

**CAPITULO 4**  
**CARACTERIZACION METEOROLOGICA**  
**DEL FENOMENO**

## 4.1 Introducción

La caracterización que se desarrolla en este capítulo tiene como objetivo integrar y complementar los antecedentes meteorológicos provenientes de los diversos estudios realizados del fenómeno ocurrido los días 17 y 18 de Junio de 1991 en la II Región, y particularmente en la ciudad de Antofagasta.

Ella incluye una descripción de las condiciones en términos de la precipitación, viento y presiones, a nivel de la superficie tanto en Antofagasta como en otras localidades de la región desde La Serena a Tocopilla. Sobre la base de datos aerológicos provenientes de los radiosondeos realizados desde Cerro Moreno, se analiza la inversión térmica y los vientos en altura observados en el período pre y post tormenta, investigando las condiciones meteorológicas que acompañaron el fenómeno, particularmente la inestabilidad convectiva que se detecta. De acuerdo con la información recopilada acerca de la circulación atmosférica general del cono sur y de las cartas sinópticas a niveles de superficie y de los 500 hPa, complementadas con las cartas de tropopausa y viento máximo, e imágenes del satélite, se confirma que el evento se enmarca dentro de uno más amplio activado en la zona central del país y propagado hacia el norte por un debilitamiento general del anticiclón del Pacífico suroriental.

El análisis y conclusiones que se obtienen en este estudio resulta concordante con la posibilidad de desarrollo de núcleos convectivos en sectores de Antofagasta, lo que explicaría la variabilidad espacial significativa que se detectó en los tres pluviómetros instalados en distintas zonas de la ciudad.

## 4.2 Descripción del Tiempo Local en Superficie (Hojas de Ruta)

### 4.2.1 Antofagasta (Cerro Moreno)

A partir de las 05 HL del día 17 de junio de 1991 comienza a registrarse un fuerte viento del N en Cerro Moreno, Antofagasta, con velocidades que exceden los 10 nudos (DMC, 1991). Desde las 14 horas el viento aumenta su magnitud a 20-25 nudos, manteniendo una dirección predominante del N. En el transcurso de la tarde se produce un descenso de la base de la nubosidad y un aparente espesamiento de la capa de estratocúmulos costeros. Con la llegada de la noche, comienza a manifestarse una tenue neblina, la cual da lugar alrededor de las 24 HL a una densa garúa acompañada de un significativo aumento en la magnitud del viento N (sobre 40 nudos). Las primeras horas del día 18 vienen acompañadas de una intensificación de la garúa, que pasa a lluvia intensa hacia las 01 HL, persistiendo hasta las 03:30 HL, despejándose posteriormente. La lluvia aparentemente se manifestó con intensidades variables (Covarrubias et al., 1991), aumentando con el tiempo hasta las 03 HL.

Durante la madrugada del día 18, las condiciones meteorológicas locales (viento, nubosidad) muestran una progresiva normalización, quedando los cielos con escasa nubosidad durante el día 18.

En el sector de la ciudad de Antofagasta hay datos de precipitación acumulada el día 18 en 3 estaciones pluviométricas: Cerro Moreno (14.1 mm), Universidad Católica del Norte (42 mm), y Dirección General de Aguas (17.0 mm). En Uribe la precipitación acumulada ese día fue de 14 mm y sobre los 2000 m.s.n.m. se registró precipitación sólida (Agua Verde y Cerro Coloso).

#### 4.2.2 Otras localidades

El área de precipitación se desplazó de sur a norte de la manera siguiente: En la zona central (Viña del Mar, DMC, 1991) la precipitación comienza el día 15, persistiendo hasta mediodía del 17. El día 18 y hasta el mediodía del 19 vuelve a precipitar en esta zona. En La Serena y Vallenar (DMC, 1991), la precipitación comienza en las primeras horas del día 17, extendiéndose hasta la madrugada del día 19. En Chañaral (DMC, 1991) y Taltal (Covarrubias et al., 1991) la lluvia comienza el día 17 a las 20 HL declinando sólo al final del día 18 (al menos en Chañaral).

En Tocopilla (Covarrubias et al., 1991) la lluvia comienza el 18 a las 06 HL, mientras en Calama (DMC, 1991) se registra precipitación entre las 08 y 14 HL de ese día.

En resumen, Antofagasta muestra los días 16 y 17 de junio de 1991 una situación prefrontal con presiones atmosféricas del orden de 2 hPa por debajo de lo normal (1016 hPa), vientos del N intensos y temperaturas del aire unos 2 C por encima de los valores climatológicos (14 C). El carácter advectivo de esta situación se aprecia en la ausencia del típico ciclo diario en las temperaturas y vientos a partir del día 17. Las presiones se recuperan y exceden los valores normales al final del día 18, aún cuando los vientos siguen mostrando dirección N con velocidades anormalmente altas (10 nudos). Las precipitaciones observadas el día 18 entre La Serena y Taltal fueron del orden de 40-50 mm, mientras el sector de Antofagasta - Tocopilla registró acumulaciones medias del orden de 15 mm.

### 4.3 **Datos Aerológicos de Cerro Moreno**

#### 4.3.1 Inversión Térmica

La característica inversión de subsidencia que se observa en forma casi permanente en los radiosondeos que diariamente se lanzan a las 12 UTC (08 HL) en Cerro Moreno, desaparece por completo el día 18, siendo reemplazada por una capa saturada hasta 3700 m (gradiente de temperatura adiabático-saturado).

