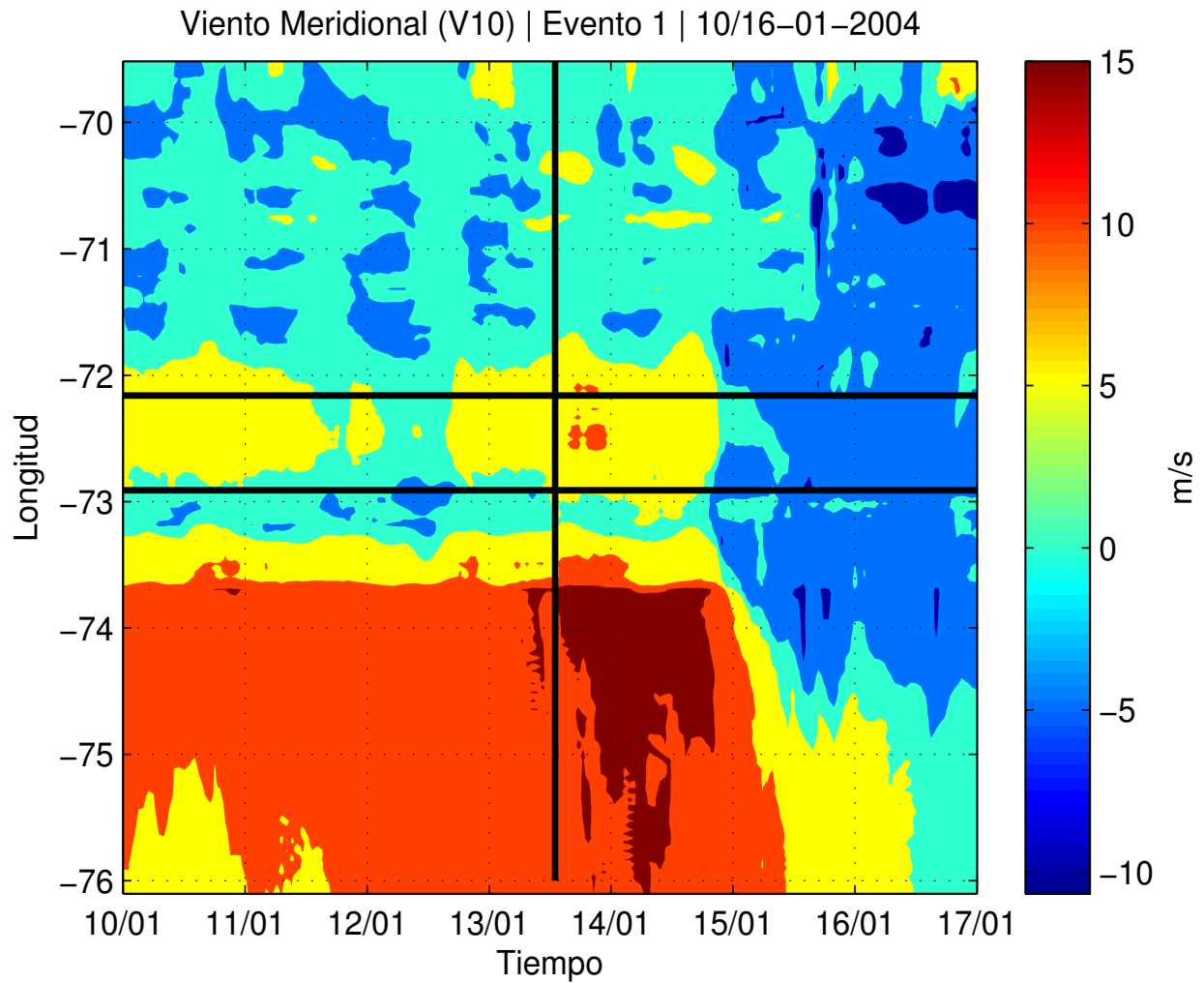


Figura 6.12: Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 1. Promedio realizado entre 37.13° y 37.33° S. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

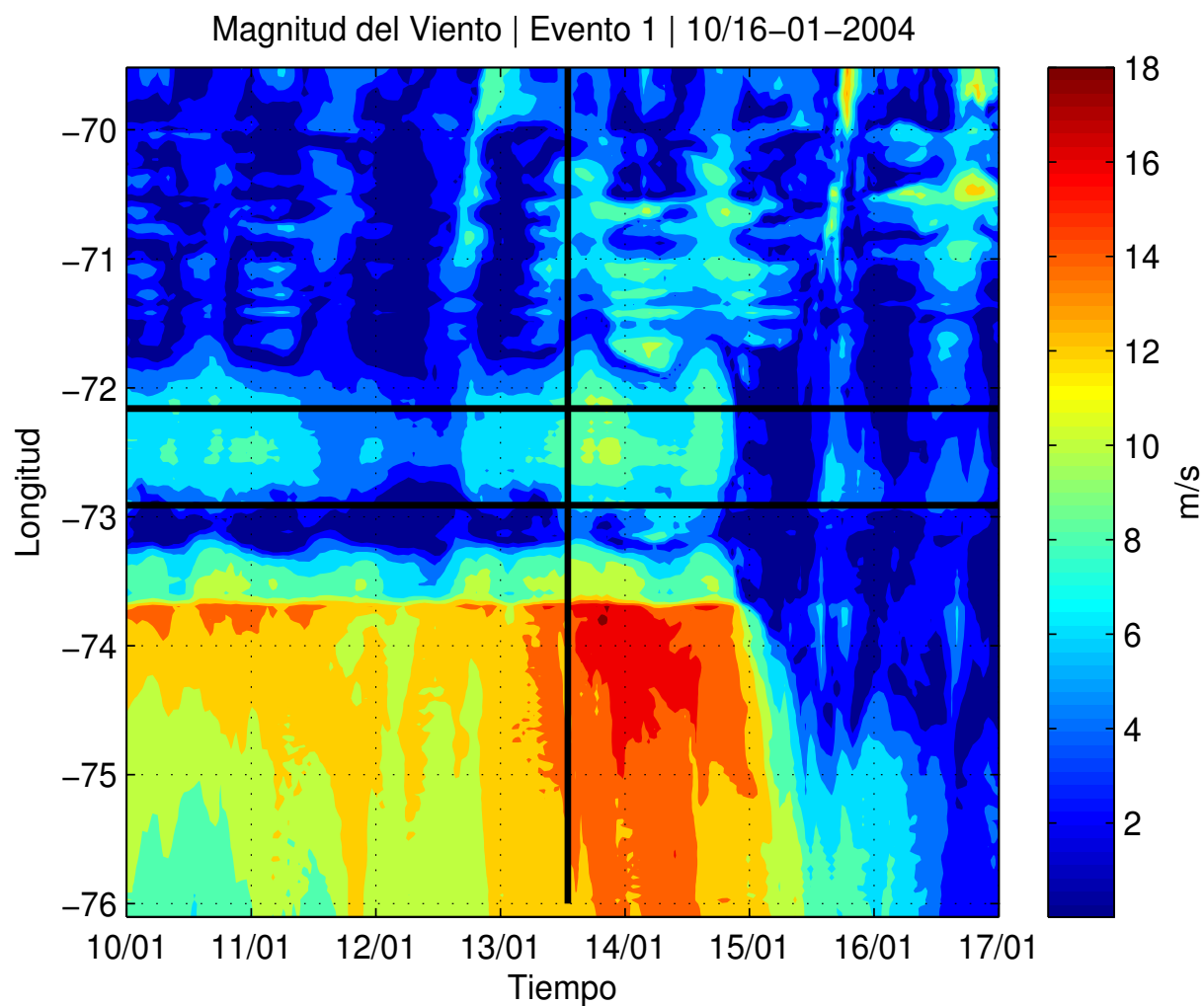


Figura 6.13: Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 1. Promedio realizado entre 37.13° y 37.33° S. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

Perfiles Verticales - Zonas de estudio

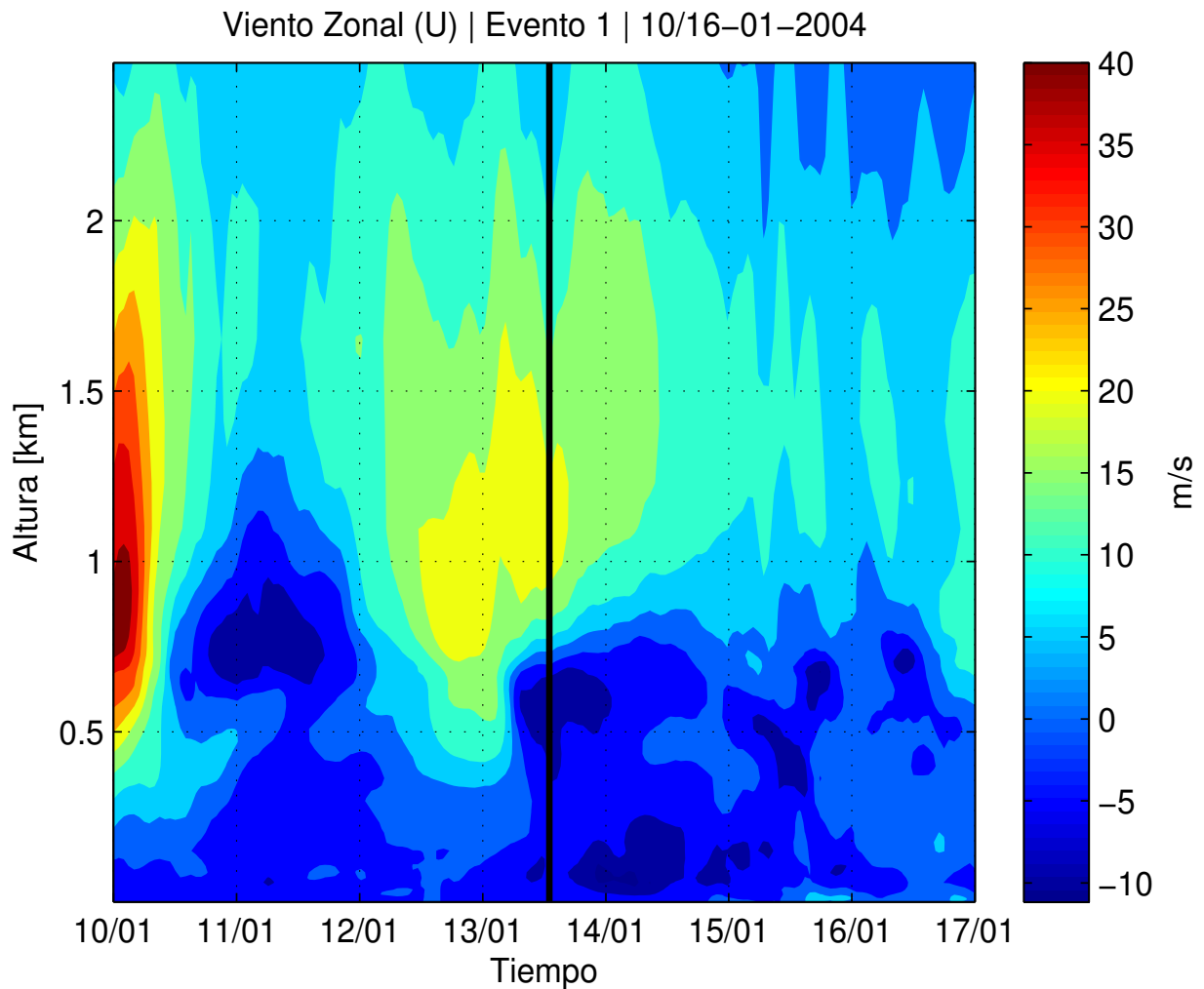


Figura 6.14: Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 1. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

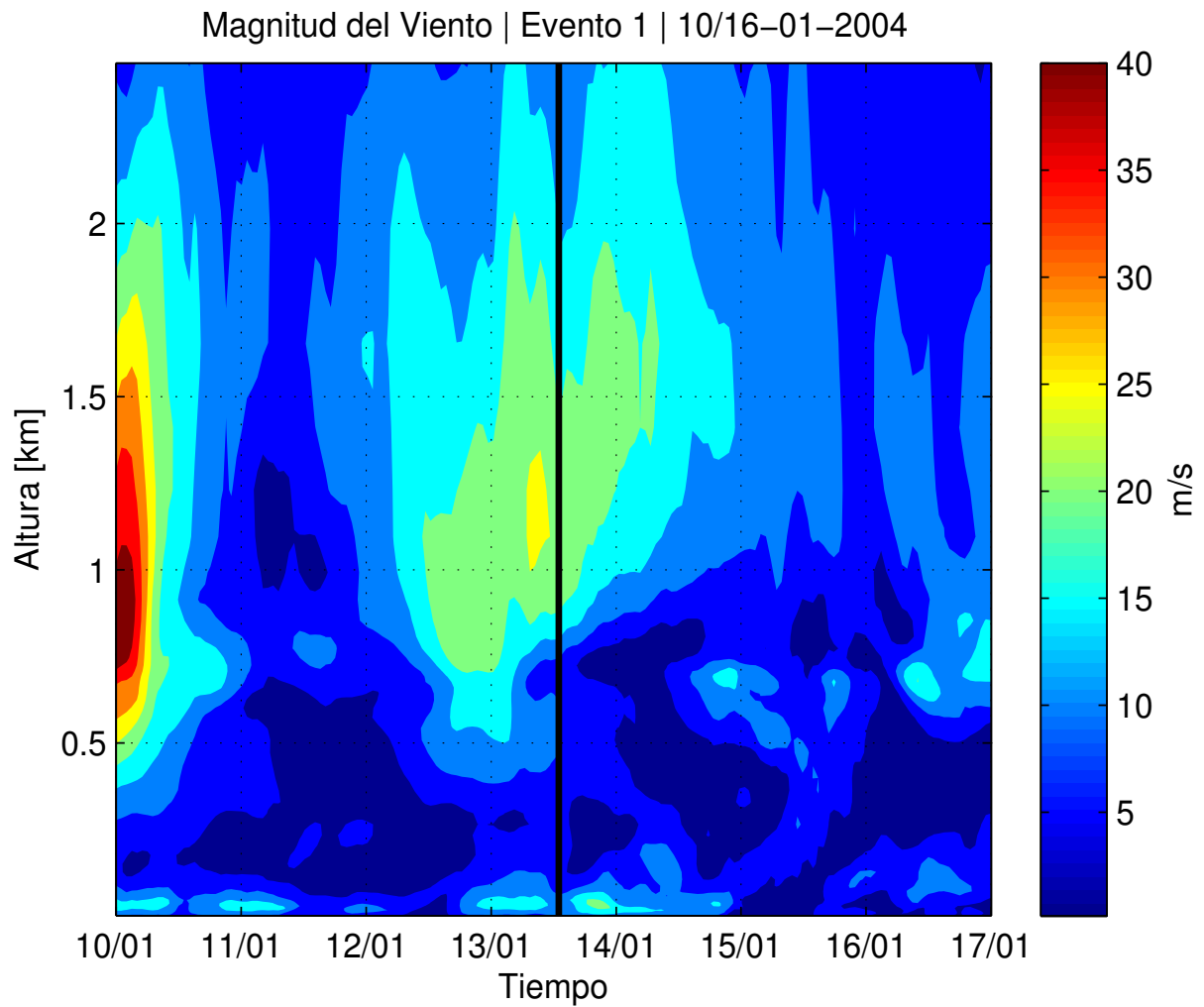


Figura 6.15: Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 1. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

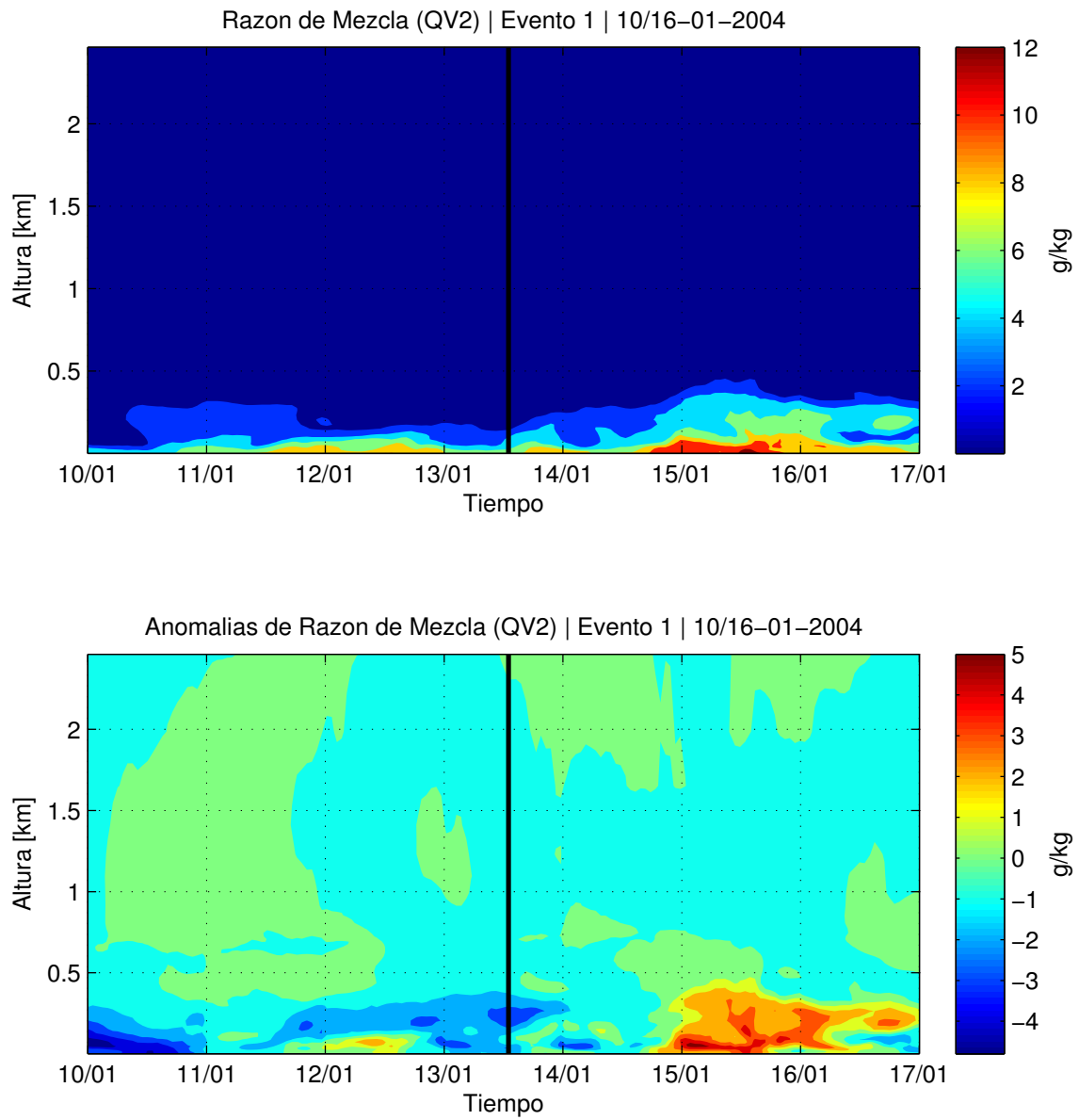


Figura 6.16: Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, correspondiente al área de estudio designada para el evento 1. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

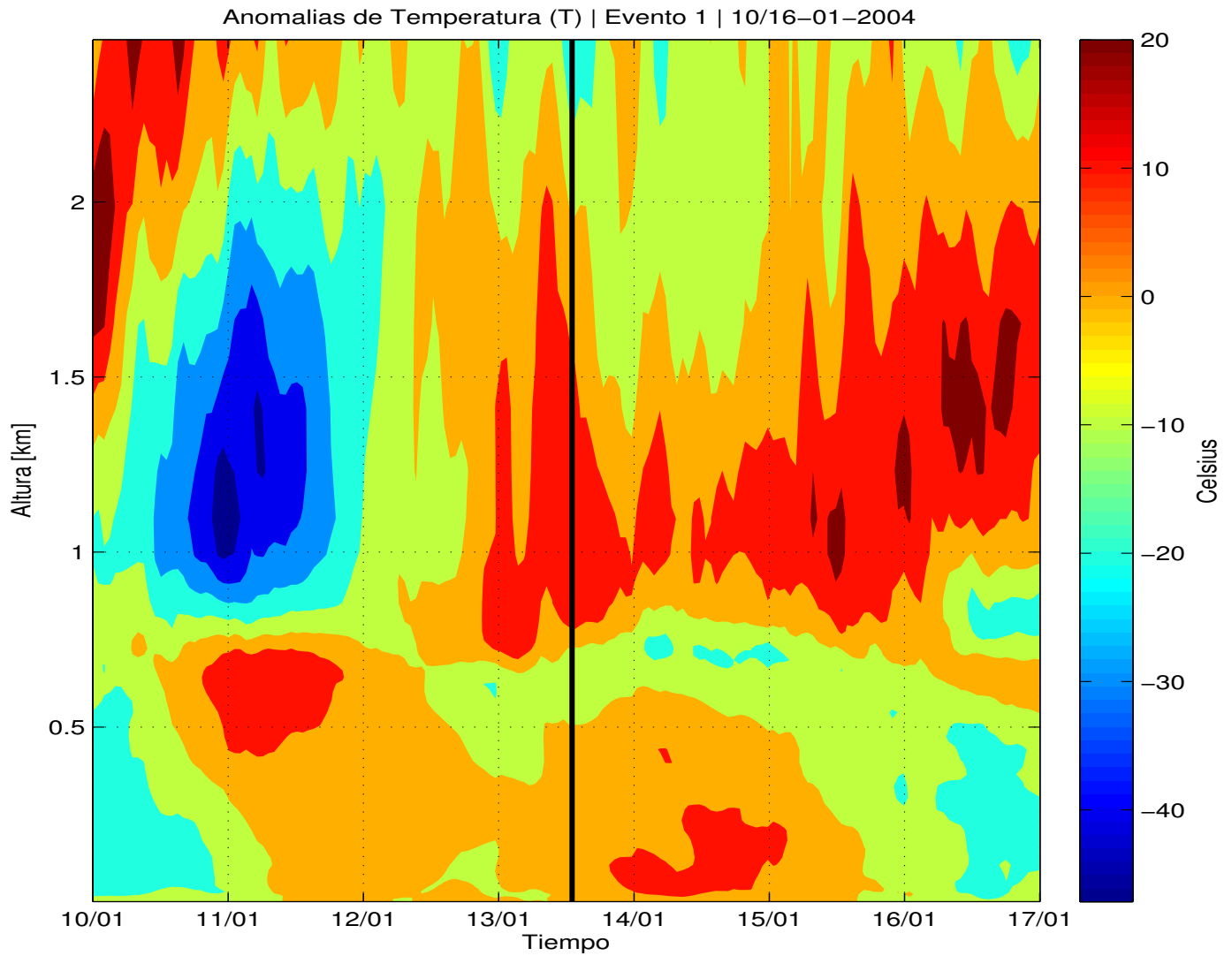


Figura 6.17: Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, correspondiente al área de estudio designada para el evento 1. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento.

6.2 Evento 2

Datos CONAF y distribución de áreas de estudio

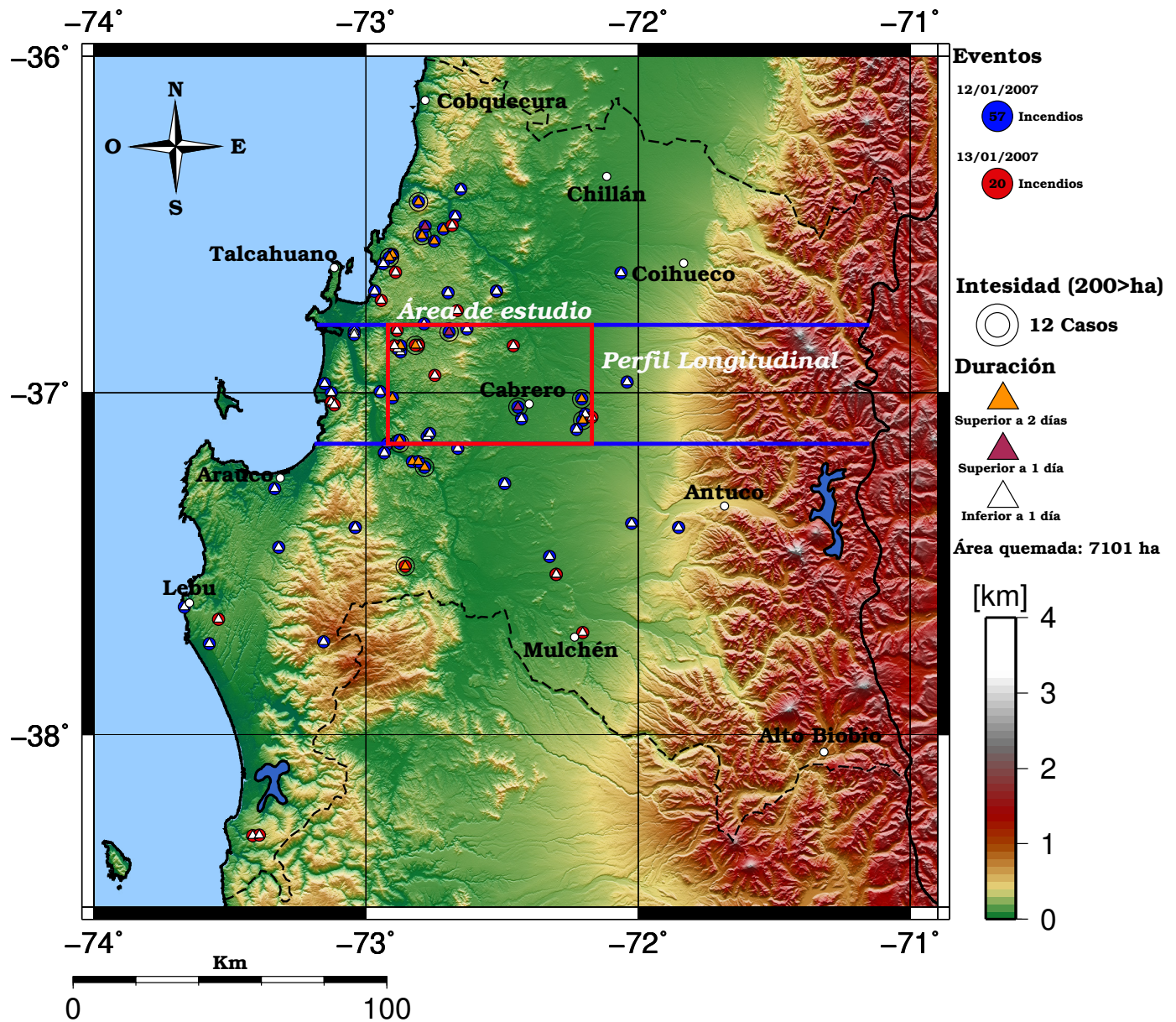
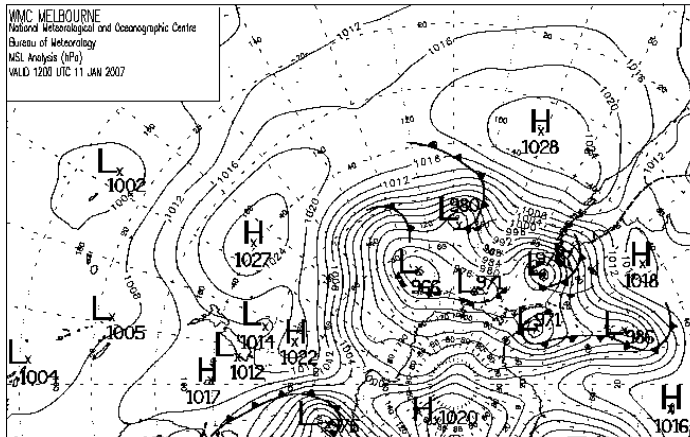
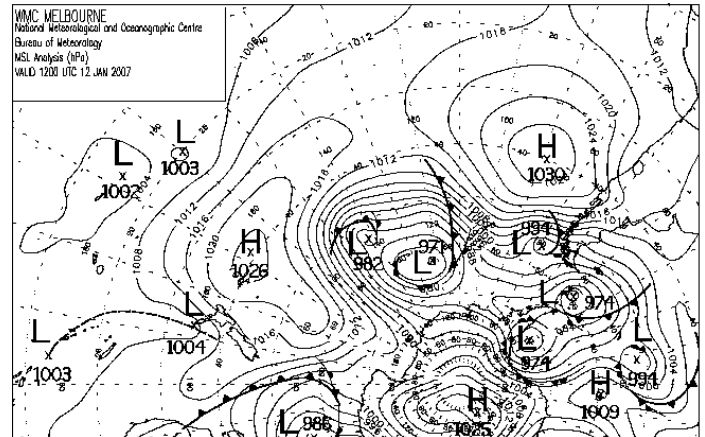


Figura 6.18: El cuadro rojo indica el área de estudio utilizada para extraer los perfiles verticales del Evento 2. El área contenida por las franjas azules corresponde a la zona utilizada para promediar las variables y realizar los perfiles longitudinales, cuya latitud va desde 36.8° a 37.15°S y longitud va desde 71° a 73°O. Área quemada total: 7101 - Área total afectada en área de estudio: 3490

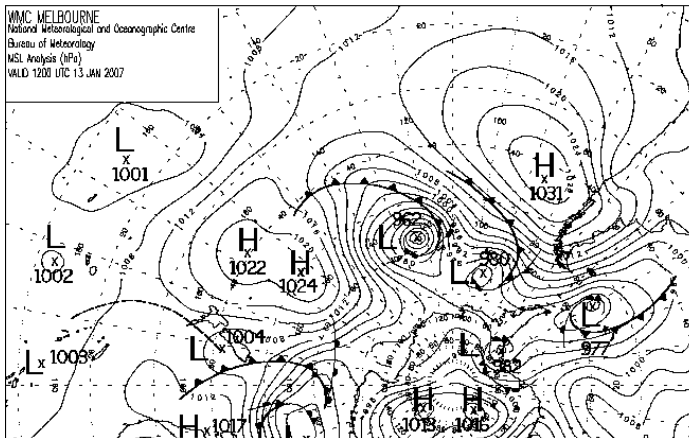
Análisis Sinóptico con Datos MSLP



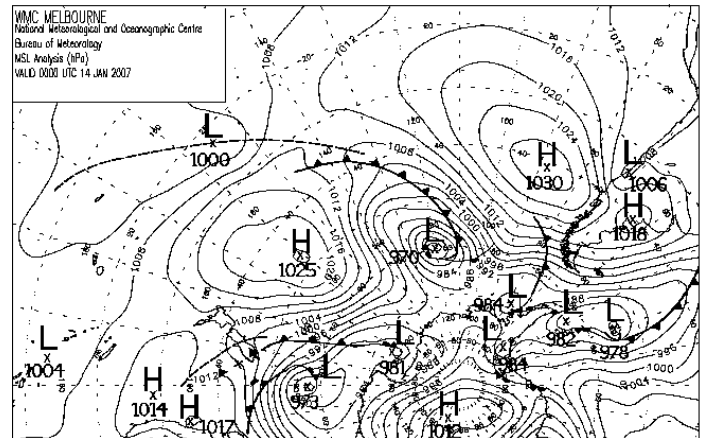
(a) 11 de Enero 2007, 1200 UTC



(b) 12 de Enero 2007, 1200 UTC



(c) 13 de Enero 2007, 1200 UTC



(d) 14 de Enero 2007, 0000 UTC

Figura 6.19: Cartas sinópticas correspondientes al evento 2. Extraídas del análisis MSLP realizado por la Oficina de Meteorología de Australia. Los centros de alta y baja (en hPa) designadas con una letra H (High Pressure) o L (Low Pressure), mientras que las horas corresponden a las 0000 UTC (9 p.m hora local) y 1200 UTC (9 a.m hora local).

Análisis Sinóptico con Datos CFSR

Evento 2 — 12 de enero de 2007

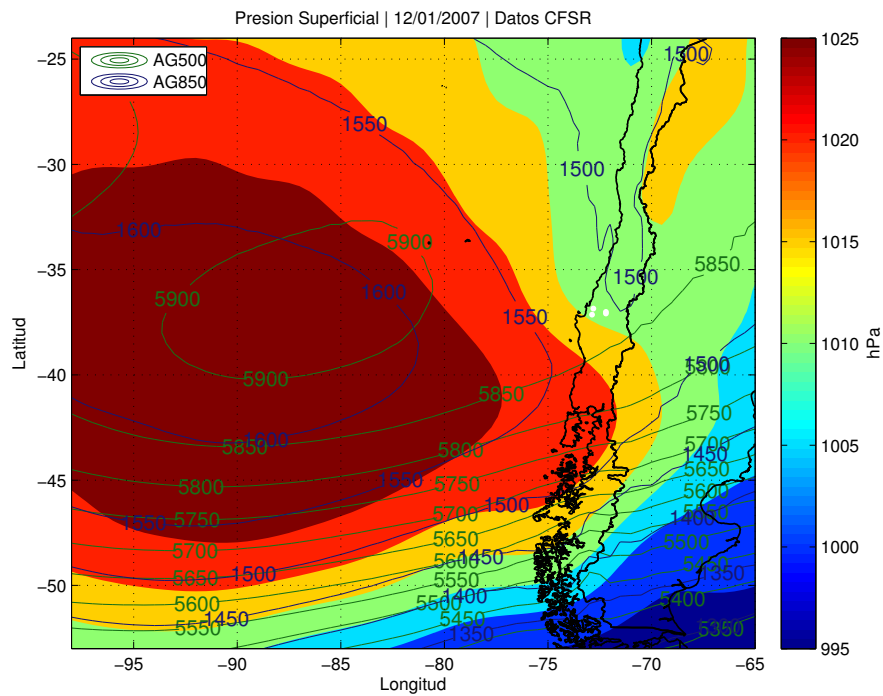


Figura 6.20: Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa para el comienzo del evento 2.

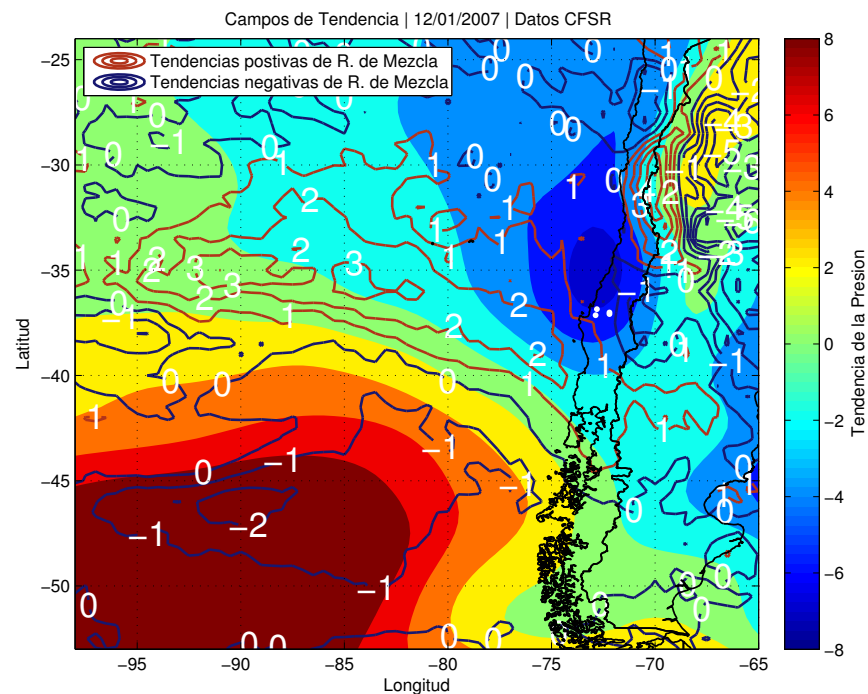


Figura 6.21: Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla para el comienzo del evento 2.

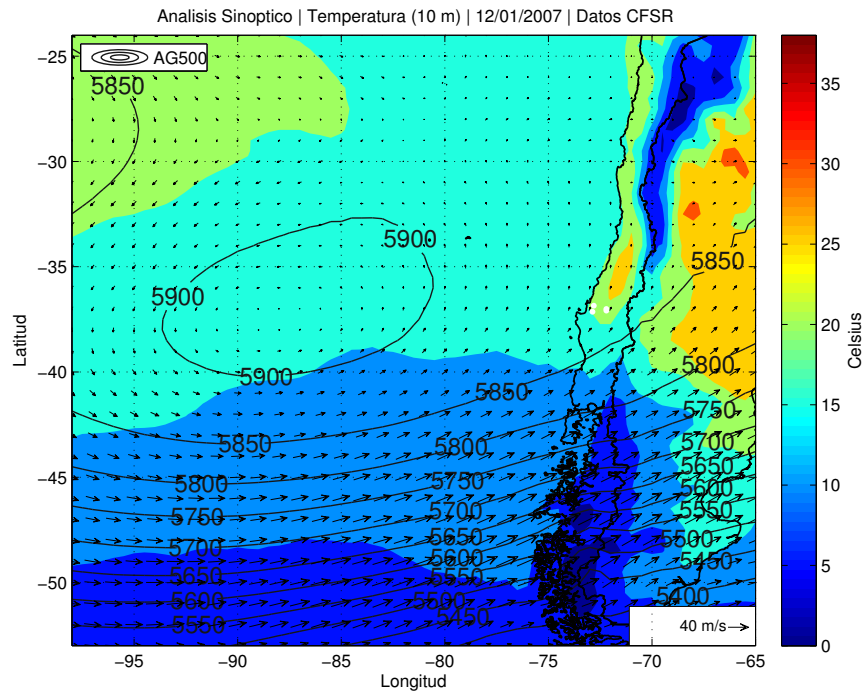


Figura 6.22: Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa para el comienzo del evento 2.

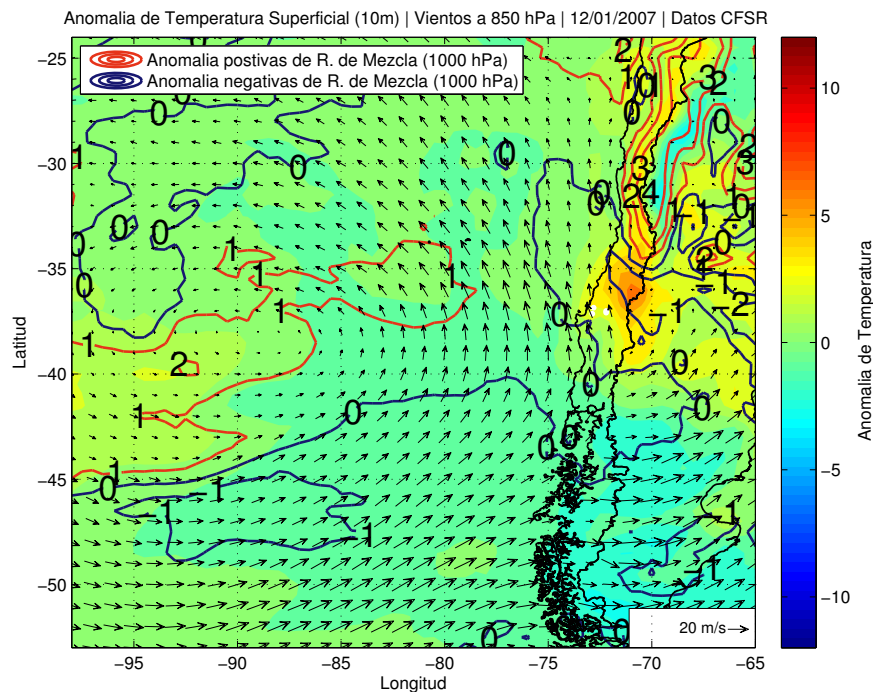


Figura 6.23: Campo de Anomalia de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa para el comienzo del evento 2.

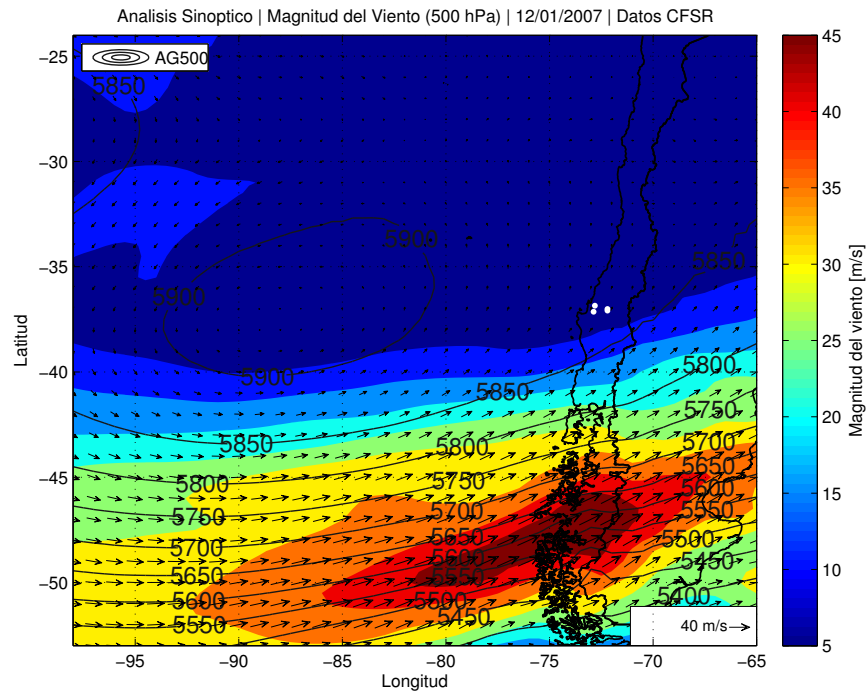


Figura 6.24: Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500 hPa para el comienzo del evento 2.

Evento 2 — 13 de enero de 2007

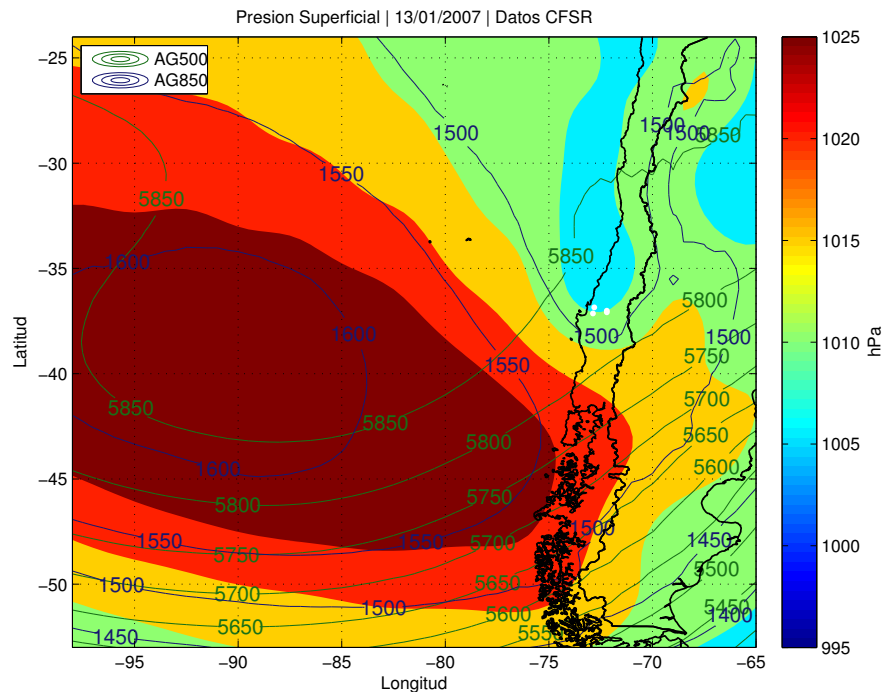


Figura 6.25: Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa para el segundo día del evento 2, con área afectada de 937 [ha].

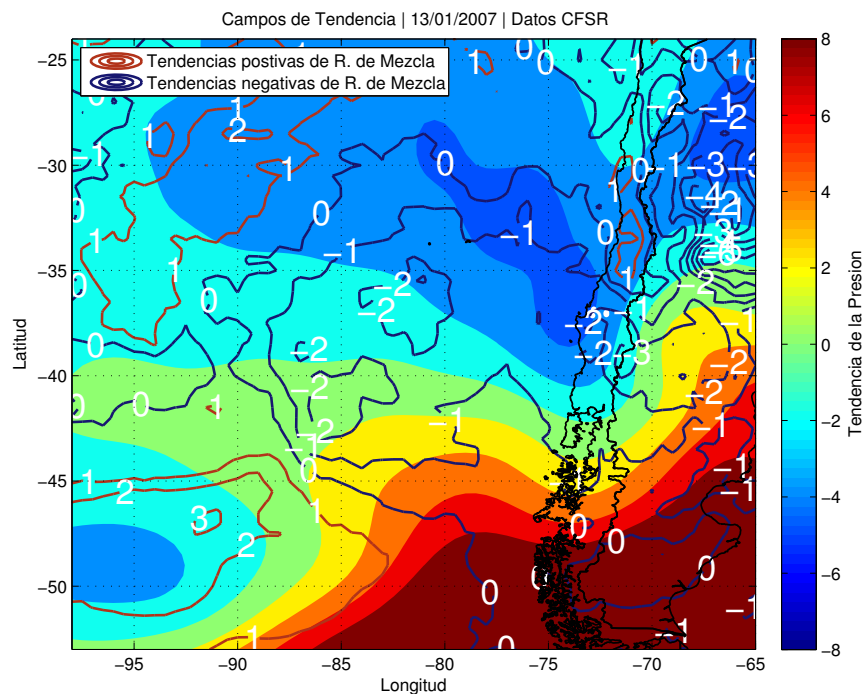


Figura 6.26: Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla para el comienzo del evento 2, con área afectada de 937 [ha].

