

## CONTRIBUCION AL ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LA INFLUENCIA DE LA BAJA CORDILLERA DE LOS ANDES SOBRE PARAMETROS METEOROLOGICOS DE ESCALA SINOPTICA

Nelson Saavedra y Aldo Hernández

Departamento de Física. Universidad de Concepción.  
Casilla 947, Concepción, Chile.

### RESUMEN

Se da cuenta de los resultados de una experiencia de mediciones meteorológicas realizadas con el objeto de estudiar, a la escala sinóptica, las modificaciones que la baja Cordillera de los Andes introduce a los parámetros meteorológicos en las masas de aire que se desplazan de la costa a la Cordillera. Se concluye que estas modificaciones no se manifiestan claramente en las experiencias realizadas. Si bien ellas son algo significativas en la base de las masas de aire, es muy difícil separar el efecto de la baja cordillera del debido sólo al continente.

### ABSTRACT

Contribution to the experimental study of the influence of the lower Andes  
range on synoptic scale parameters

Results of meteorological measurements made to study the effect of the Cordillera de los Andes on meteorological parameters at synoptic scale are given for air masses moving from west to east. It is concluded that there is no clear effect. There is evidence of some influence at the bottom of the air masses but it is not possible to separate modifications introduced by the cordillera from those due to the continent.

### 1. INTRODUCCION

Es bien sabido que una cadena montañosa ejerce una influencia muy importante en la dinámica de la corriente de aire que la atraviesa. Un buen resumen de los conocimientos que de ello se tenía hasta 1977 se puede encontrar en Queney (1977a, 1977b).

La Cordillera de los Andes en Chile, presenta muy buenas características para la realización de experiencias que traten de poner de manifiesto estas influencias. Entre las características más relevantes de la Cordillera de los Andes, se pueden señalar su ubicación meridional y la variación regular de su perfil; a esto se suma el hecho de que la masa de aire incidente se pueda suponer estabilizada debido a su largo viaje sobre el Océano Pacífico.

Arbitrariamente hemos dividido la cordillera de los Andes según su altura media, a lo largo de los 100 km longitudinales que comprende este estudio. Hablaremos de alta cordillera si la altura media se encuentra sobre los 2.000 m.s.n.m., y de baja cordillera si la altura media es inferior a ese nivel.

Es nuestra intención proceder a un estudio sistemático de la influencia de la alta y baja cordillera sobre los parámetros meteorológicos usualmente medidos en superficie y en altura. Para los efectos de la comparación con efectos continentales puros disponemos de los datos y resultados de un trabajo anterior (Saavedra y Hernández, 1977).