**TABLA 4.1: PARAMETROS TERMODINAMICOS DE LOS RADIOSONDEOS DE CERRO MORENO (ANTOFAGASTA) A LAS 08 HL**

a) DIA 15/JUNIO/1991

P [hPa]	T [C]	Td [C]	Z [m]	O [K]	dO/dZ*100	Oe [K]	dOe/dZ*100
1000	13	10	0	286.0		306.4	
920	10	8	698	289.8	0.55	309.6	0.46
870	17	0	1169	301.8	2.54	326.0	3.49
850	16	-1	1367	302.7	0.49	314.2	-5.99
800	15	-21	1880	307.0	0.82	309.4	-0.94
720	11	-26	2763	312.0	0.57	313.9	0.51
700	8	-26	2996	311.2	-0.34	313.1	-0.34
650	3	-25	3601	312.2	0.17	314.4	0.22
620	3	-28	3983	316.4	1.11	318.1	0.97
550	-6	-30	4936	316.8	0.04	318.5	0.04
500	-10	-29	5676	320.6	0.52	322.8	0.57
400	-24	-34	7350	323.6	0.17	325.5	0.16

b) DIA 16/JUNIO/1991

P [hPa]	T [C]	Td [C]	Z [m]	O [K]	dO/dZ*100	Oe [K]	dOe/dZ*100
1000	15	14	0	288.0		315.4	
900	7	7	881	288.6	0.06	307.6	-0.88
850	18	-20	1362	304.8	3.38	307.2	-0.09
700	6	-19	2995	308.9	0.25	312.6	0.33
600	-1	-22	4244	314.8	0.47	318.0	0.43
500	-13	-24	5668	317.0	0.16	320.3	0.17
450	-16	-37	6467	322.9	0.74	324.2	0.49
400	-23	-40	7343	324.9	0.22	325.5	0.15

c) DIA 17/JUNIO/1991

P [hPa]	T [C]	Td [C]	Z [m]	O [K]	dO/dZ*100	Oe [K]	dOe/dZ*100
1000	15	12	0	288.0		311.3	
940	10	6	520	288.1	0.01	304.5	-1.32
850	5	5	1350	291.2	0.38	308.7	0.51
830	14	-15	1547	302.7	5.81	306.7	-1.02
700	6	-21	2960	308.9	0.44	312.0	0.38
600	-3	-22	4200	312.5	0.28	315.8	0.31
500	-14	-24	5613	315.8	0.23	319.3	0.25
450	-14	-45	6413	325.4	1.21	326.0	0.85
400	-24	-34	7289	323.6	-0.21	325.5	-0.06
400	-23	-45	7320	324.9	0.08	329.7	-0.37

**TABLA 4.1: PARAMETROS TERMODINAMICOS DE LOS RADIOSONDEOS DE CERRO MORENO (ANTOFAGASTA) A LAS 08 HL (CONTINUACION)**

**d) DIA 18/JUNIO/1991**

P [hPa]	T [C]	Td [C]	Z [m]	O [K]	dO/dZ*100	Oe [K]	dOe/dZ*100
1000	15	13	0	288.0		313.5	
850	5	4	1354	291.2	0.24	307.8	-0.41
770	0	-3	2154	294.2	0.37	305.1	-0.34
700	-1	-1	2916	301.2	0.92	315.3	1.34
630	-10	-12	3744	300.1	-0.13	307.3	-0.96
550	-14	-35	4782	307.3	0.69	308.2	0.08
500	-20	-45	5497	308.4	0.16	308.7	0.08
450	-26	-36	6269	310.3	0.25	311.6	0.37
400	-33	-43	7109	311.9	0.18	312.5	0.11