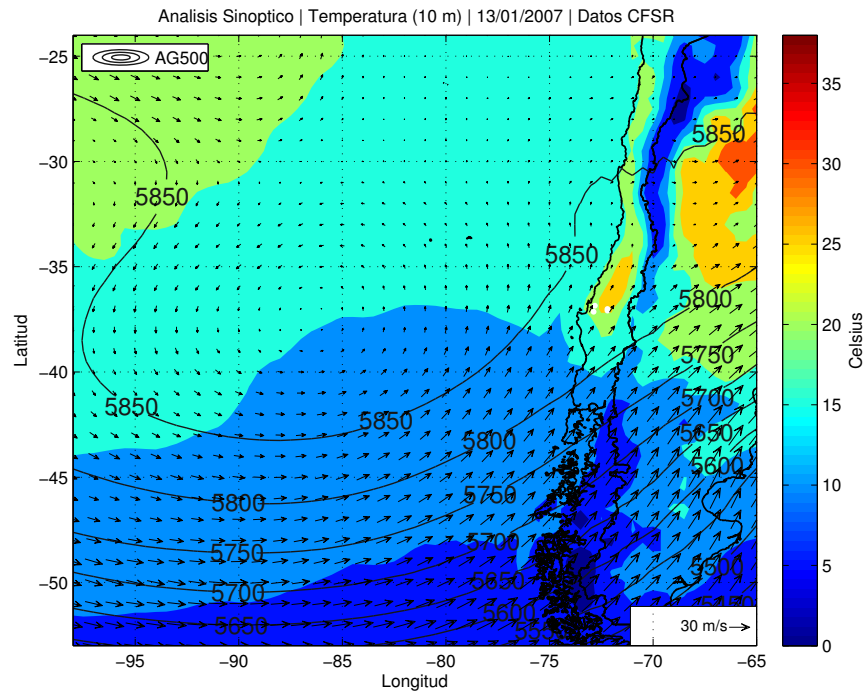


Figura 6.27: Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa para el comienzo del evento 2, con área afectada de 937 [ha].

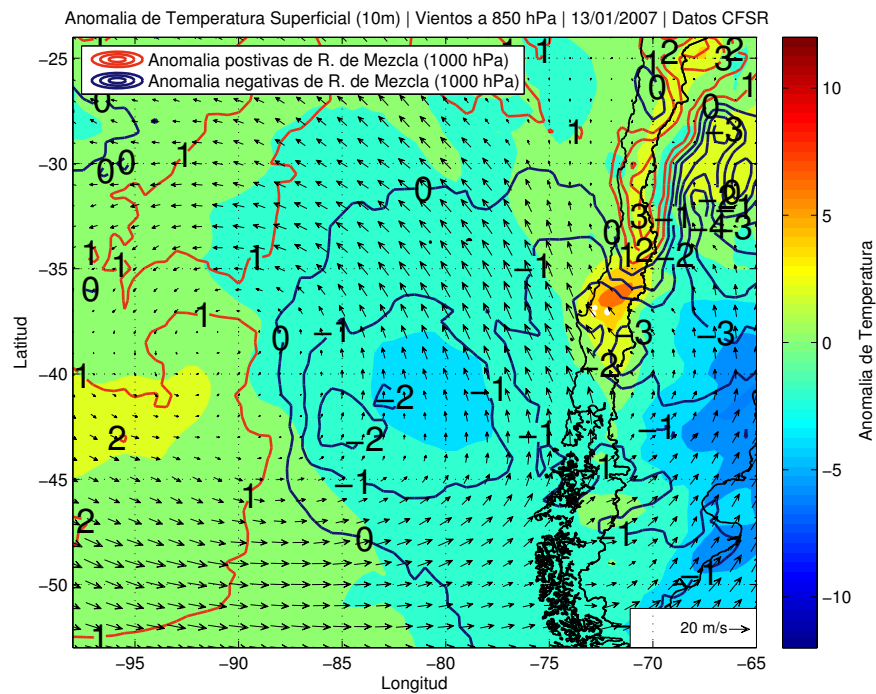


Figura 6.28: Campo de Anomalia de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa para el comienzo del evento 2, con área afectada de 937 [ha].

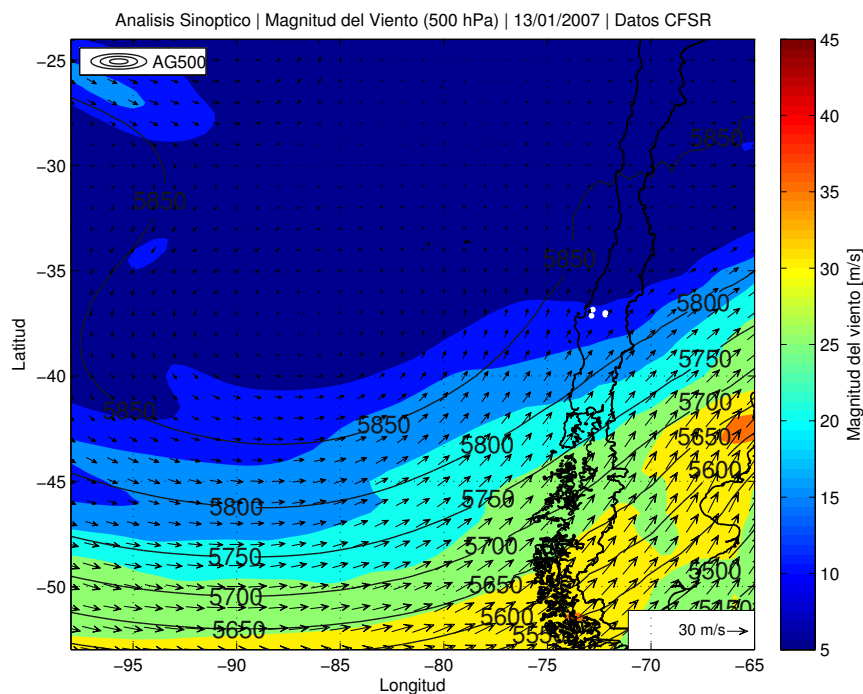


Figura 6.29: Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500 hPa para el comienzo del evento 2, con área afectada de 937 [ha].

Salidas de Simulación en WRF

Perfiles Longitudinales - Evento 2

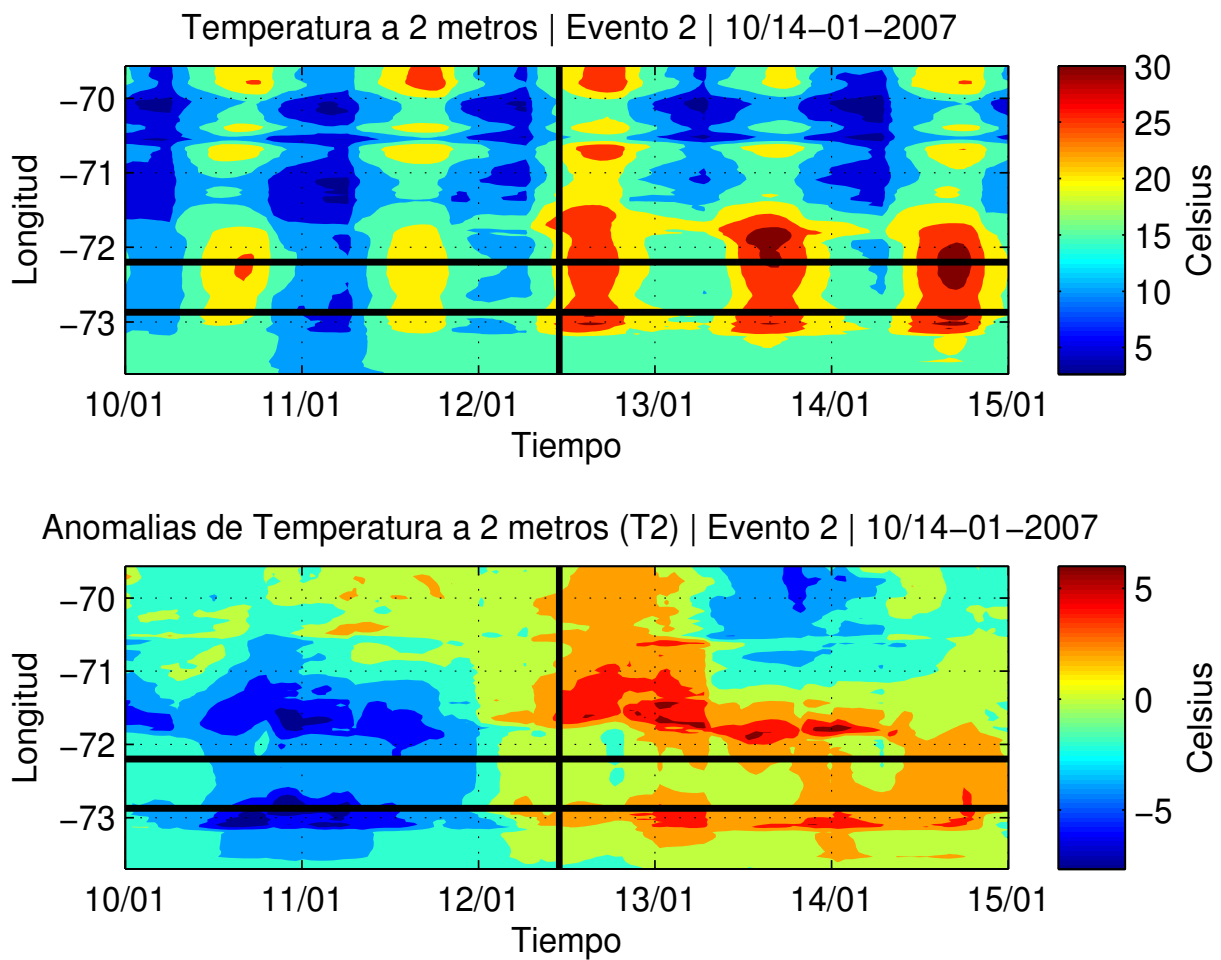


Figura 6.30: Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, correspondiente al evento 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

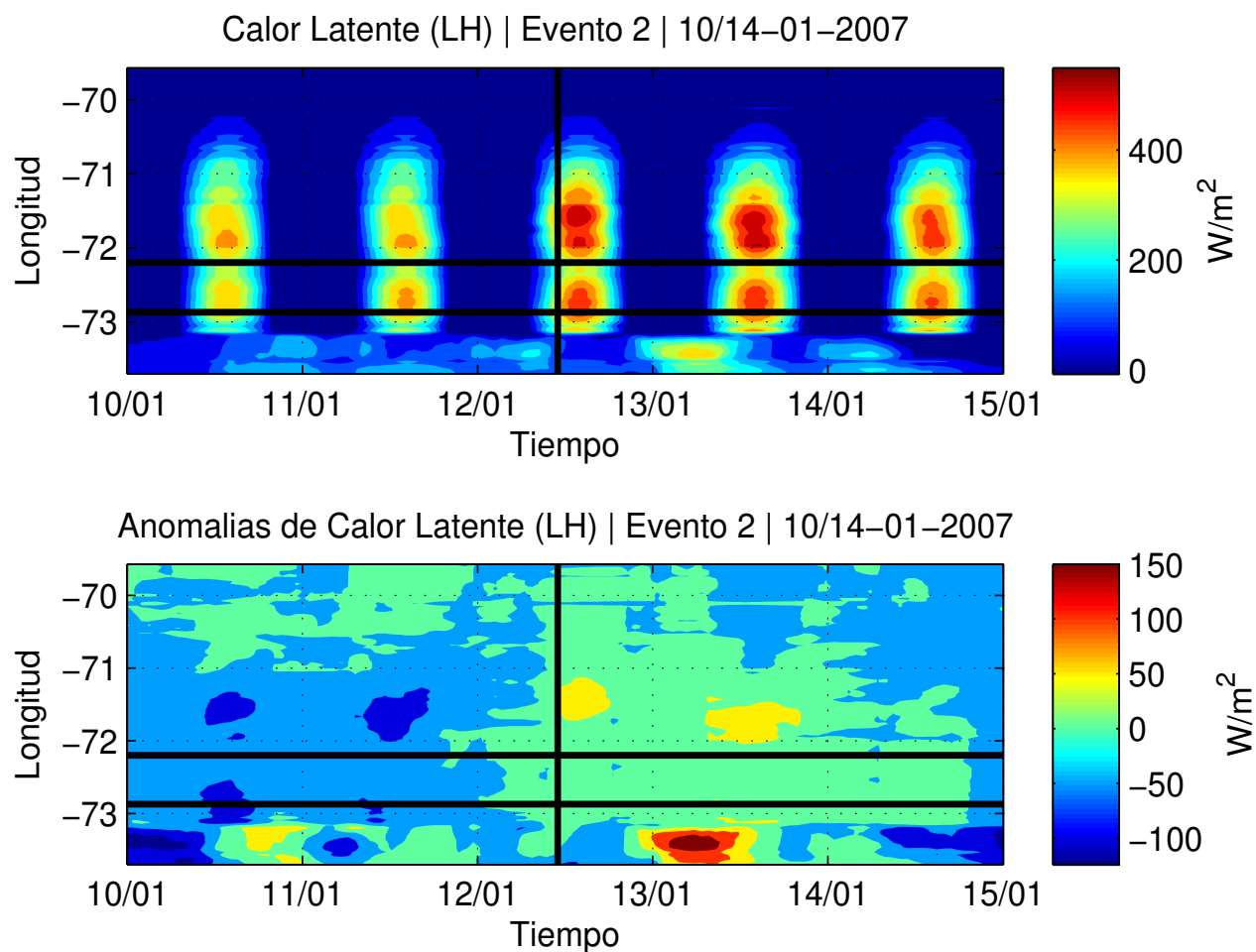


Figura 6.31: Campo Longitudinal de Calor Latente, correspondiente al evento 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

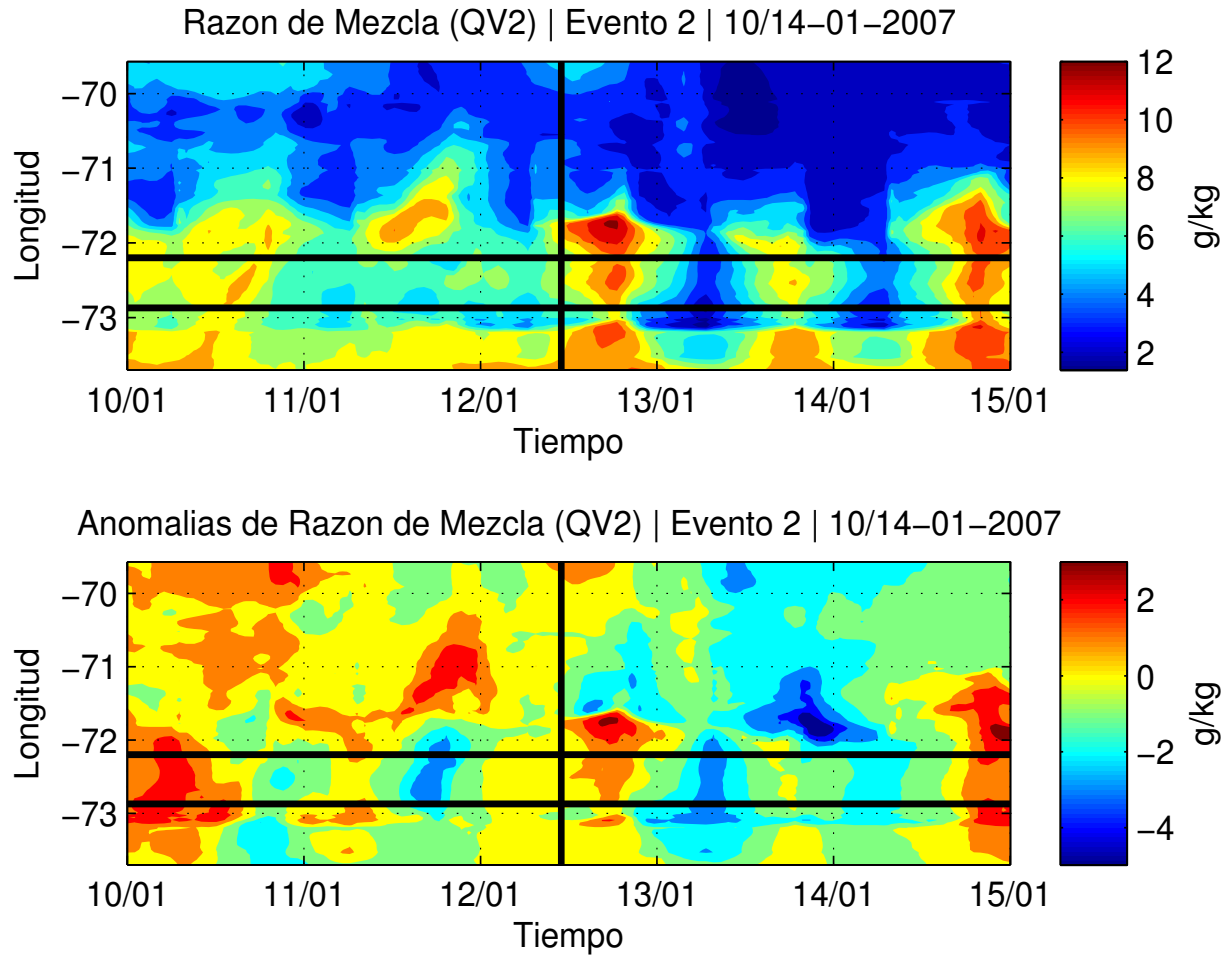


Figura 6.32: Campo Longitudinal de Raz3n de Mezcla, correspondiente al evento 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos m3s da1inos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomal3as del campo.

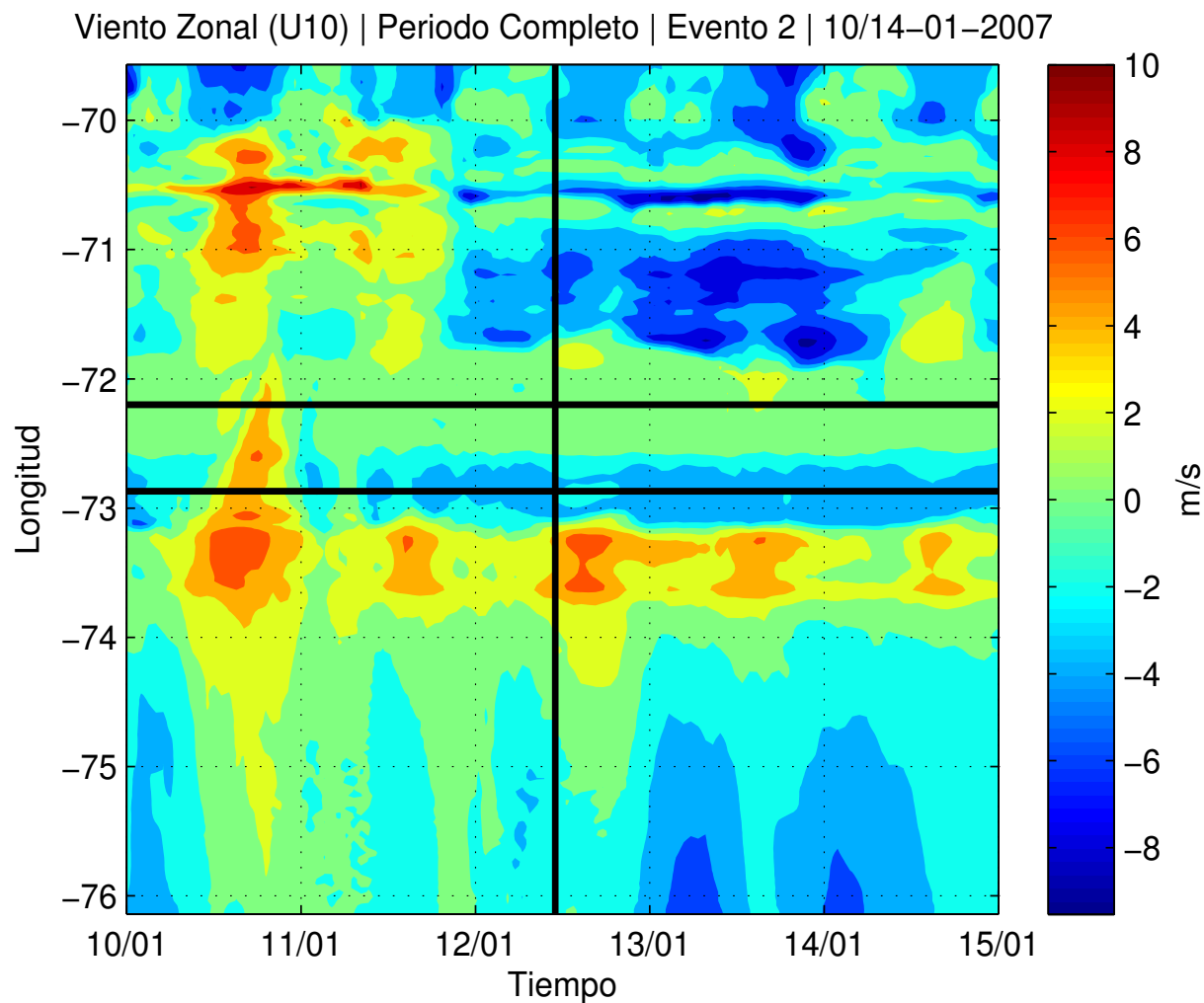


Figura 6.33: Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

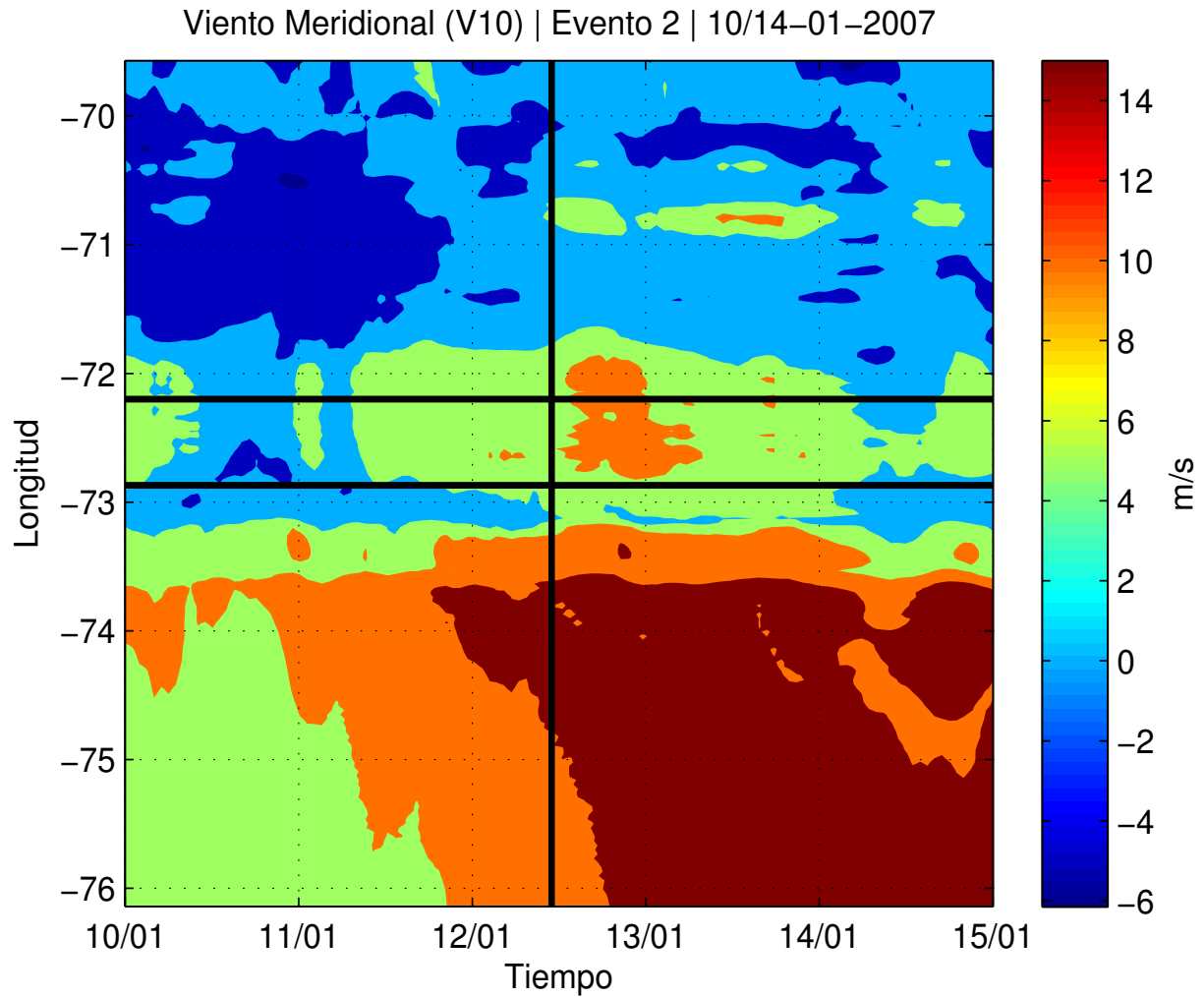


Figura 6.34: Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

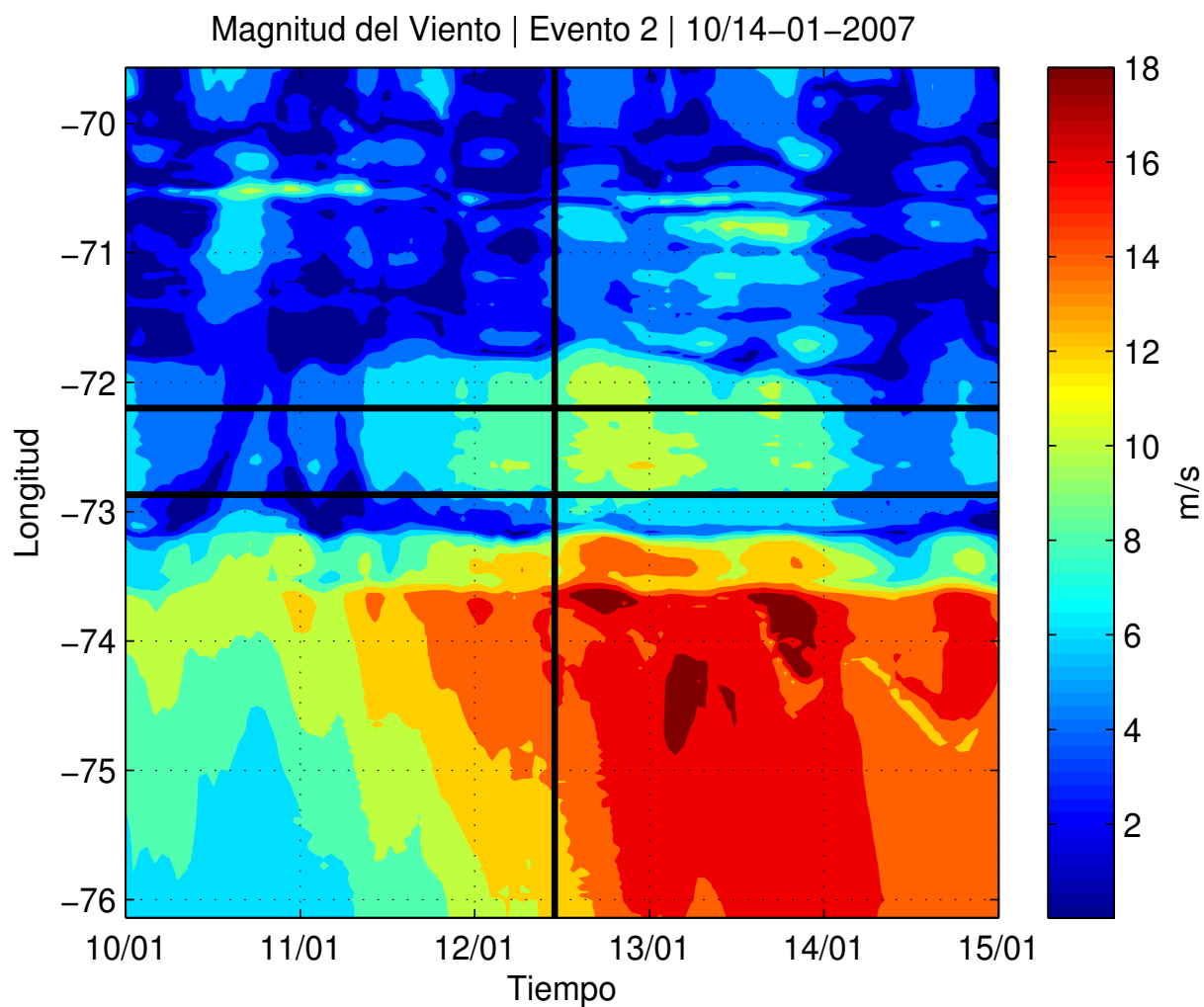


Figura 6.35: Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

Perfiles Verticales - Zonas de estudio

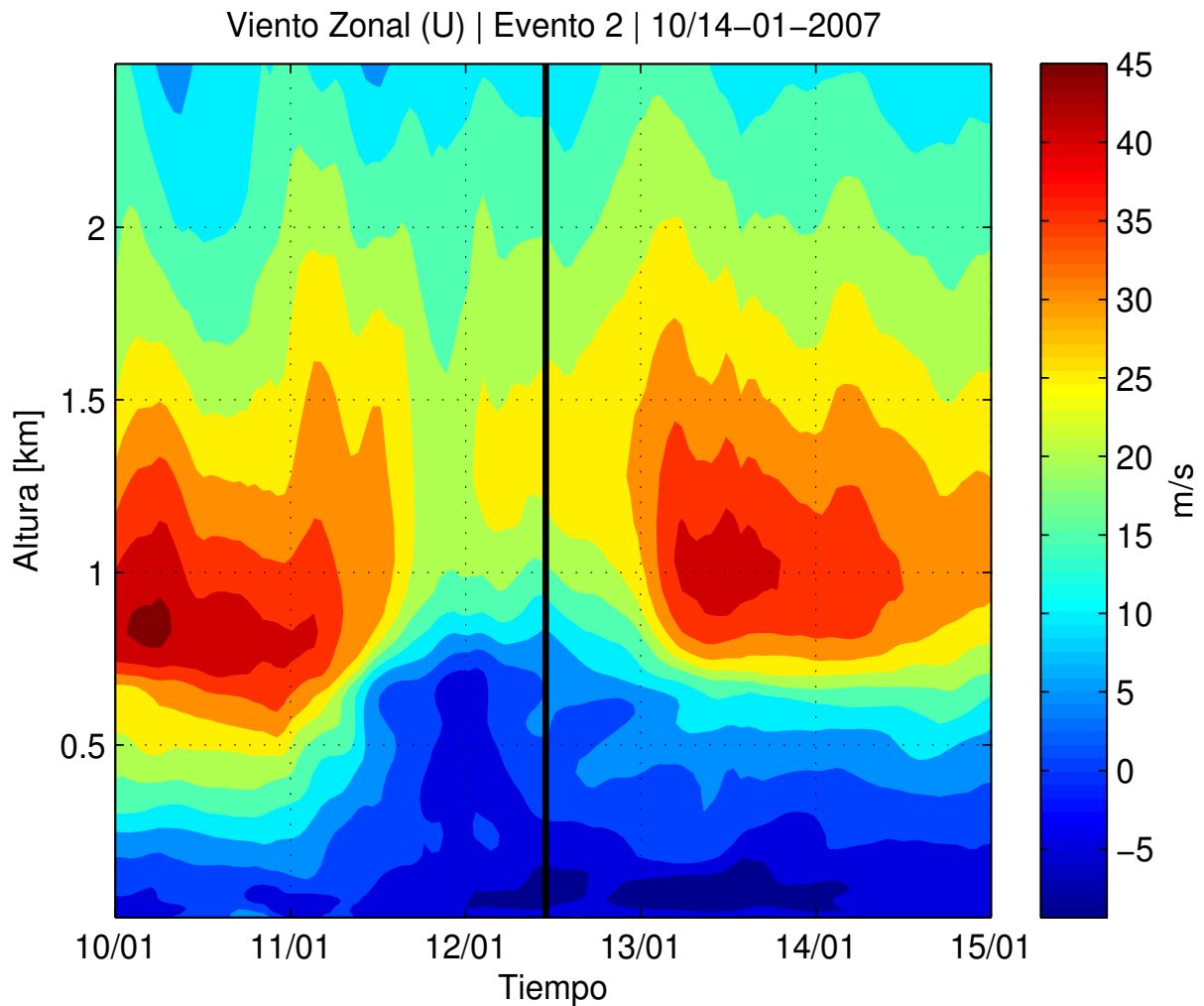


Figura 6.36: Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 2. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

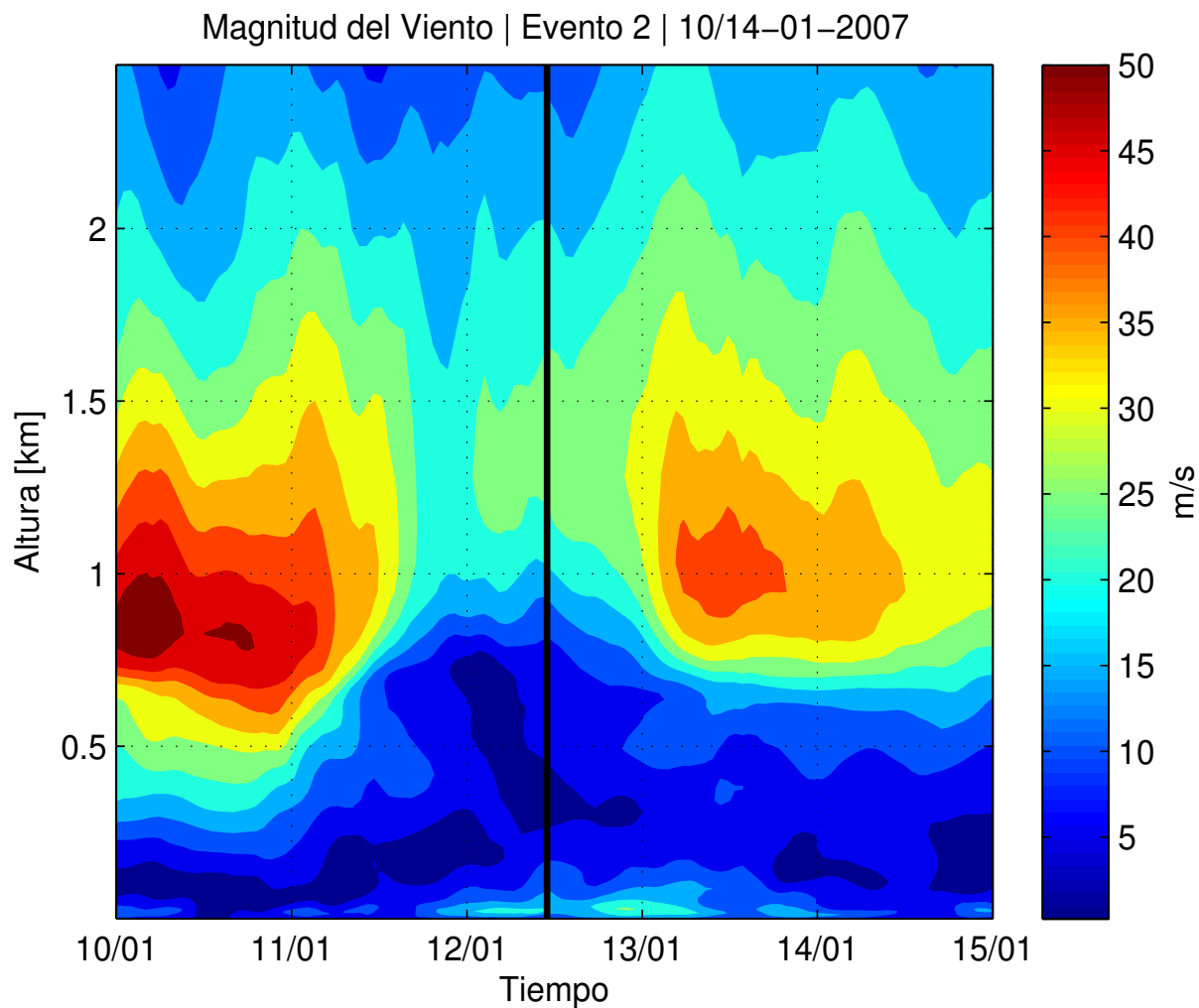


Figura 6.37: Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 2. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

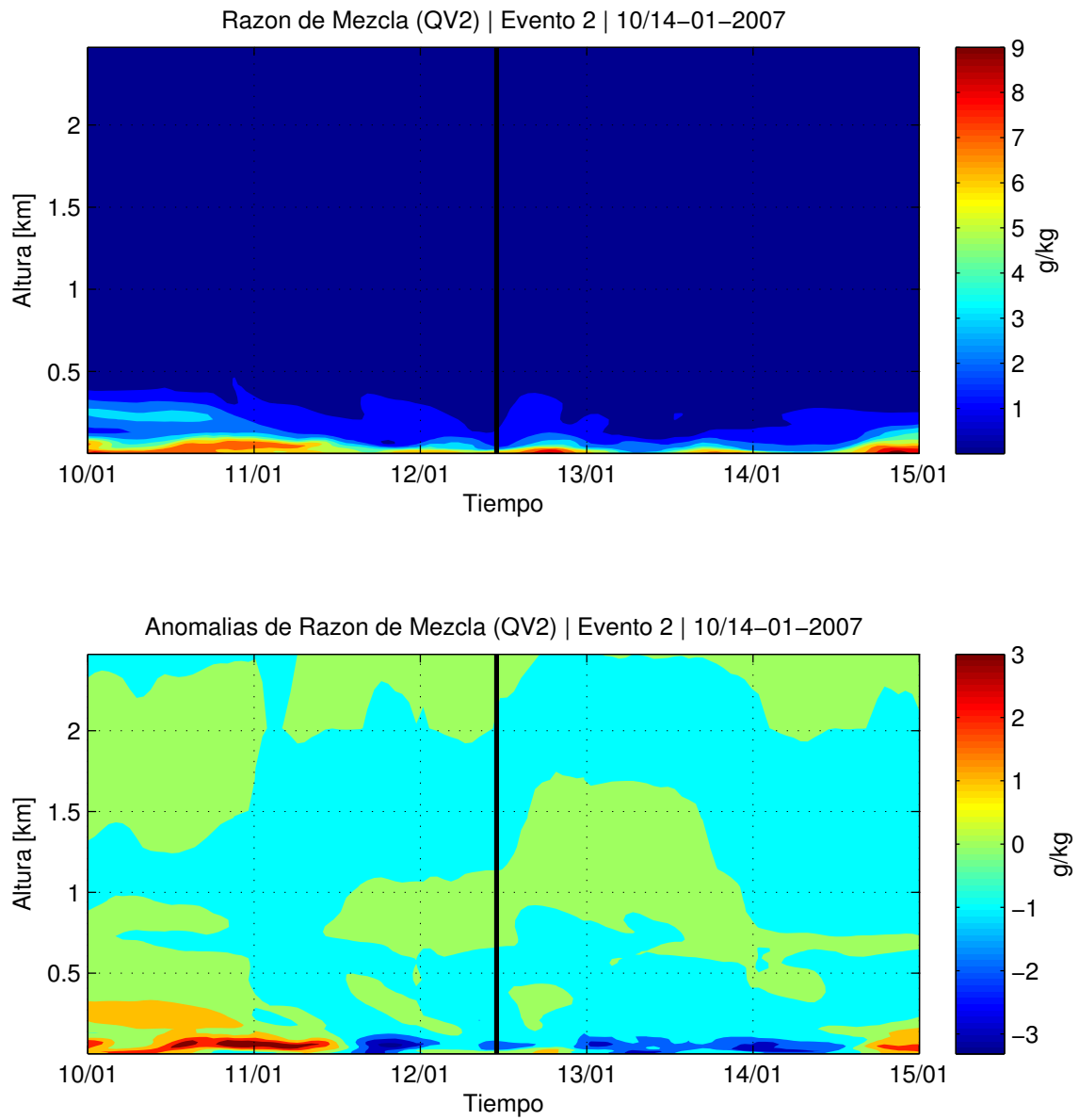


Figura 6.38: Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, correspondiente al área de estudio designada para el evento 2. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

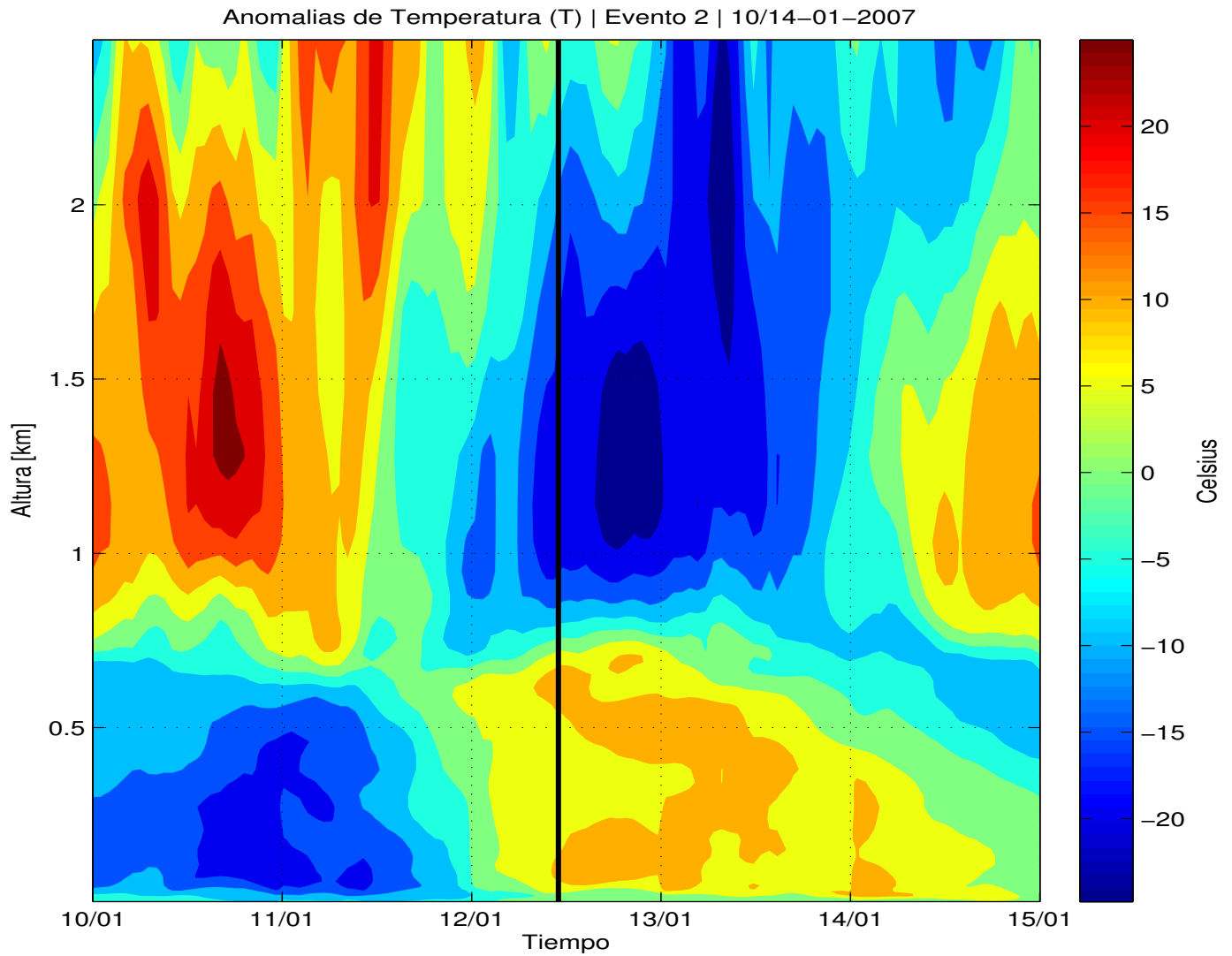


Figura 6.39: Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, correspondiente al área de estudio designada para el evento 2. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento.