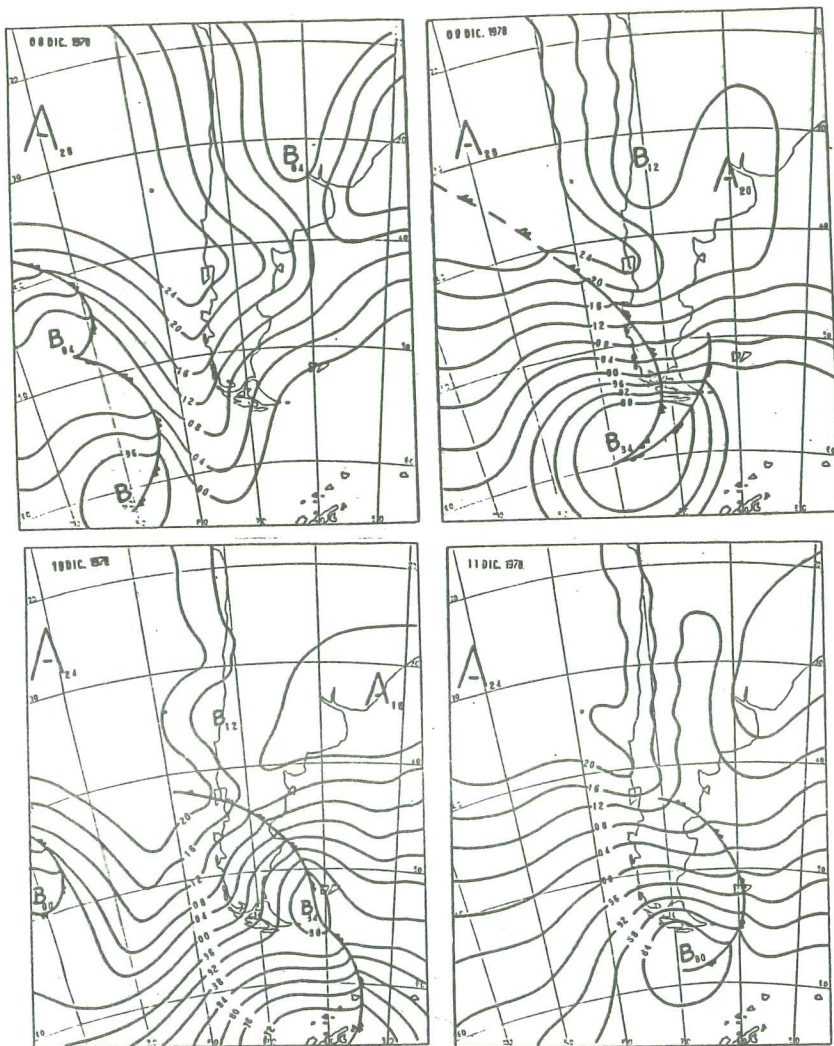


Fig. 1 Evolución sinóptica desde el 8 al 11 de diciembre de 1978

## 2. MEDICIONES EFECTUADAS

Entre el 8 y 17 de diciembre de 1978 se instalaron dos bases de medidas meteorológicas de datos de superficie y de altura.

1) **Galvarino**: situada a  $38^{\circ}25'S$ ,  $72^{\circ}46'W$  y a 100 m.s.n.m., se ubica a 66 km de la costa sobre un amplio valle que tiene obstáculos naturales al Oeste de una altura promedio de 600 m con máximos de 900 m.

2) **Lonquimay**: situada a  $38^{\circ}28'S$ ,  $71^{\circ}14'W$  y a 880 m.s.n.m., está enclavada en medio de la Cordillera de los Andes, en el valle del Bío-Bío. Está circundada por elevaciones mayores que 2000 m pero en promedio (como ya se definió) la Cordillera tiene menos de 2000 m. Está a 16 km al Este de la ciudad de Lonquimay y a 22 km de la frontera con Argentina.

En ambas bases, y simultáneamente, se efectuaron radiosondeos para medir temperatura, presión, humedad, velocidad y dirección del viento a las 00Z y 22Z. Se lanzaron también globos pilotos a horas intermedias, los que fueron rastreados ópticamente.

Para caracterizar los parámetros de superficie de Galvarino se usaron los datos registrados en la Estación de la FACH de Temuco. Las situaciones sinópticas reinantes durante la Campaña, se definieron mediante cartas elaboradas en el Departamento de Geofísica de la Universidad de Concepción, a partir de análisis de Belloto y datos de la FACH.

Las cartas sinópticas de superficie representadas en las Fig. 1 y 2 destacan el hecho de que el día 9 se “descuelga” desde Argentina una baja hacia el sector de experimentación. El día 10 ésta se centra sobre Constitución influyendo tangencialmente sobre las bases de medición. A partir del mismo día 10 se retorna al régimen anticiclónico.

Una situación similar a la descrita, aunque de menor intensidad, se produce el día 13 y el día 16.