**e) DIA 19/JUNIO/1991**

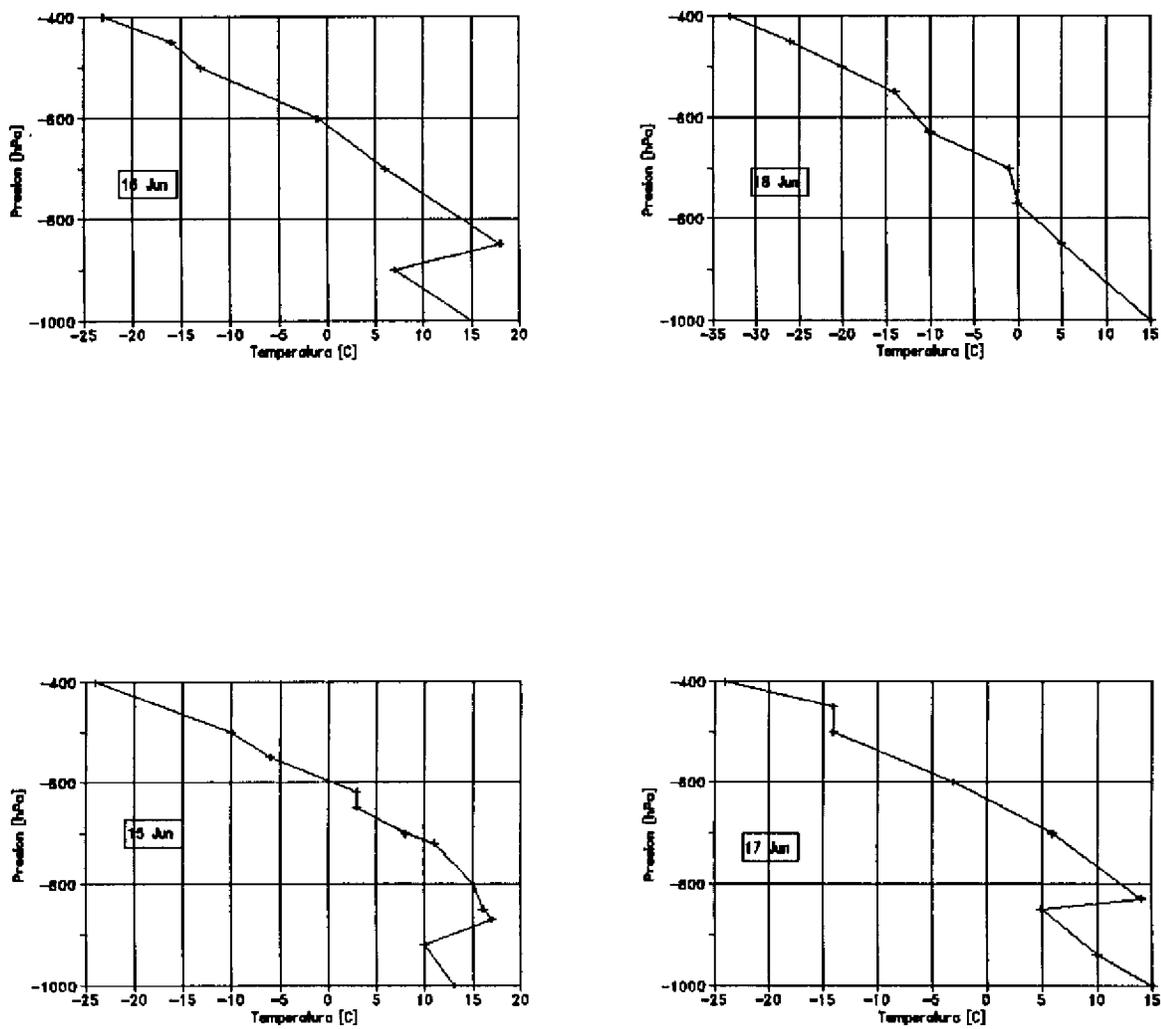
P [hPa]	T [C]	Td [C]	Z [m]	O [K]	dO/dZ*100	Oe [K]	dOe/dZ*100
1000	13	10	0	286.0		306.6	
950	12	6	431	289.2	0.75	305.6	-0.25
900	14	3	885	295.8	1.44	310.0	0.97
750	11	-4	2414	308.3	0.82	318.0	0.52
800	10	-20	1877	301.6	1.25	304.3	2.54
700	4	-16	2975	306.7	0.33	311.2	0.52
600	-4	-18	4209	311.3	0.37	315.9	0.39
510	-8	-25	5482	321.2	0.69	324.3	0.73
400	-24	-39	7309	323.6	0.18	324.9	-0.02

**f) DIA 20/JUNIO/1991**

P [hPa]	T [C]	Td [C]	Z [m]	O [K]	dO/dZ*100	Oe [K]	dOe/dZ*100
1000	13	11	0	286.0		310.7	
950	11	7	430	288.2	0.51	311.9	0.28
910	14	3	791	294.8	1.84	325.8	3.86
870	13	3	1169	297.6	0.73	327.5	0.46
850	13	-16	1365	299.6	1.02	331.2	1.86
700	5	-10	2970	307.8	0.51	330.7	-0.03
630	2	-35	3824	313.8	0.70	334.4	0.43
500	-11	-29	5642	319.4	0.31	330.2	-0.23
450	-15	-40	6444	324.2	0.59	333.0	0.35
400	-23	-45	7320	324.9	0.08	329.7	-0.37

**TABLA 4.2: COMPONENTE ZONAL DEL VIENTO (U) EN NUDOS, A DISTINTOS NIVELES DE PRESION, OBTENIDOS DE LOS RADIOSONDEOS DE CERRO MORENO (ANTOFAGASTA) A LAS 08 HL.**

Día	Niveles de presión [hPa]							
	850	700	500	400	300	250	200	150
10/06	3.2	3.4	8.7	9.6	24.6	39.0	64.0	54.2
11/06	-2.5	-3.8	14.8	20.0	26.8	26.8	47.6	60.6
12/06	-4.3	1.7	6.4	13.0	34.6	39.0	64.0	56.3
13/06	-9.6	-3.8	0.0	21.7	34.6	54.2	70.0	75.0
14/06	6.8	0.0	38.3	28.9	32.1	38.3	60.0	47.6
15/06	-3.2	5.1	29.5	28.2	51.7	82.3	98.5	141.0
16/06	-1.7	6.4	39.4	60.0	85.0	88.6	98.5	110.0
17/06	15.0	12.9	50.0	65.8	84.6	112.8	147.7	147.7
18/06	13.0	30.6	56.4	73.9	93.6	73.9	80.0	108.3
19/06	8.7	6.8	44.3	51.7	56.4	61.1	68.9	61.1
20/06	8.7	14.8	43.3	47.6	52.0	52.0	61.1	65.0