6.3 Evento 3

Datos CONAF y distribución de áreas de estudio

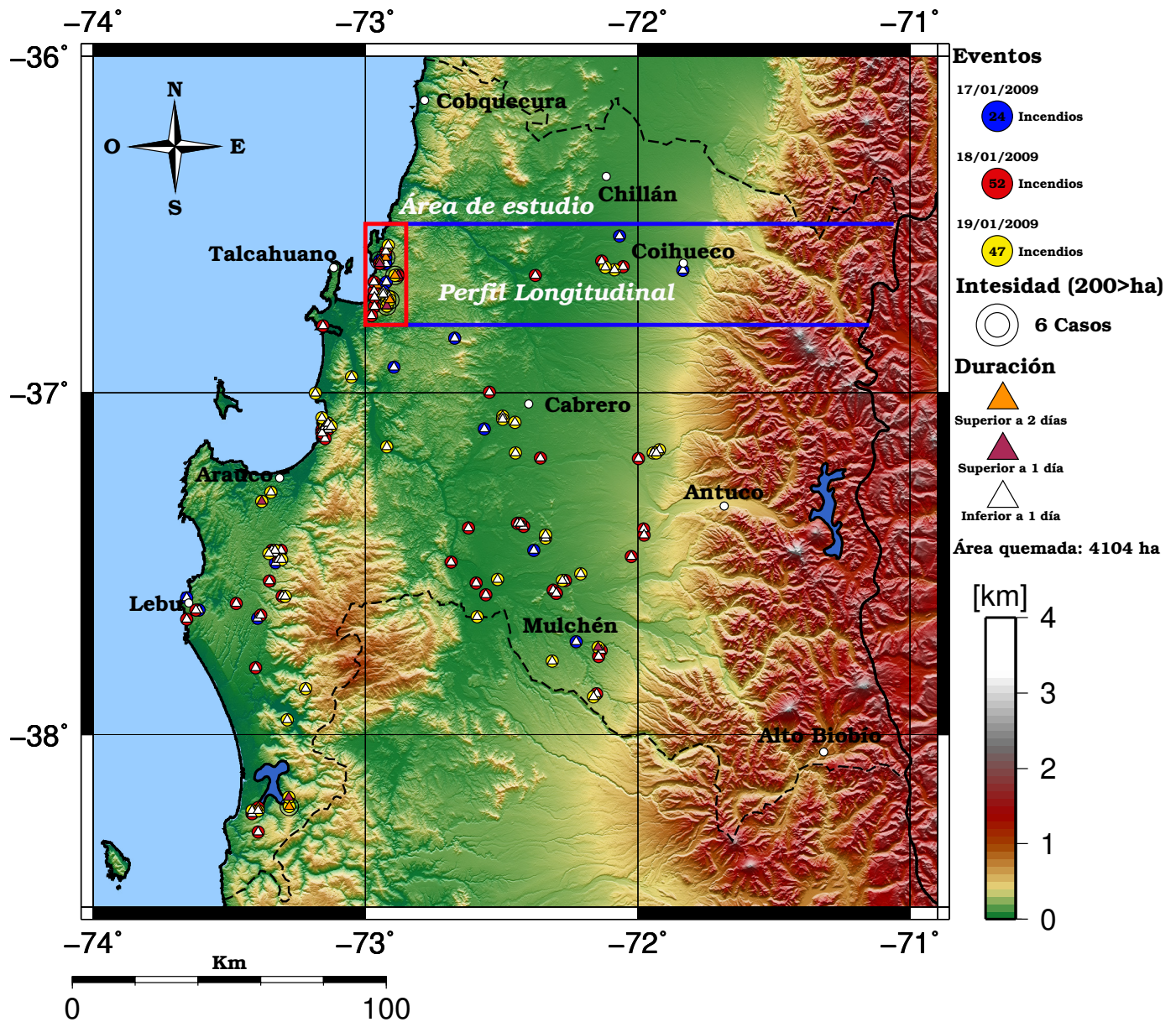
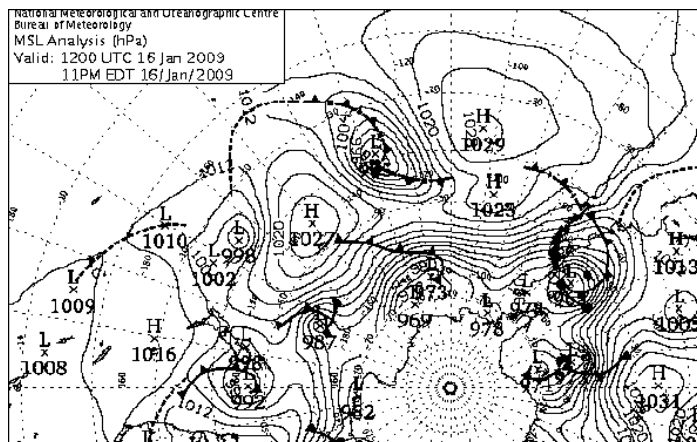
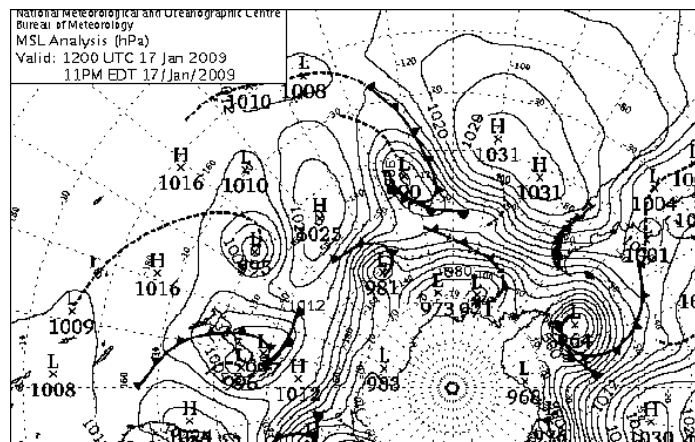


Figura 6.40: El cuadro rojo indica el área de estudio utilizada para extraer los perfiles verticales del Evento 3. El área contenida por las franjas azules corresponde a la zona utilizada para promediar las variables y realizar los perfiles longitudinales, cuya latitud va desde 36.5°a 36.85°S y longitud va desde 71°a 73°O. Área quemada total: 4104 - Área total afectada en área de estudio: 3364

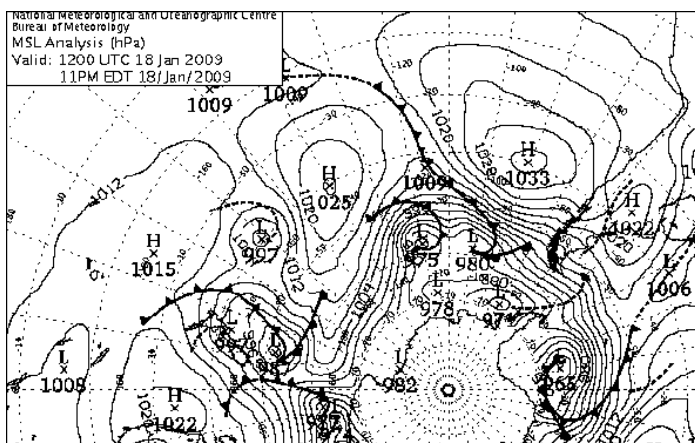
Análisis Sinóptico con Datos MSLP



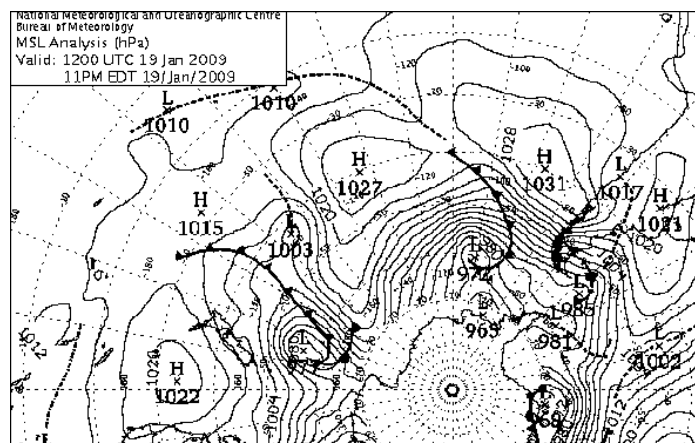
(a) 16 de Enero 2009, 1200 UTC



(b) 17 de Enero 2009, 1200 UTC



(c) 18 de Enero 2009, 1200 UTC



(d) 19 de Enero 2009, 0000 UTC

Figura 6.41: Cartas sinópticas correspondientes al evento 3. Extraídas del análisis MSLP realizado por la Oficina de Meteorología de Australia. Los centros de alta y baja (en hPa) designadas con una letra H (High Pressure) o L (Low Pressure), mientras que la hora corresponde a las 1200 UTC, vale decir las 9 a.m .

Análisis Sinóptico con Datos CFSR

Evento 3 — 17-01-2009

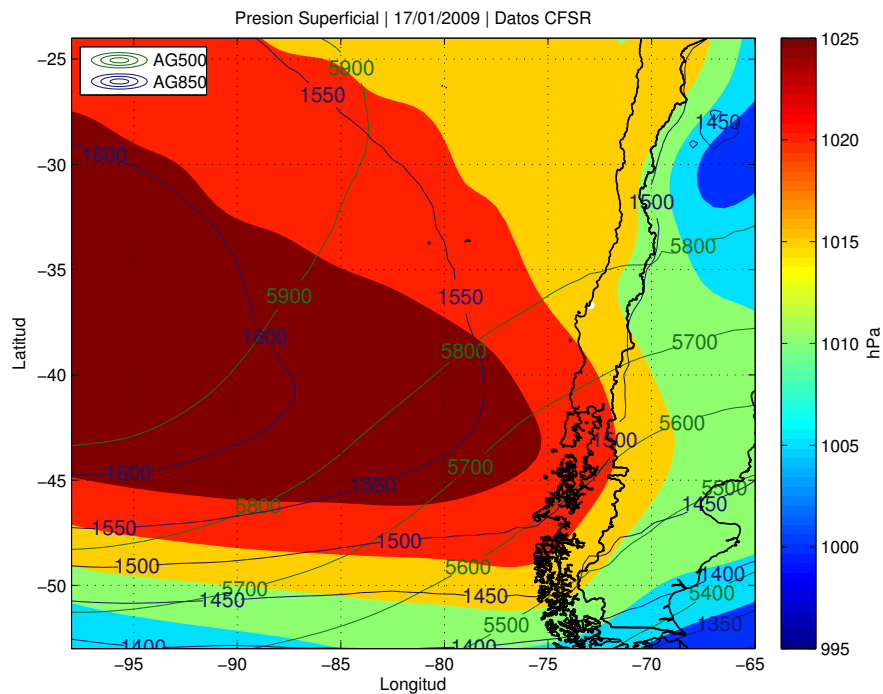


Figura 6.42: Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa para el comienzo del evento 3, donde solo se presentó 1 foco que afectó 348 [ha].

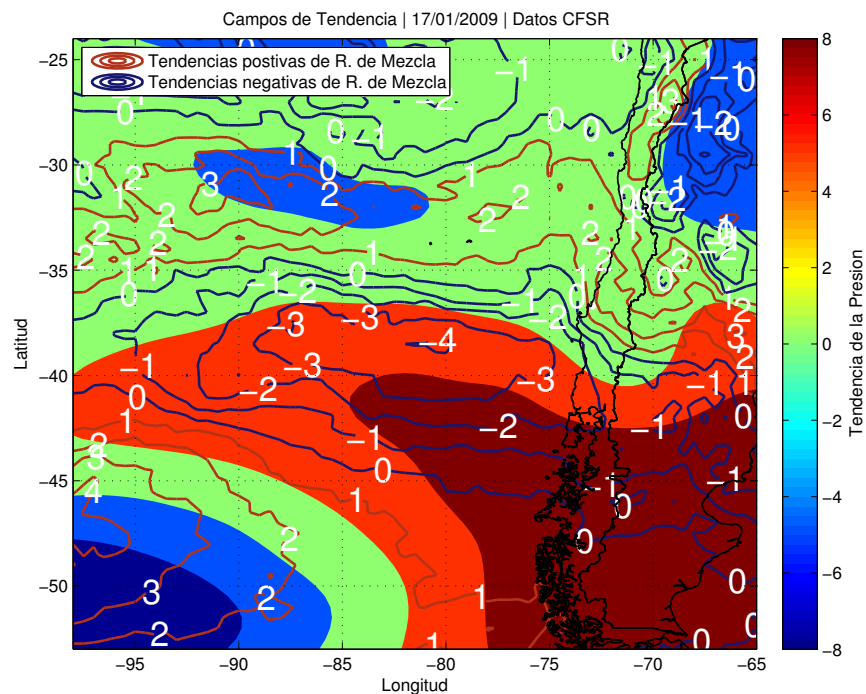


Figura 6.43: Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla para el comienzo del evento 3, donde solo se presentó 1 foco que afectó 348 [ha].

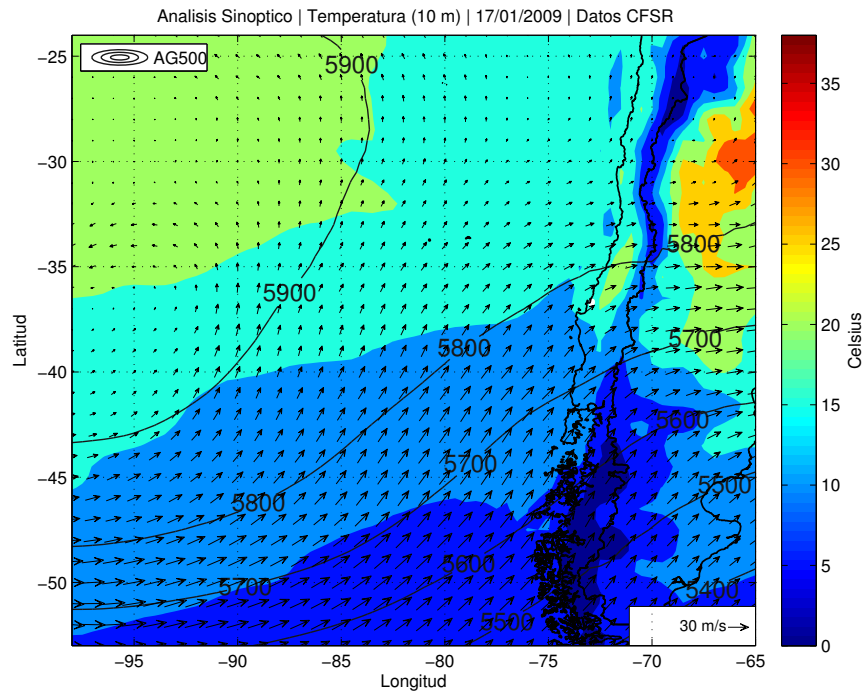


Figura 6.44: Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa para el comienzo del evento 3, donde solo se presentó 1 foco que afectó 348 [ha].

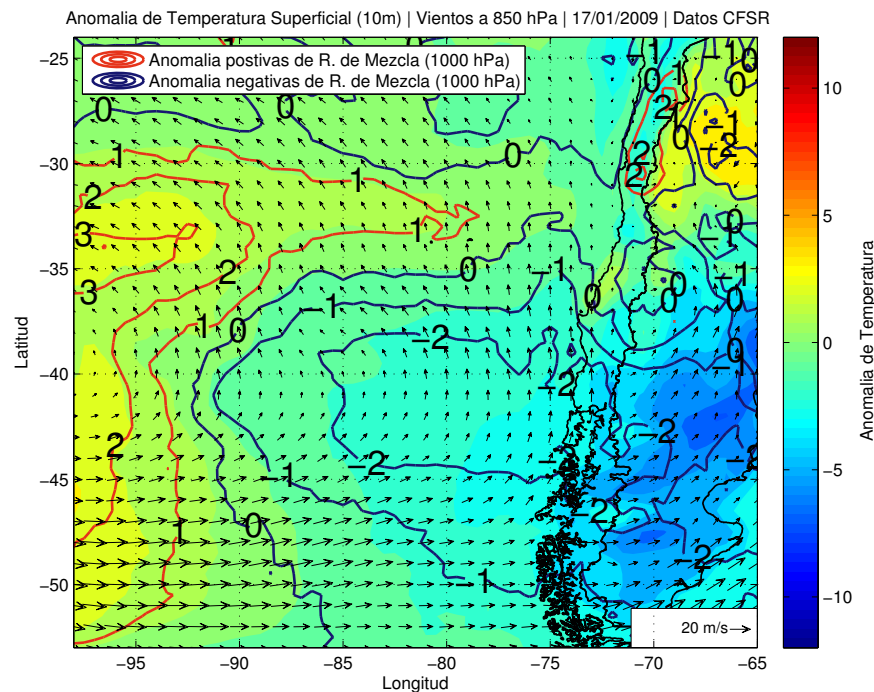


Figura 6.45: Campo de Anomalia de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa para el comienzo del evento 3, donde solo se presentó 1 foco que afectó 348 [ha].

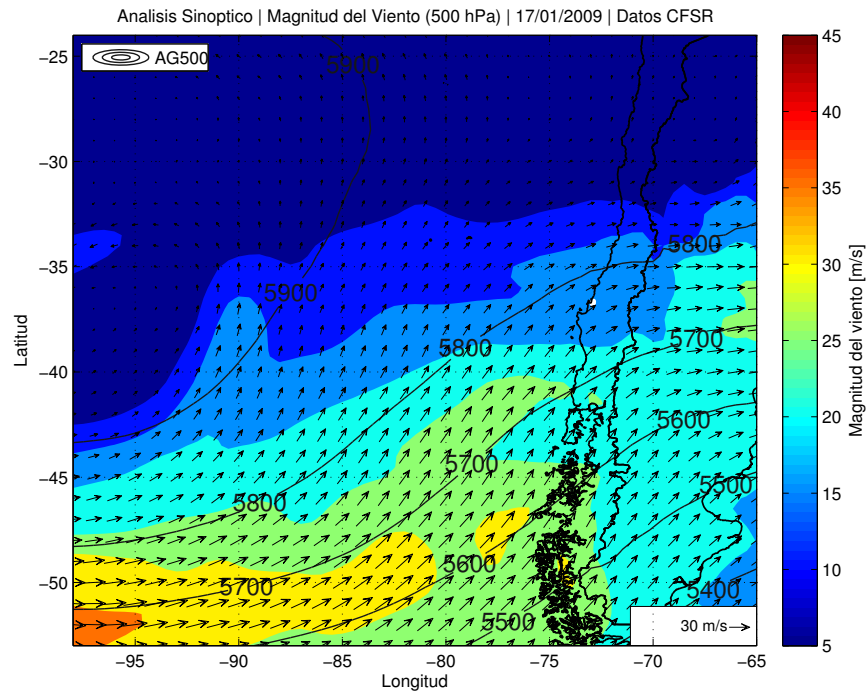


Figura 6.46: Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500 hPa para el comienzo del evento 3, donde solo se presentó 1 foco que afectó 348 [ha].

Evento 3 — 19-01-2009

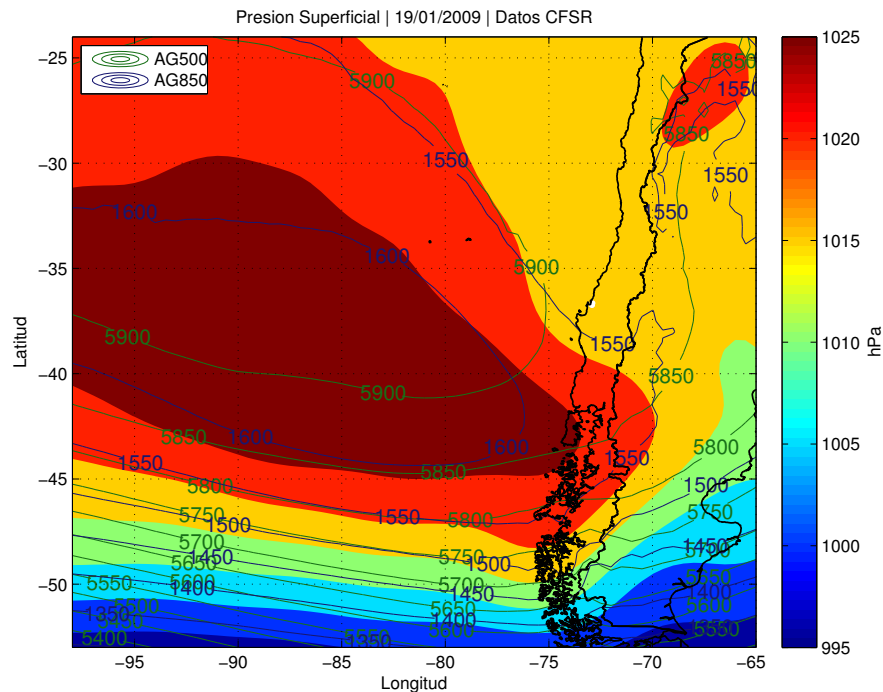


Figura 6.47: Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa para el comienzo del evento 3, donde se presentaron 3 focos que afectaron 2871 [ha].

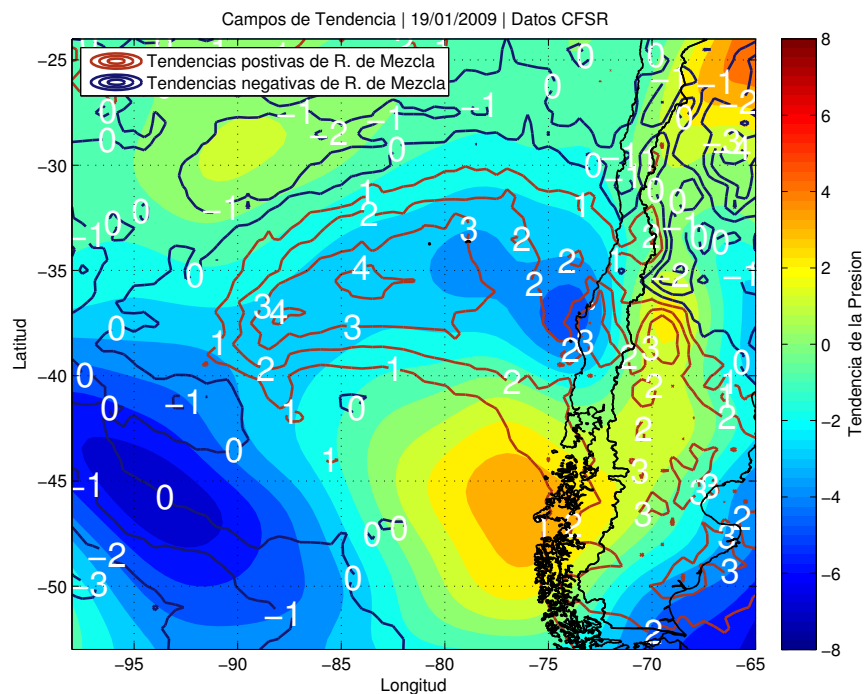


Figura 6.48: Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla para el comienzo del evento 3, donde se presentaron 3 focos que afectaron 2871 [ha].

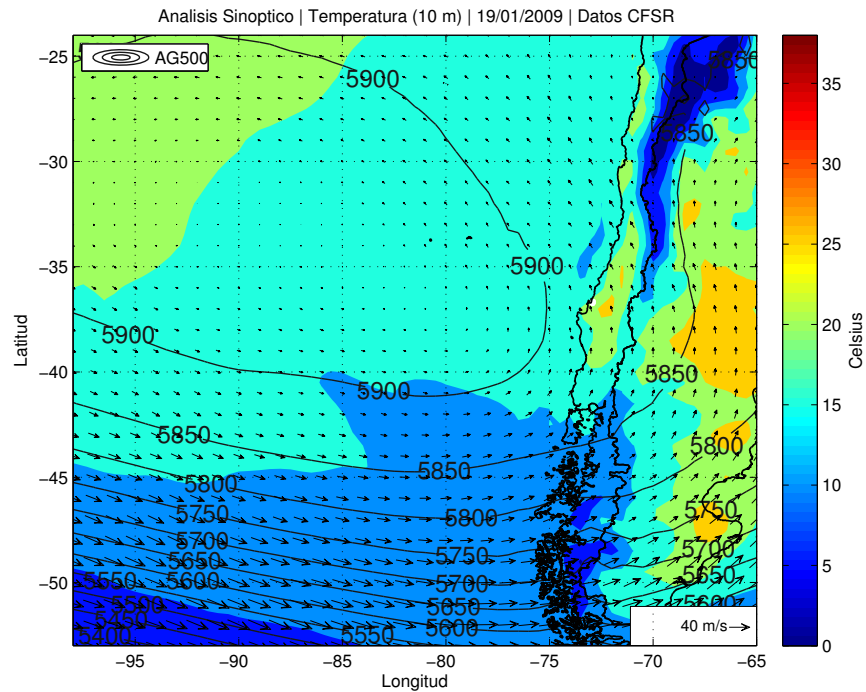


Figura 6.49: Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa para el comienzo del evento 3, donde se presentaron 3 focos que afectaron 2871 [ha].

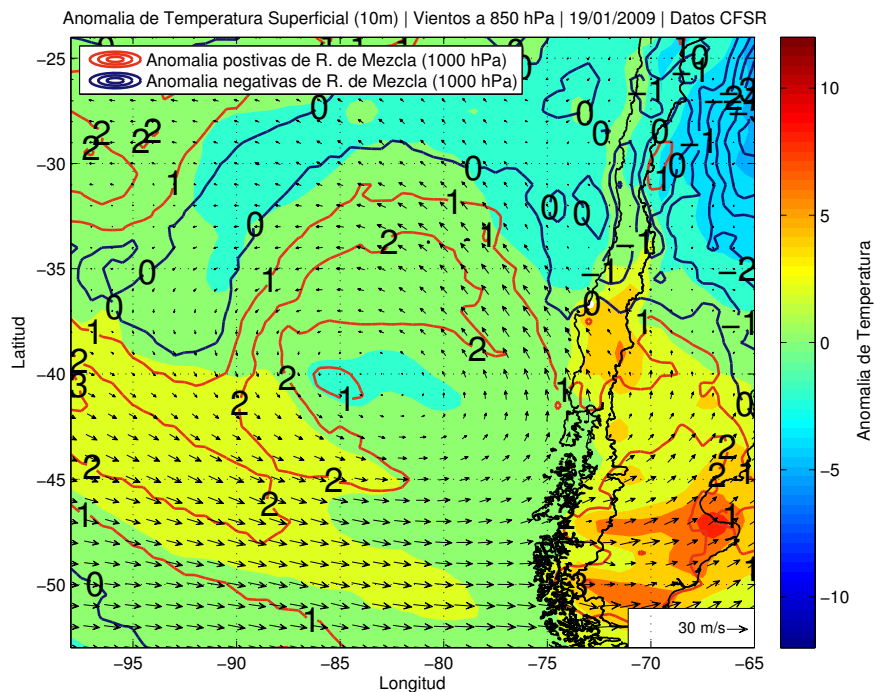


Figura 6.50: Campo de Anomalia de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa para el comienzo del evento 3, donde se presentaron 3 focos que afectaron 2871 [ha].

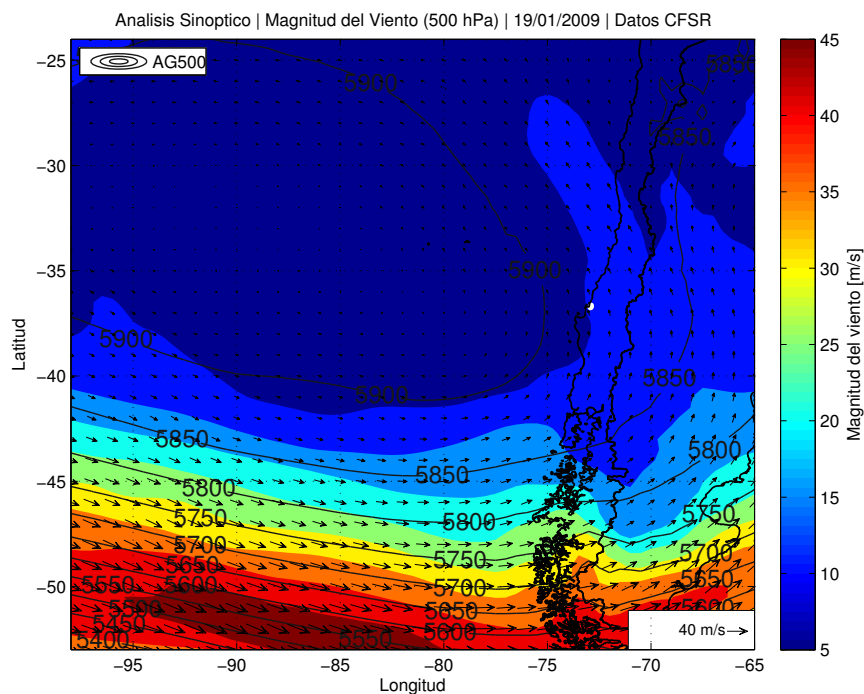


Figura 6.51: Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500 hPa para el comienzo del evento 3, donde se presentaron 3 focos que afectaron 2871 [ha].

Salidas de Simulación en WRF

Perfiles Longitudinales -Evento 3

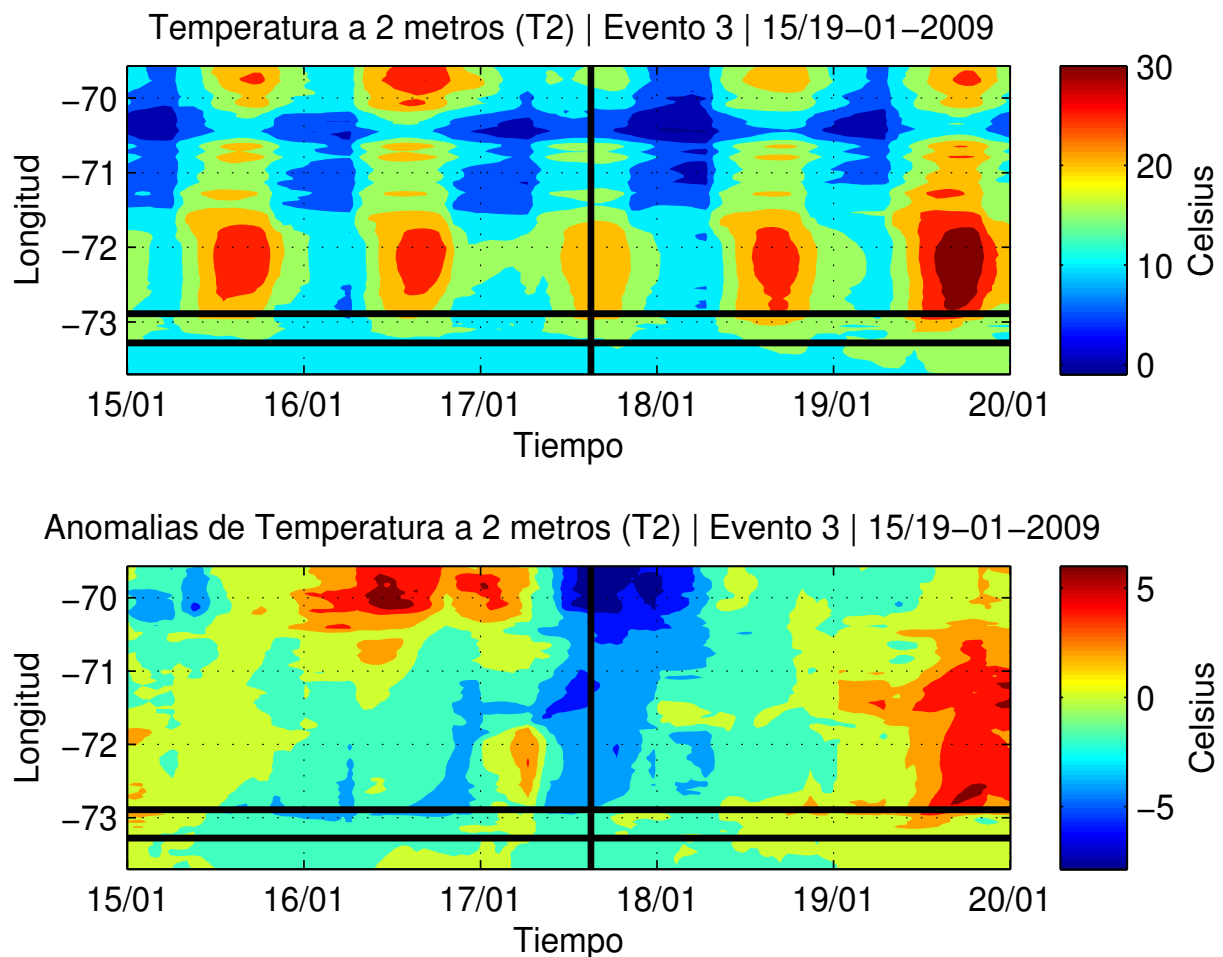


Figura 6.52: Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, correspondiente al evento 3. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

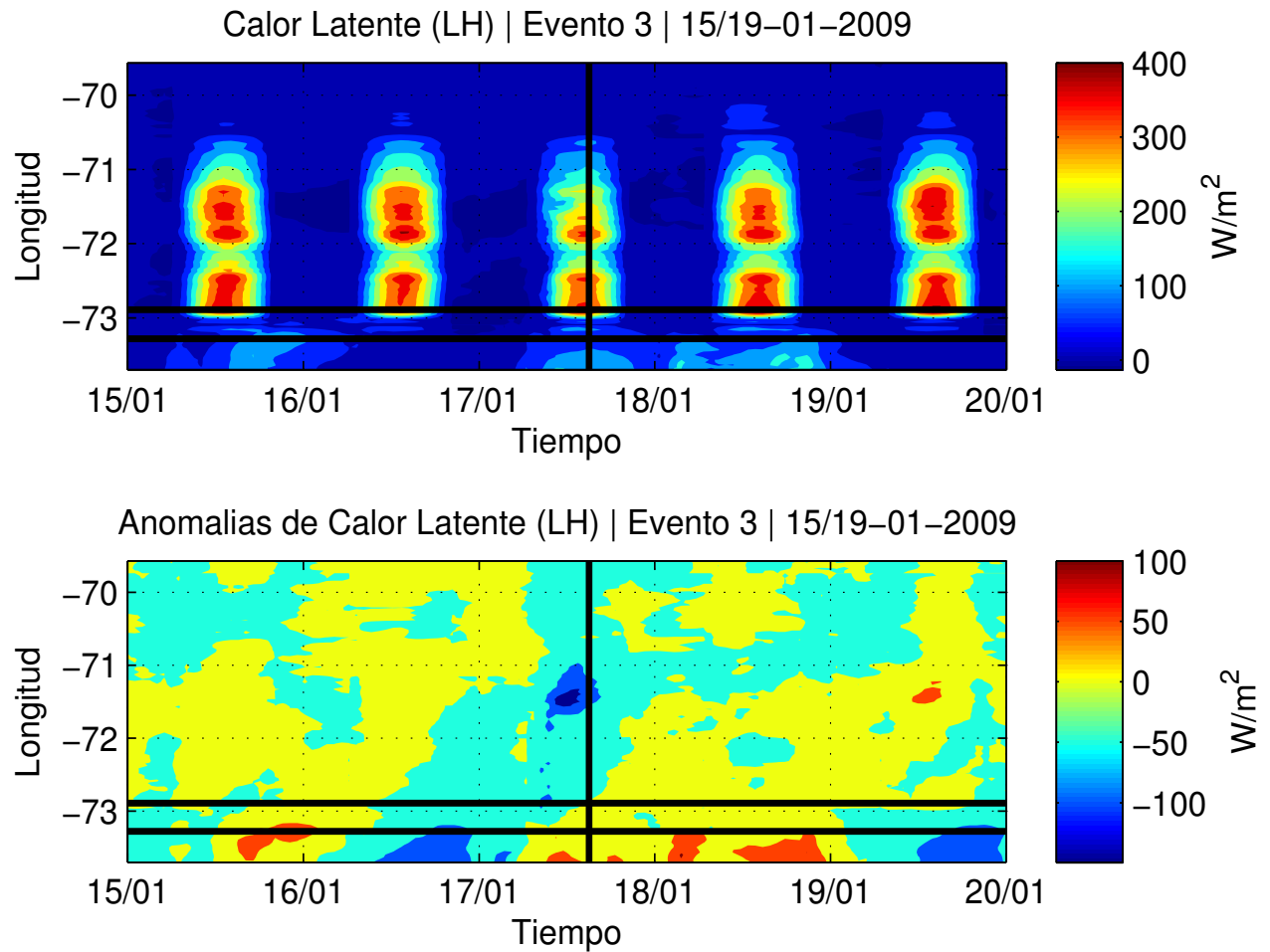


Figura 6.53: Campo Longitudinal de Calor Latente, correspondiente al evento 3. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

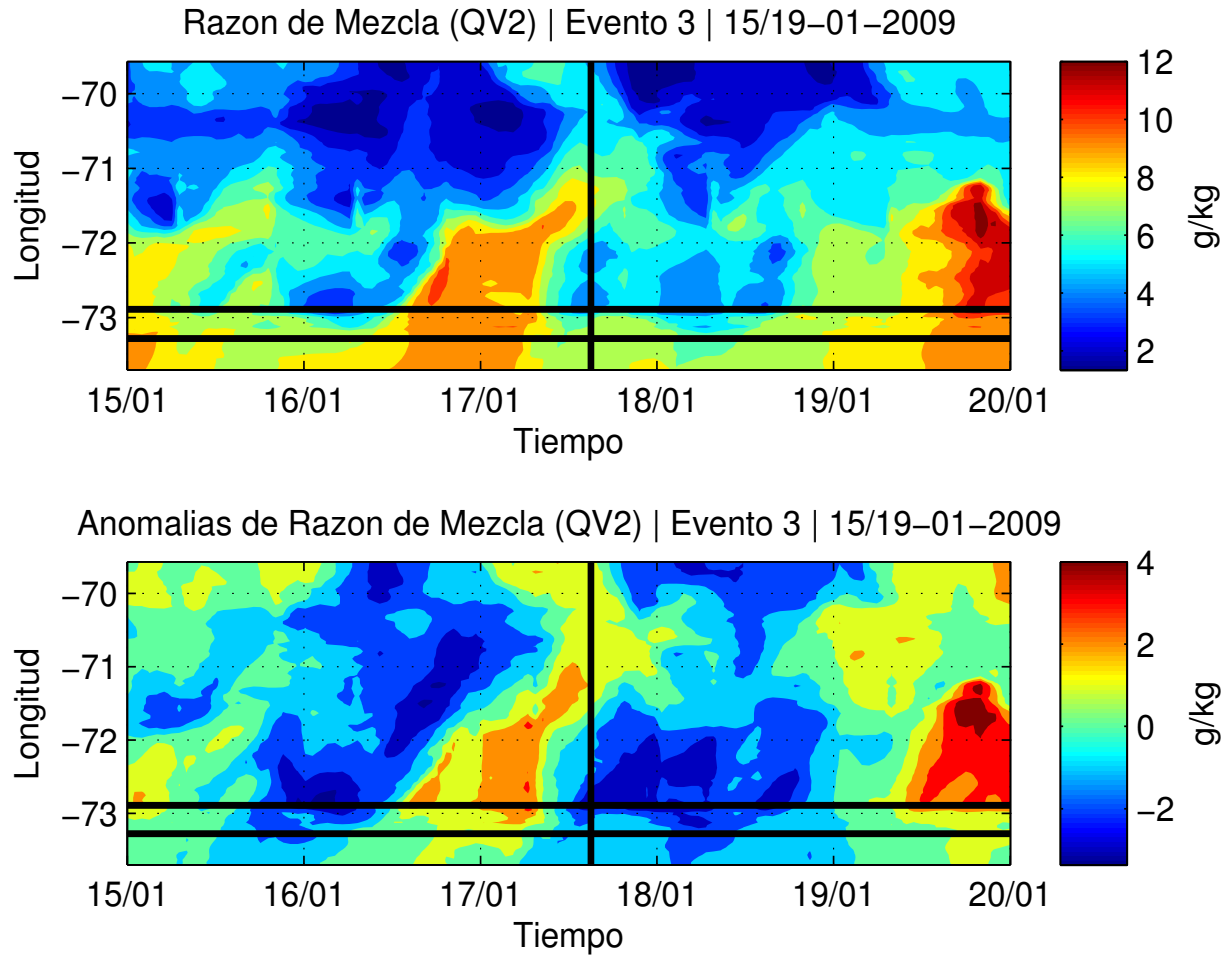


Figura 6.54: Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, correspondiente al evento 3. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

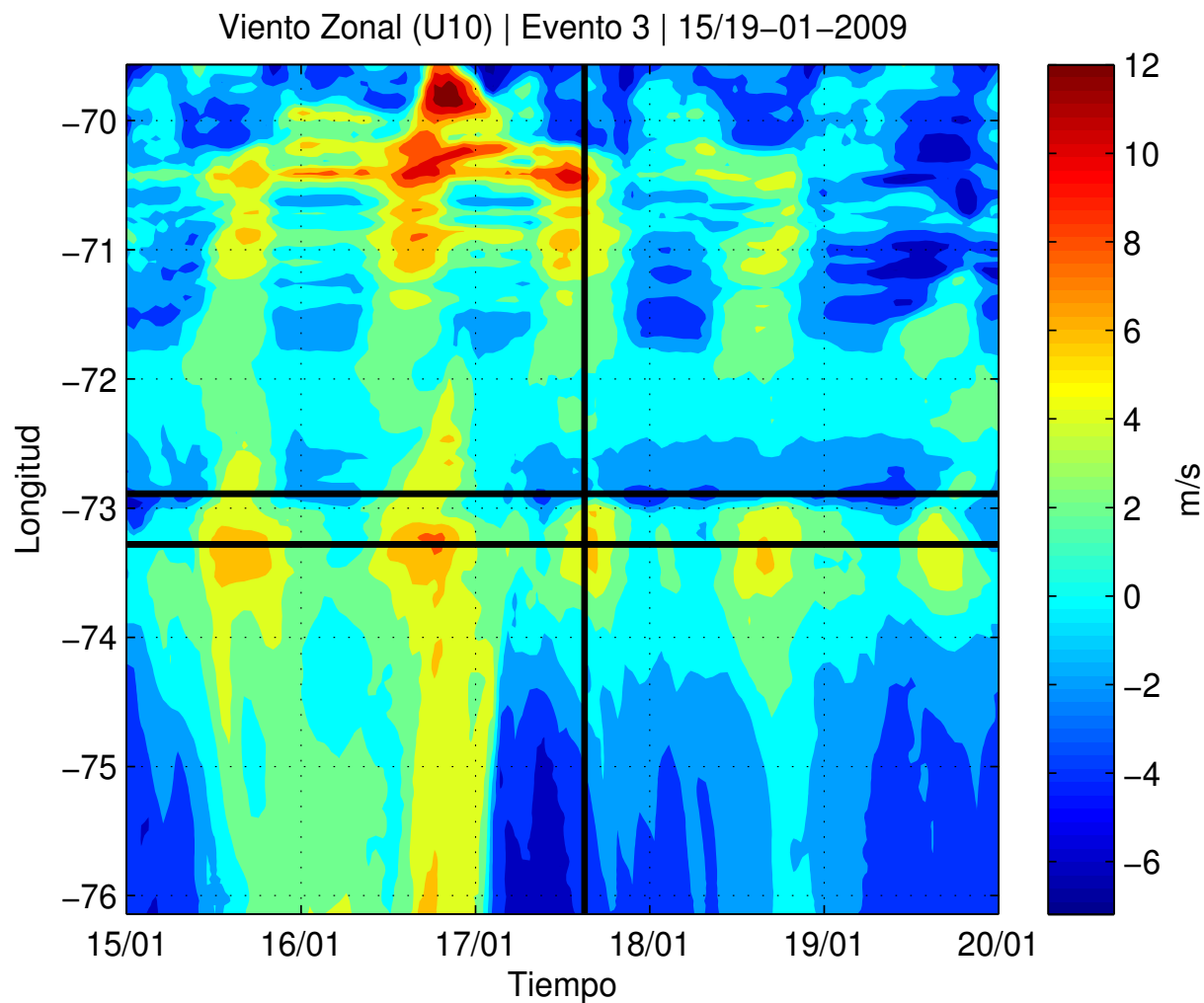


Figura 6.55: Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 3. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

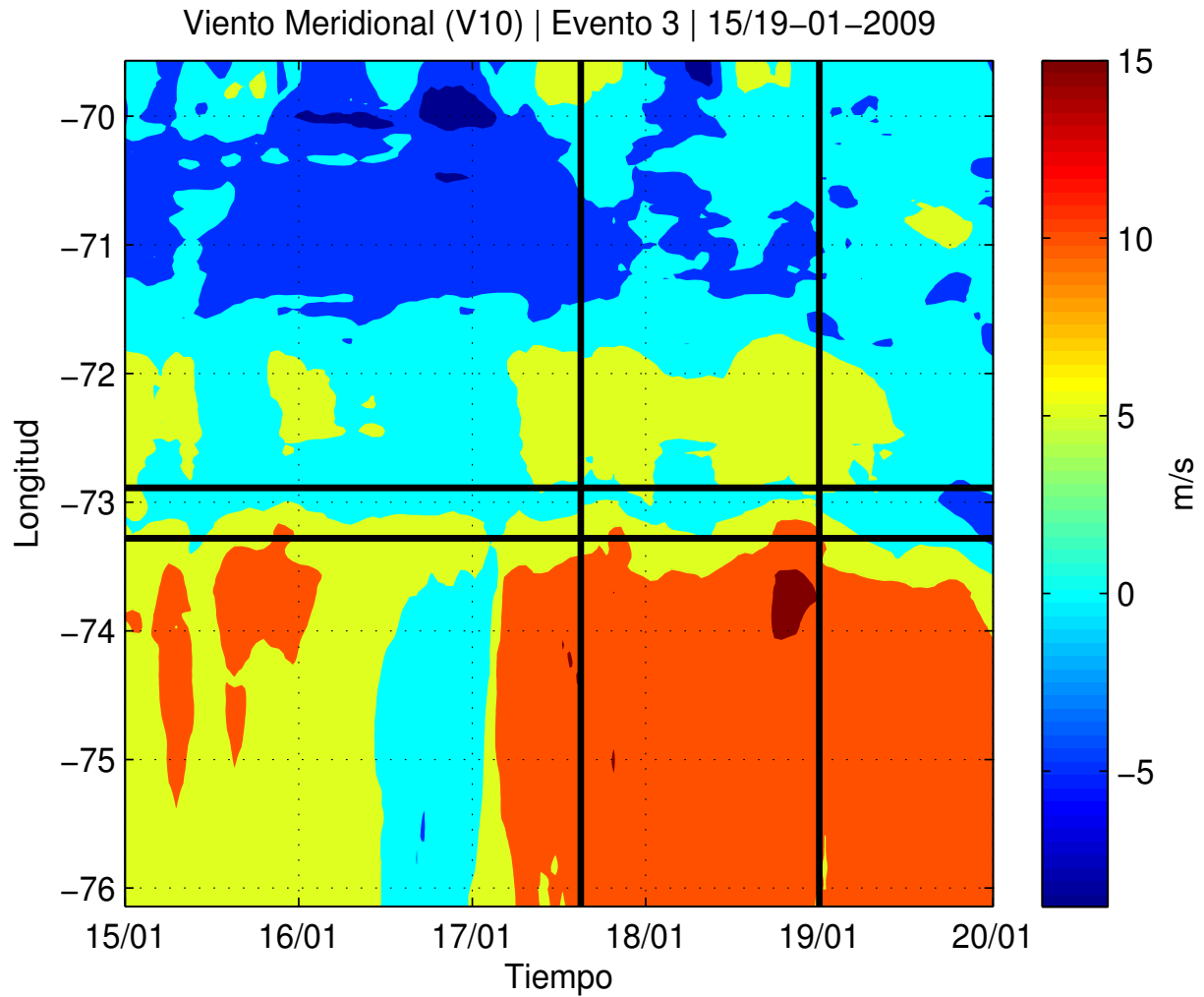


Figura 6.56: Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 3. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