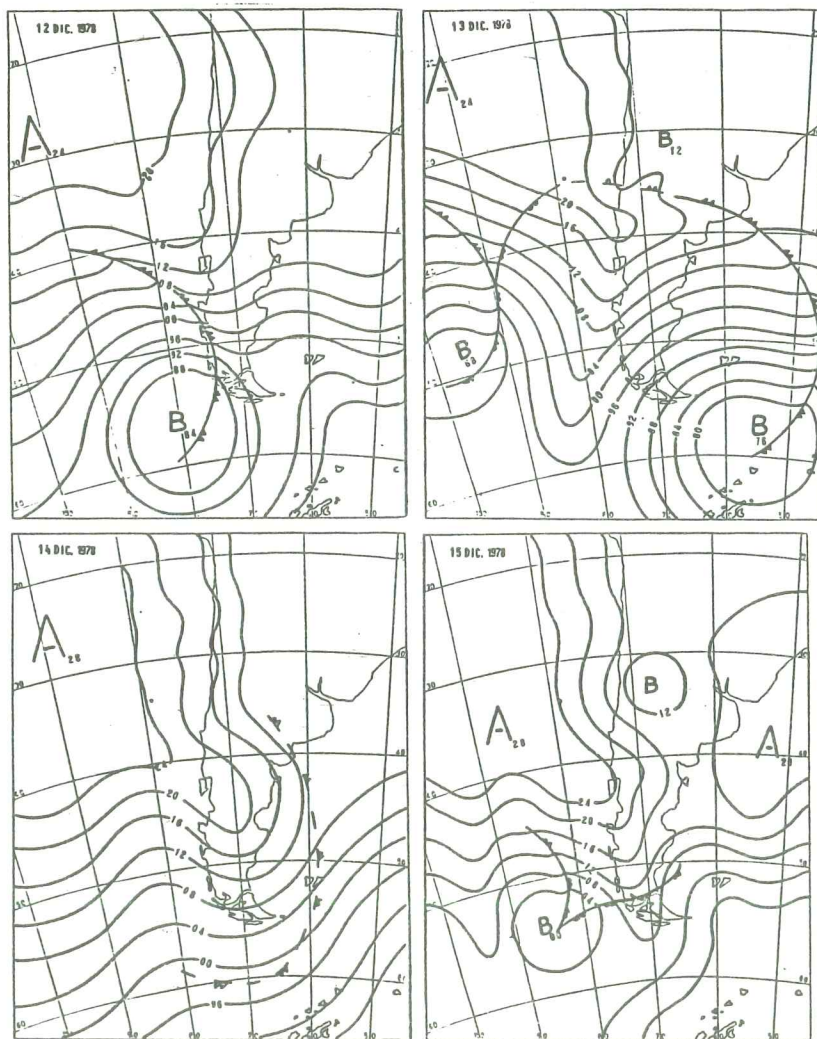


Fig. 2 Evolución sinóptica desde el 12 al 15 de diciembre de 1978.

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS

#### 3.1. Parámetros de superficie

Entre los parámetros de superficie destacamos el registro del microbarógrafo de Temuco, en el cual el mínimo minimum de presión se registró el domingo 10 a las 14 horas, en coincidencia con la aparición del núcleo de baja y con la ocurrencia del máximo de temperatura ese mismo día a las 16 horas. Esto sugeriría una naturaleza predominantemente térmica de la baja.

#### 3.2. Parámetros de altura

Sólo analizaremos los parámetros que parecen más interesantes para nuestros objetivos. Un estudio completo de los datos obtenidos en esta experiencia se encuentra en Saavedra y Hernández (1981).

##### 3.2.1. Temperatura

Las Fig. 3 y 4 representan la evolución temporal de la temperatura con la altura en Galvarino y Lonquimay, respectivamente. En ellas se observa:

- La horizontalidad de las isoterms es mayor en Galvarino que en Lonquimay; en esta última base las variaciones temporales son más notables cerca del suelo.