**FIGURA 4.1: PERFILES DE TEMPERATURA EN ANTOFAGASTA (CERRO MORENO) ENTRE LOS DIAS 15 AL 18 DE JUNIO DE 1991 (08 HL)**

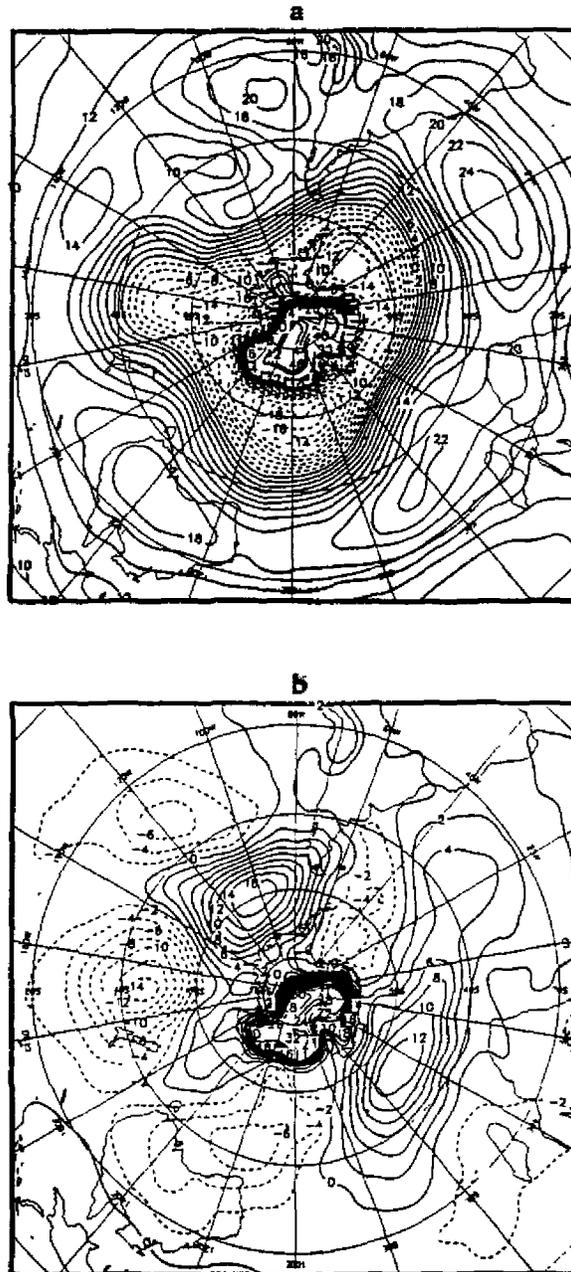
Previamente a esta situación la capa saturada se extiende desde la superficie hasta los 900 m el día 16 y hasta los 1300 m el día 17. Limitando esta capa por encima, la inversión de subsidencia se muestra intensa el día 16 y debilitada el 17 (menor espesor e incremento térmico). La Tabla 4.1 muestra parámetros derivados de los que entrega el radiosondeo (presión, temperatura, humedad relativa), que incluyen la altura geopotencial, temperatura potencial ( $\theta$ ) y temperatura potencial equivalente ( $\theta-e$ ). La última columna contiene los gradientes verticales de  $\theta-e$ , lo que permite calcular la inestabilidad potencial de la masa de aire superficial limitada por la inversión térmica. El valor negativo de este parámetro a través de la capa de inversión el día 17 indica que se superó en ese momento el límite que permite el desarrollo rápido de la convección cumuliforme cuando aparece una divergencia del flujo en altura. En la Tabla 4.1 se resumen los perfiles verticales de temperatura de los días 15 al 18 de junio.

#### 4.3.2 Vientos en Altura

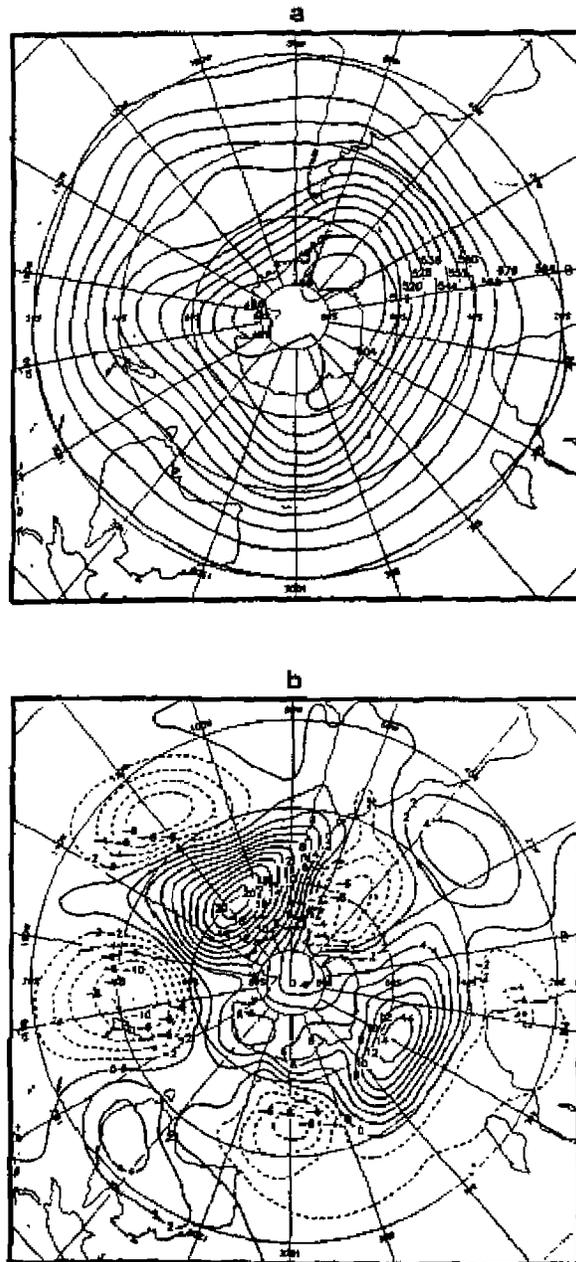
La Tabla 4.2 muestra la componente zonal del viento entre 850 hPa (1500 m) y 150 hPa (15000 m) entre los días 10 y 20 de junio de 1991. El rasgo más conspicuo lo constituye la propagación del máximo de velocidad desde los niveles superiores hacia la tropósfera media, alcanzándose el día 18 los 95 nudos a 300 hPa, que es el nivel característico del chorro del frente polar. Esta velocidad es el doble de la esperada en promedio para este nivel. El día anterior se observa una velocidad de 150 nudos en el nivel de 200 hPa, que correspondería a un desplazamiento al N del chorro subtropical. Como se verá más adelante, esto es especialmente relevante en el gatillamiento de la inestabilidad convectiva.