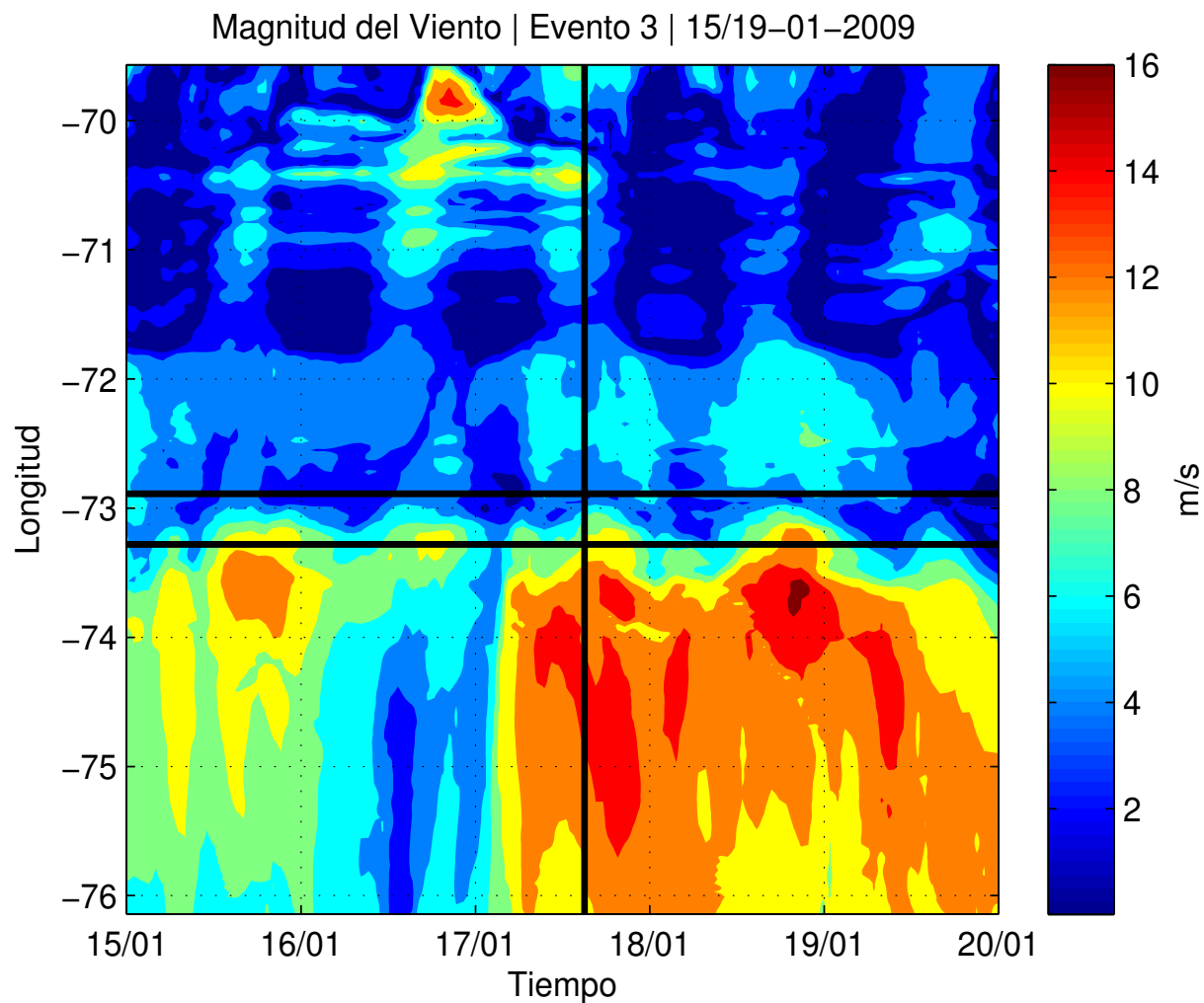


Figura 6.57: Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 3. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

Perfiles Verticales - Área de estudio

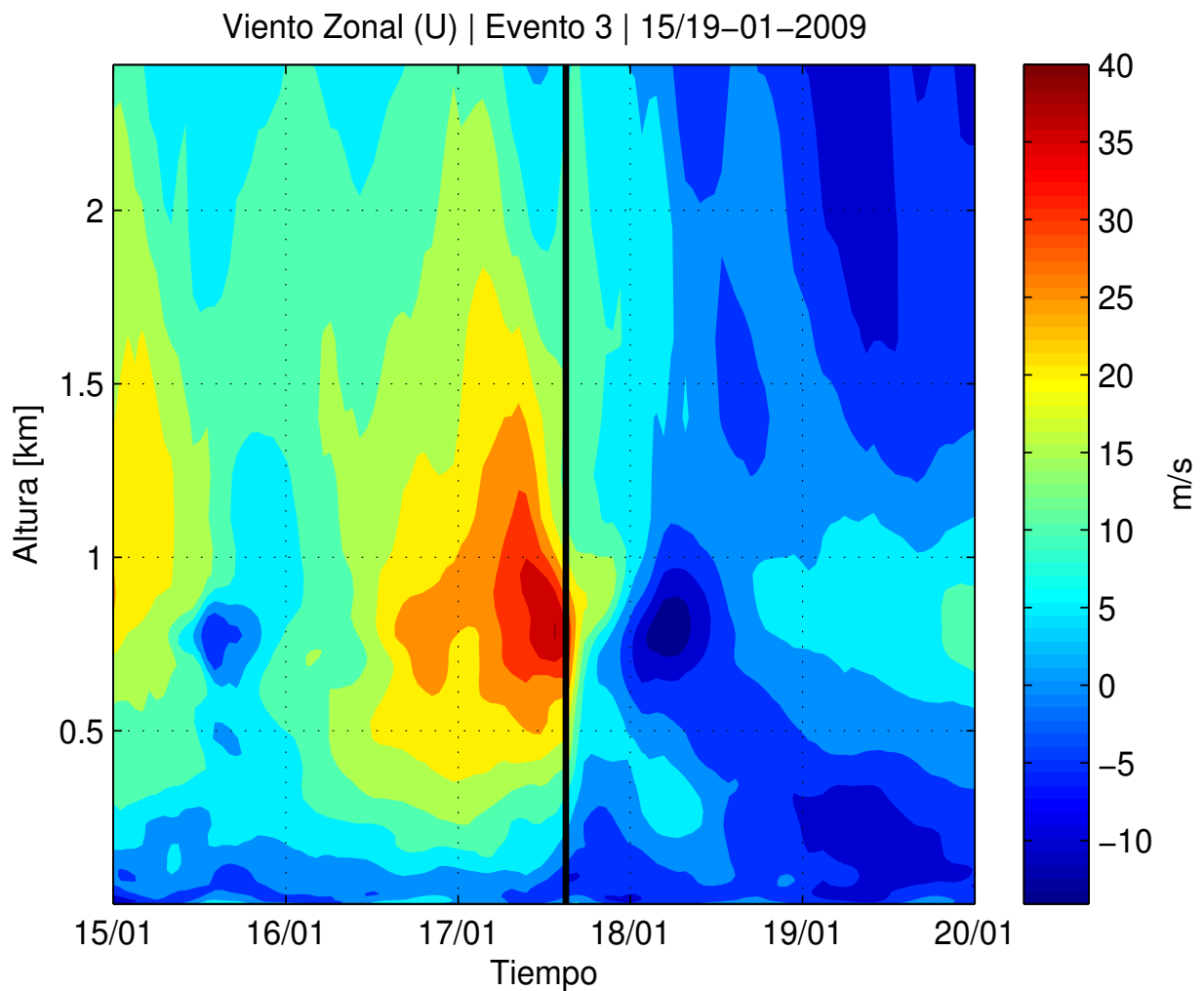


Figura 6.58: Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 3. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

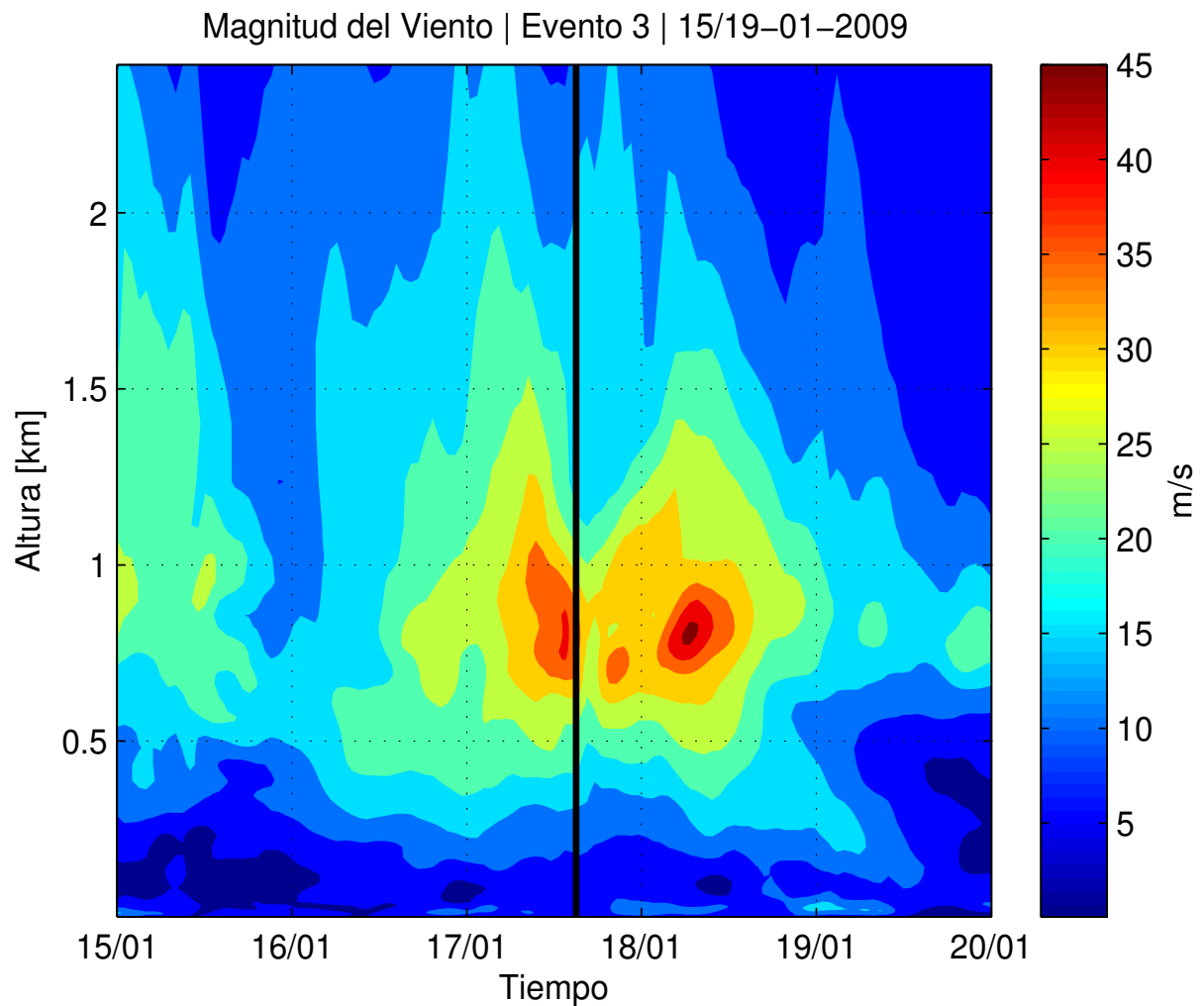


Figura 6.59: Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 3. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

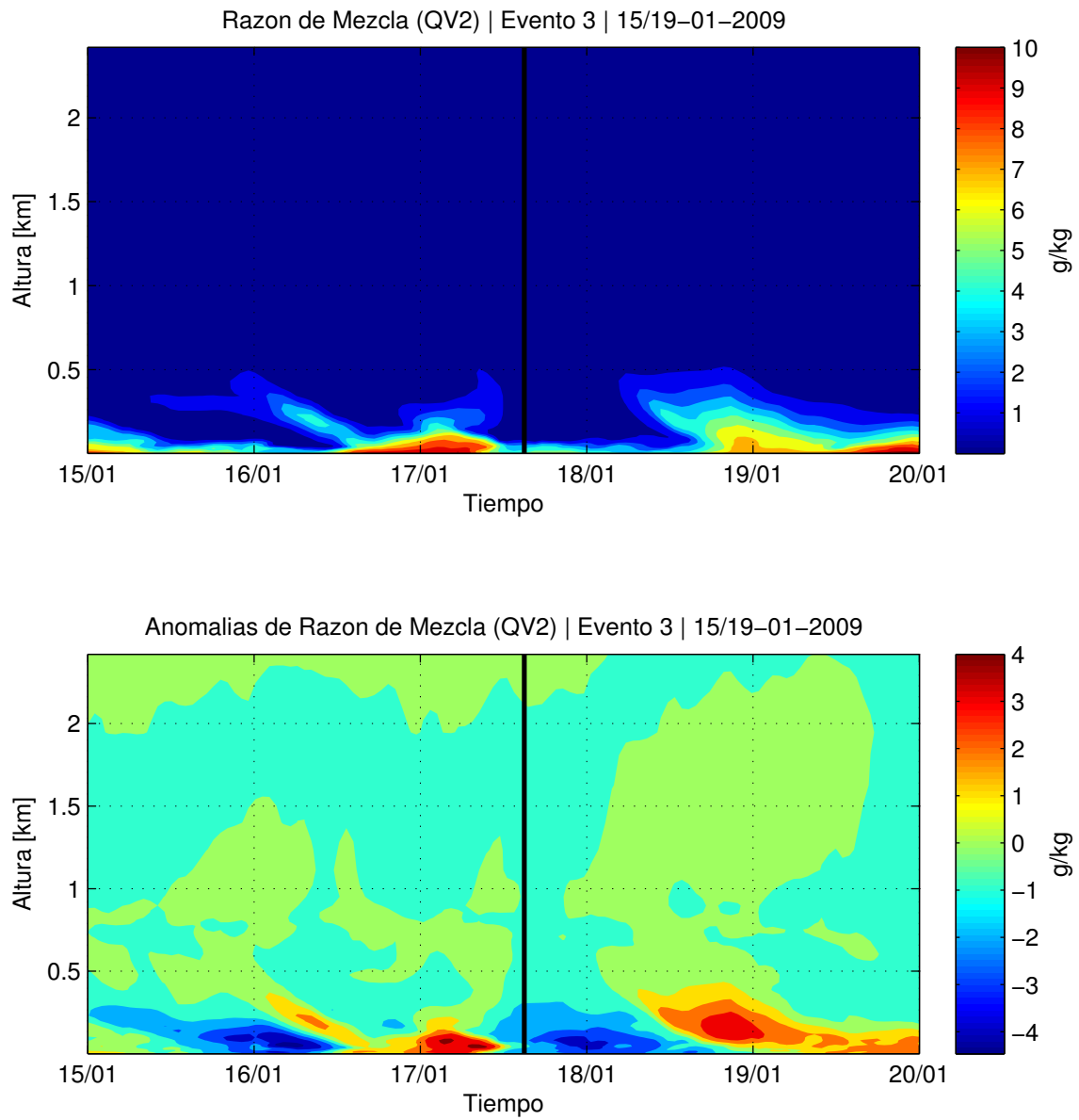


Figura 6.60: Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, correspondiente al área de estudio designada para el evento 3. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

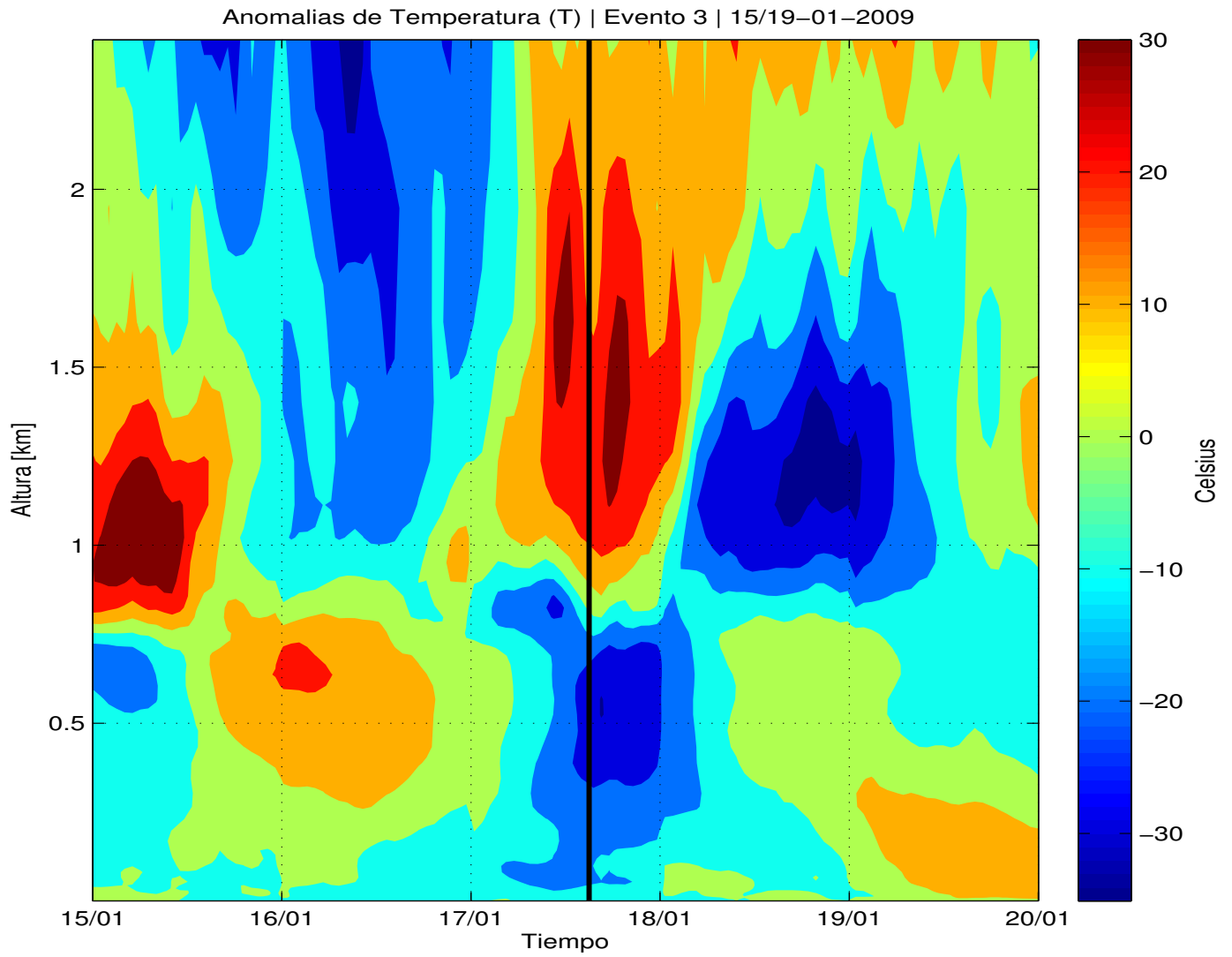


Figura 6.61: Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, correspondiente al área de estudio designada para el evento 3. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento.

6.4 Evento 4

Datos CONAF y distribución de áreas de estudio

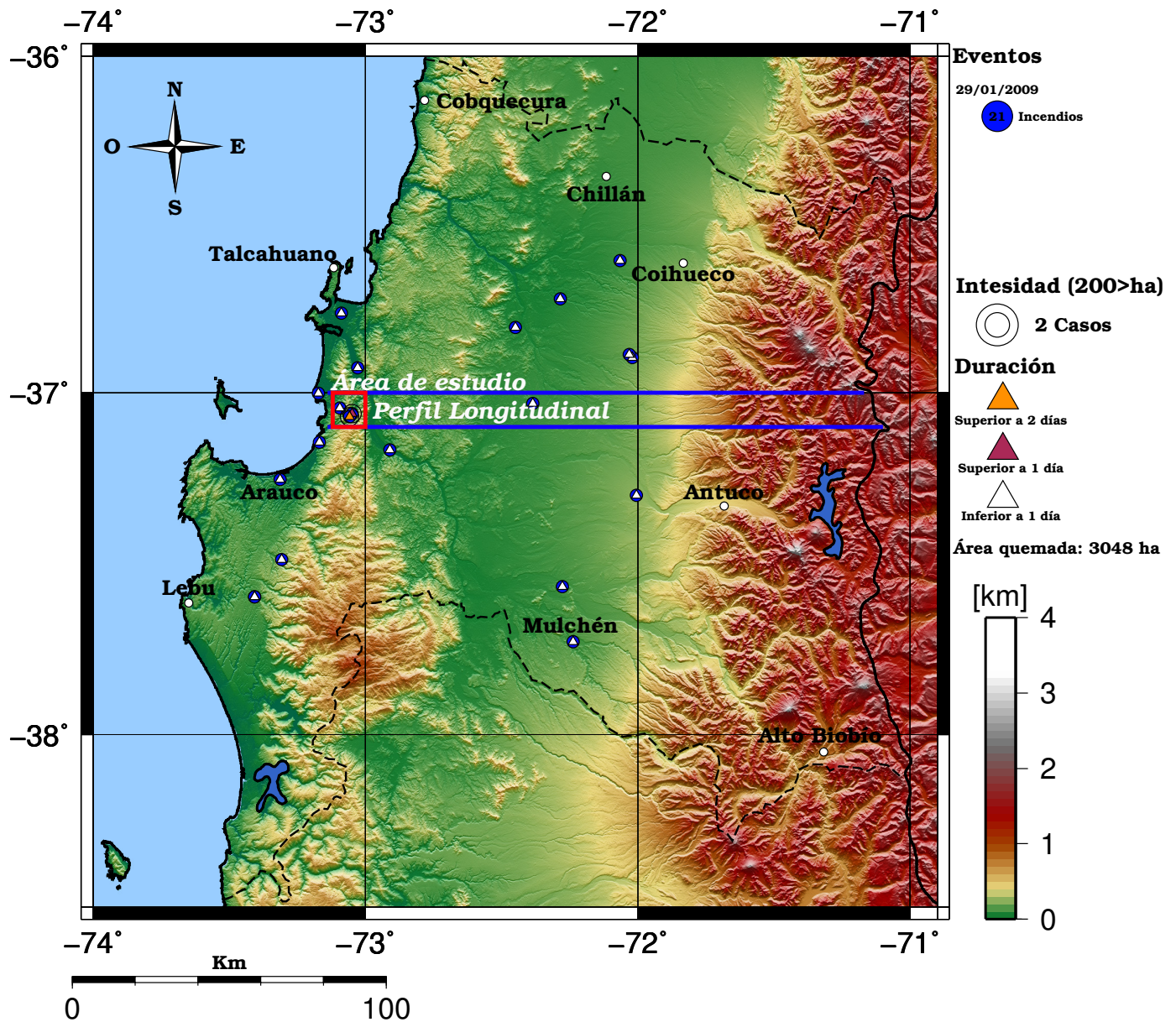


Figura 6.62: El cuadro rojo indica el área de estudio utilizada para extraer los perfiles verticales del Evento 4. El área contenida por las franjas azules corresponde a la zona utilizada para promediar las variables y realizar los perfiles longitudinales, cuya latitud va desde 37°a 37.1°S y longitud va desde 71°a 73°O. Área quemada total: 3048 - Área total afectada en área de estudio: 2984

Análisis Sinóptico con Datos CFSR

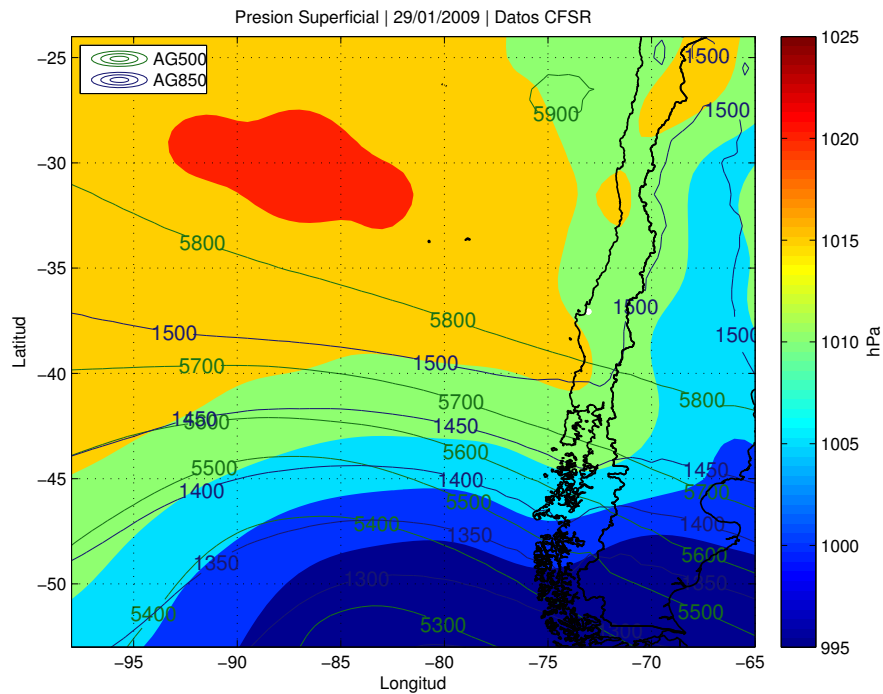


Figura 6.64: Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa para el comienzo del evento 4.

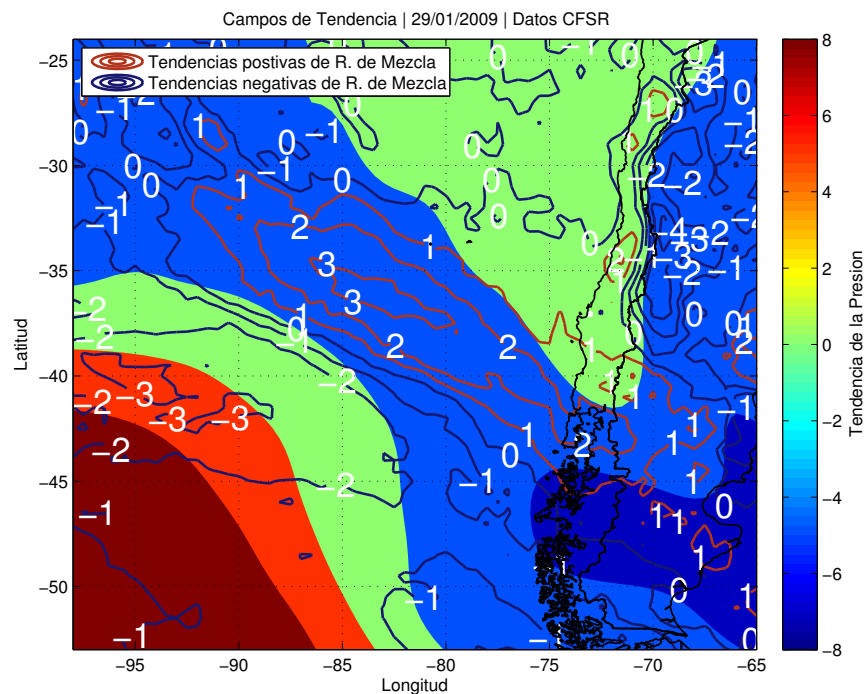


Figura 6.65: Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla para el comienzo del evento 4.

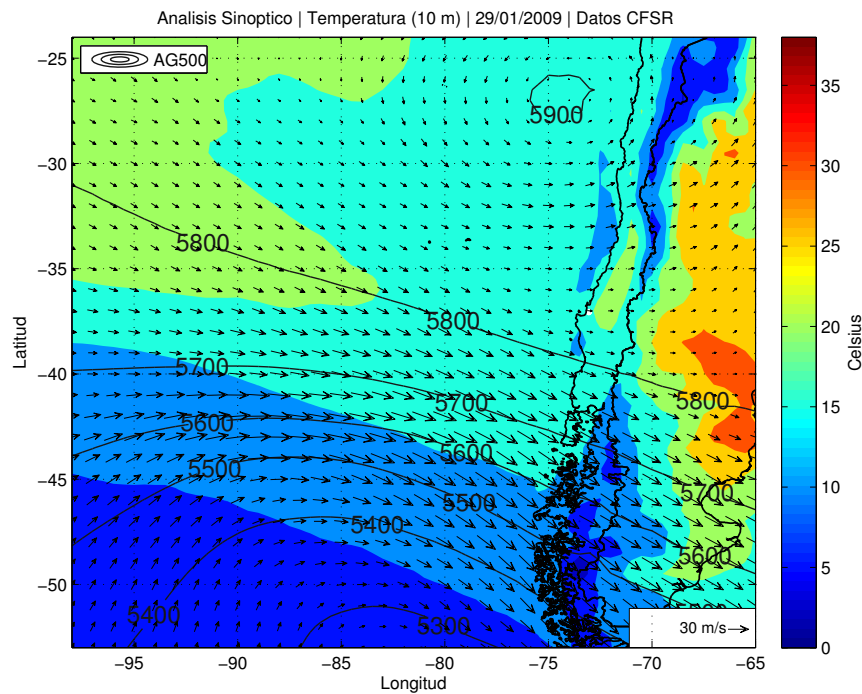


Figura 6.66: Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa para el comienzo del evento 4.

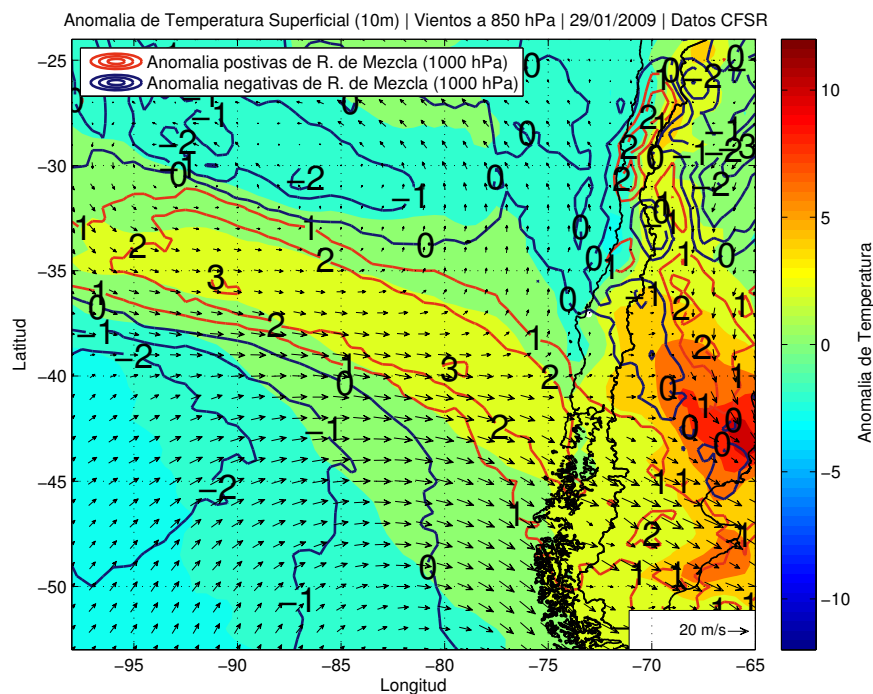


Figura 6.67: Campo de Anomalia de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa para el comienzo del evento 4.

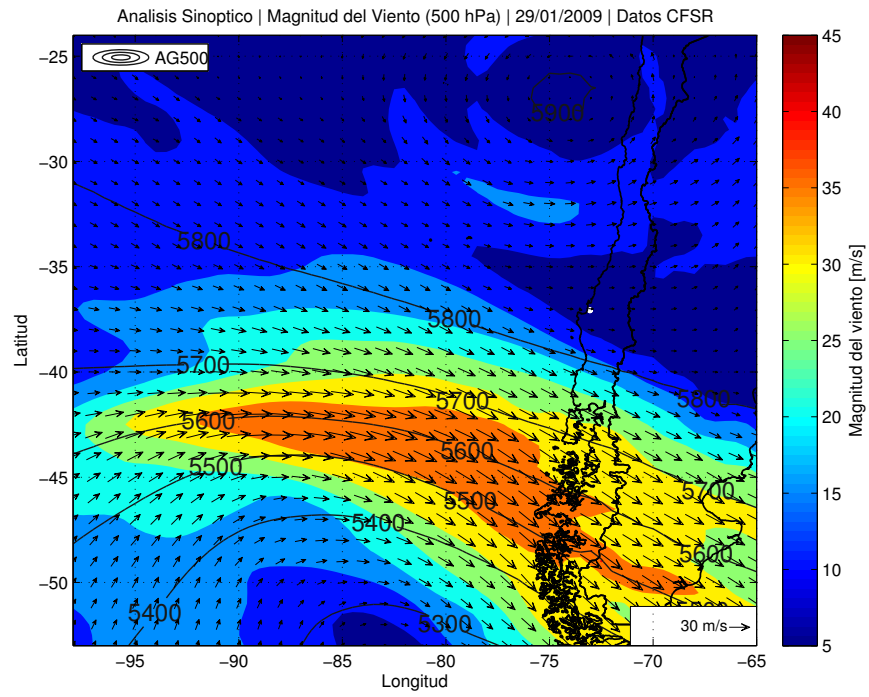


Figura 6.68: Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500 hPa para el comienzo del evento 4.

Salidas de Simulación en WRF

Perfiles Longitudinales - Evento 4

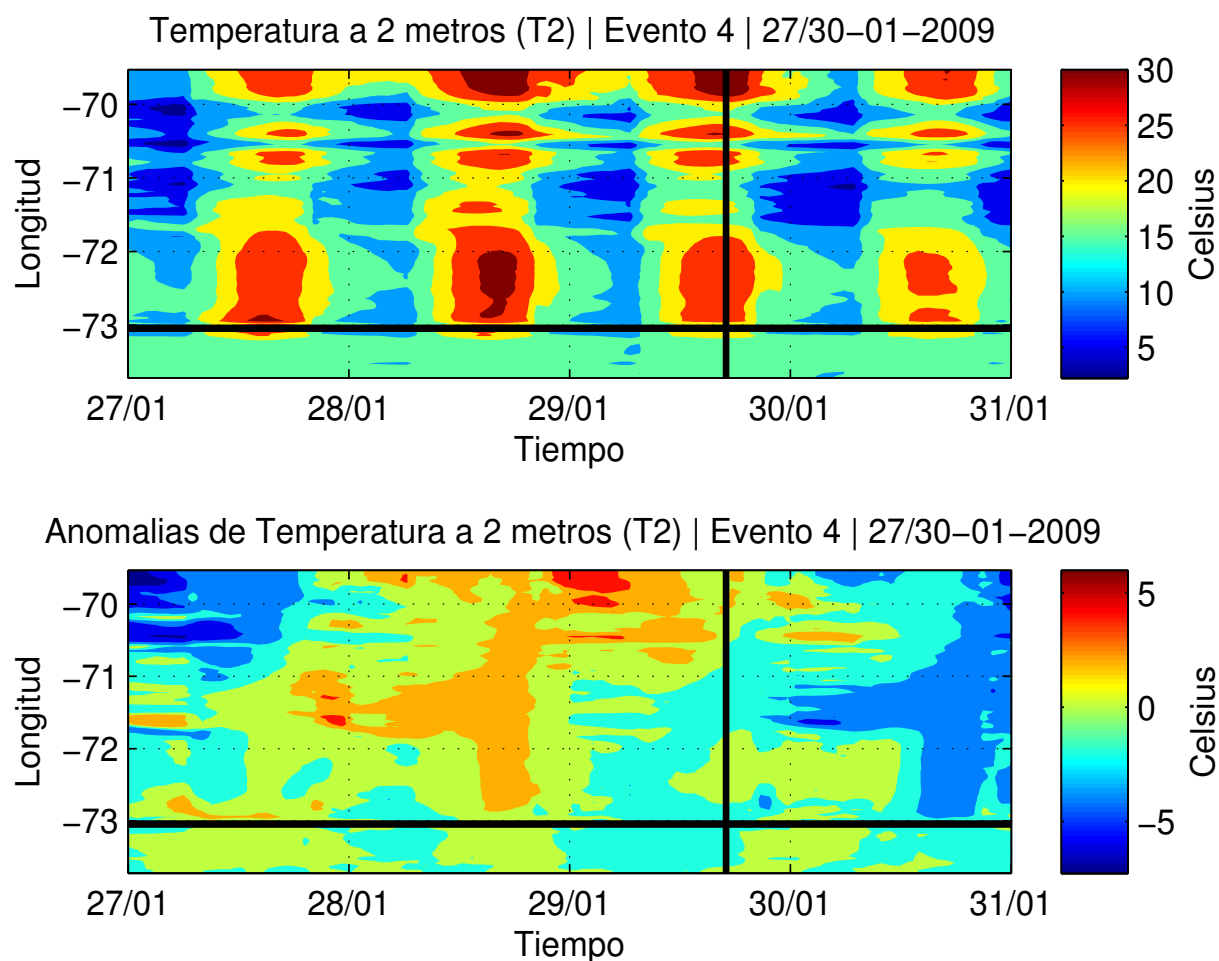


Figura 6.69: Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, correspondiente al evento 4. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

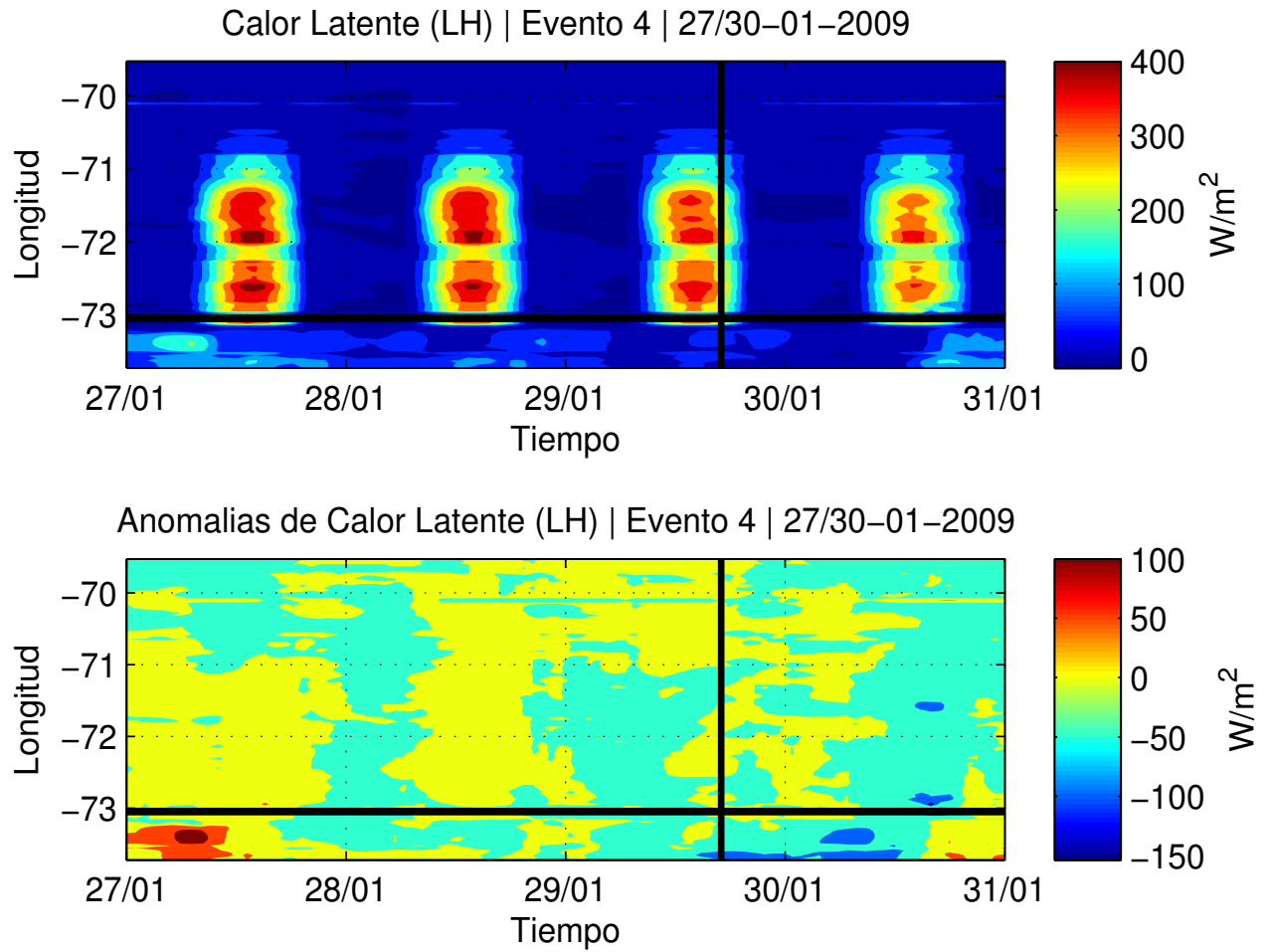


Figura 6.70: Campo Longitudinal de Calor Latente, correspondiente al evento 4. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

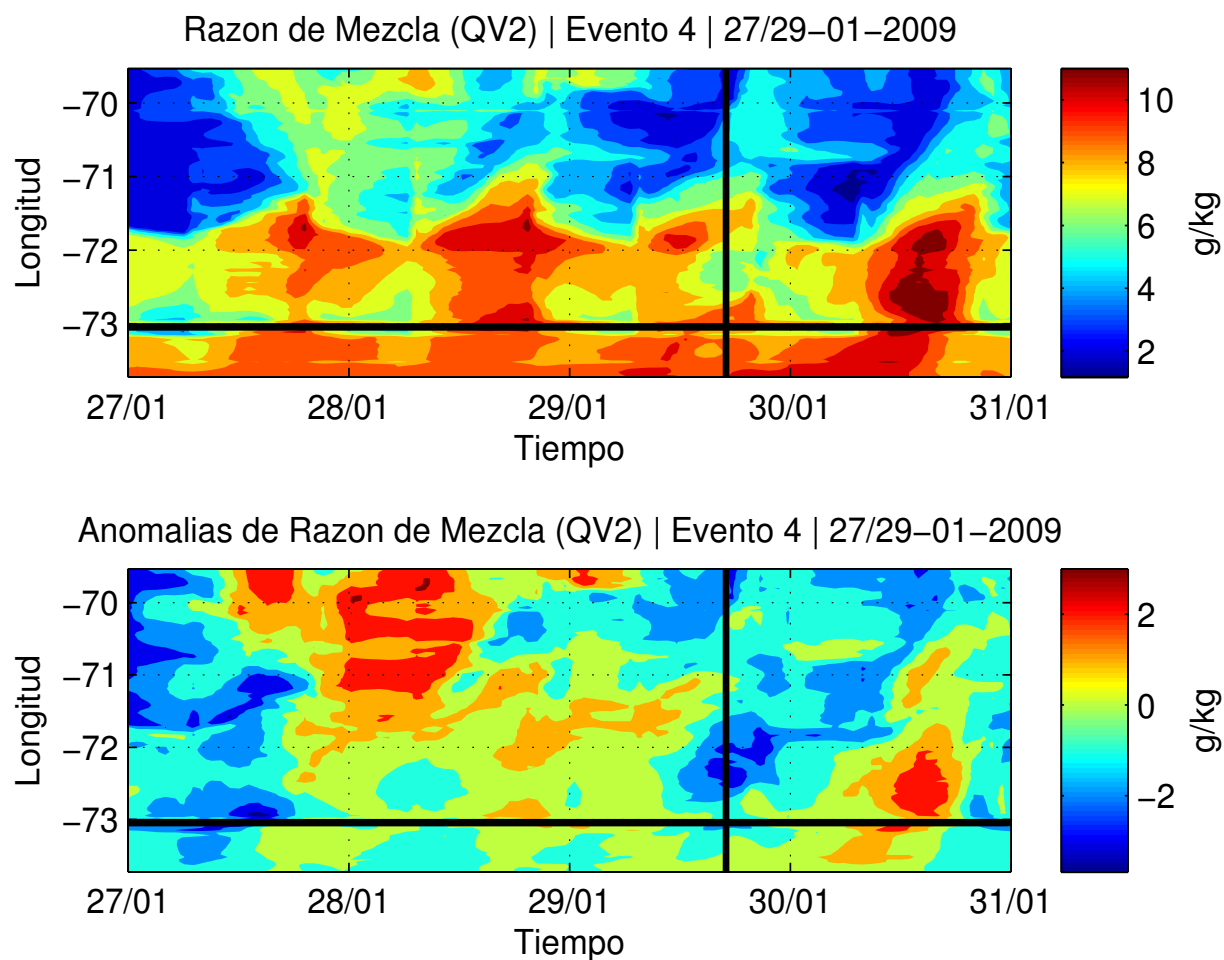


Figura 6.71: Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, correspondiente al evento 4. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