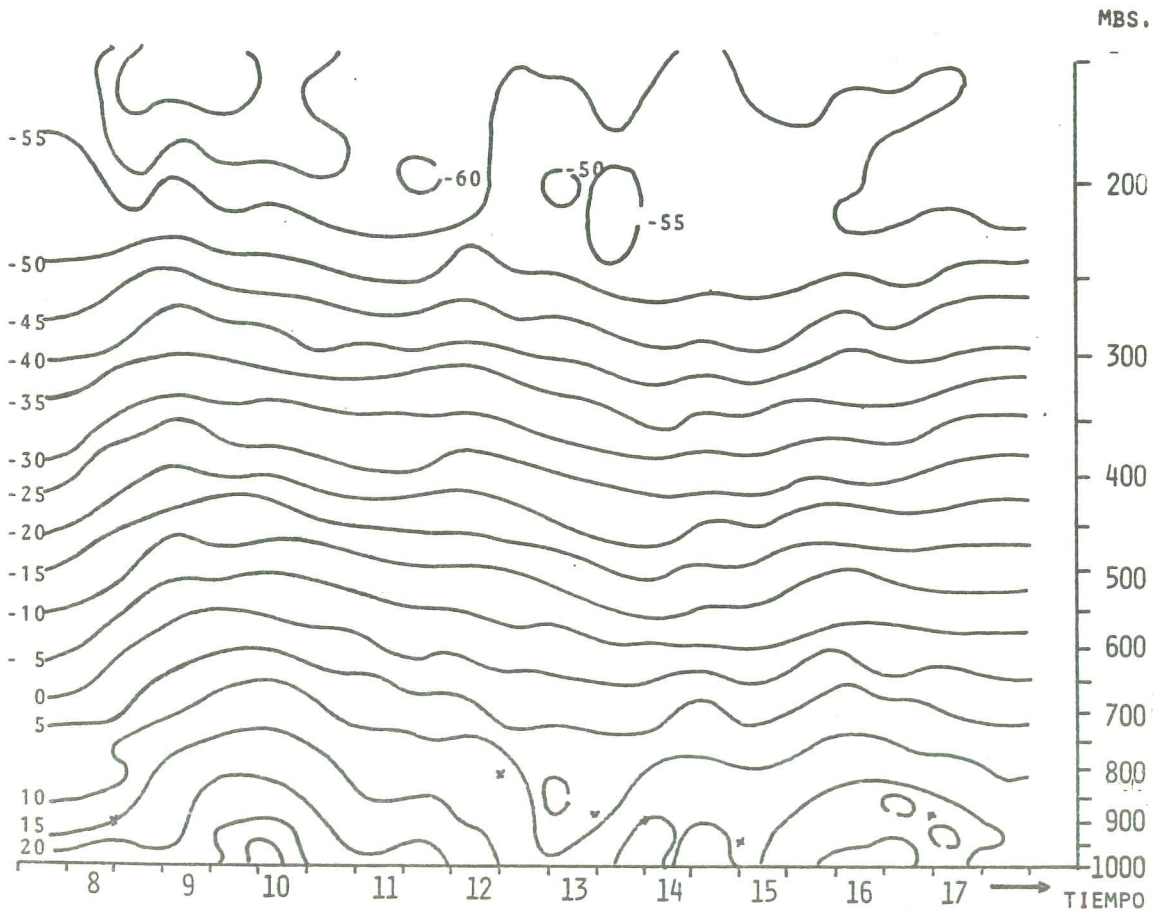


Fig. 3 Galvarino. Variación de la temperatura con altura en el tiempo.