#### 4.4 Características Generales de la Circulación Atmosférica en Torno al Cono Sur de Sudamérica

El período estudiado se enmarca en la etapa de desarrollo de un evento cálido de la Oscilación del Sur (El Niño 1991-92) que se caracterizó, entre otras cosas, por una señal muy notable en el esquema dipolar que caracteriza en estos períodos las anomalías geopotenciales en 500 hPa en torno al cono sur de Sudamérica (Rutllant et al., 1992). En efecto, estas anomalías fueron particularmente intensas en Mayo y Junio (Figuras 4.2 y 4.3) debido a la persistencia de una pronunciada configuración de bloqueo con separación de flujo sobre el Pacífico central-sur y suroriental (Rutllant et al., 1992). Simultáneamente las anomalías negativas de la presión en el área del anticiclón subtropical dominaron el sector central y oriental del Pacífico sur (NOAA, 1991). Estos dos ingredientes han sido asociados a un incremento de la precipitación en Chile central durante la fase de desarrollo de los eventos cálidos de la Oscilación del Sur (Rutllant y Fuenzalida, 1991). El mecanismo propuesto incluye la desviación



**FIGURA 4.2: PRESIONES A NIVEL DEL MAR EN EL HEMISFERIO SUR  
a: VALORES MEDIOS, b: ANOMALIAS PARA JUNIO DE 1991. CONTOR-  
NOS DE ALTURA CADA 2 hPa (SE HA SUSTRADO 1000). CONTOR-  
NOS DE ANOMALIAS CADA 2 hPa (NOAA, 1991)**



**FIGURA 4.3: GEOPOTENCIALES A 500 hPA EN EL HEMISFERIO SUR  
a: VALORES MEDIOS,b: ANOMALIAS PARA JUNIO DE 1991. CONTORNOS DE ALTURA CADA 80 mgp.CONTORNOS DE ANOMALIAS CADA 20 mgp. (NOAA,1991)**

de las trayectorias ciclónicas hacia Chile central por efecto del bloqueo austral, las que pueden penetrar más al norte mientras mayor es la anomalía negativa de presión en ese sector del anticiclón subtropical.

Si bien las cartas medias mensuales no representan necesariamente un evento individual como el que se está analizando, la persistencia de esta configuración dentro del mes (NOAA, 1991) y la situación particular de las cartas sinópticas durante el período estudiado confirman la pertinencia de este mecanismo como marco general de lo ocurrido en Antofagasta. En efecto, en la zona del Mar de Bellingshausen (60 S, 90 W, al oeste de la península antártica) se observa el lento desplazamiento de un anticiclón a partir del día 11 de junio, que cruza el 21 de Junio hacia el Atlántico sur.

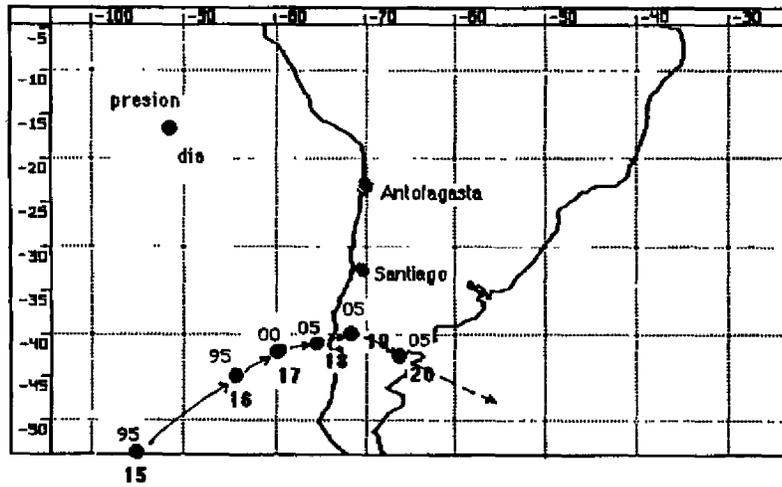
#### **4.5 Cartas Sinópticas de Superficie y 500 hPa (DMC)**

Las Figuras 4.4 y 4.5 presentan la trayectoria del centro de la depresión principal y las isocronas frontales cada 24 horas, entre los días 15 y 20, respectivamente. La Figura 4.6 presenta las isocronas frontales cada 6 horas durante el día 17.