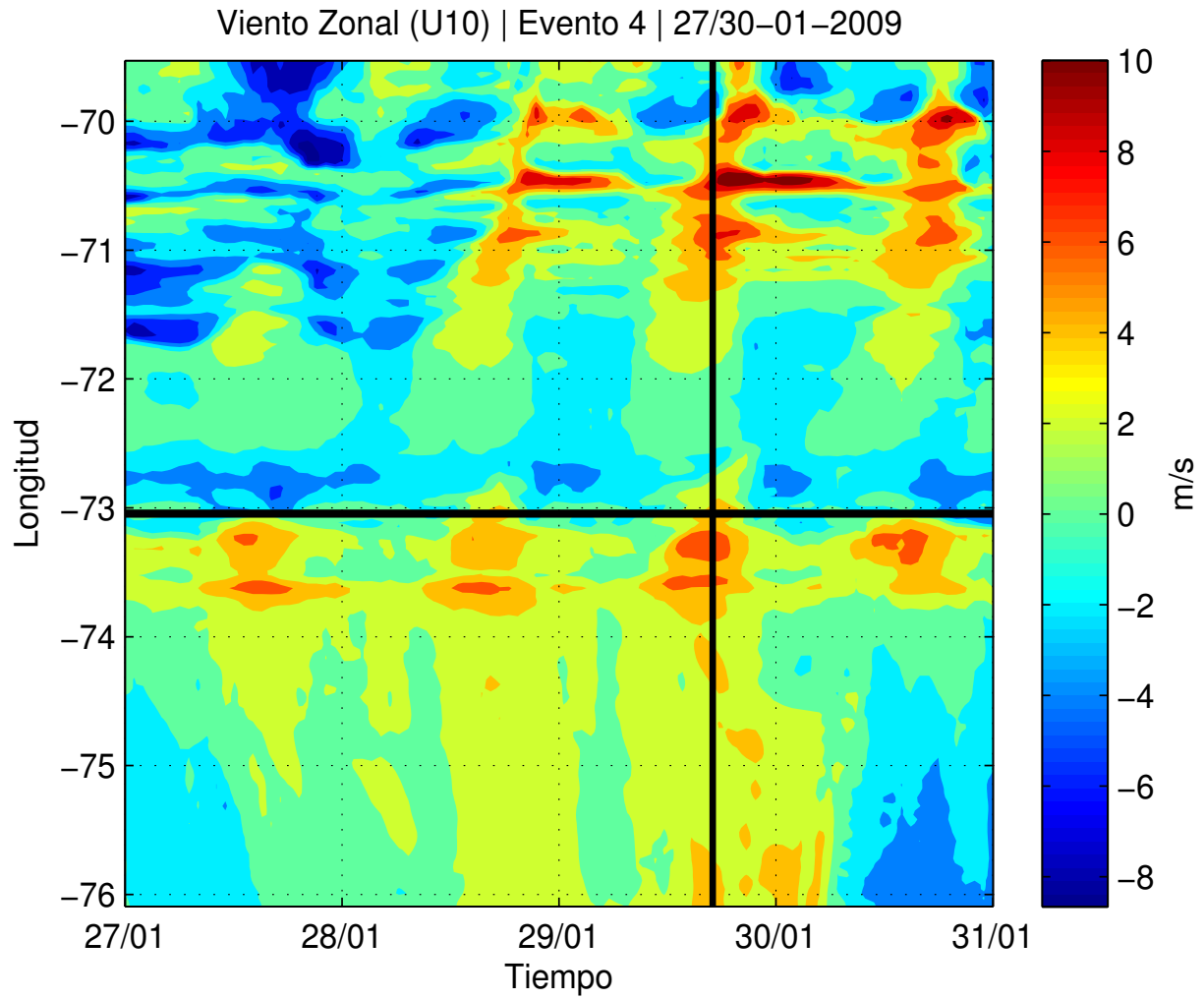


Figura 6.72: Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 4. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

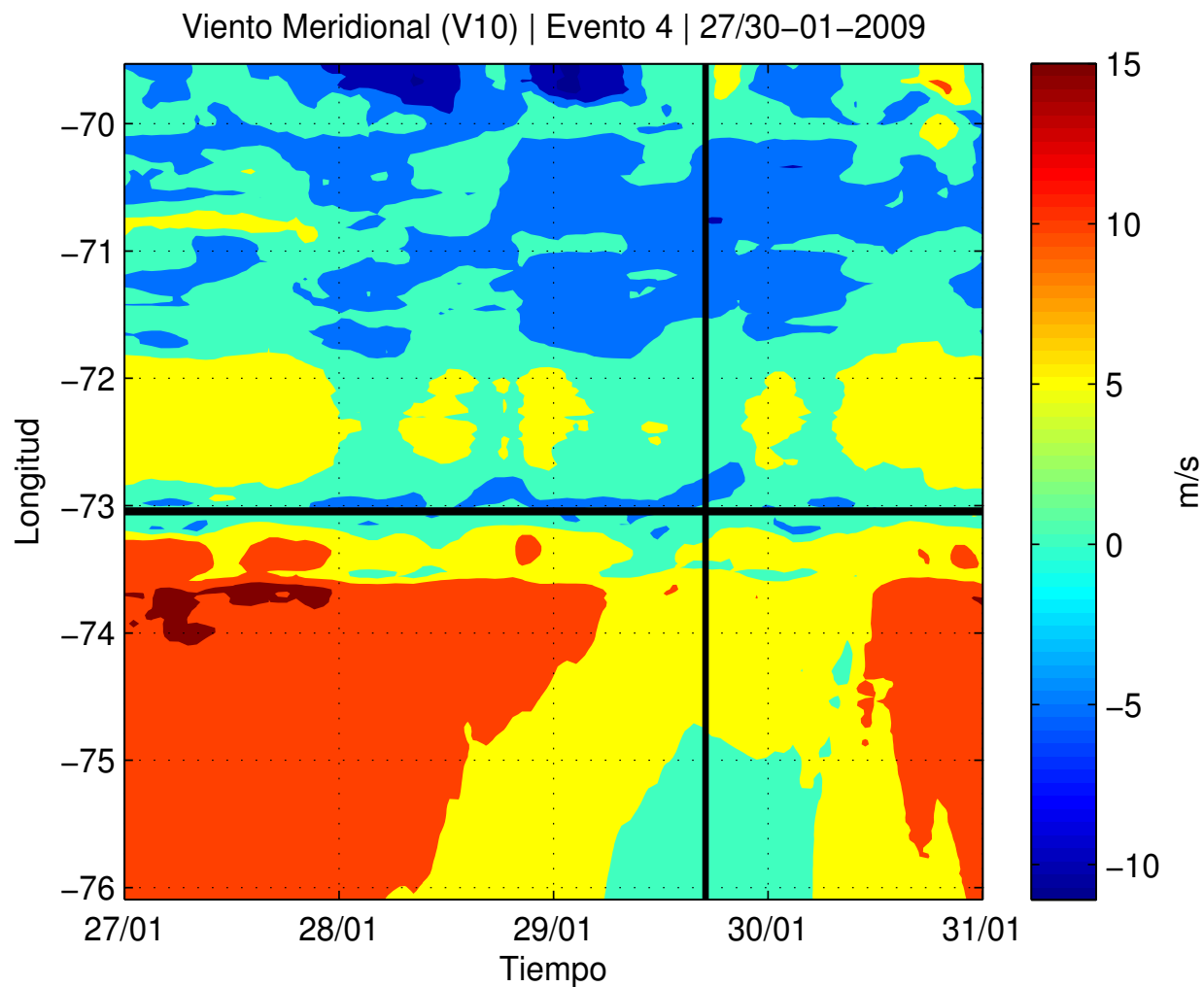


Figura 6.73: Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 4. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

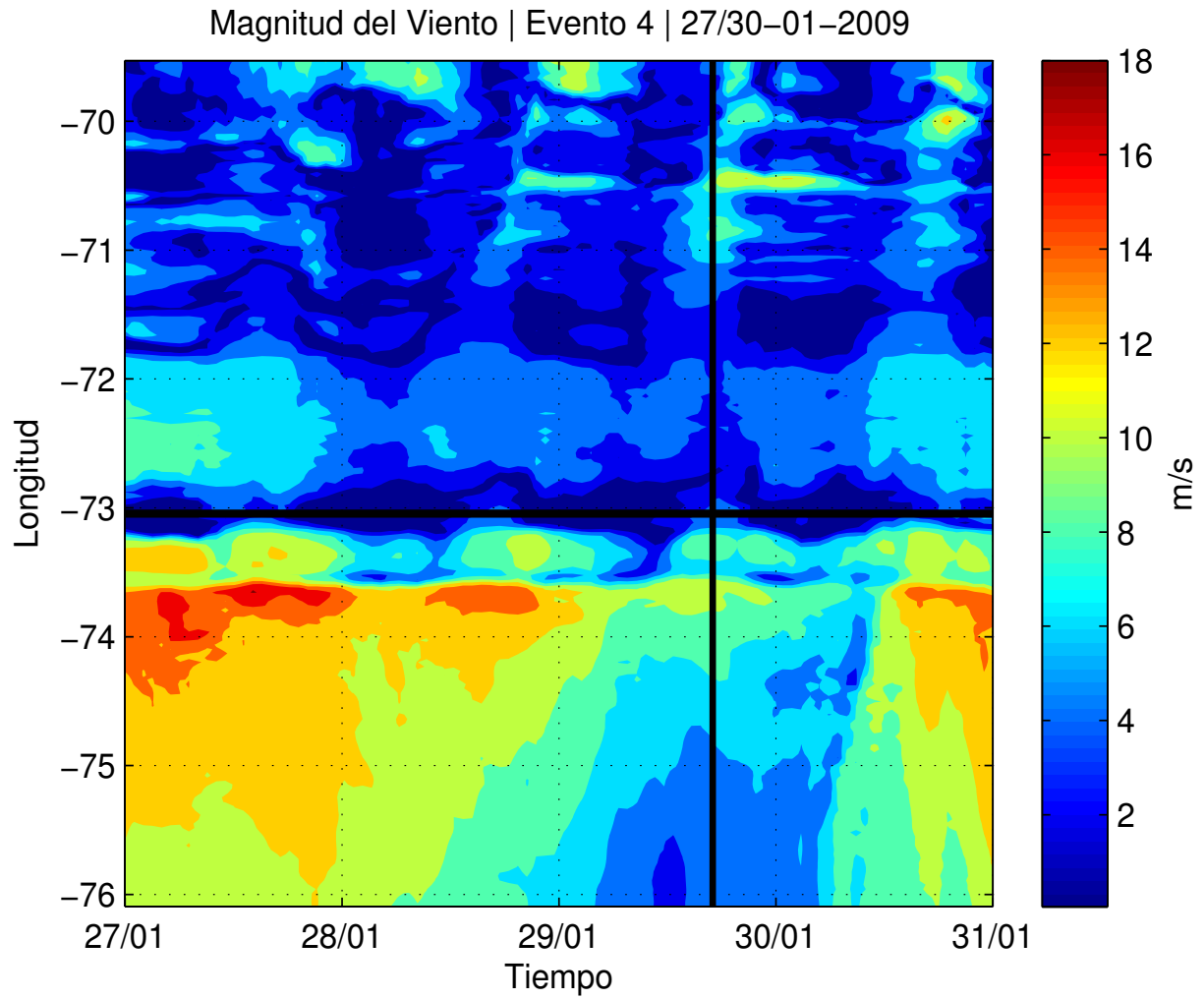


Figura 6.74: Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 4. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

Perfiles Verticales - Zonas de estudio

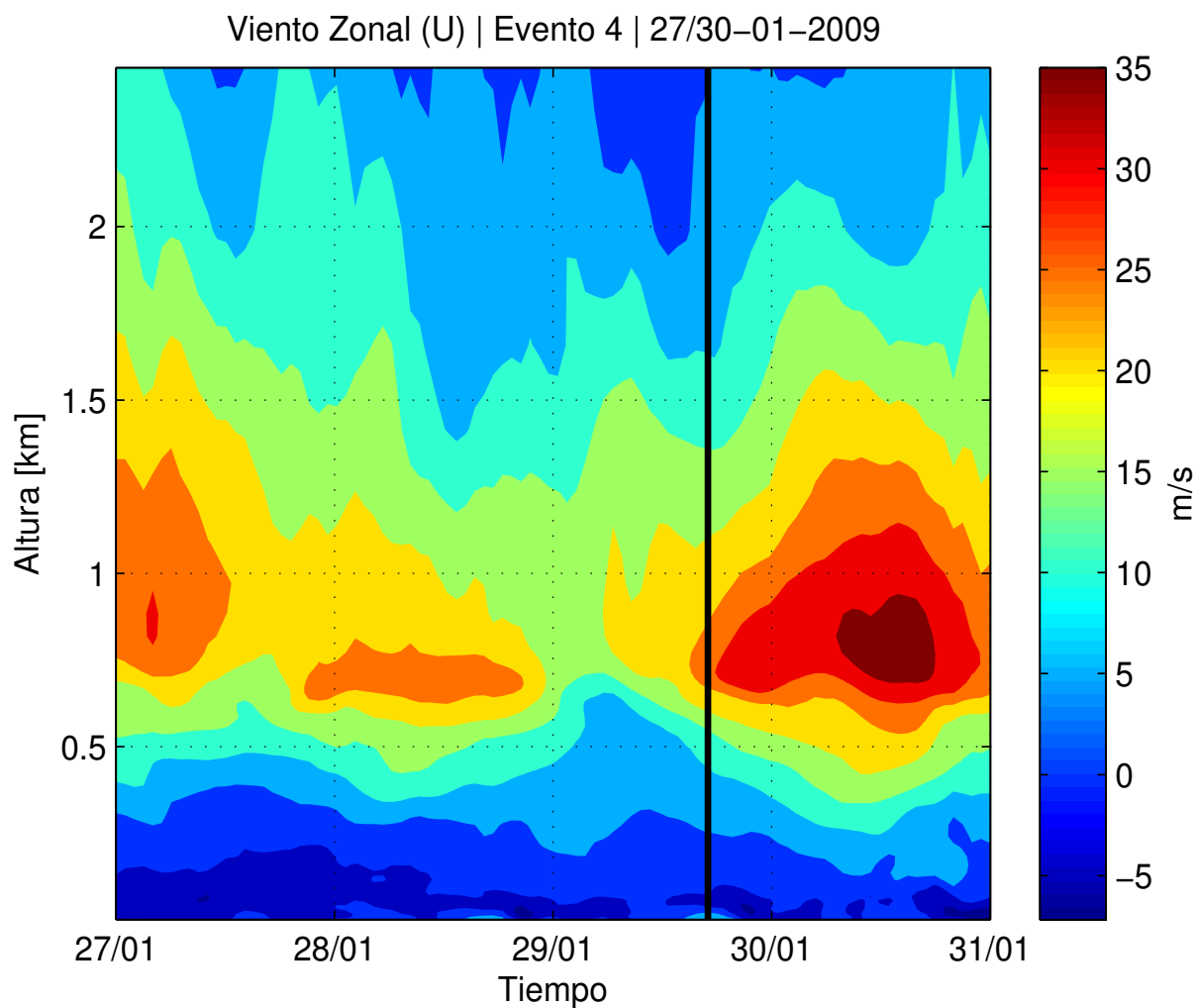


Figura 6.75: Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 4. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

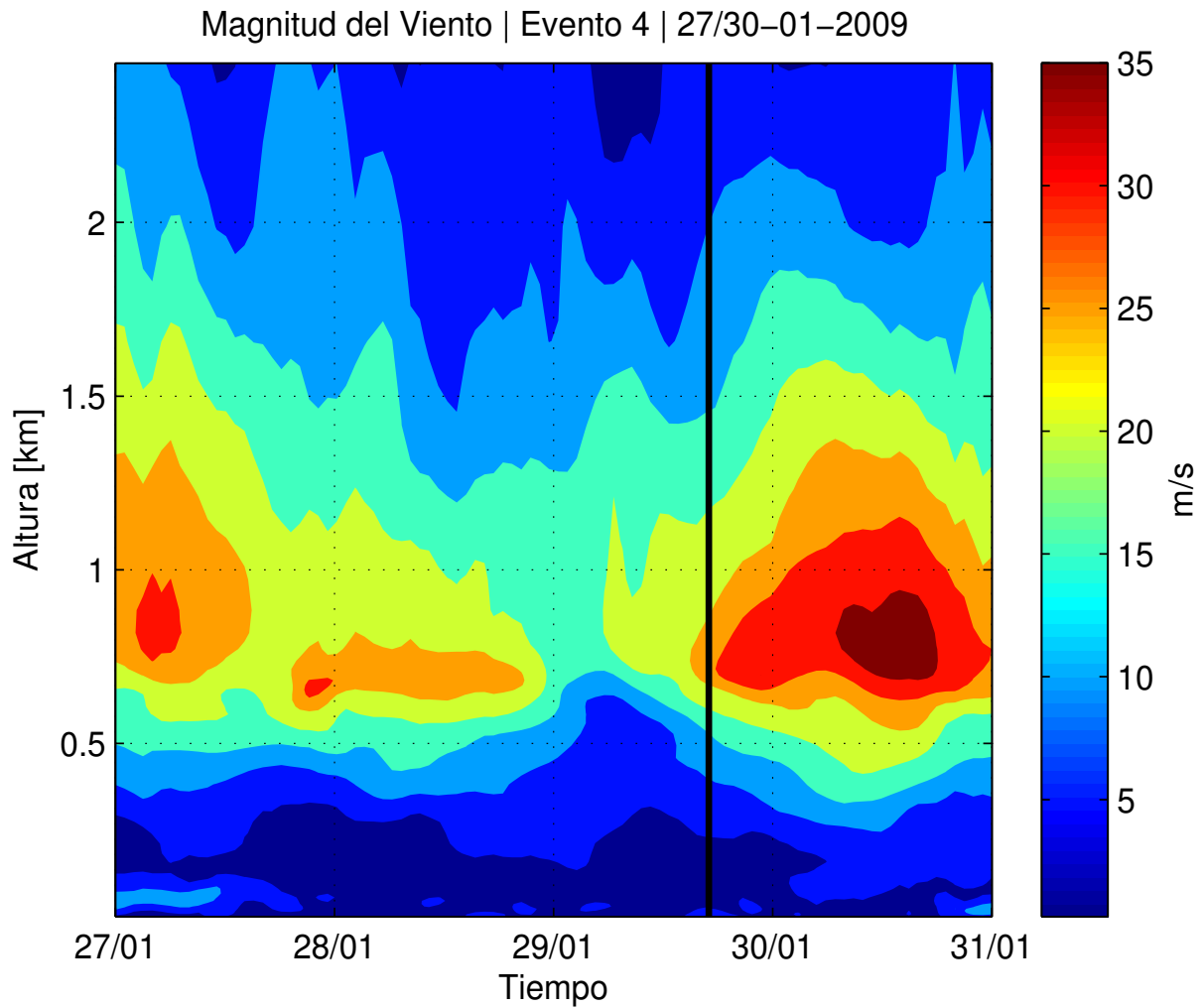


Figura 6.76: Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 4. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

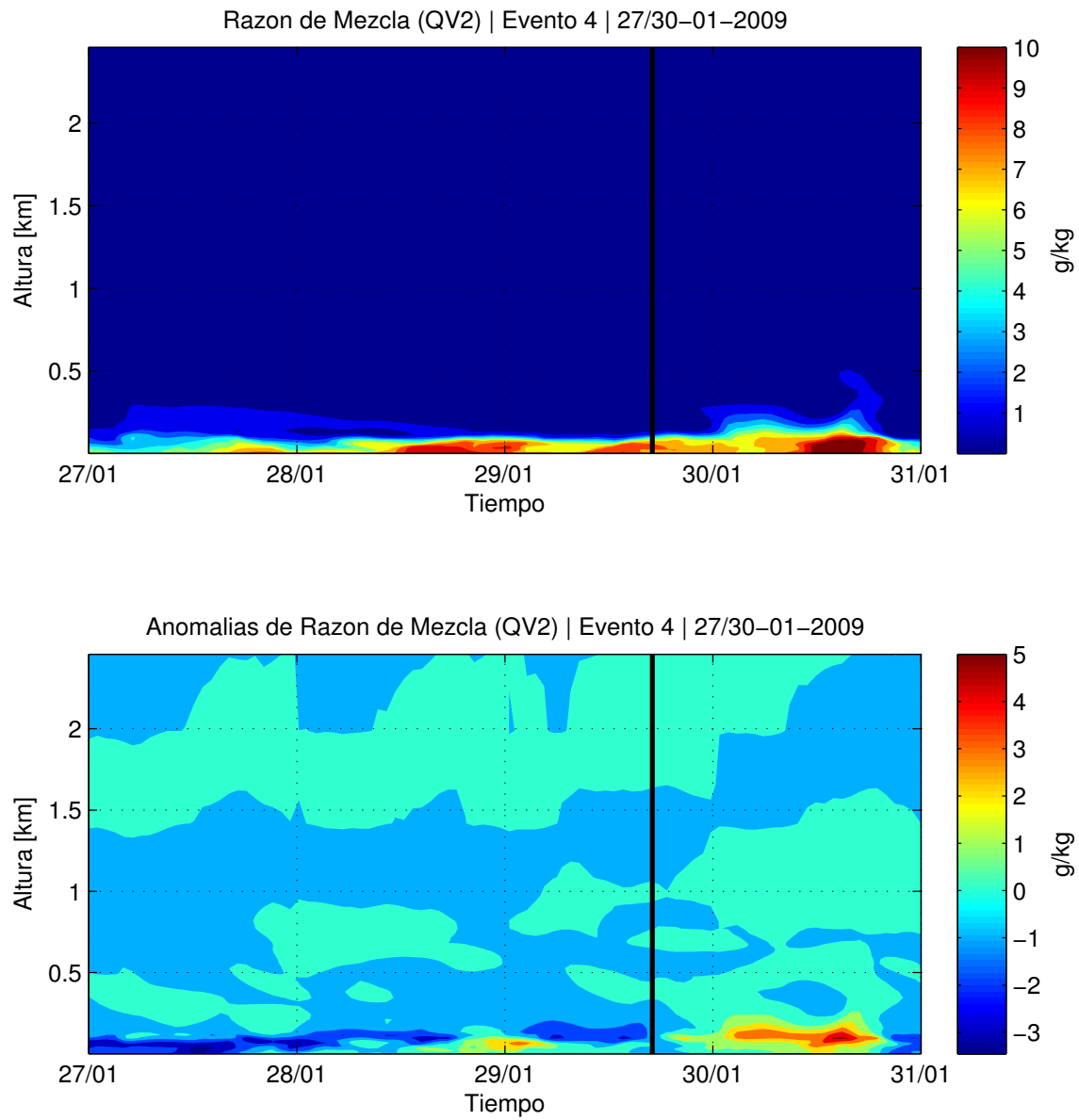


Figura 6.77: Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, correspondiente al área de estudio designada para el evento 4. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

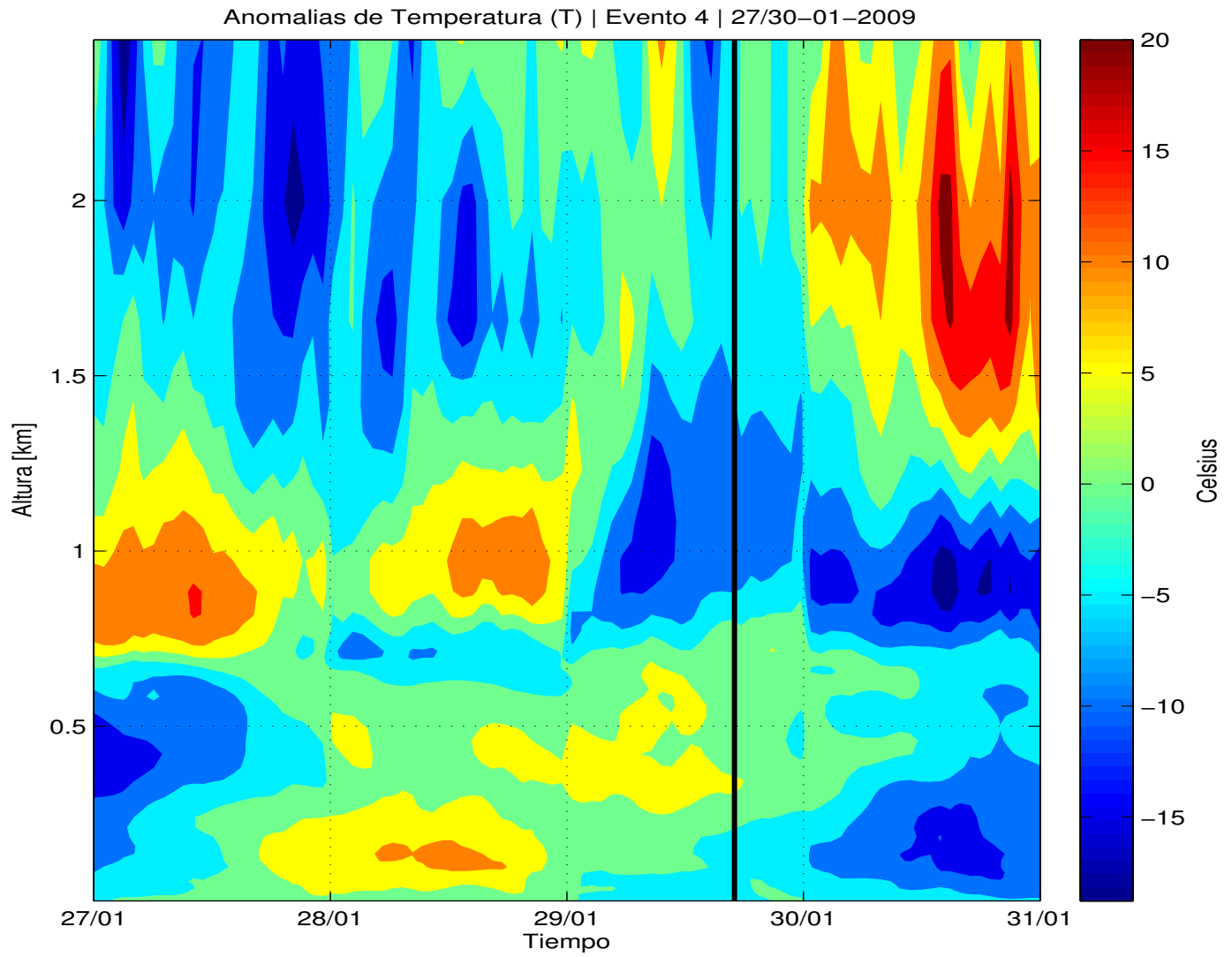


Figura 6.78: Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, correspondiente al área de estudio designada para el evento 4. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento.

6.5 Evento 5

Datos CONAF y distribución de áreas de estudio

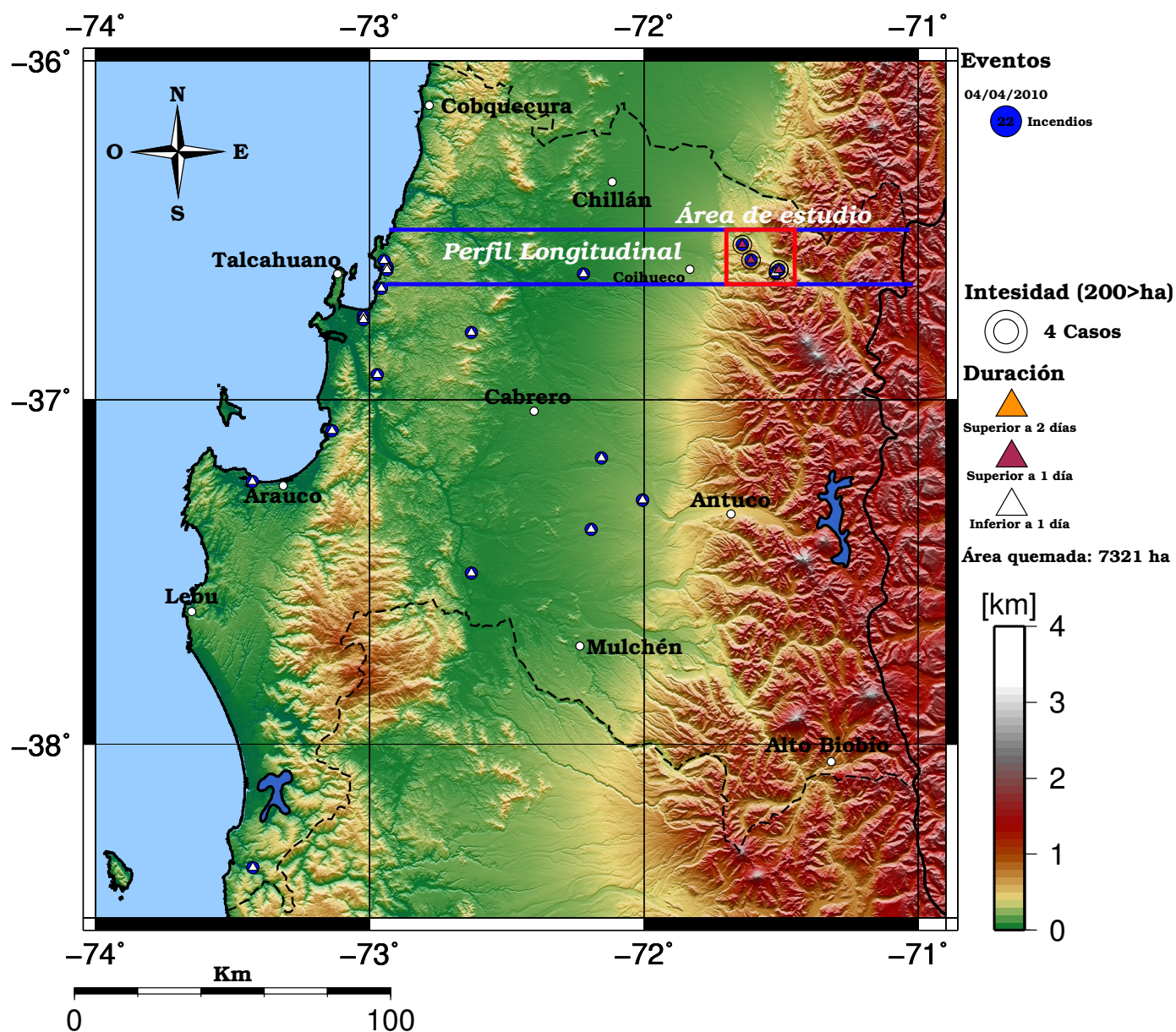
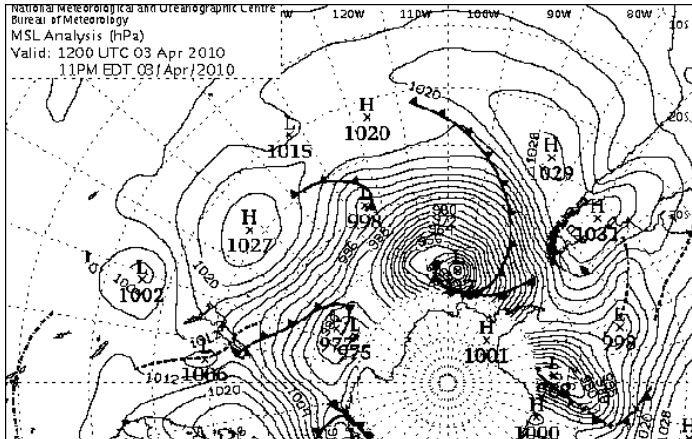


Figura 6.79: El cuadro rojo indica el área de estudio utilizada para extraer los perfiles verticales del Evento 5. El área contenida por las franjas azules corresponde a la zona utilizada para promediar las variables y realizar los perfiles longitudinales, cuya latitud va desde 36.5° a 36.65°S y longitud va desde 71° a 73°O. Área quemada total: 7321 - Área total afectada en área de estudio: 6198

Análisis Sinóptico con Datos MSLP



Análisis Sinóptico con Datos CFSR

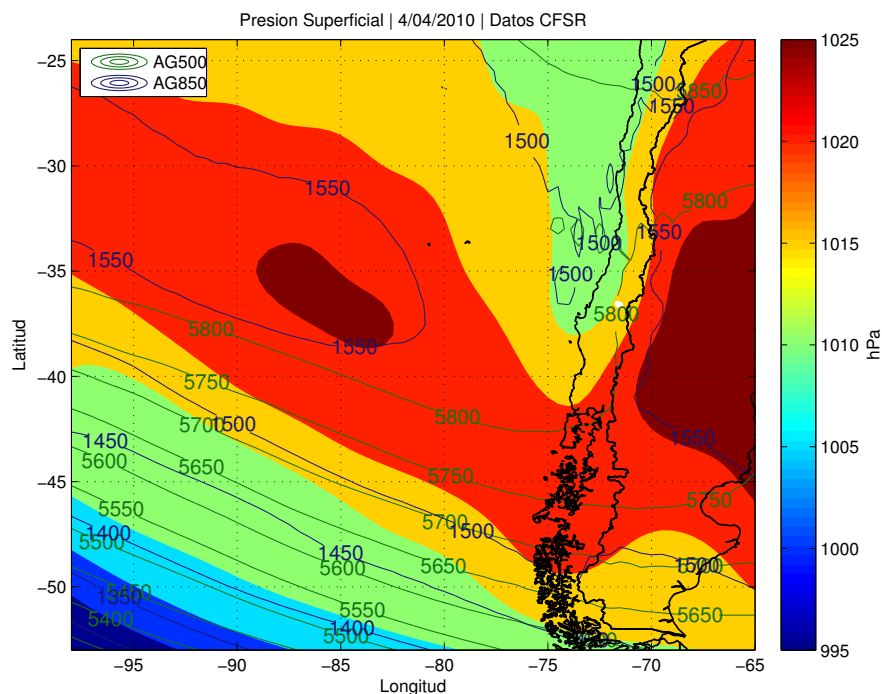


Figura 6.81: Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa para el comienzo del evento 5.

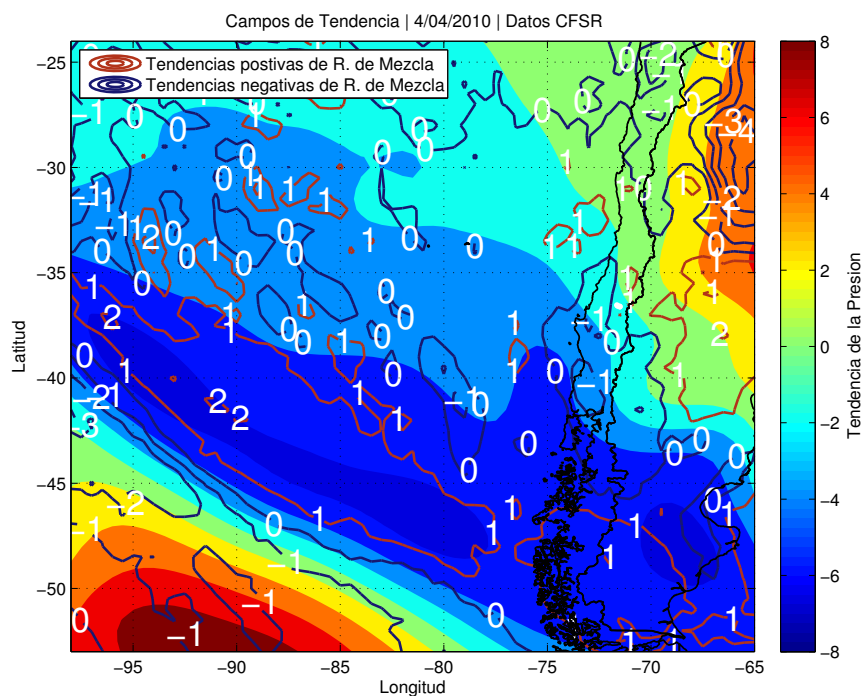


Figura 6.82: Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla para el comienzo del evento 5.

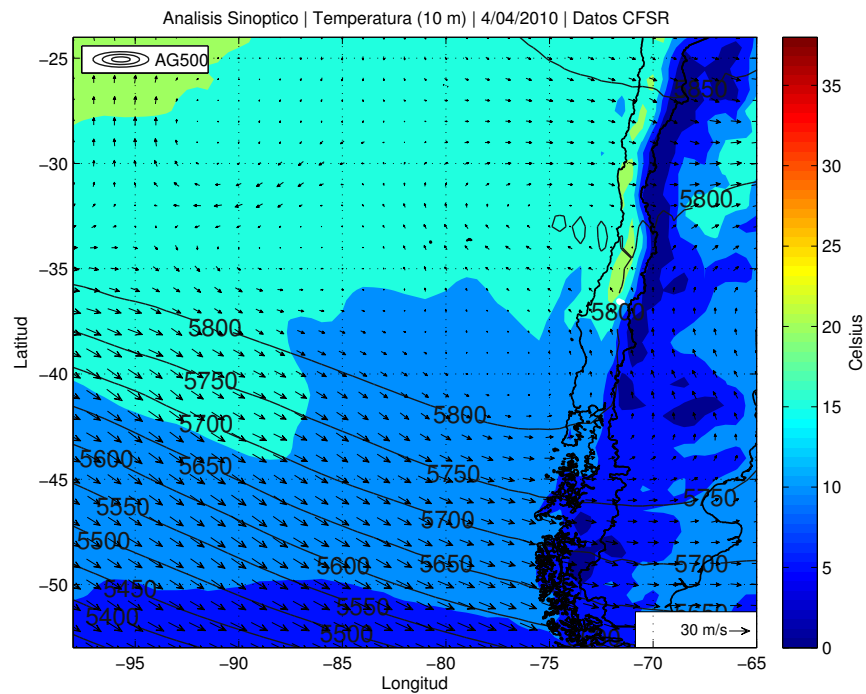


Figura 6.83: Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa para el comienzo del evento 5.

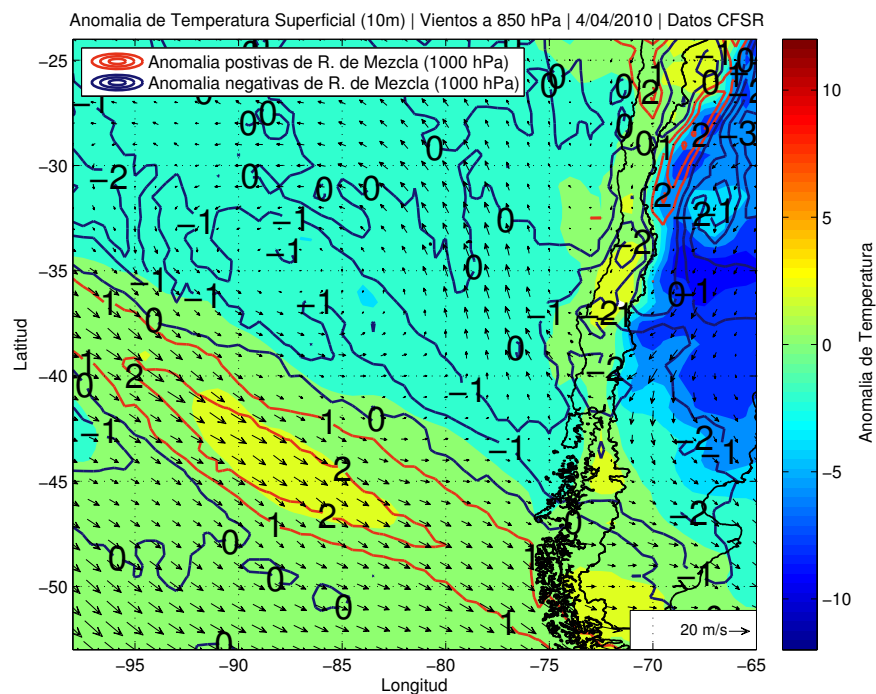


Figura 6.84: Campo de Anomalia de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa para el comienzo del evento 5.

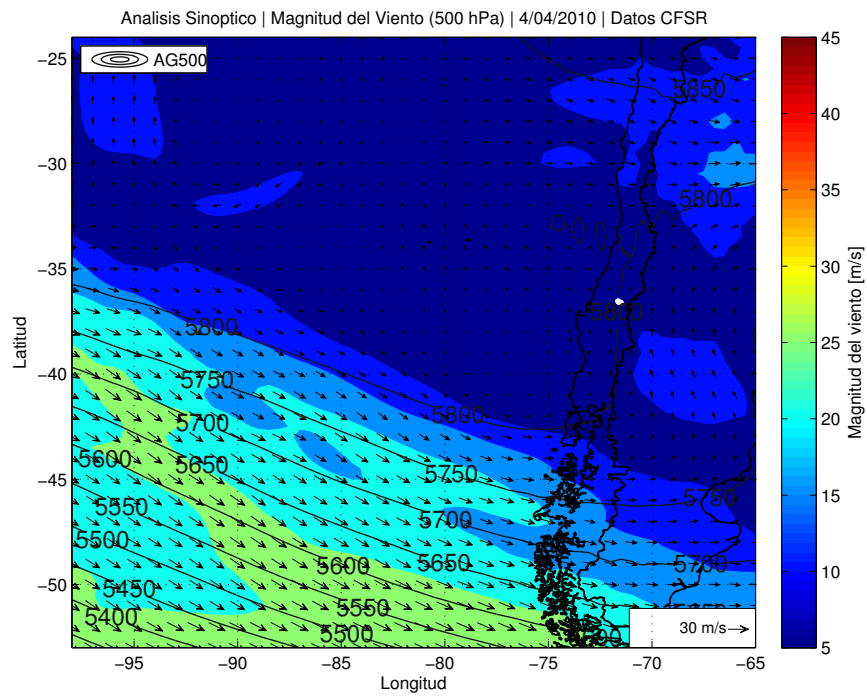


Figura 6.85: Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500 hPa para el comienzo del evento 5.