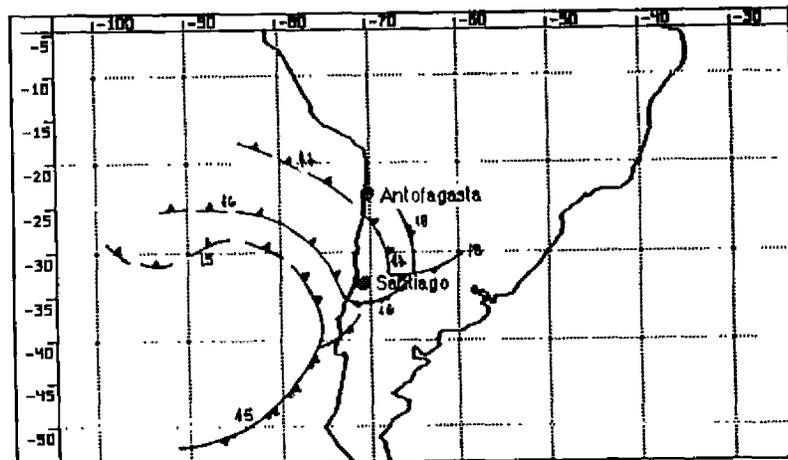
El día 15 a las 12 UTC se observa una profunda depresión centrada a 55 S y 95 W, de la que se desprende un frente ocluido y extendido meridionalmente con una rama fría al E de Juan Fernández y una ondulación insinuada al NW de Juan Fernández (frente estacionario en disolución). El anticiclón subtropical se encontraba este día debilitado por cuanto la presión central no excedía los 1025 hPa y la isóbara de 1020 hPa se encontraba desplazada al NW, en concordancia con la situación general descrita en 3. En 500 hPa las estaciones chilenas de radiosonda en Antofagasta, Quintero y Puerto Montt muestran una situación de prevaguada (dirección del viento NW), mientras Punta Arenas presenta una dirección del SW.

El 16 parece activarse la ondulación constituyéndose en una rama fría activa que avanza hacia el NE en dirección a la costa. Por otra parte una supuesta rama cálida de este sistema es el que produce las precipitaciones en la zona central. La presión en Juan Fernandez descendió de 1009.9 (día 15) a 1008.5 hPa, a medida que la depresión frente a la zona austral del país se desplazó hacia el norte (centro a 45 S, 85 W).

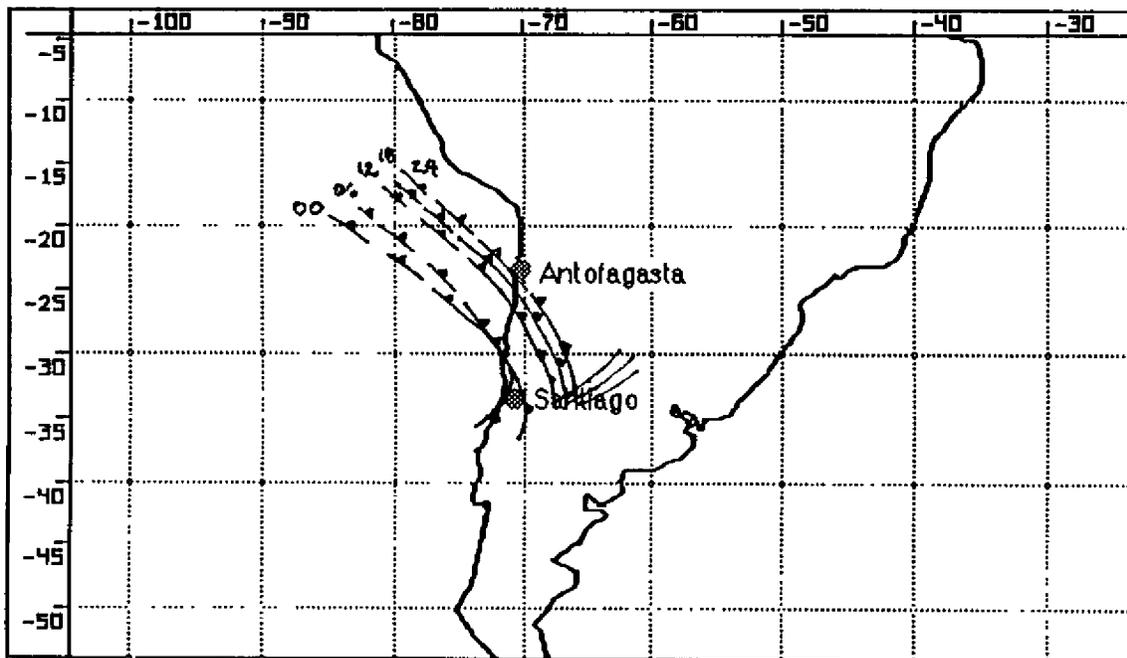
Durante el día 17 se desarrolla un núcleo depresionario con presiones centrales entre 1000 y 1015 hPa al N de Juan Fernández (1006.6 hPa) que acompaña a un rápido desplazamiento del frente frío hacia el norte. El desplazamiento de este frente en el transcurso del día 17 se muestra en la Figura 4.2, en que se representan isocronas de la posición de todos los frentes que aparecen en las cartas sinópticas correspondientes. El mayor avance frontal hacia el norte por la costa chilena se



**FIGURA 4.4: TRAYECTORIA CICLONAL ENTRE LOS DIAS 15 AL 20 DE JUNIO DE 1991, 12 UT**



**FIGURA 4.5: ISOCRONAS DE UBICACION DE SUPERFICIES FRONTALES ENTRE EL 15 Y 18 DE JUNIO DE 1991. 12 UTC.**



**FIGURA 4.6: ISOCRONAS DE UBICACION DE SUPERFICIES FRONTALES DURANTE EL 17 DE JUNIO**

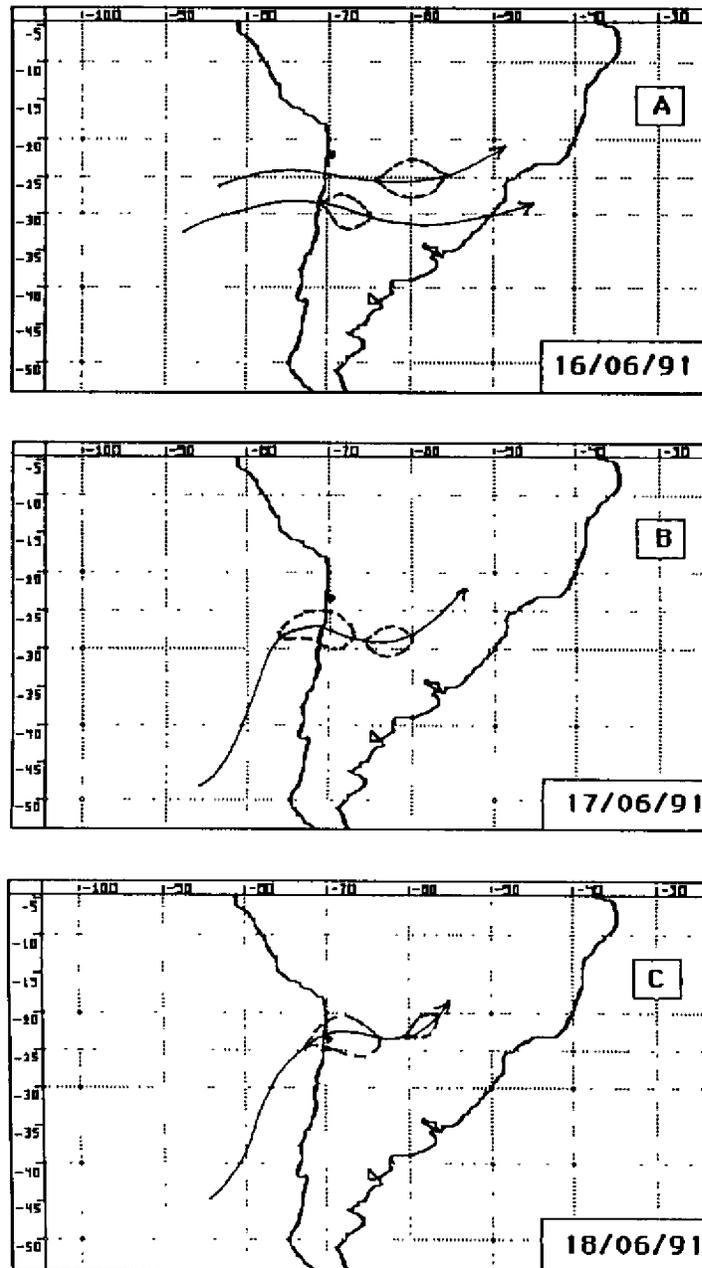
produjo entre las 06 UTC (30 S) y 12 UTC (25 S), avanzando luego muy lentamente hasta alcanzar marginalmente la zona de Antofagasta en la noche del 17, debilitándose y desapareciendo por completo en el transcurso del día 18. La carta de 500 hPa del día 18 a las 12 UTC muestra los máximos vientos costeros sobre Antofagasta (WNW con 60 nudos) coincidiendo con la profundización y desplazamiento al este de la vaguada. Un débil viento térmico en Quintero revela que el núcleo de aire frío asociado a la vaguada estaría algo al norte de ese lugar. Por otra parte la proximidad del bloqueo a la zona de Punta Arenas queda de manifiesto por un viento térmico del SE (20 nudos).

#### **4.6 Cartas de Tropopausa y Viento Máximo**

El corrimiento al N de la corriente en chorro subtropical y su posible refuerzo por un avance más al norte de lo habitual de una masa de aire frío como producto de una situación de bloqueo en latitudes altas del Pacífico suroriental durante los eventos cálidos de la Oscilación del Sur (Rutllant, 1985), sugieren la posibilidad de una generación local de inestabilidad asociada a la posición de los núcleos de velocidad máxima de la corriente en chorro sobre la zona afectada. Con el objeto de identificar la posición de la corriente en chorro subtropical y las asociadas al frente polar en esta situación de extraordinario avance de la masa de aire frío al N, se analizan las cartas de tropopausa y viento máximo. La carta del 16 a las 12 UTC (Figura 4.7a) muestra la proximidad de ambas corrientes en chorro, con núcleos de máxima velocidad ligeramente delante de la vaguada fría (chorro del frente polar) y en la dorsal (chorro subtropical). En ambos núcleos se exceden los 120 nudos. El día 17 ambos chorros se han fundido (Figura 4.7b) y el 18 se puede apreciar que la región de Antofagasta se ubica a la izquierda de la entrada del núcleo de máxima velocidad (Figura 4.7c). La componente ageostrófica del viento en esa zona genera divergencia que, por continuidad, induce convergencia en la tropósfera baja (Ucellini y Johnson, 1980). Esta condición puede al menos cualitativamente levantar la capa potencialmente inestable y desencadenar la actividad convectiva.

#### **4.7 Imágenes de Satélites (NOAA: AVHRR y GOES: VISSR)**

Se utilizaron para este propósito imágenes infrarrojas del satélite GOES (sensor VISSR) facilitadas por la Dirección Meteorológica de Chile e imágenes de los canales 2 (visible) y 4 (infrarrojo termal) del satélite NOAA (sensor AVHRR), proporcionadas por el Centro de Estudios Espaciales de la U. de Chile.