Salidas de Simulación en WRF

Perfiles Longitudinales - Evento 5

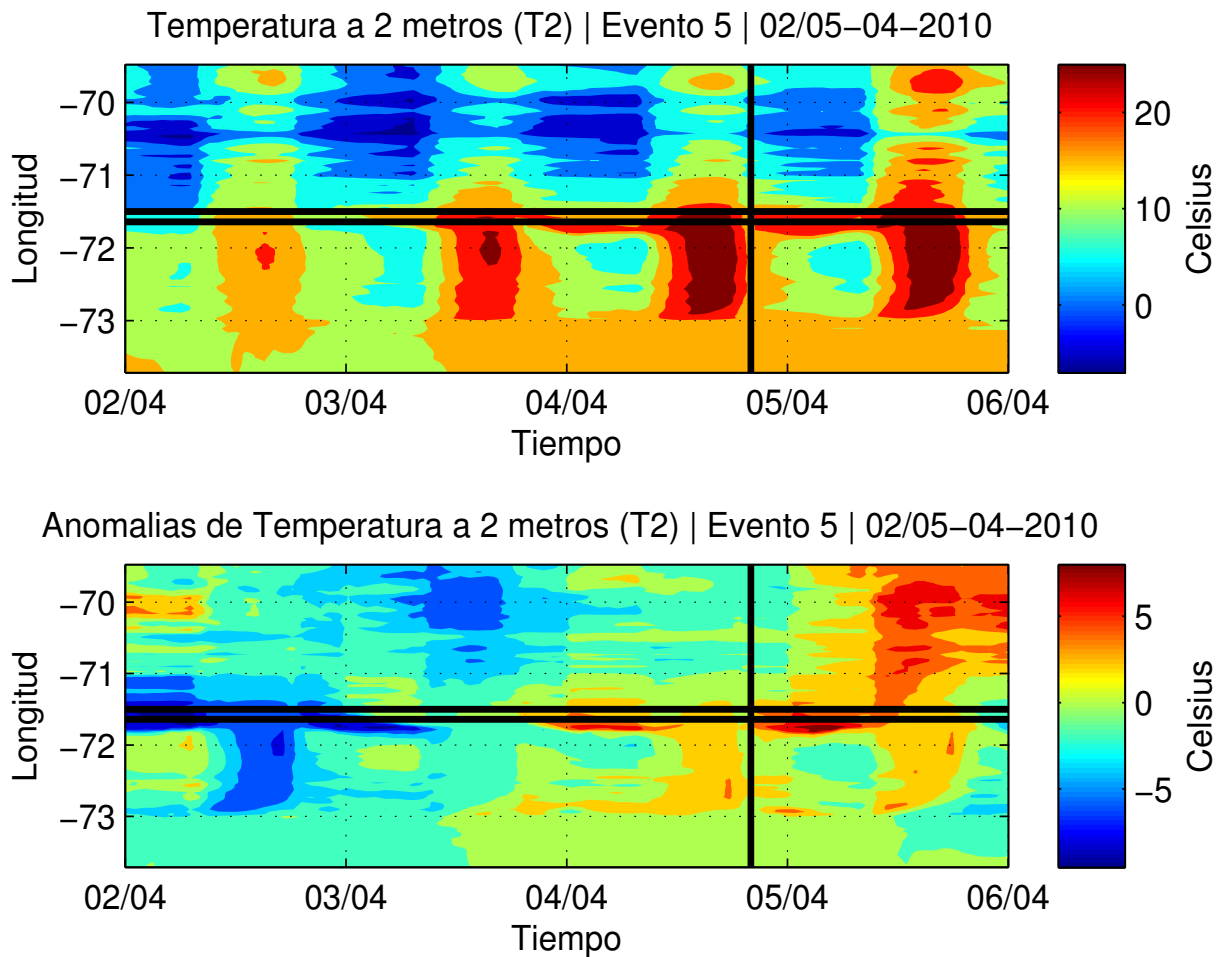


Figura 6.86: Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, correspondiente al evento 5. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

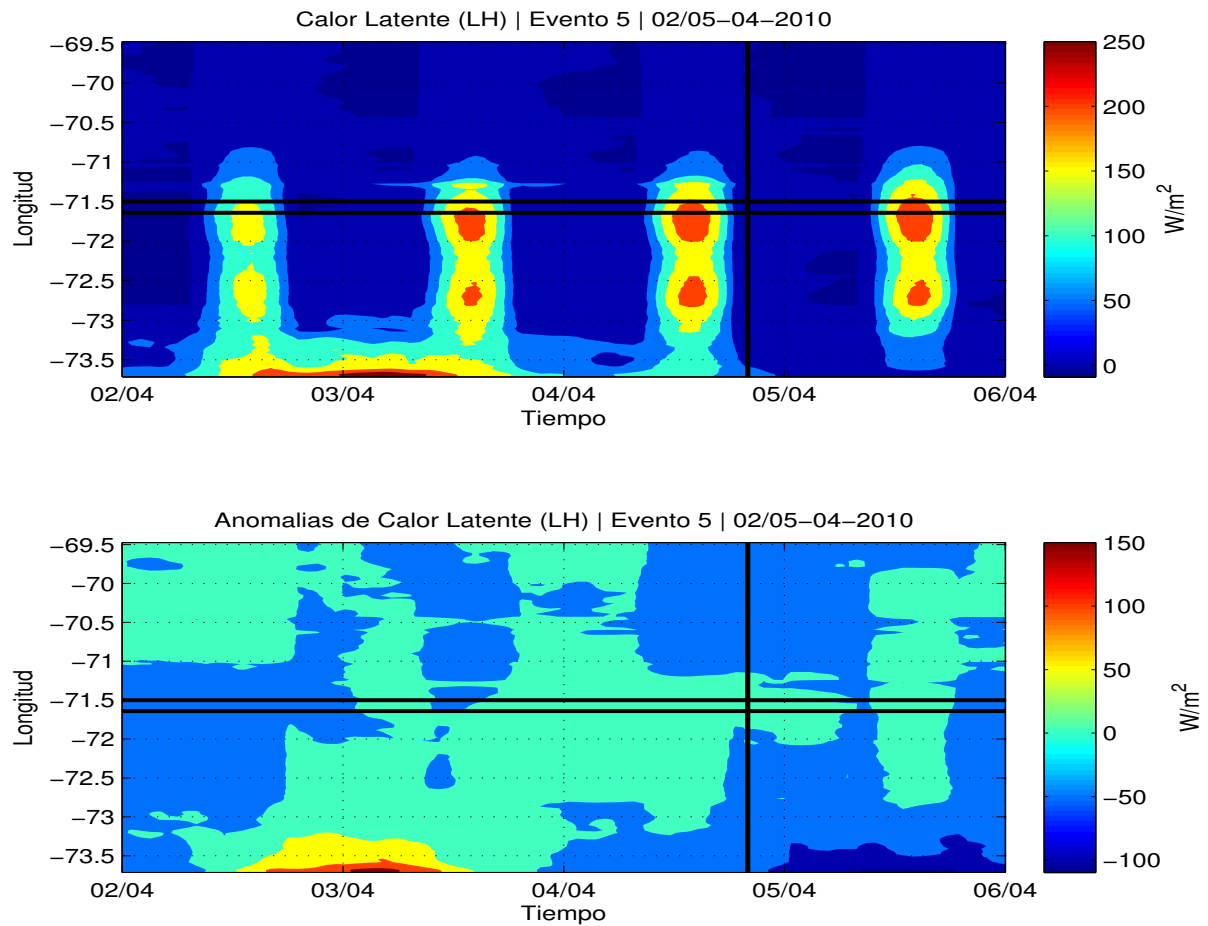


Figura 6.87: Campo Longitudinal de Calor Latente, correspondiente al evento 5. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

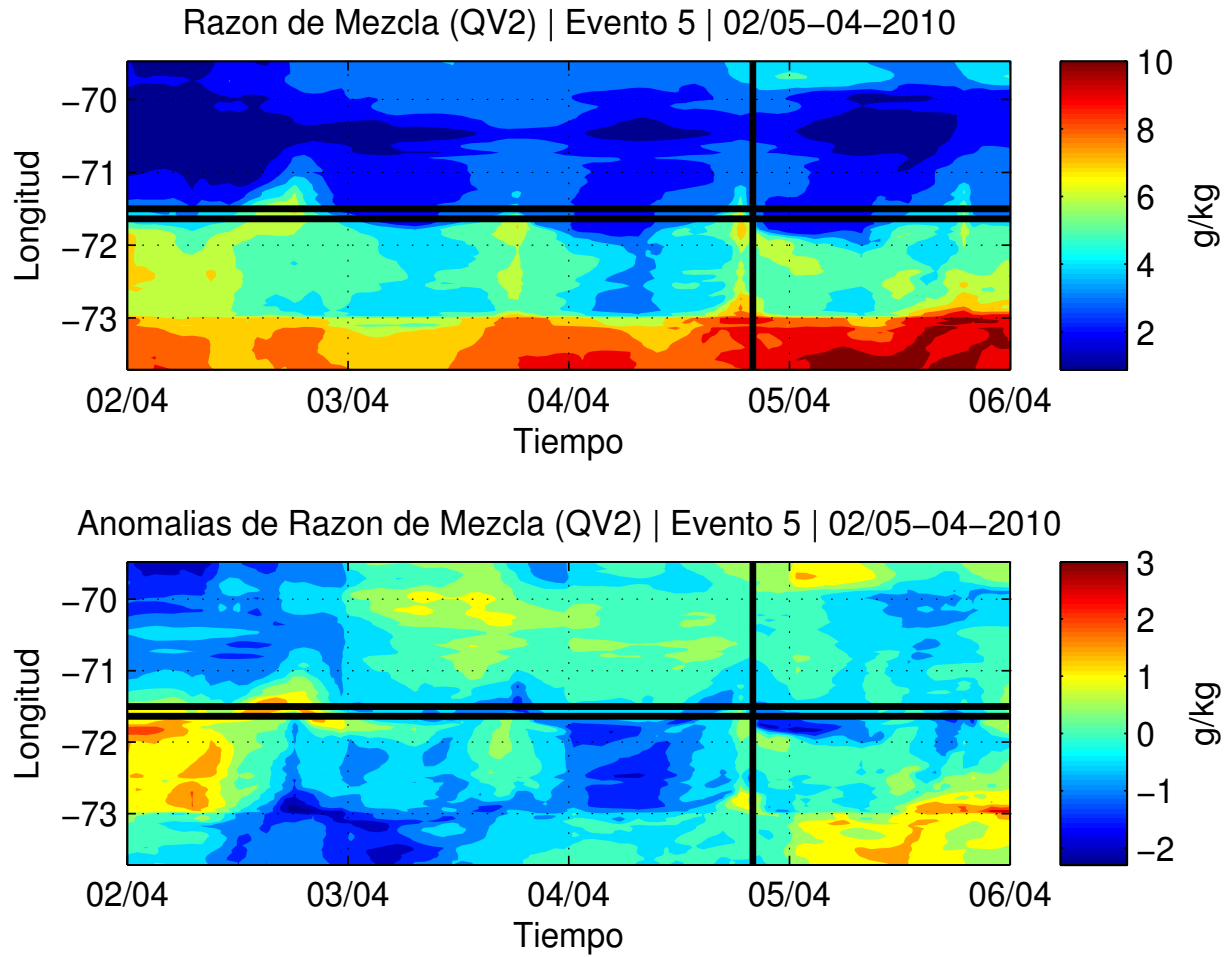


Figura 6.88: Campo Longitudinal de Raz3n de Mezcla, correspondiente al evento 5. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos m3s da1inos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomal3as del campo.

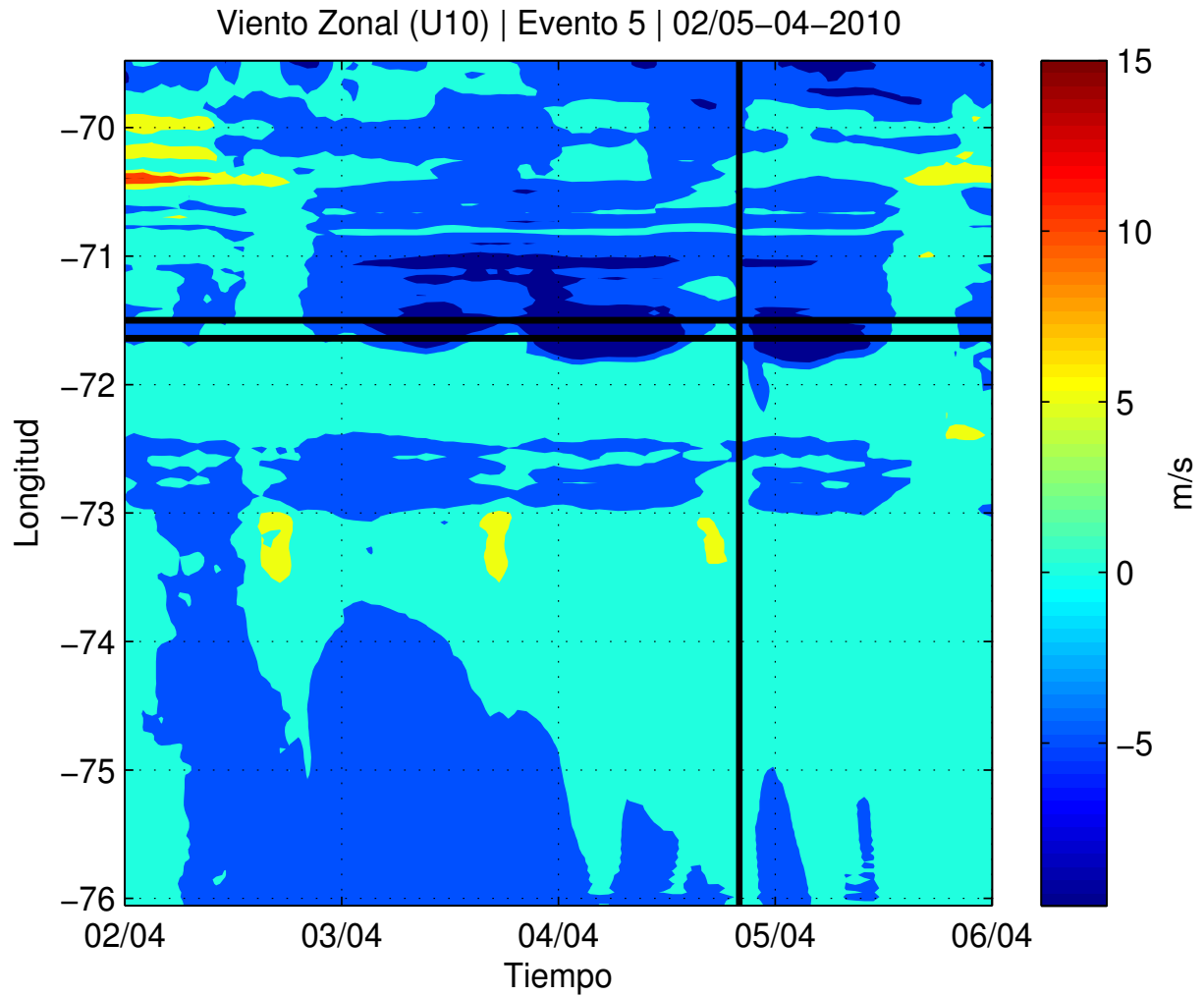


Figura 6.89: Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 5. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

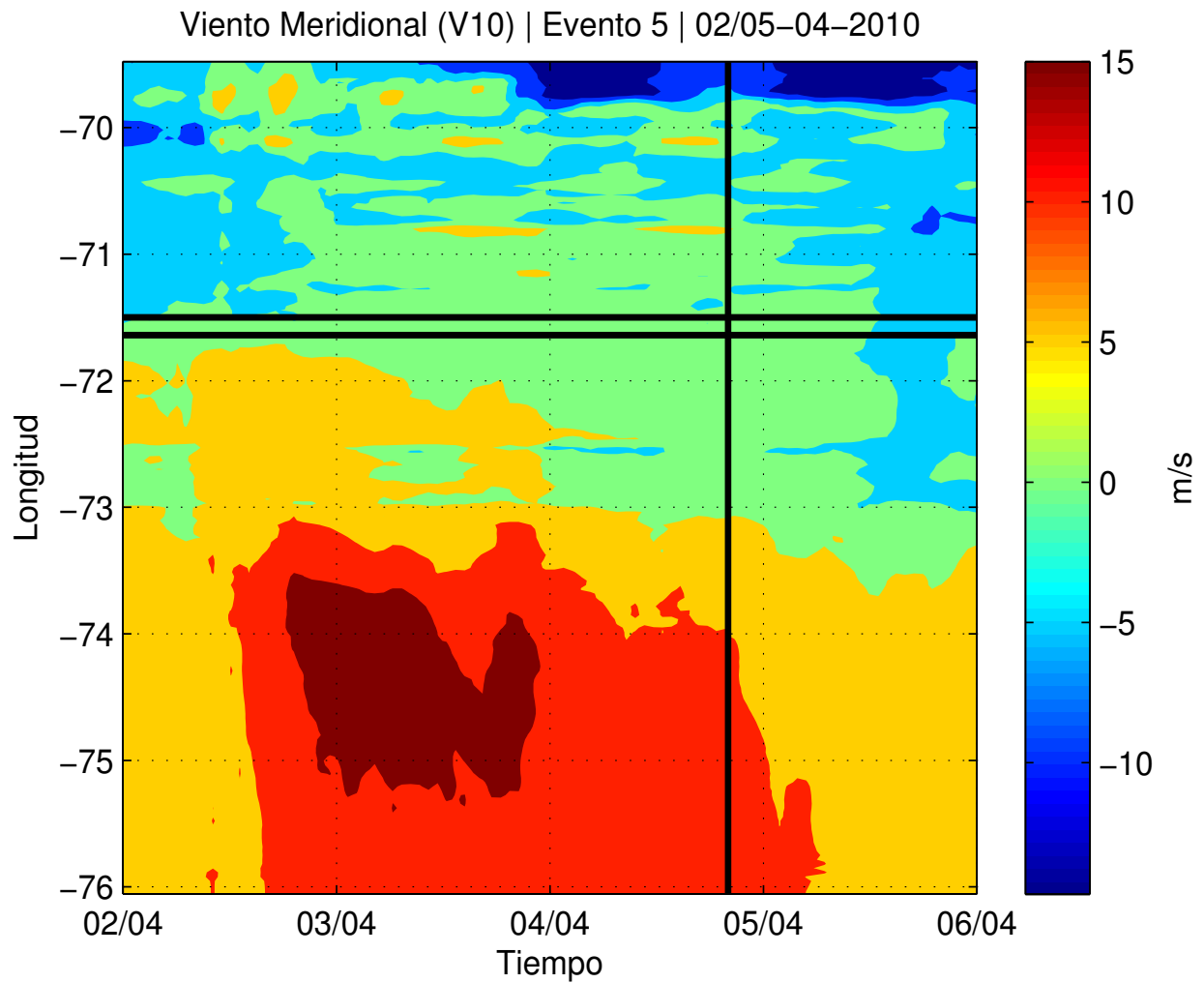


Figura 6.90: Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 5. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

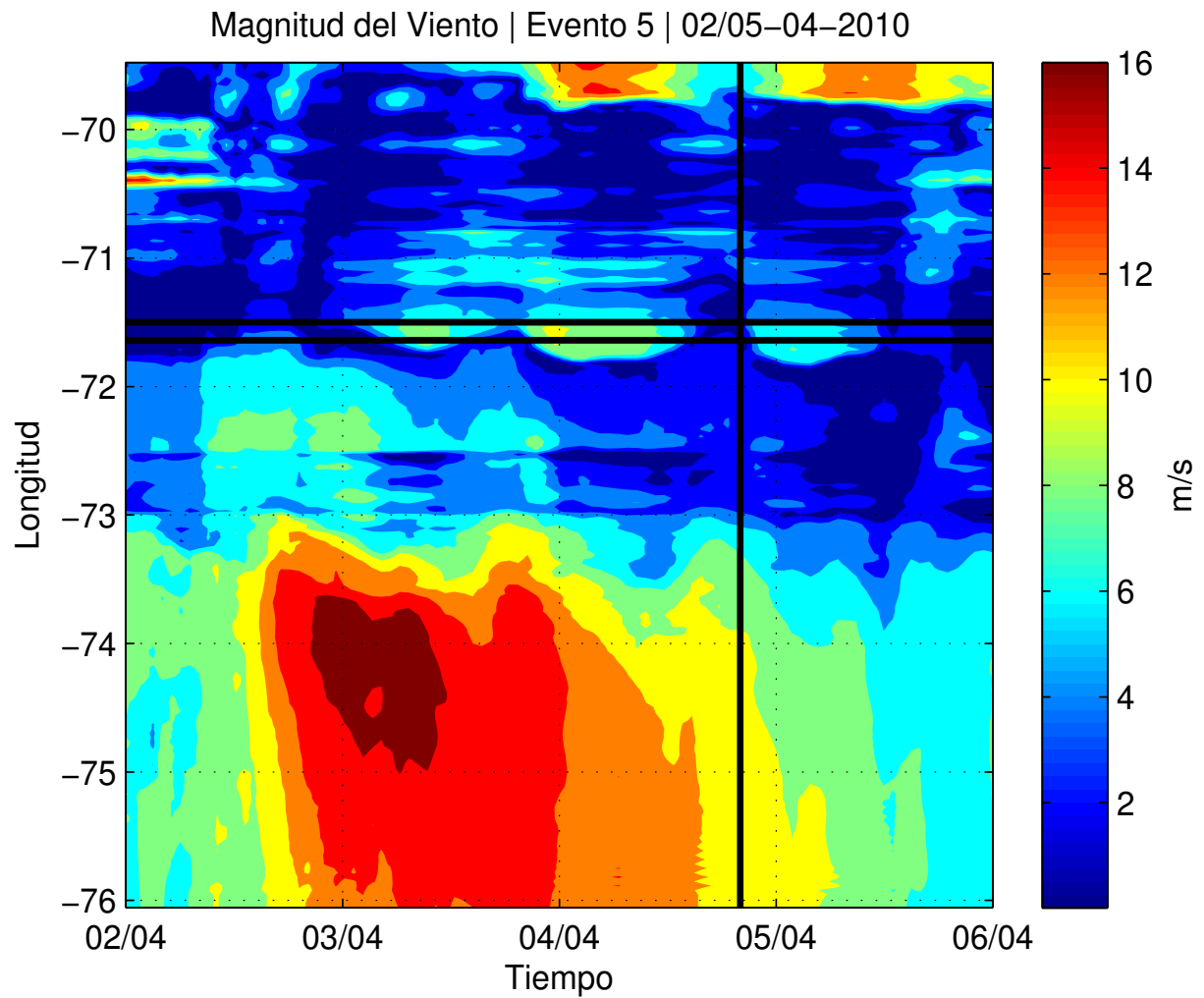


Figura 6.91: Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 5. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

Perfiles Verticales - Zonas de estudio

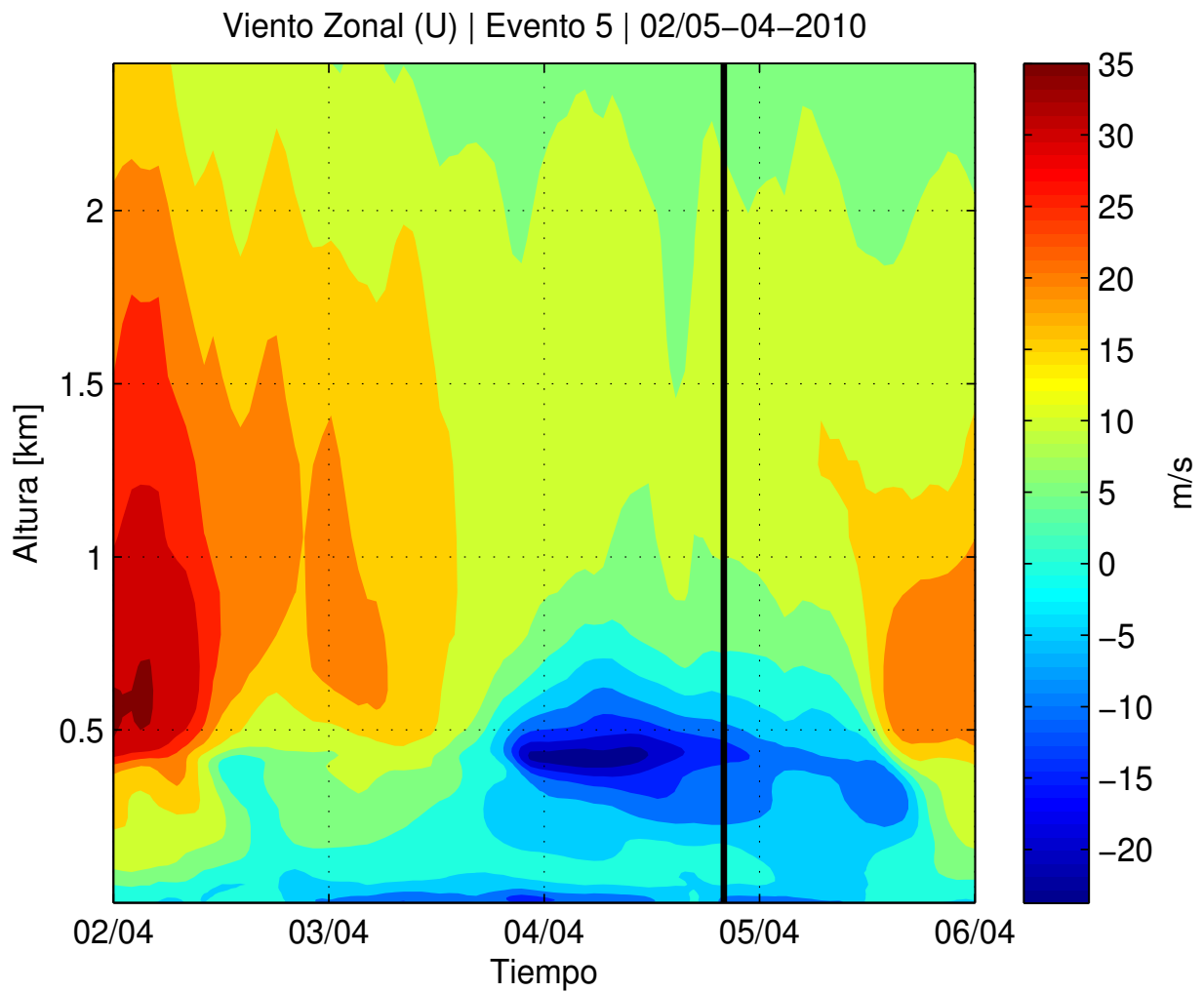


Figura 6.92: Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 5. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

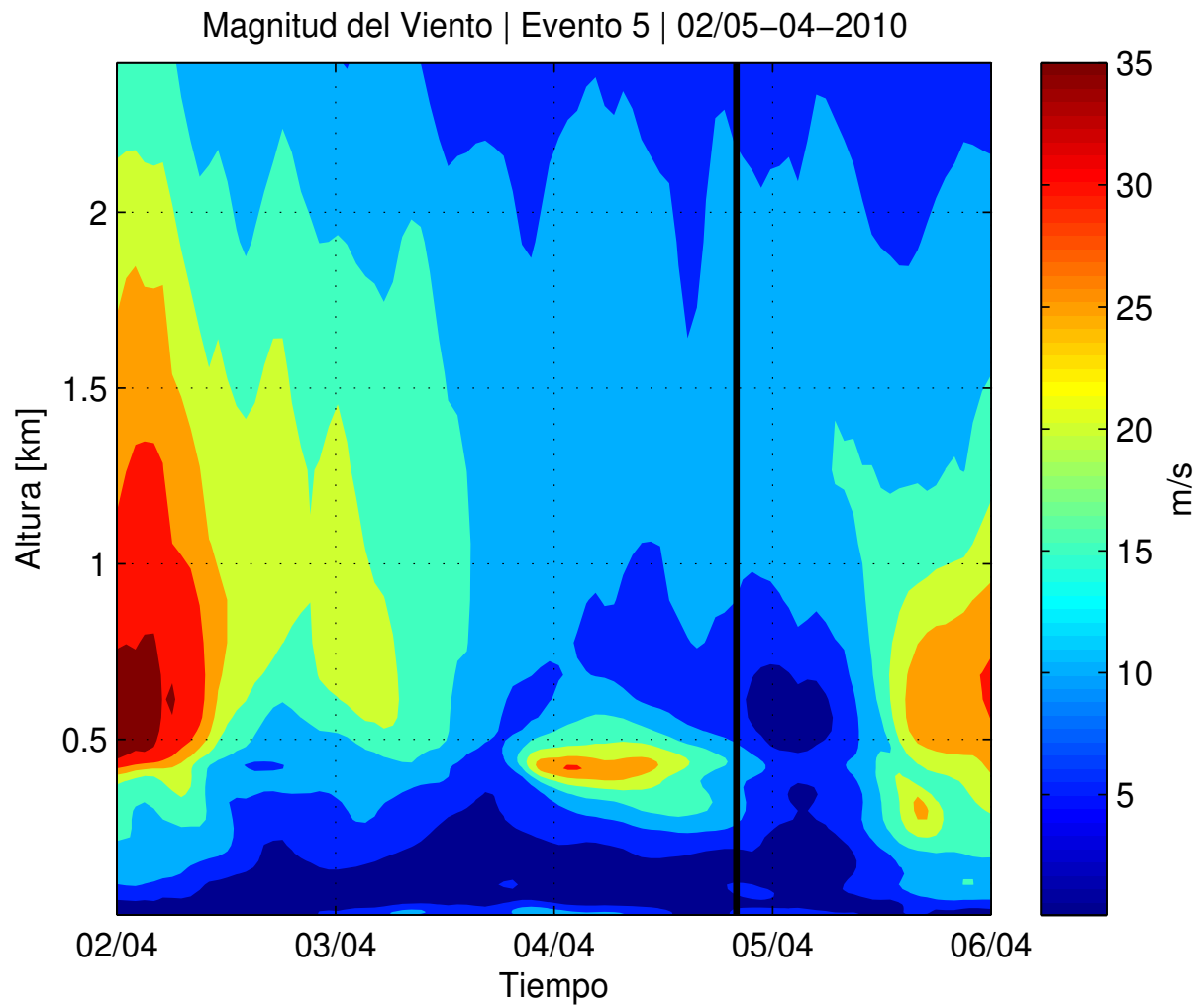


Figura 6.93: Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, correspondiente al área de estudio designada para el evento 5. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

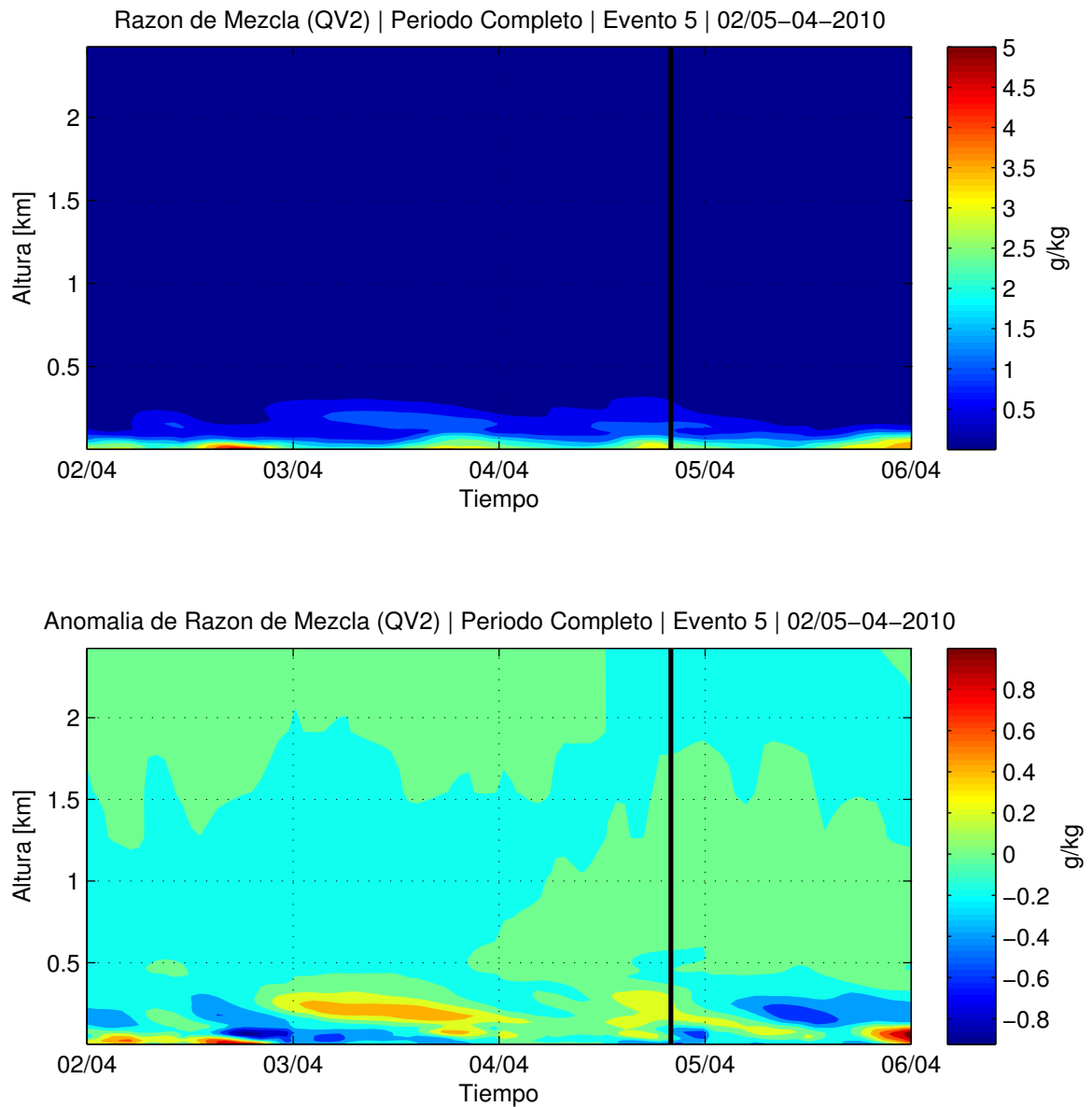


Figura 6.94: Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, correspondiente al área de estudio designada para el evento 5. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

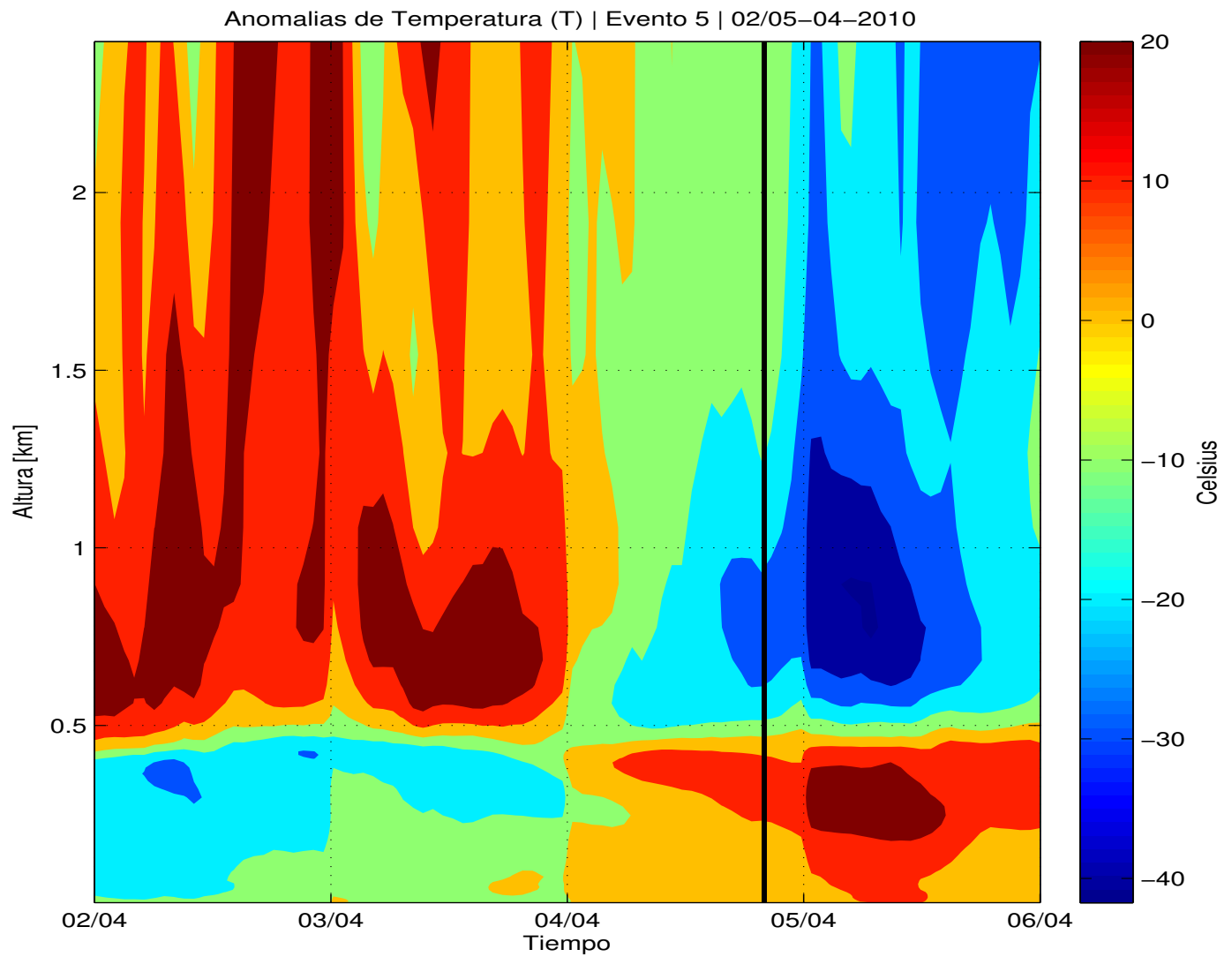


Figura 6.95: Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, correspondiente al área de estudio designada para el evento 5. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento.

6.6 Evento 6

Datos CONAF y distribución de áreas de estudio

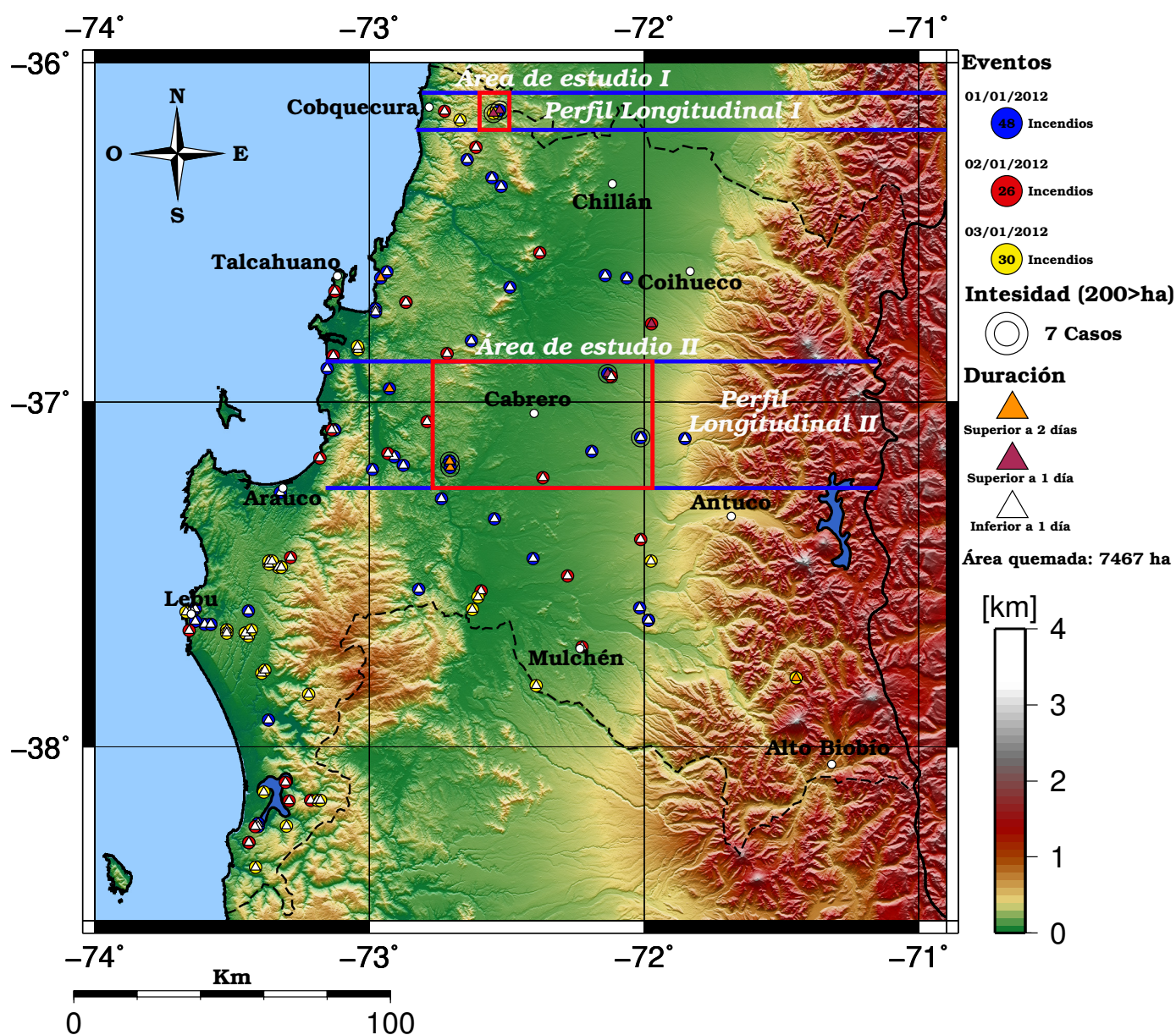
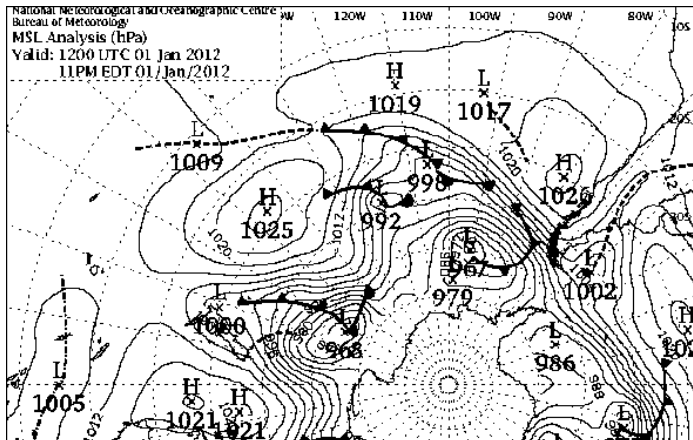
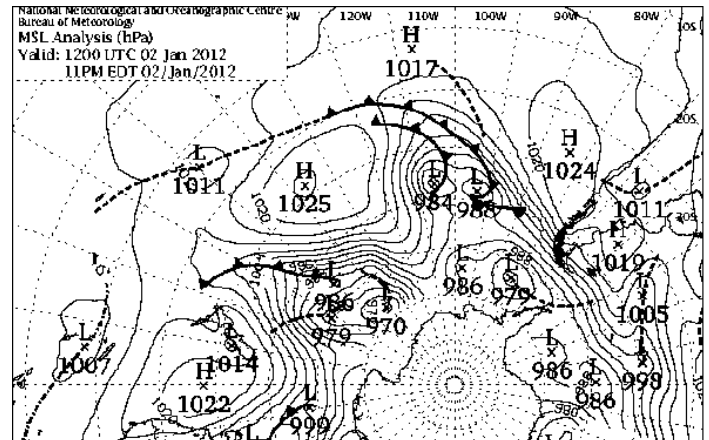


Figura 6.96: El cuadro rojo indica el área de estudio utilizada para extraer los perfiles verticales del Evento 6. El área contenida por las franjas azules corresponde a la zona utilizada para promediar las variables y realizar los perfiles longitudinales. En la primera zona el perfil longitudinal va desde 36°a 36.4°S y desde 71°a 73°O. En la segunda zona las medidas parten desde 36.8°a 37.3°S y desde 71°a 73°O. Área quemada total: 7487 - Área total afectada en área de estudio I: 4210 - Área total afectada en área de estudio II: 2511.

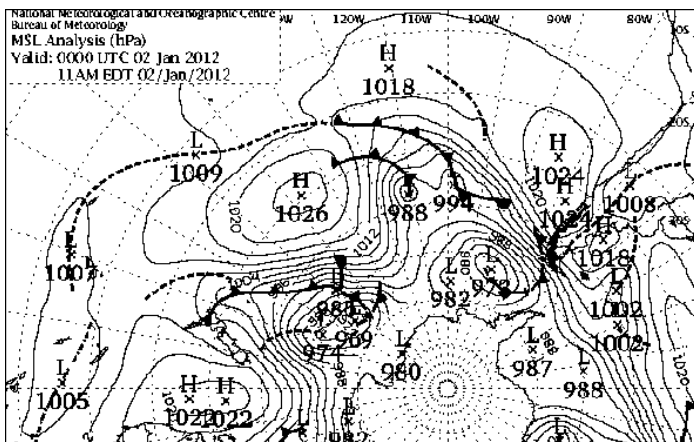
Análisis Sinóptico con Datos MSLP



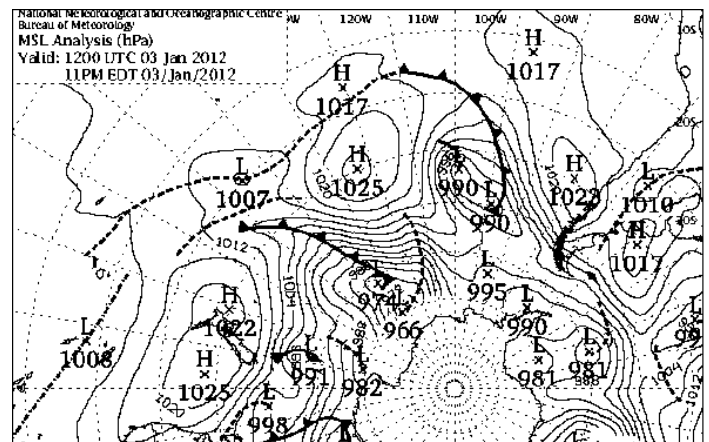
(a) 1 de Enero 2012, 1200 UTC



(b) 2 de Enero 2012, 1200 UTC



(c) 2 de Enero 2012, 0000 UTC



(d) 3 de Enero 2012, 1200 UTC

Figura 6.97: Cartas sinópticas correspondientes al evento 6. Extraídas del análisis MSLP realizado por la Oficina de Meteorología de Australia. Los centros de alta y baja (en hPa) designadas con una letra H (High Pressure) o L (Low Pressure), mientras que las horas corresponden a las 0000 UTC (9 p.m hora local) y 1200 UTC (9 a.m hora local).

Análisis Sinóptico con Datos CFSR

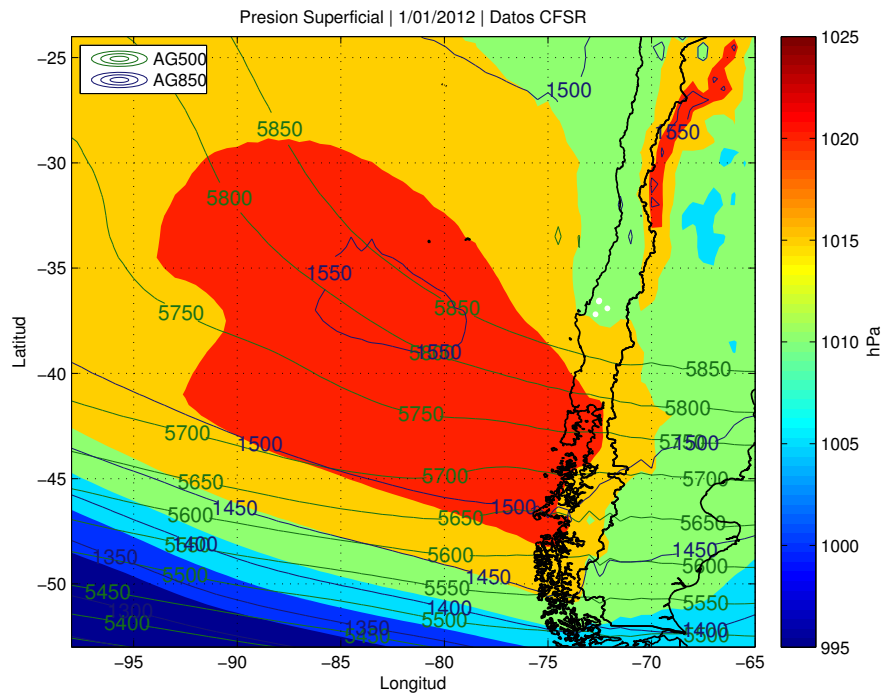


Figura 6.98: Campo de Presión Superficial, Altura Geopotencial a 500 y 850 hPa para el comienzo del evento 6.

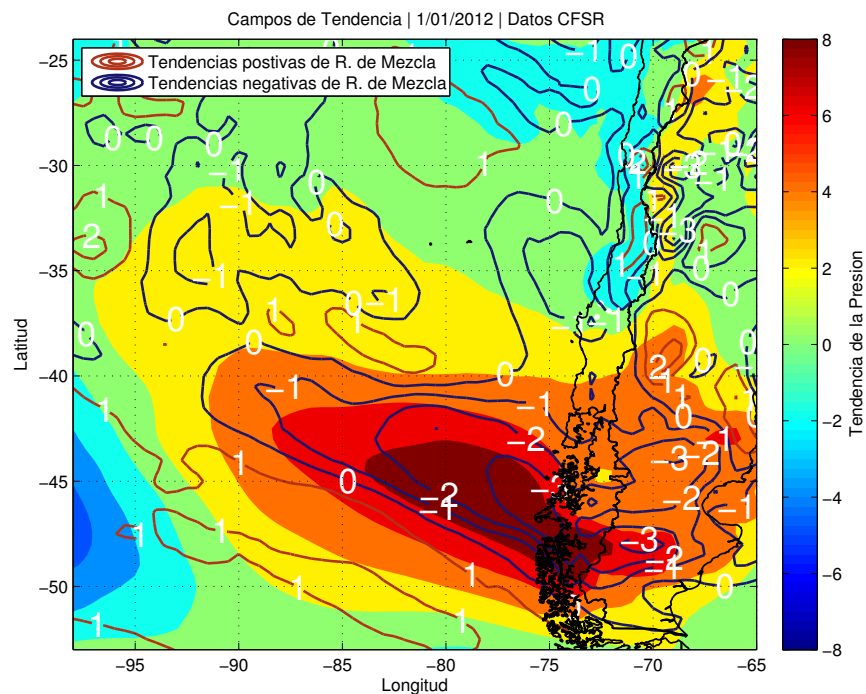


Figura 6.99: Campo de Tendencias de Presión Superficial y Razón de Mezcla para el comienzo del evento 6.

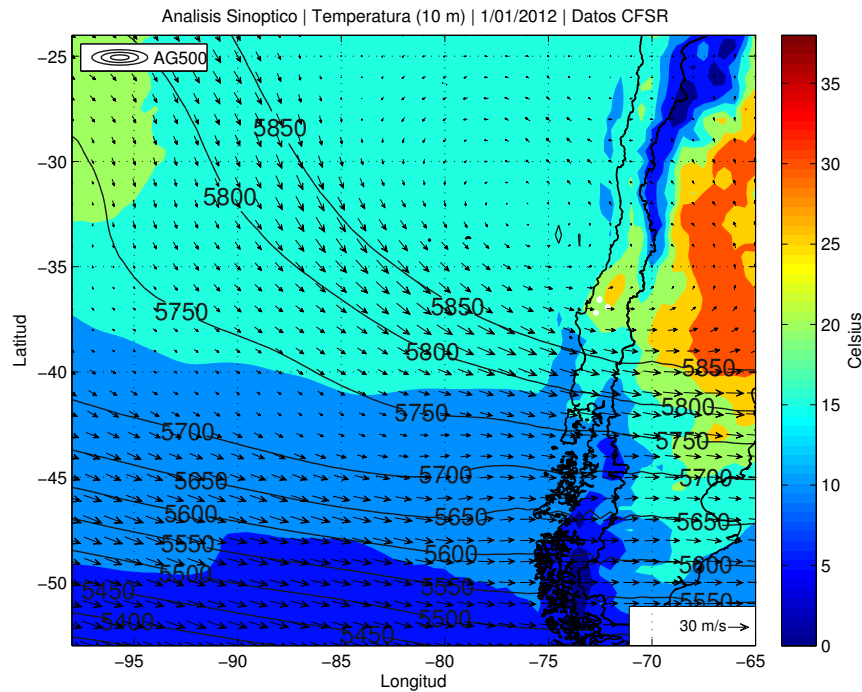


Figura 6.100: Campo de Temperatura a 10 metros y Vientos a 500 hPa para el comienzo del evento 6.

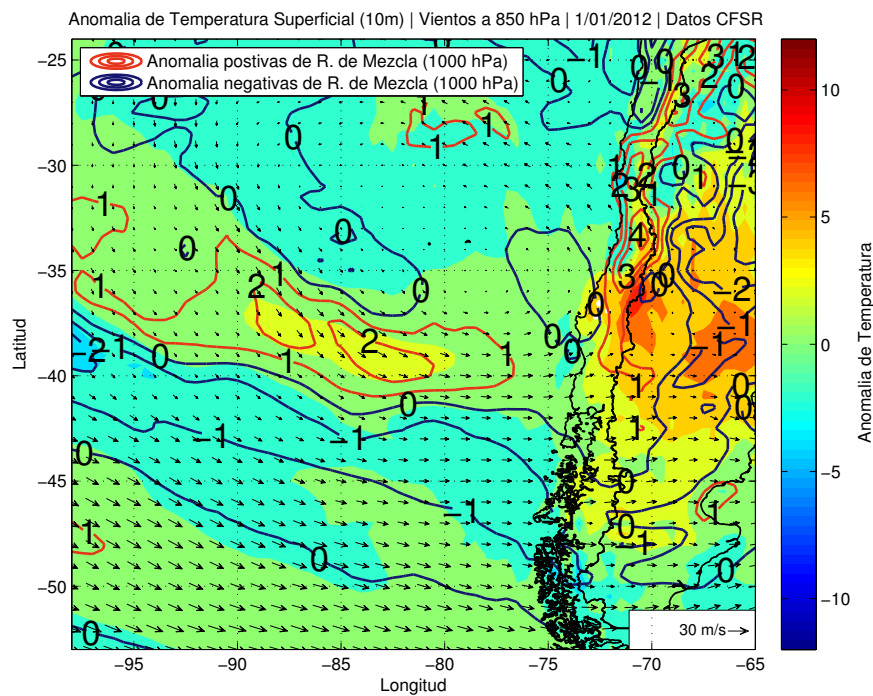


Figura 6.101: Campo de Anomalia de Temperatura a 10 metros y Vientos a 850 hPa para el comienzo del evento 6.

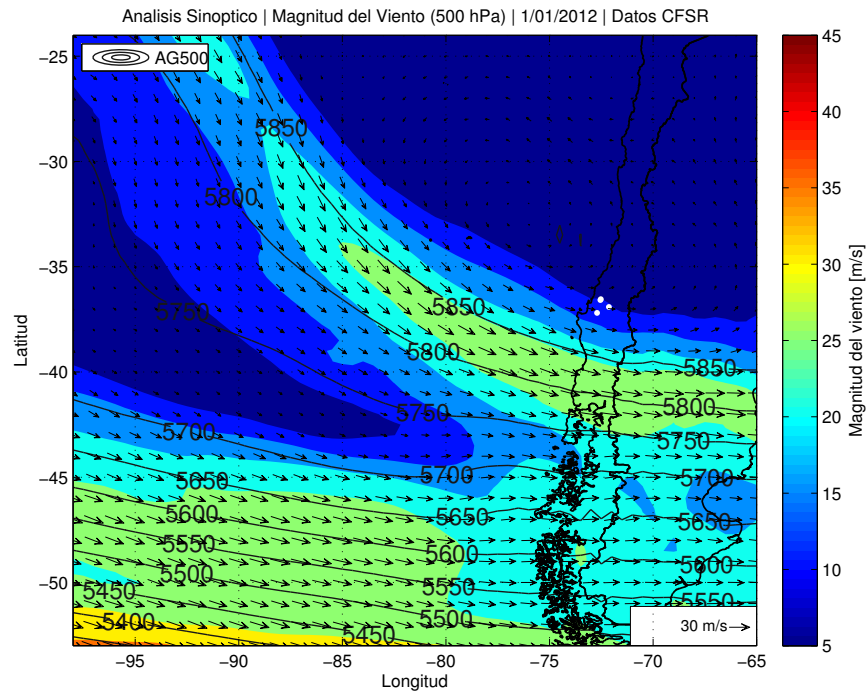


Figura 6.102: Campo de Vientos 500 hPa, Magnitud de Vientos 500 hPa y Altura Geopotencial a 500 hPa para el comienzo del evento 6.

Salidas de Simulación en WRF

Perfiles Longitudinales - Evento 6 - Área I

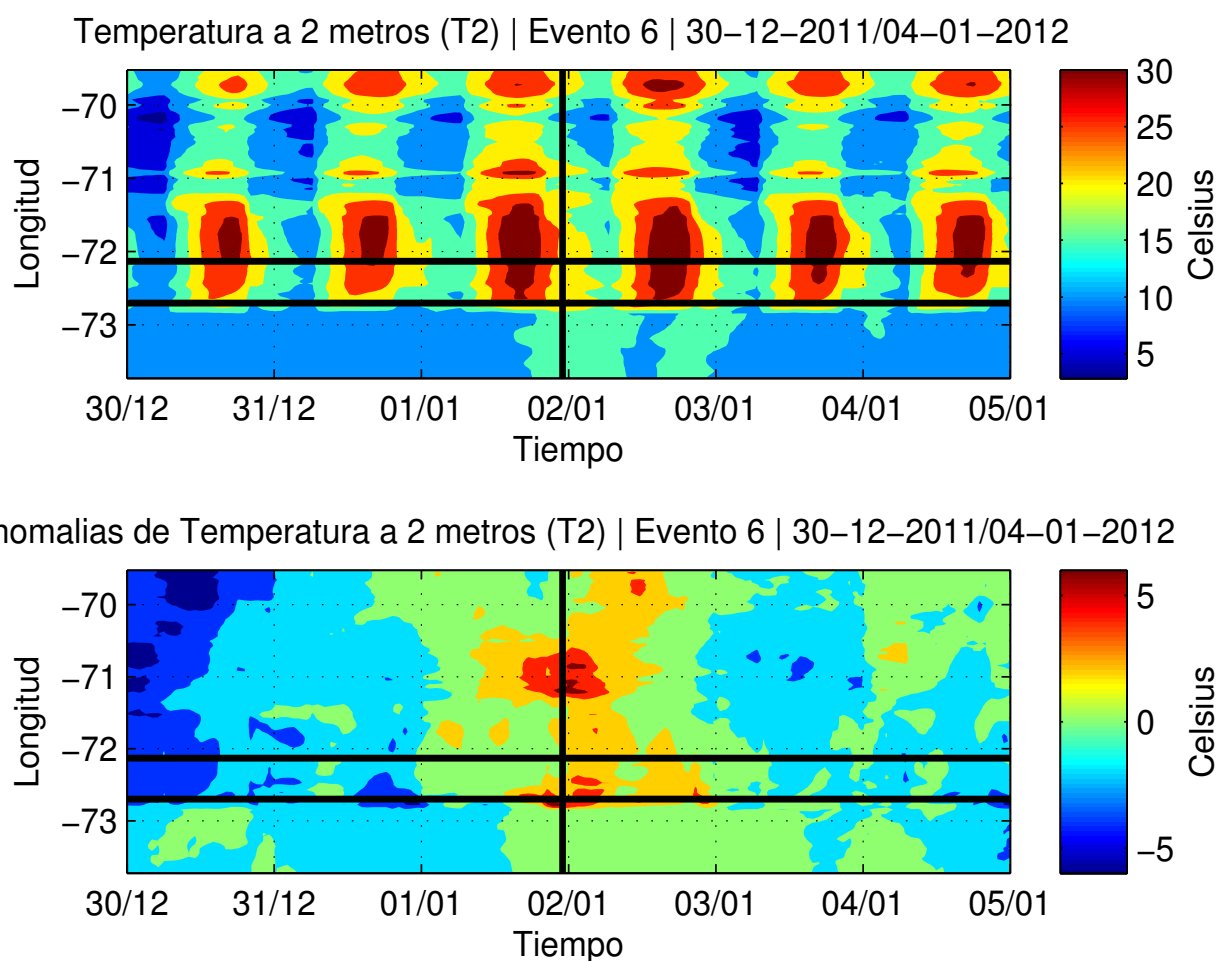


Figura 6.103: Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, correspondiente al evento 6. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

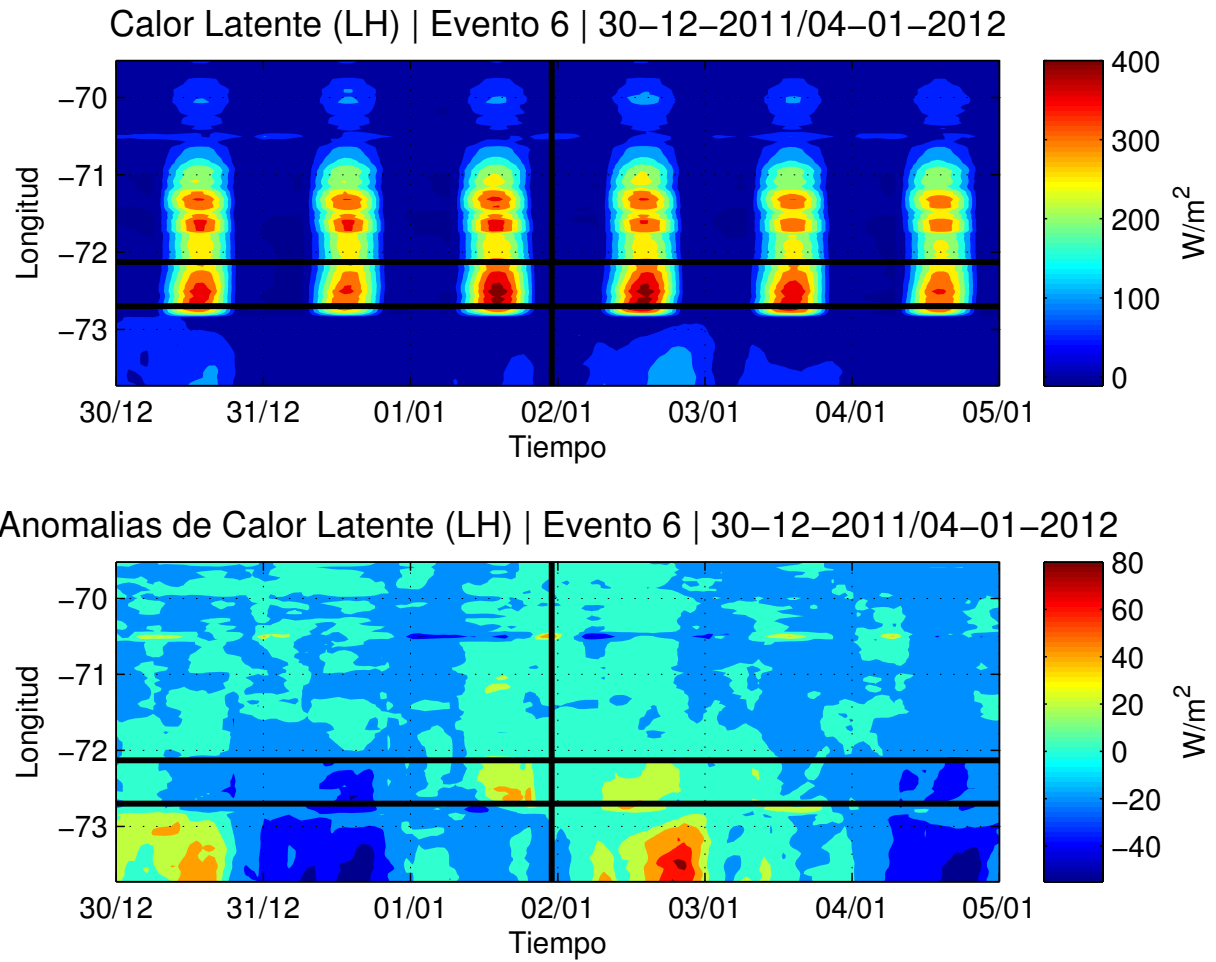


Figura 6.104: Campo Longitudinal de Calor Latente, correspondiente al evento 6. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

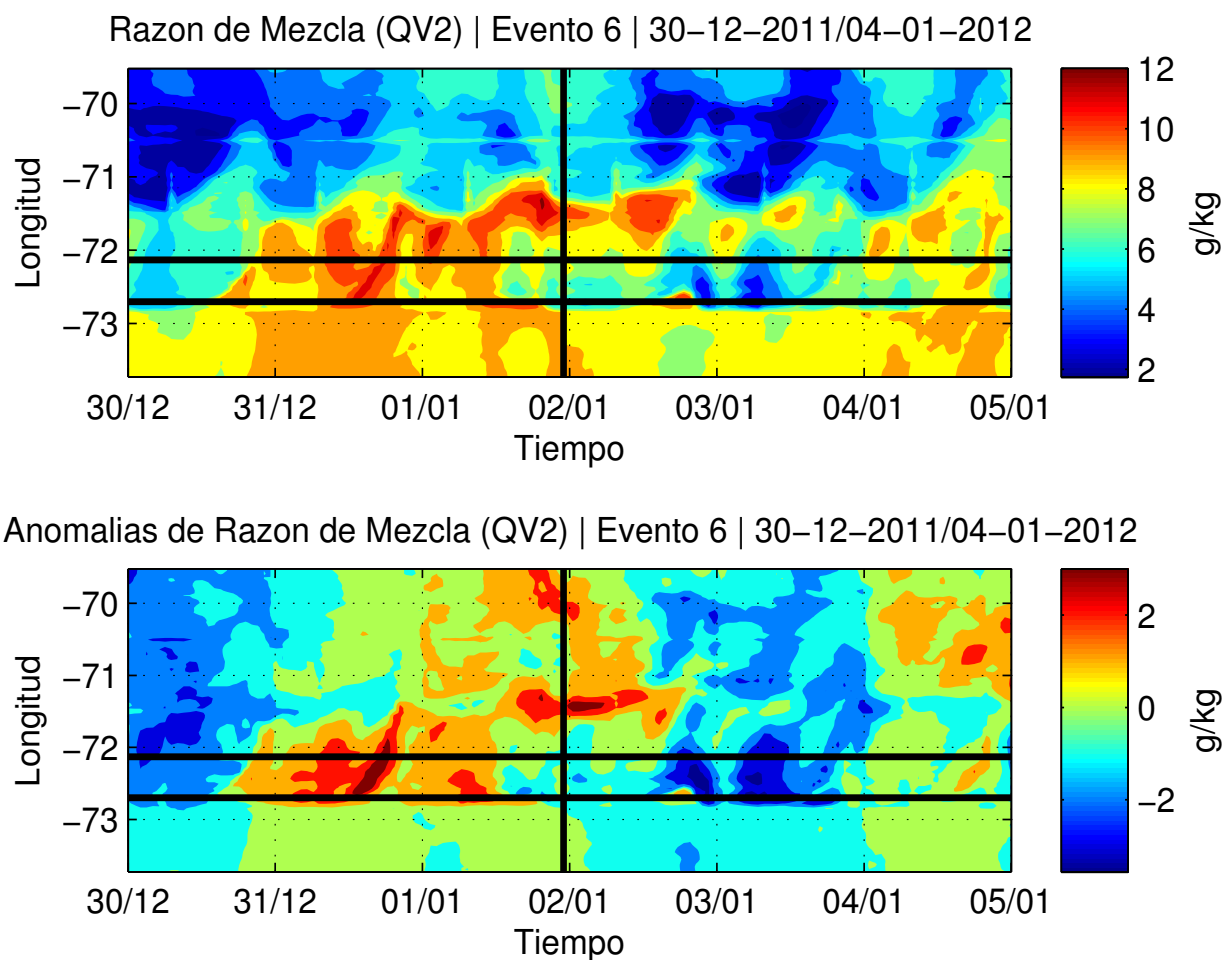


Figura 6.105: Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, correspondiente al evento 6. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

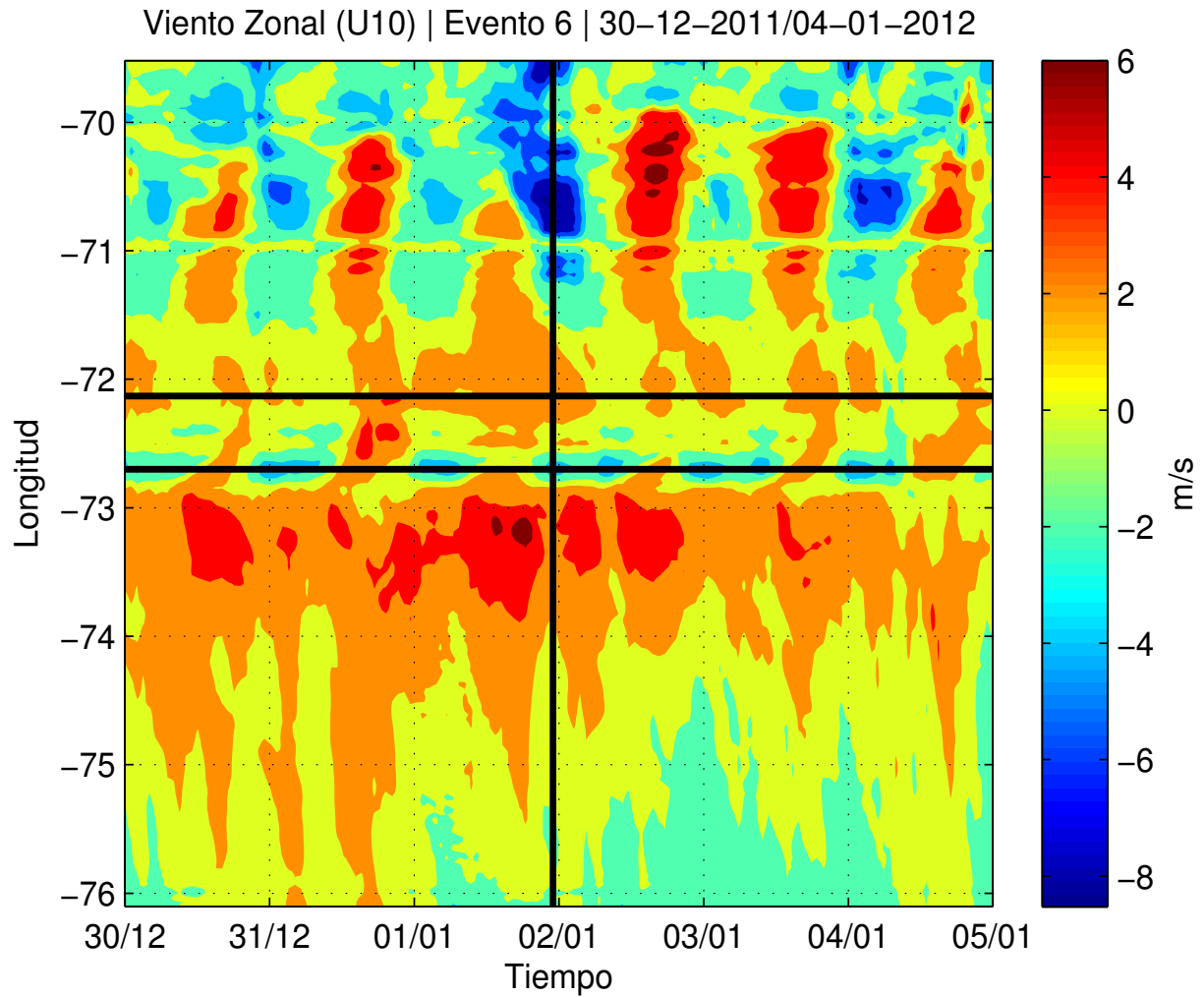


Figura 6.106: Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 6. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

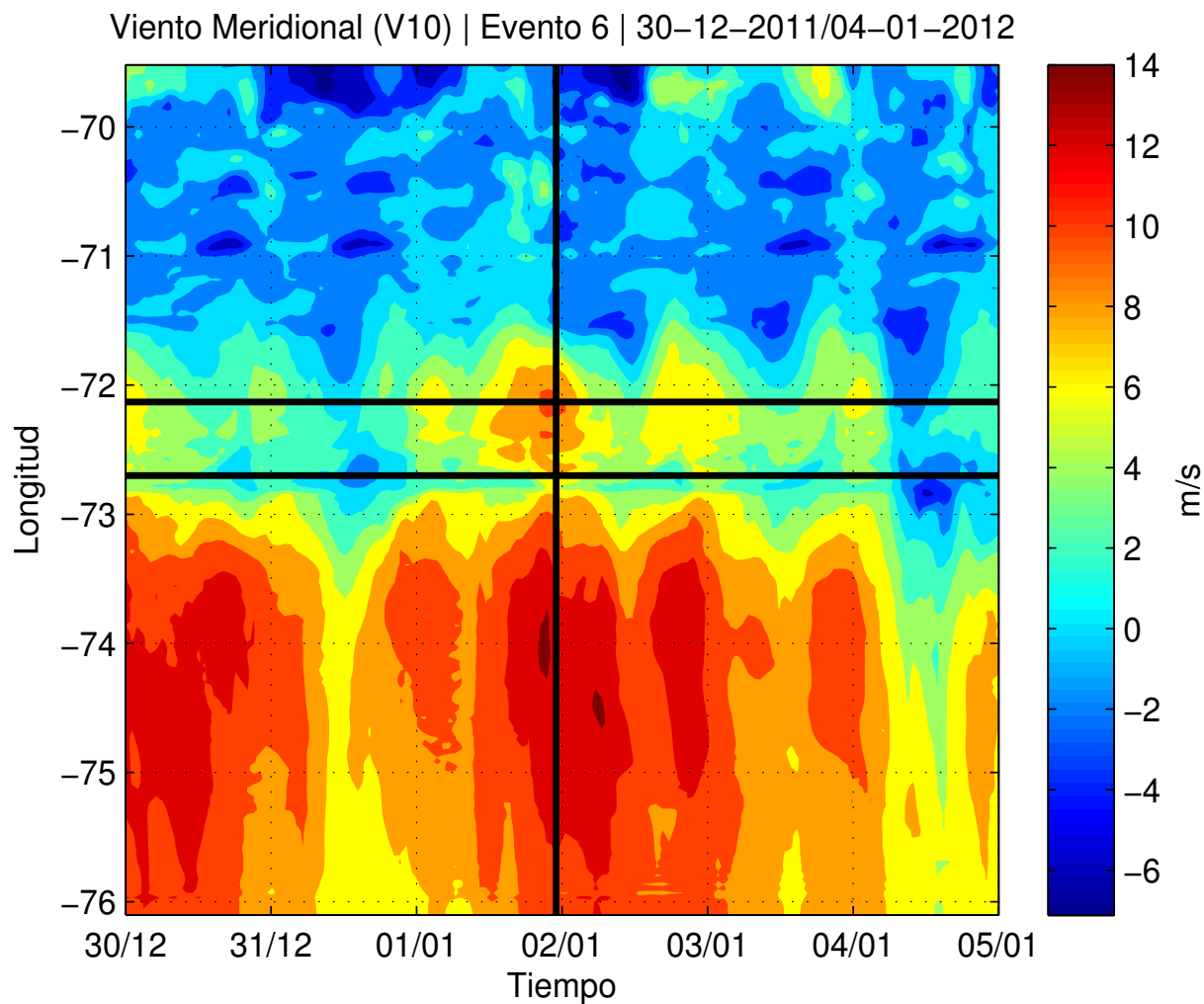


Figura 6.107: Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 6. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

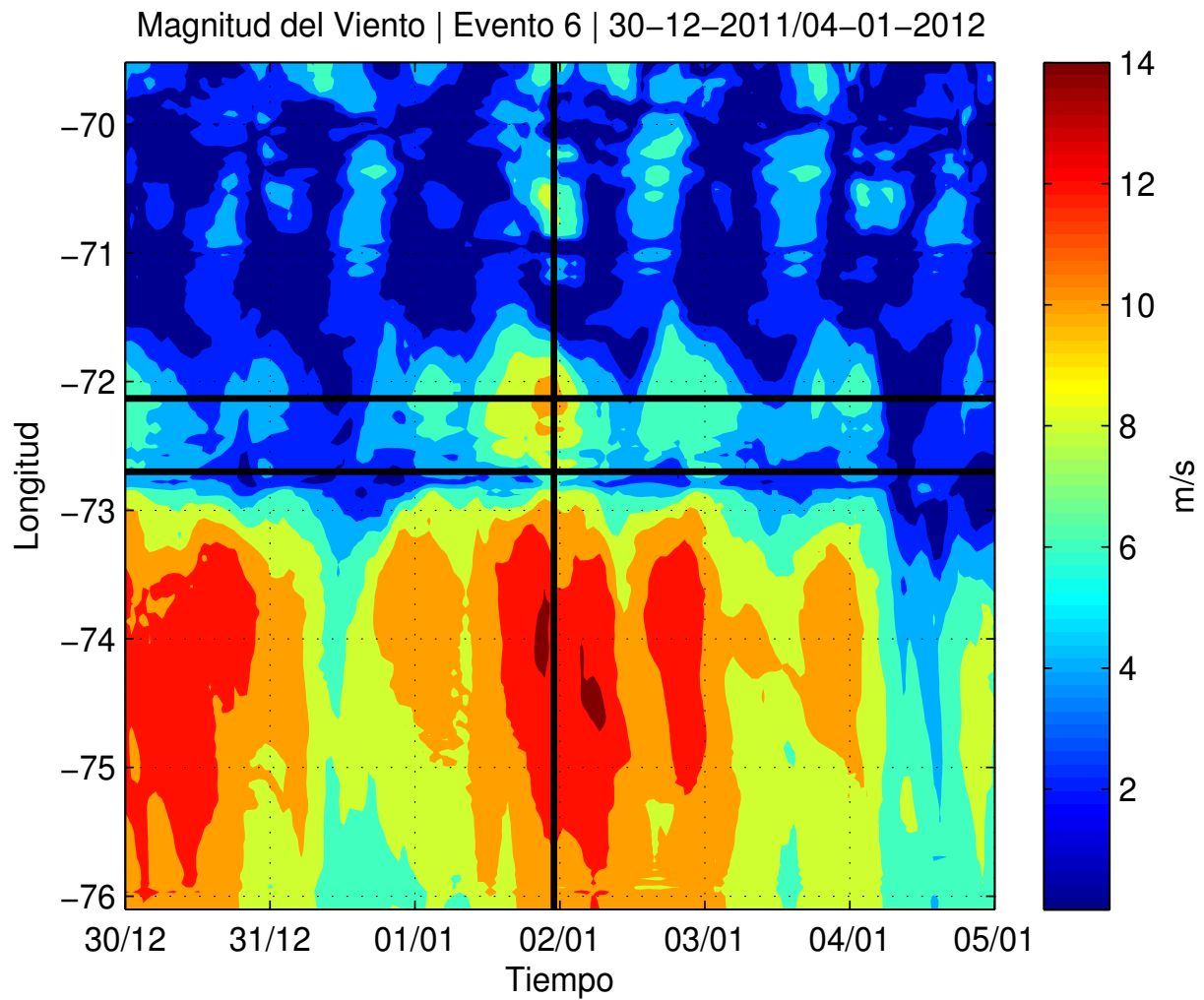


Figura 6.108: Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 6. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

Perfiles Verticales - Zonas de estudio - Área de Estudio I

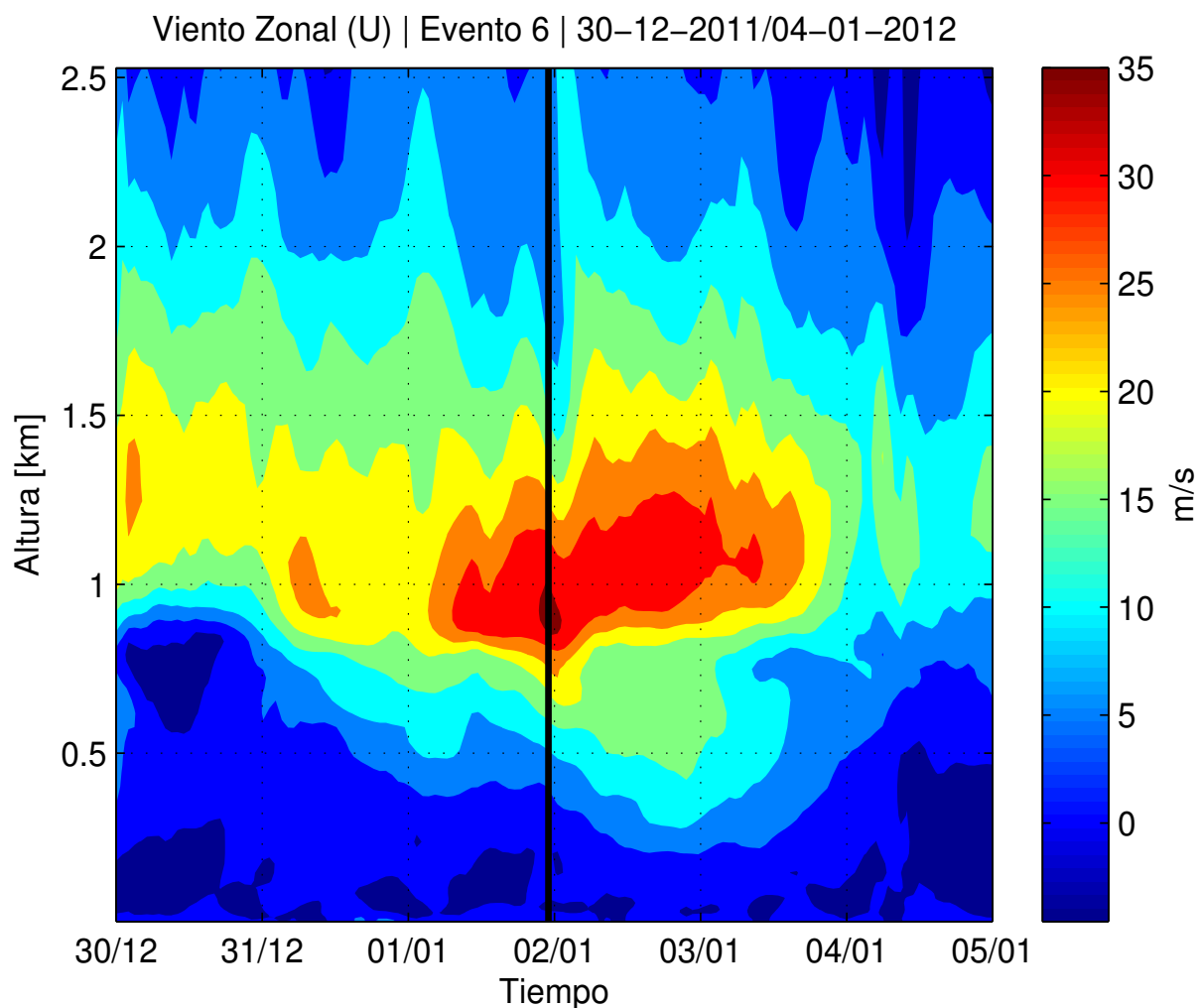


Figura 6.109: Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, correspondiente al área de estudio I, designada para el evento 6. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

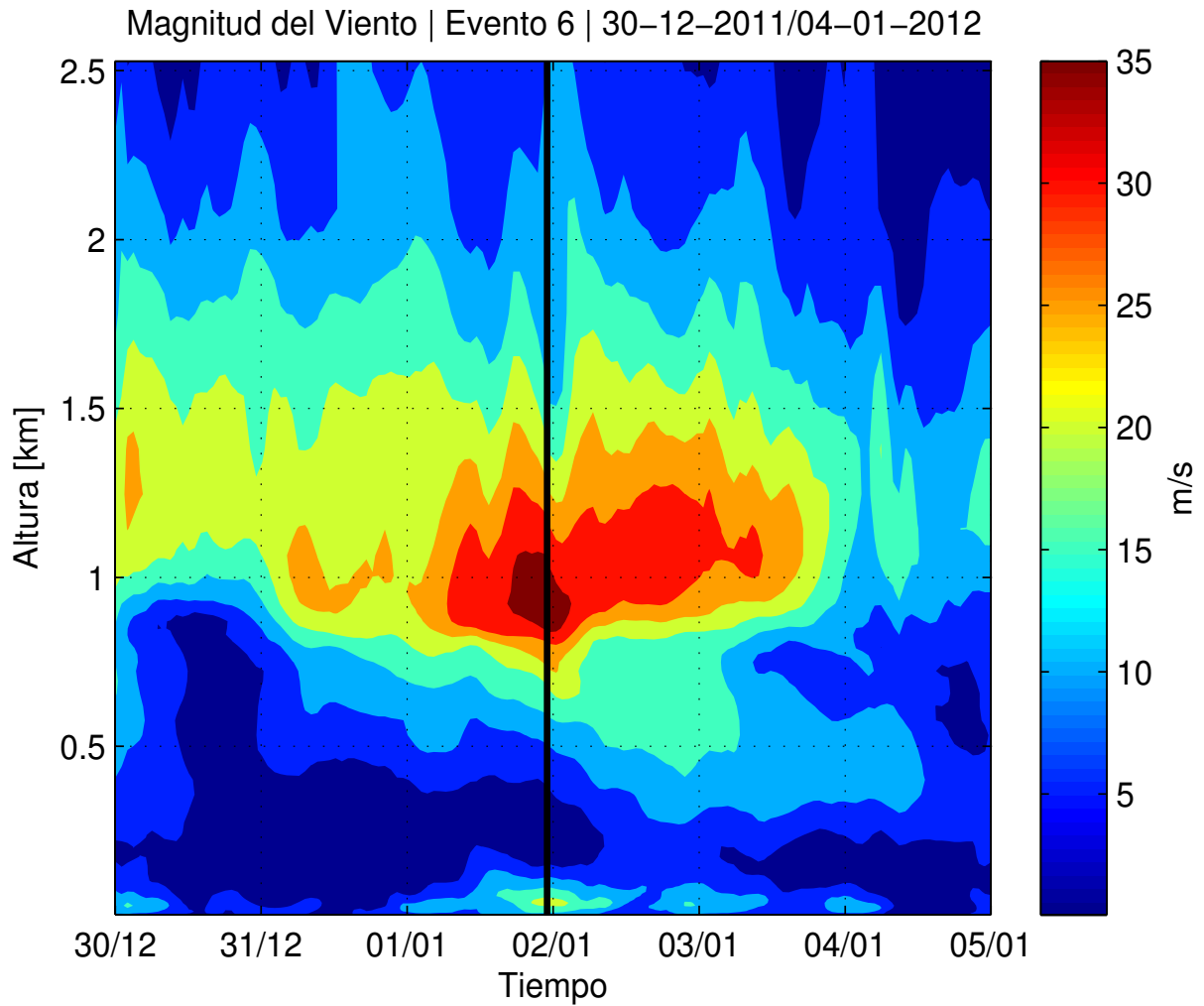


Figura 6.110: Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, correspondiente al área de estudio I, designada para el evento 6. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

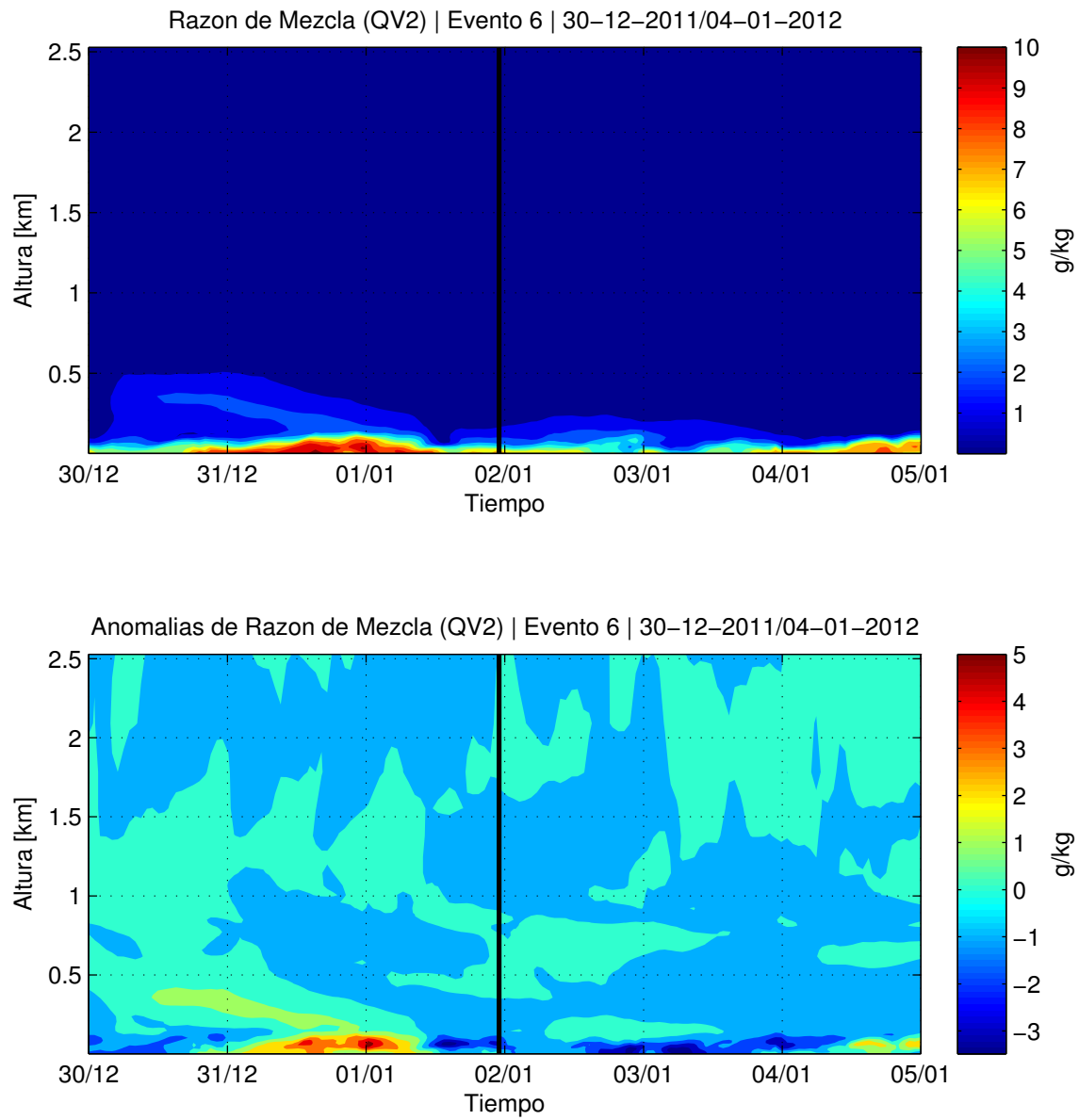


Figura 6.111: Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, correspondiente al área de estudio I, designada para el evento 6. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

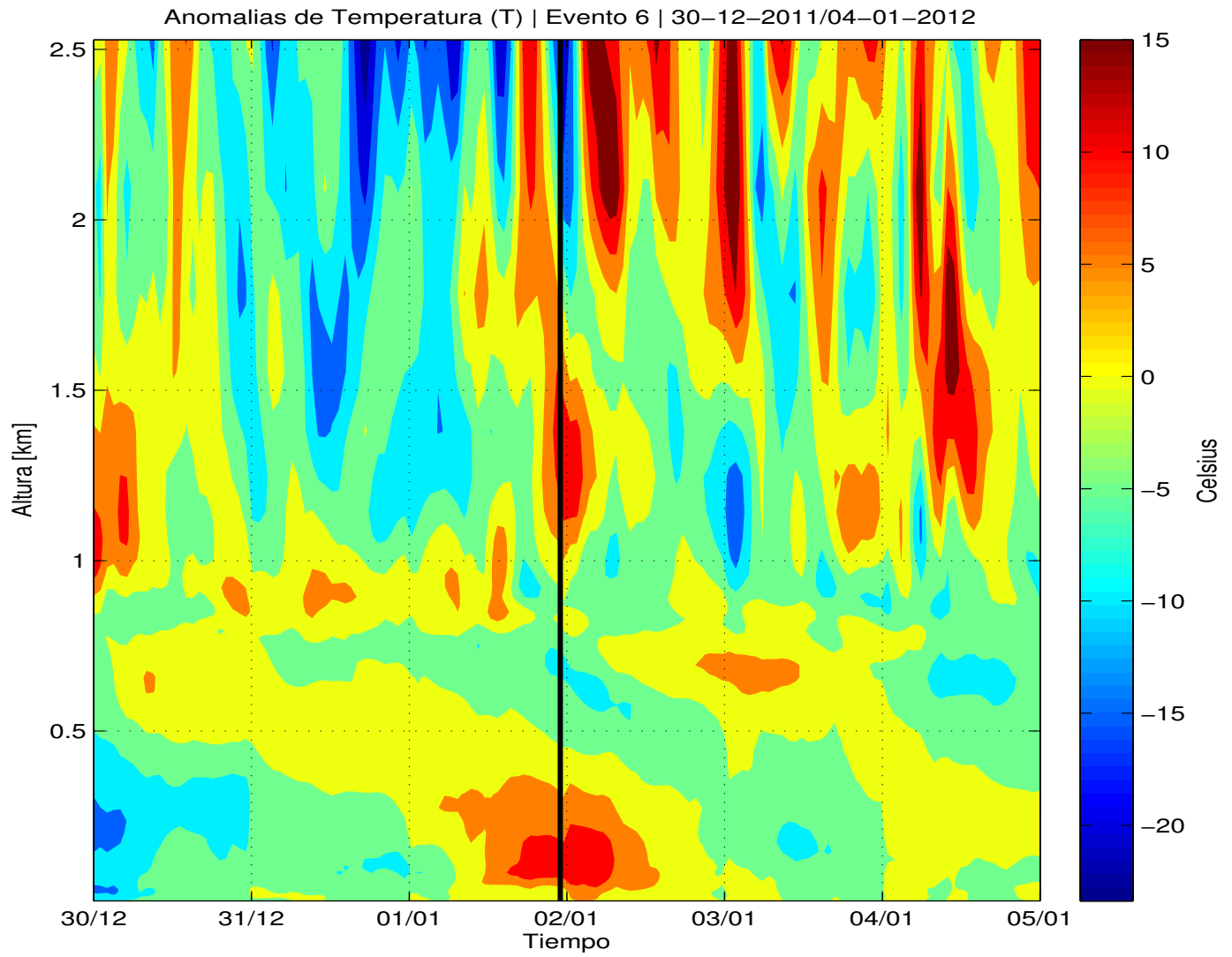


Figura 6.112: Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, correspondiente al área de estudio I, designada para el evento 6. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento.