**FIGURA 4.7: CARTAS DE VIENTO MAXIMO A LAS 12 TU  
ENTRE EL 16 Y 18 DE JUNIO DE 1991**

#### 4.7.1 Imágenes de Baja Resolución. (1:14).

La Figura 4.8 muestra la imagen GOES-IR a las 01 UTC del día 17. En ella se aprecian dos bandas nubosas orientadas de NW a SE, que intersectan la costa a 27 y 30 S, respectivamente. Con el objeto de estimar la intensidad de la convección se utilizó como índice las temperaturas de los topes nubosos que se obtienen de la imagen del satélite NOAA de las 16 horas en el canal IR termal (Canal 4). En ella se puede identificar de norte a sur una banda fría intersectando la costa a 27.3 S con temperaturas entre -33 y -26 C, y un núcleo frío al sur del Salar de Atacama, con temperaturas entre -30 y -25 C. Una segunda banda intersecta la costa a 29.3 S, exhibiendo temperaturas entre -49 y -30C. Al sur de ésta se ubica sobre el continente el núcleo nuboso más extenso.

Al día siguiente (17 a las 16 horas) la banda delantera se ha desplazado a los 24.5 S, intensificando su actividad, lo que se refleja en temperaturas de tope comprendidas entre - 45 y - 32 C. En ella se pueden identificar núcleos de gran actividad convectiva, con temperaturas inferiores a -50 C. La banda más austral aparece menos definida que el día 16 producto de su fusión con el núcleo central. La latitud de intersección de la línea costera es 29.5 S y las temperaturas del tope de la nubosidad está en el intervalo comprendido entre -50 a -42 C. Los valores mínimos de la temperatura se ubican al centro de la banda (32.3 S), en tanto que el borde sur de ésta intersecta la costa a 36.3 S.

En síntesis, el análisis de las imágenes IR ha permitido establecer importantes características de escala subsinóptica durante el evento: a) la existencia de dos bandas frontales con gran desarrollo vertical, y b) la existencia de elementos de fuerte convección en la banda delantera. Estos parecen particularmente relevantes porque, según se desprende de las posiciones frontales descritas en la carta de isocronas, el frente no llegó en ningún momento a ubicarse sobre Antofagasta, sino más bien se trató de un margen frontal en que la inestabilidad convectiva se desencadenó probablemente en conexión con el núcleo de la corriente en chorro.

#### 4.7.2 Imágenes de Alta Resolución (1:1) del satélite NOAA

La foto 1 presenta la imágenes térmicas del sector del Pacífico oriental y la costa chilena, correspondiente a los días 16 y 17 de Junio de 1991 (aproximadamente a las 20:00 HL), en las cuales se observa el avance del frente hacia la zona de Antofagasta y el sistemas de dos bandas frontales detectadas en la imagen de baja resolución.



**FIGURA 4.8: IMAGEN IR SATELITE GOES 17/6/91. 01:04 UTC**

La foto 2 presenta una ampliación del sector de la península de Mejillones en el canal termal para los días 14 y 18 de Junio de 1991. El rasgo más destacado corresponde a la disminución diferencial de temperatura por efecto de la precipitación de la madrugada del día 18, la cual alcanza sobre los 14°C en las zonas interiores, y decrece a 5 C sobre la costa.

Con el objeto de detectar la posible existencia de diferencias en los montos de precipitación en la zona de Antofagasta, se realizó una comparación de las imágenes del canal 1 (radiación visible reflejada: 1 pixel = 1 km<sup>2</sup>) entre los días 14 (anterior al evento) y 18 y 19 (posterior al evento), lo cual se presenta en la foto 3. Considerando que las imágenes fueron tomadas con aproximadamente la misma inclinación del satélite y de los rayos solares (misma hora), las diferencias en el albedo serían consecuencia de diferentes contenidos de humedad de las capas superficiales. Así, una mayor diferencia positiva en el albedo superficial (antes del evento menos después del evento) puede ser atribuido a una mayor precipitación en esa área, suponiendo una superficie homogénea. En efecto, estudios observacionales (Kondrat'yev, 1965) indican que el albedo sobre una superficie de suelo húmedo puede ser de hasta un 5% más bajo que en la misma superficie seca. La comparación entre la imágenes visibles de los días 14 y 18 de junio, revela para el sector de Antofagasta una disminución de albedo de alrededor de 3%. Sin embargo, el rasgo más notable corresponde a la no uniformidad de este decrecimiento, agregando un elemento más a la evidencia del carácter convectivo del evento.

#### 4.8 Comentarios Finales

La variabilidad observada en el área urbana de Antofagasta (15 a 45 mm) sería consistente con una precipitación de tipo convectivo. En efecto, núcleos nubosos con temperaturas de tope del orden de - 50 C se observan el día 17 a las 16 horas en las imágenes del satélite NOAA con el canal 4 del sensor AVHRR en torno a los 24,8 S en una banda separada de la principal cuyo borde norte intersecta la costa a 29.5 S.

Dado que aparentemente sólo un margen frontal alcanzó la zona de Antofagasta, el posible desarrollo de núcleos convectivos en sectores de la zona se ve confirmado por:

- a) el carácter de la banda frontal delantera, constituída por núcleos convectivos.
- b) la presencia de una zona de entrada a un núcleo de corriente en chorro (parte trasera izquierda) sobre Antofagasta.