Perfiles Longitudinales - Evento 6 - Área II

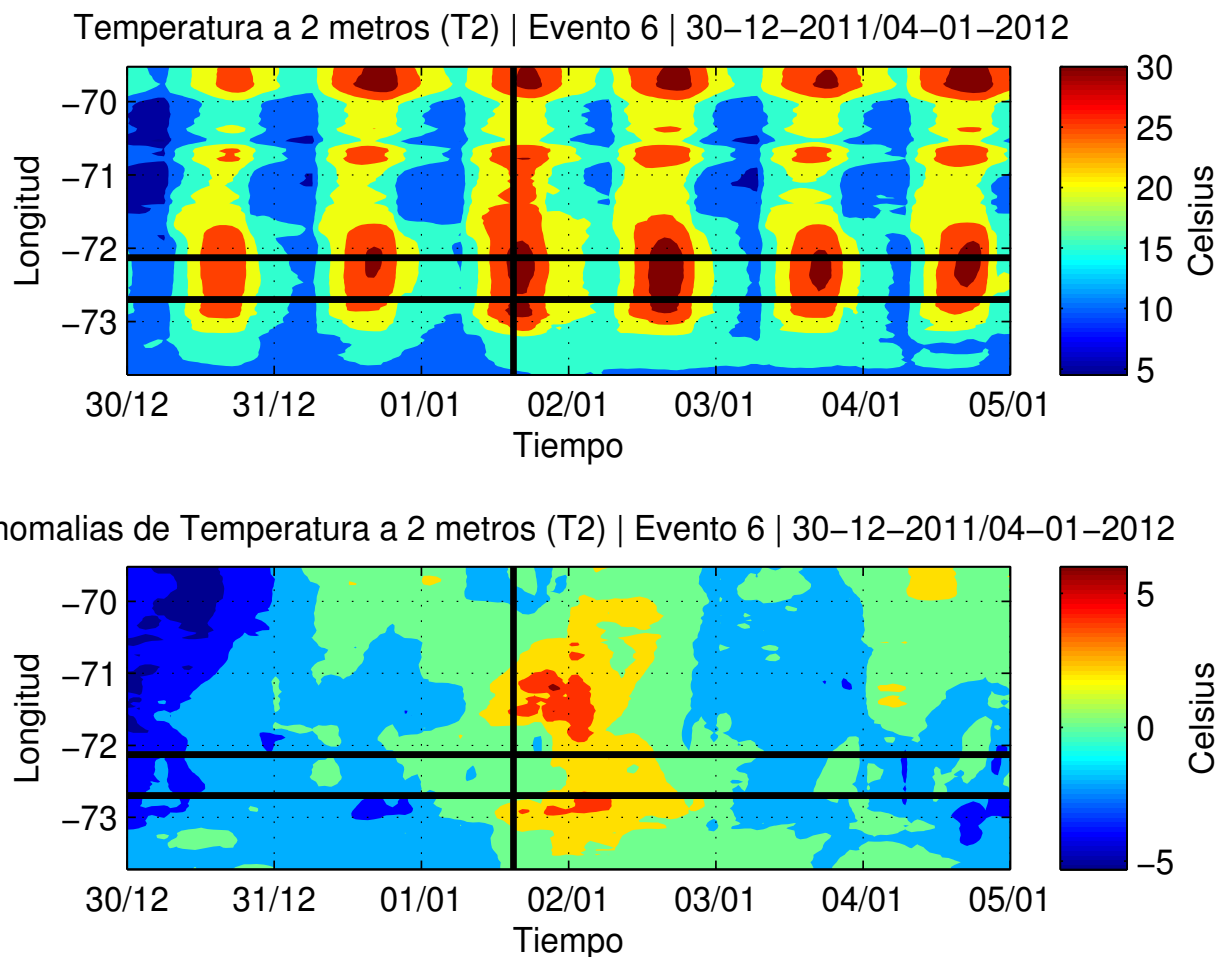


Figura 6.113: Campo Longitudinal de Temperatura a 2 metros del suelo, correspondiente al evento 6, área 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

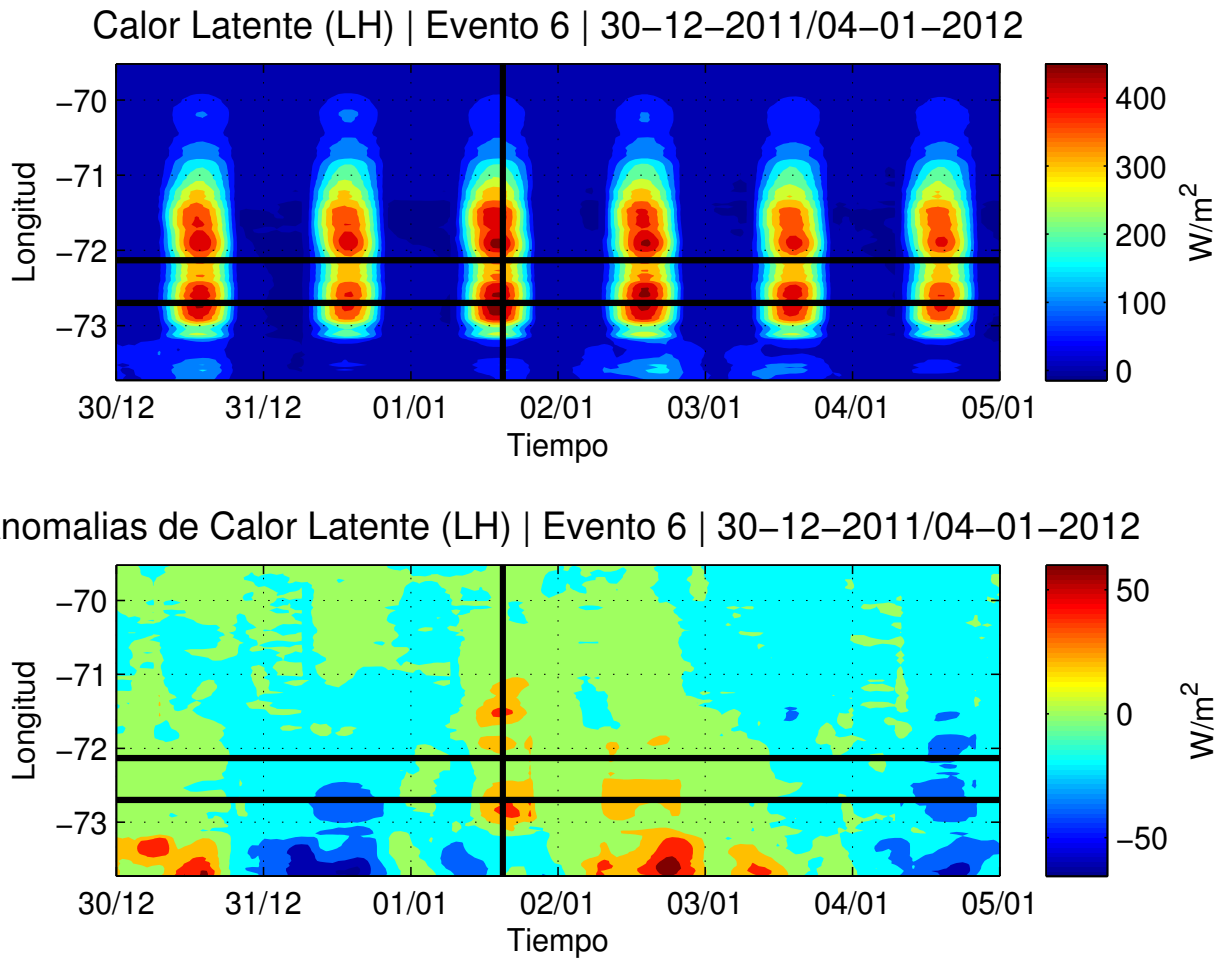


Figura 6.114: Campo Longitudinal de Calor Latente, correspondiente al evento 6, área 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

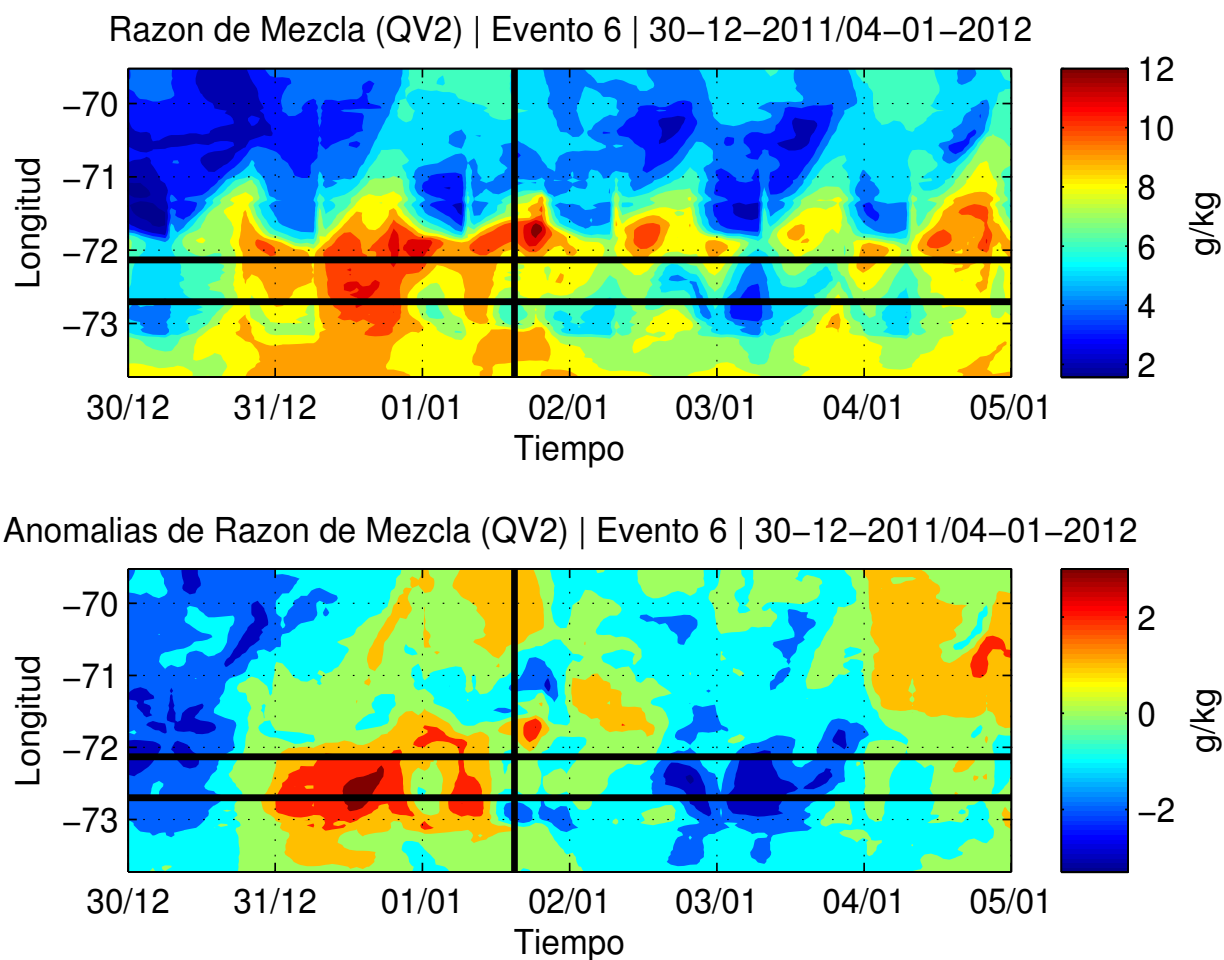


Figura 6.115: Campo Longitudinal de Razón de Mezcla, correspondiente al evento 6, área 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías del campo.

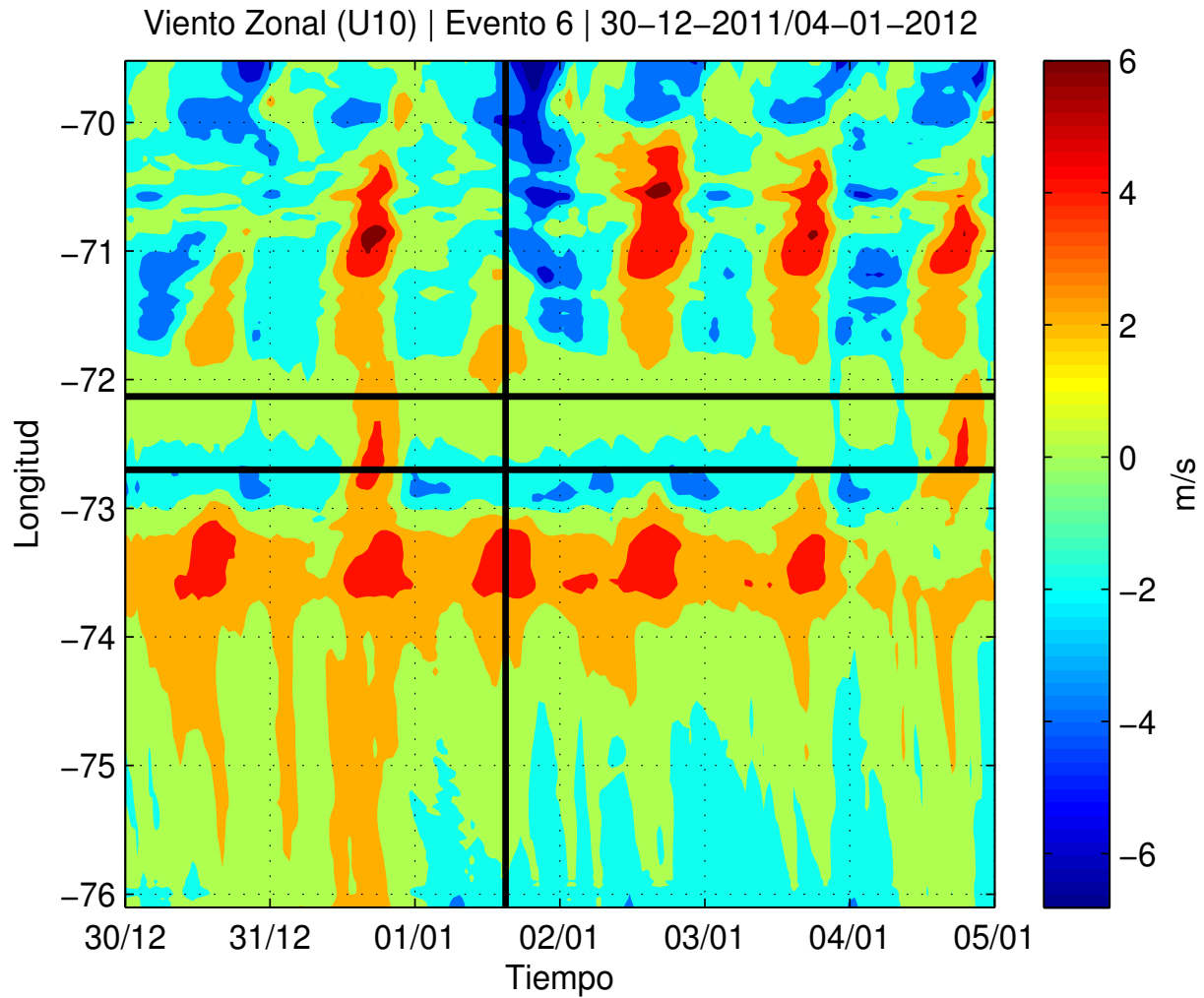


Figura 6.116: Campo Longitudinal de Componente Zonal del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 6, área 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

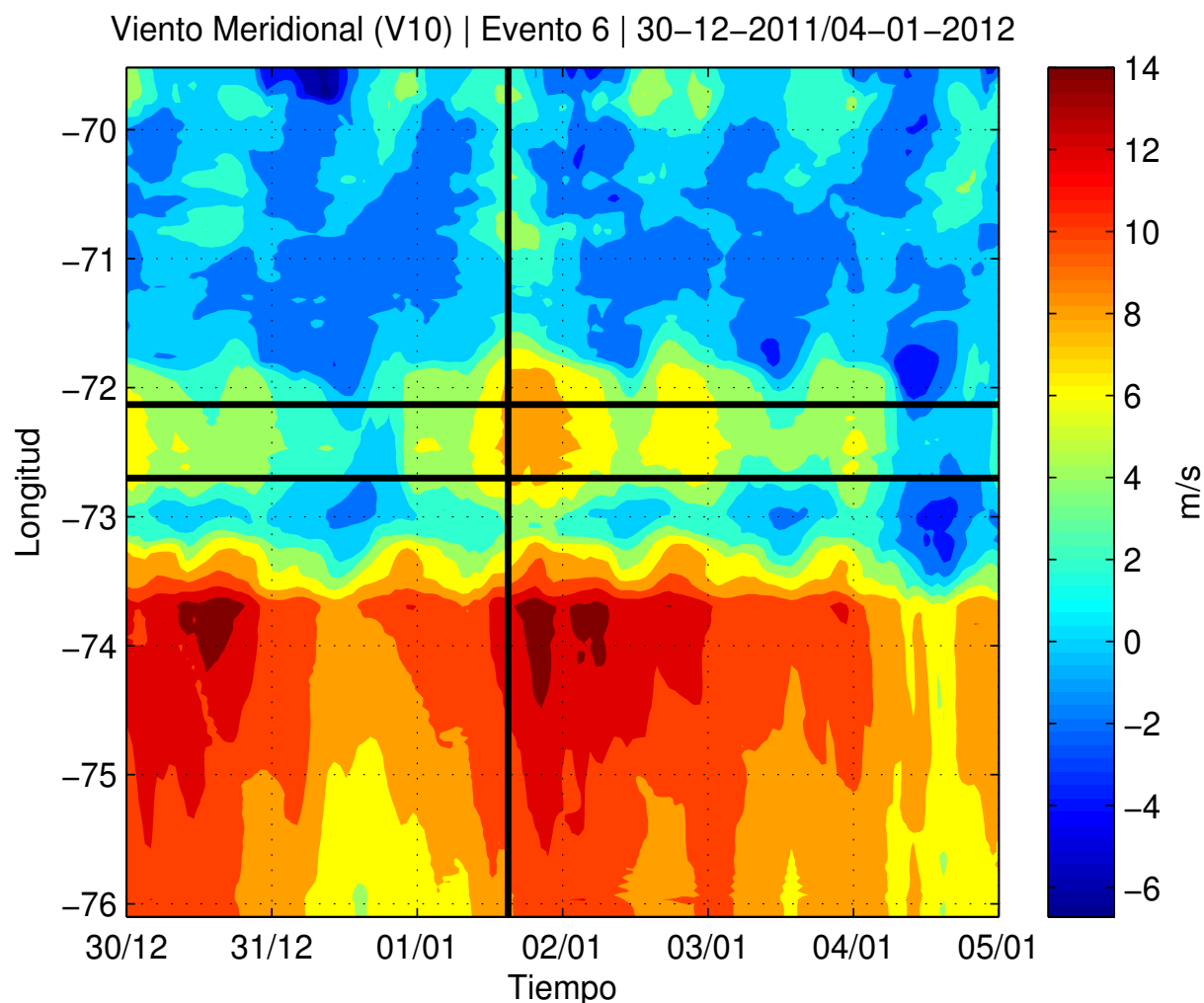


Figura 6.117: Campo Longitudinal de Componente Meridional del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 6, área 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

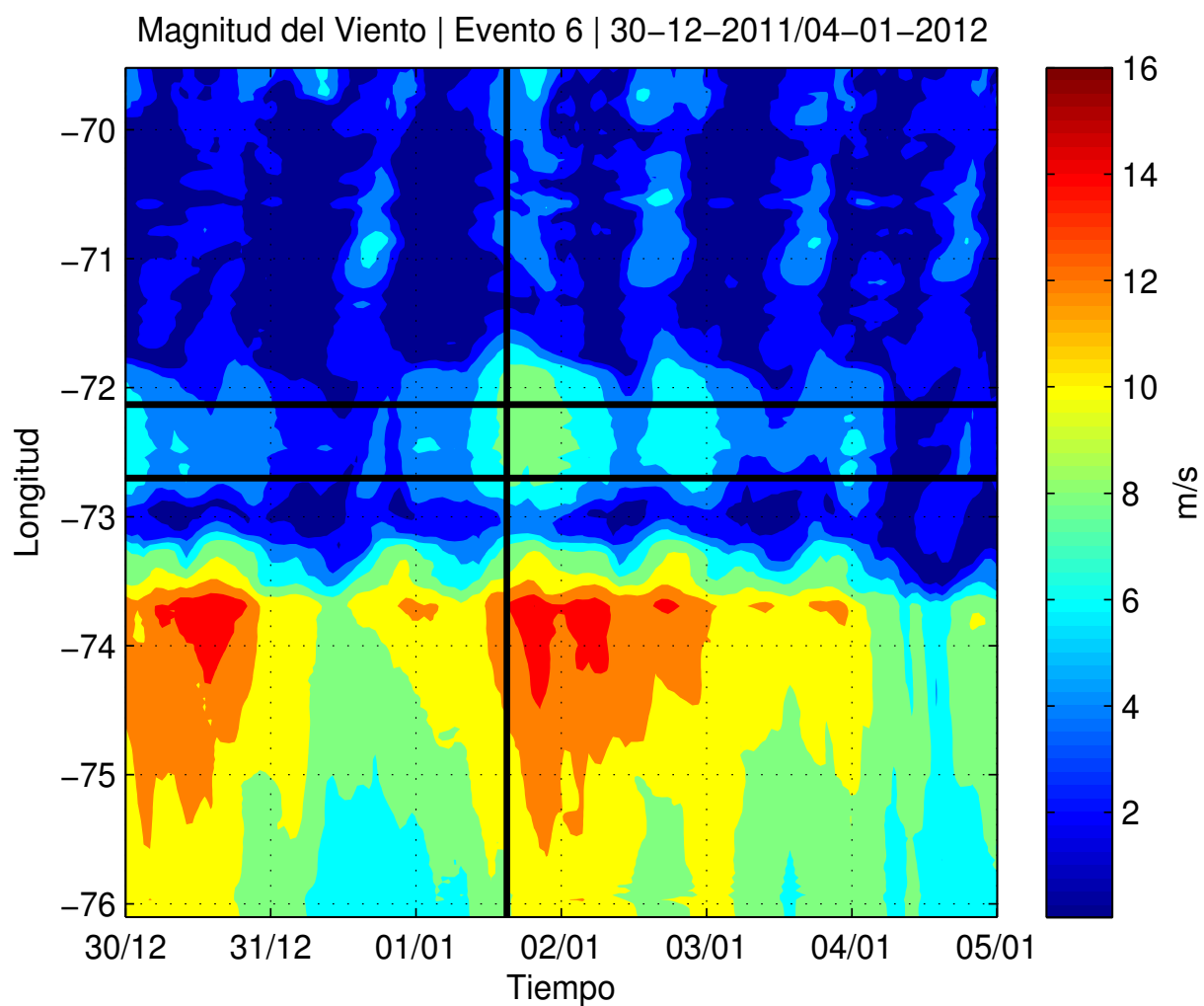


Figura 6.118: Campo Longitudinal de Magnitud del Viento a 10 metros del suelo, correspondiente al evento 6, área 2. Las franjas horizontales indican la longitud donde se localizaron los eventos más dañinos y la franja vertical indica la hora de inicio del evento. Esta figura corresponde al campo de valores absolutos de la variable.

Perfiles Verticales - Zonas de estudio - Área de Estudio II

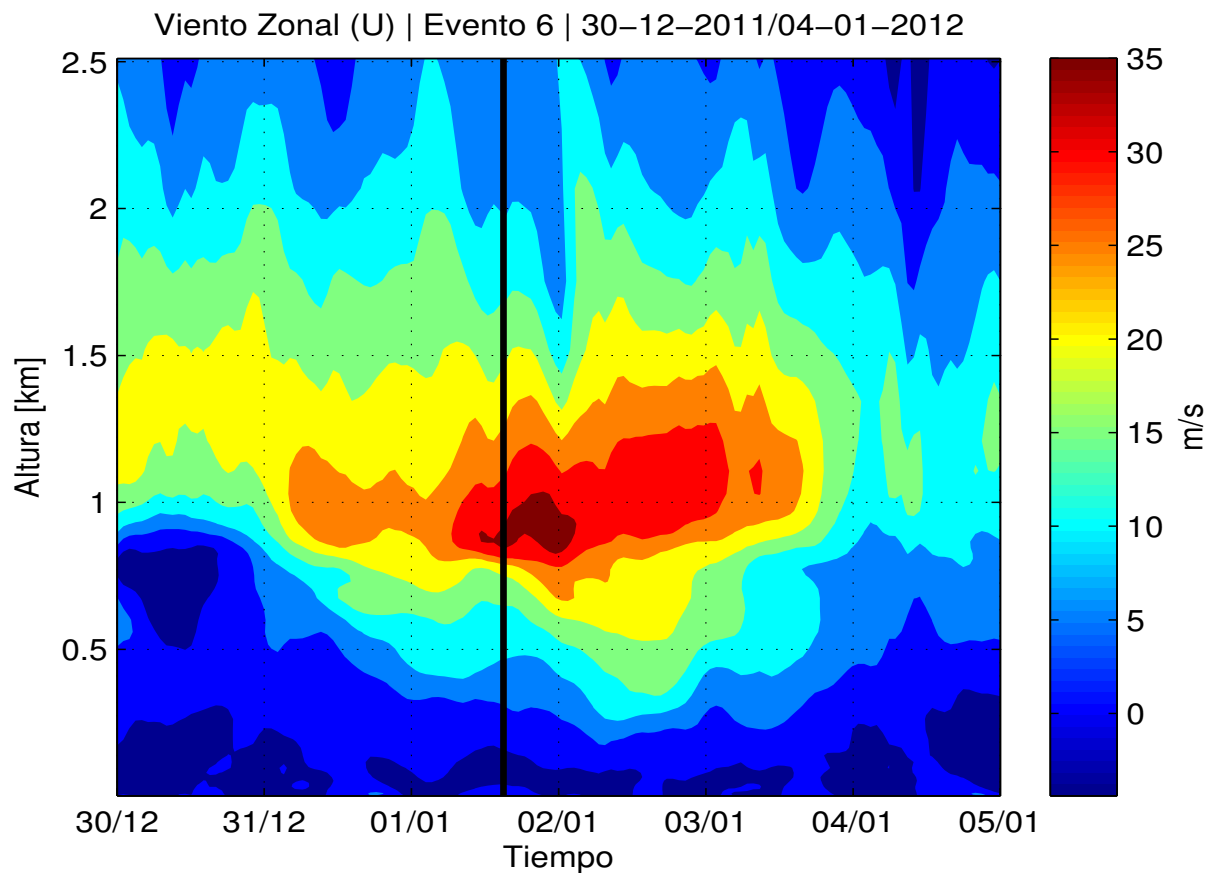


Figura 6.119: Perfil Vertical de Componente Zonal del Viento, correspondiente al área de estudio II, designada para el evento 6. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. Para realizar esta figura se utiliza el campo de valores absolutos de la variable.

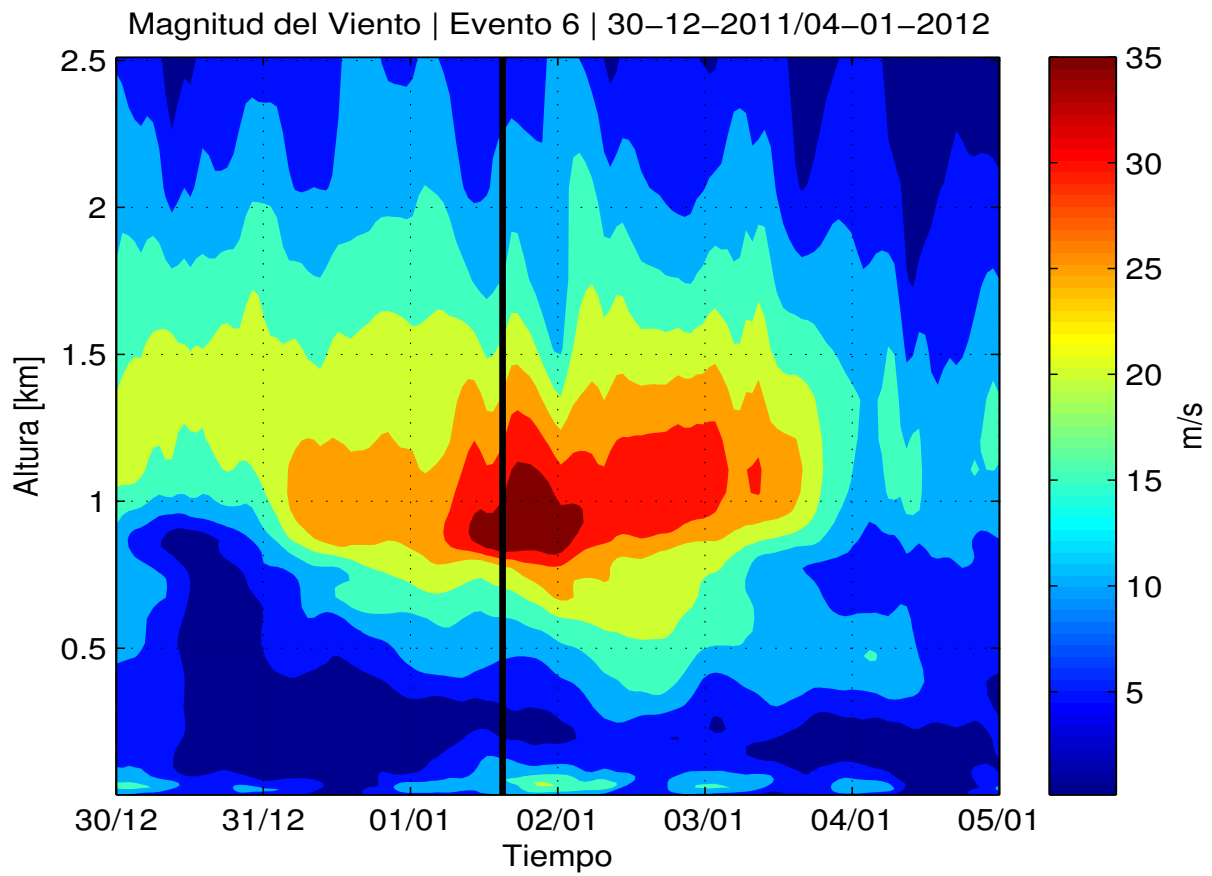


Figura 6.120: Perfil Vertical de la Magnitud del Viento, correspondiente al área de estudio II, designada para el evento 6. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. Para realizar esta figura se utiliza el campo de valores absolutos de la variable.

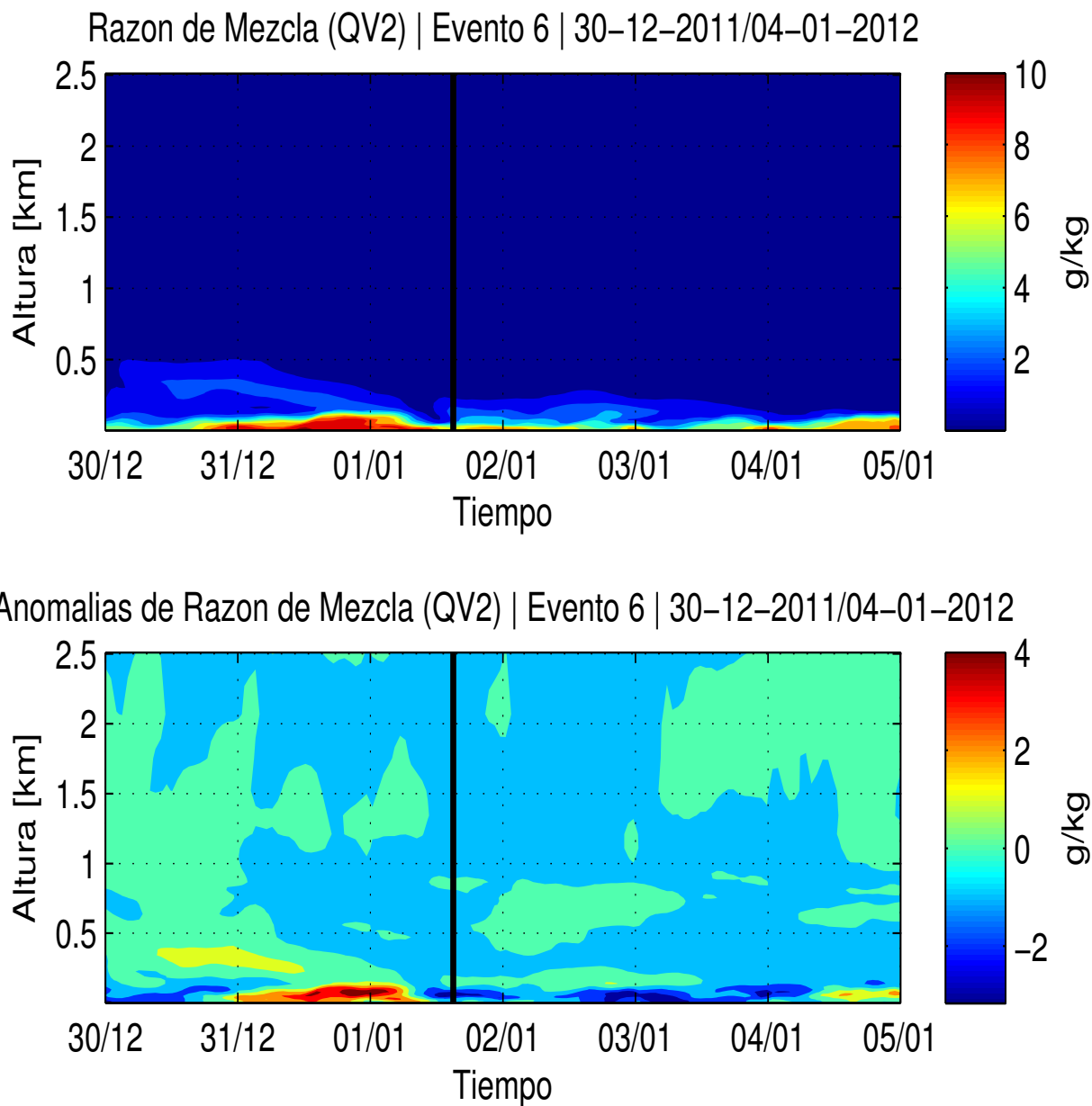


Figura 6.121: Perfil Vertical de la Razón de Mezcla, correspondiente al área de estudio II, designada para el evento 6. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento. La figura superior corresponde al campo de valores absolutos, mientras que la figura inferior corresponde a las anomalías.

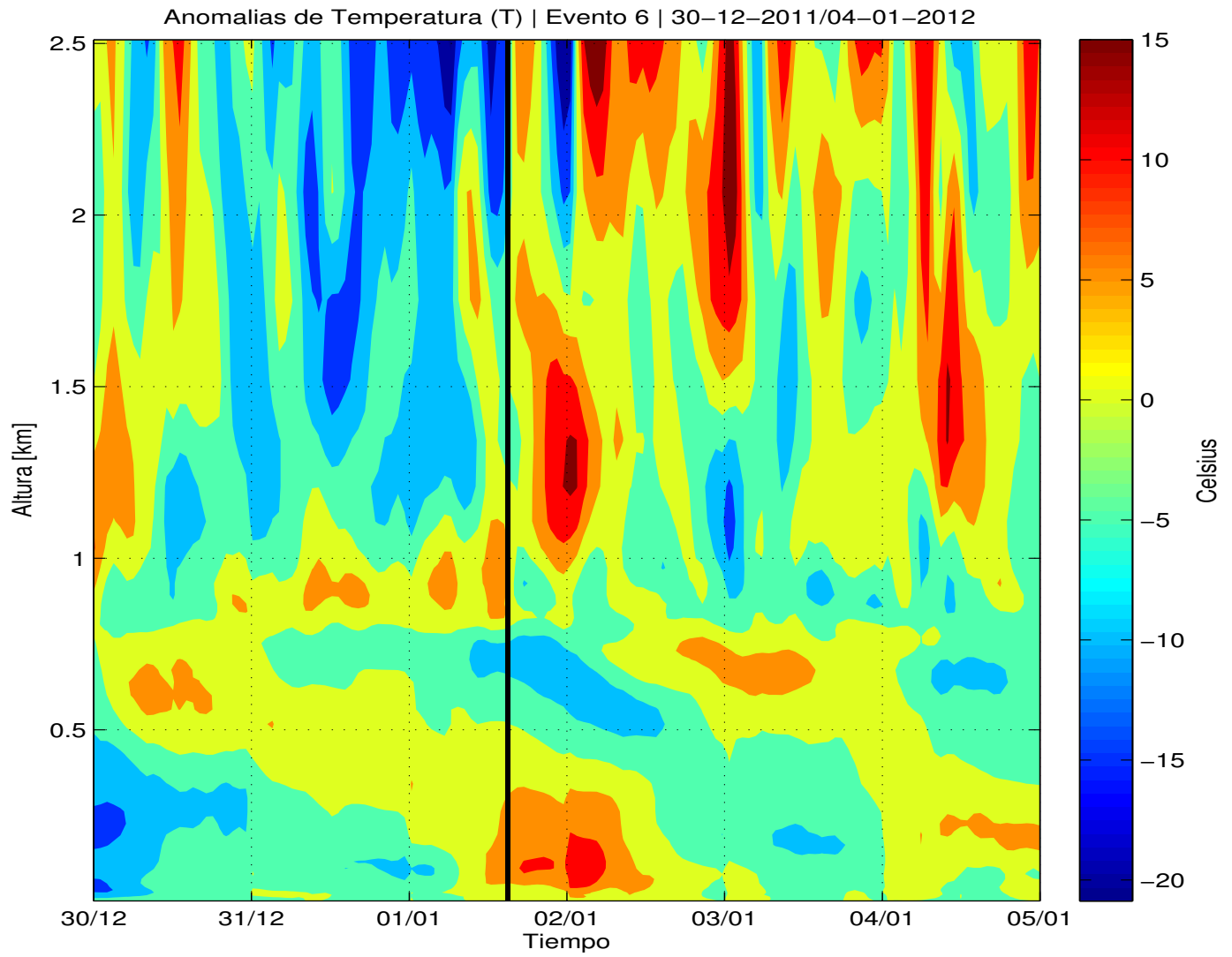


Figura 6.122: Perfil Vertical de las Anomalías de Temperatura, correspondiente al área de estudio II, designada para el evento 6. La franja vertical indica la hora del comienzo del evento.

Bibliografía

- [1] Byram, G. M. (1954). Atmospheric conditions related to blowup fires.
- [2] Bureau of Meteorology, Australian Government. MSLP Analysis, Pacific Ocean. Retrieved from: <http://www.bom.gov.au/australia/charts/archive/index.shtml>
- [3] CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). Estadísticas de Incendio. Disponible en <http://www.conaf.cl>
- [4] CONAMA (Comisión Nacional de Medio Ambiente, CL). 2006. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. Informe Final. Santiago, Chile. CONAMA. 63 p.
- [5] Conil, S., and A. Hall, 2006: Local regimes of atmospheric variability: A case study of Southern California. J. Climate, 19: 4308-4325.
- [6] Fox-Hughes, P. (2012). Springtime fire weather in Tasmania, Australia: two case studies. Weather and Forecasting, 27(2), 379-395.
- [7] García de Pedraza, L. & García Vega, M. (1987). La Meteorología y los incendios forestales. Hoja Divulgadora nº 14 de 1987, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España.
- [8] Garreaud, R., Rutllant, J., & Fuenzalida, H. (2002). Coastal lows along the subtropical west coast of South America: Mean structure and evolution. Monthly Weather Review, 130(1), 75-88.
- [9] González, M. E., Lara, A., Urrutia, R., & Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33°-42° S). Bosque (Valdivia), 32(3), 215-219.
- [10] Holz, A., Kitzberger, T., Paritsis, J., & Veblen, T. T. (2012). Ecological and climatic controls of modern wildfire activity patterns across southwestern South America. Ecosphere, 3(11), art103.

- [11] Hoinka, K. P., 1985: What is a Foehn clearance?. Bull. Amer. Meteor. Soc., 66, 1123-1132.
- [12] Jenkins, H. Clausius-Clapeyron Equation. Chemical Thermodynamics at a Glance, 76-77.
- [13] Jin, J., Miller, N. L., & Schlegel, N. (2010). Sensitivity study of four land surface schemes in the WRF model. Advances in Meteorology, 2010.
- [14] Le Quesne C, DW Stahle, MK Cleaveland, MD Therrell, JC Aravena, J Barichivich. 2006. Ancient Austrocedrus tree-ring chronologies used to reconstruct central Chile precipitation variability from A.D. 1200 to 2000. Journal of Climate 19(22): 5731-5744.
- [15] Macias Fauria, M., Michaletz, S. T., & Johnson, E. A. (2011). Predicting climate change effects on wildfires requires linking processes across scales. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2(1), 99-112.
- [16] Muñoz, R., and R. Garreaud, 2005: Dynamics of the low-level jet off the subtropical west coast of South America. Mon. Wea. Rev., 133, 3661-3677.
- [17] National Centers for Environmental Prediction/National Weather Service/NOAA/U.S. Department of Commerce. 2000, updated daily. NCEP FNL Operational Model Global Tropospheric Analyses, continuing from July 1999. Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory. <http://dx.doi.org/10.5065/D6M043C6>.
- [18] National Center for Environmental Prediction (2001). Real-time, global, sea surface temperature (*RTG_SST*) analysis. Retrieved from: http://polar.ncep.noaa.gov/sst/rtg_low_res/
- [19] Rogers, E., Black, T., Ferrier, B., Lin, Y., Parrish, D., & DiMego, G. (2001). Changes to the NCEP Meso Eta Analysis and Forecast System: Increase in resolution, new cloud microphysics, modified precipitation assimilation, modified 3DVAR analysis. NWS Technical Procedures Bulletin, 488, 15.
- [20] Saha, S., et al. 2010. NCEP Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) 6-hourly Products, January 1979 to December 2010. Research Data Archive at the National Center for Atmospheric Research, Computational and Information Systems Laboratory. <http://dx.doi.org/10.5065/D69K487J>.

- [21] Sharples, J. J., Mills, G. A., McRae, R. H., & Weber, R. O. (2010). Foehn-like winds and elevated fire danger conditions in southeastern Australia. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(6), 1067-1095.
- [22] Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G. & Powers, J. G. A Description of the Advanced Research WRF Version 3, 2008. NCAR Technical Note. NCAR/TN-475+ STR, 125.
- [23] Trigo, R. M., Pereira, J., Pereira, M. G., Mota, B., Calado, T. J., Dacamara, C. C., & Santo, F. E. (2006). Atmospheric conditions associated with the exceptional fire season of 2003 in Portugal. *International Journal of Climatology*, 26(13), 1741-1757.
- [24] Westerling, A. L., Cayan, D. R., Brown, T. J., Hall, B. L., & Riddle, L. G. (2004). Climate, Santa Ana winds and autumn wildfires in southern California. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 85(31), 289-296.
- [25] Wilks, D. S. (2011). *Statistical methods in the atmospheric sciences* (Vol. 100). Academic press.
- [26] WMO, 1992: *International Meteorological Vocabulary*. 2nd ed. Vol. 182. World Meteorological Organization, 784 pp.