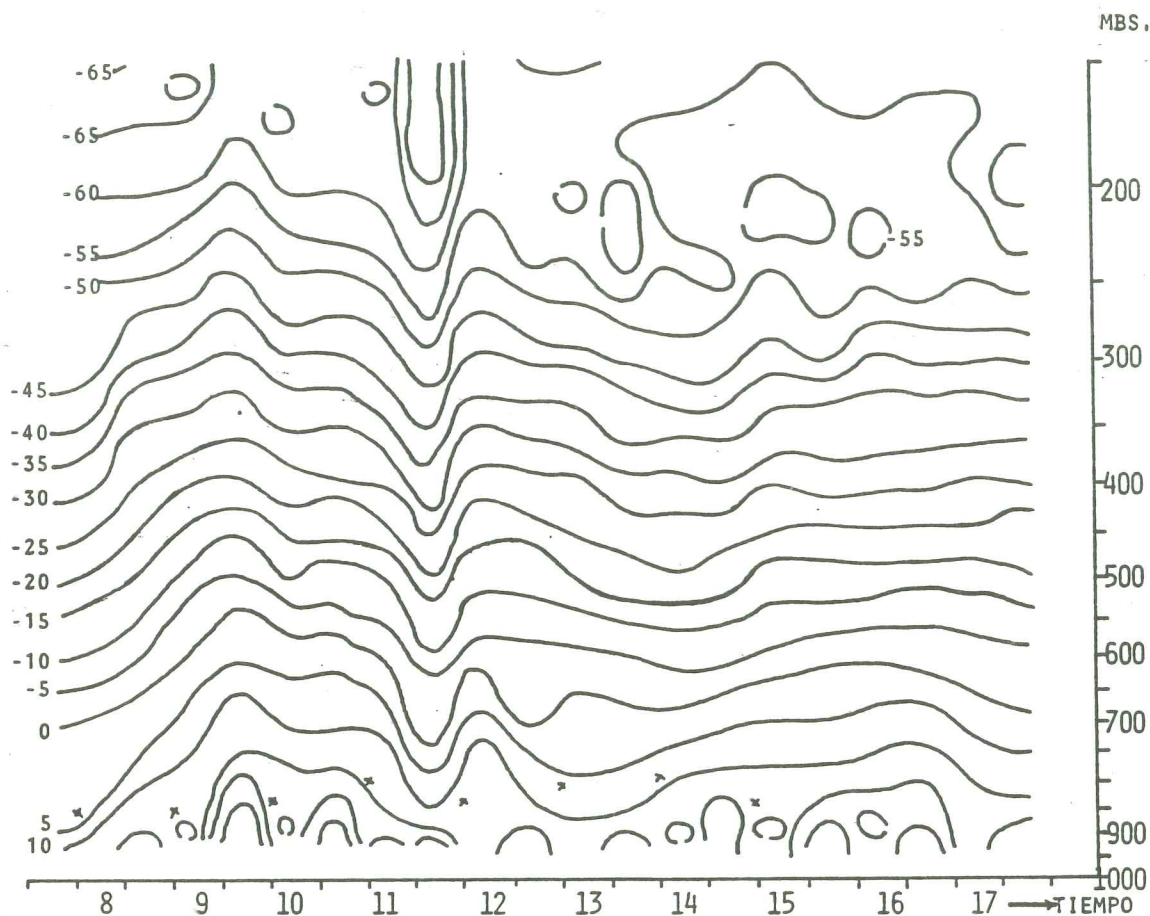


Fig. 4 Lonquimay. Variación de la temperatura con altura en el tiempo.

- b) En ambas estaciones se observa un amortiguamiento con la altura de las diferencias de temperatura entre la mañana y el atardecer, con mayor intensidad en Galvarino que en Lonquimay. Para destacar este fenómeno presentamos en la Fig. 5 las variaciones de temperatura por niveles de presión.

En la figura correspondiente a Galvarino se observa que el ciclo diario de temperatura en superficie (primera curva) se propaga hasta aproximadamente 950 mb, mientras Lonquimay muestra que este ciclo alcanza aproximadamente los 850 mb.

Tomando en cuenta que Galvarino se encuentra aproximadamente a 1000 mb y Lonquimay aproximadamente a 900 mb, se puede concluir que la "penetración del ciclo diario", medido desde el nivel del suelo, es idéntica en ambas bases.

- c) En Lonquimay (Fig. 5) se aprecia un enfriamiento significativo de la masa de aire entre el día 11 y 12 a todo nivel. Se trata seguramente de una advección de aire frío sobre esta estación, y que no alcanzó a Galvarino.
- d) La existencia de una inversión de subsidencia (la altura de su base se indica en las Figs. 3 y 4 por una x) es bastante aleatoria en Galvarino, mientras que en Lonquimay se advierte sólo en las mañanas.

Debemos hacer notar que esta característica se insinúa en un estudio análogo en una zona precordillerana (Queney, 1977a). Sobre este punto volveremos más adelante.

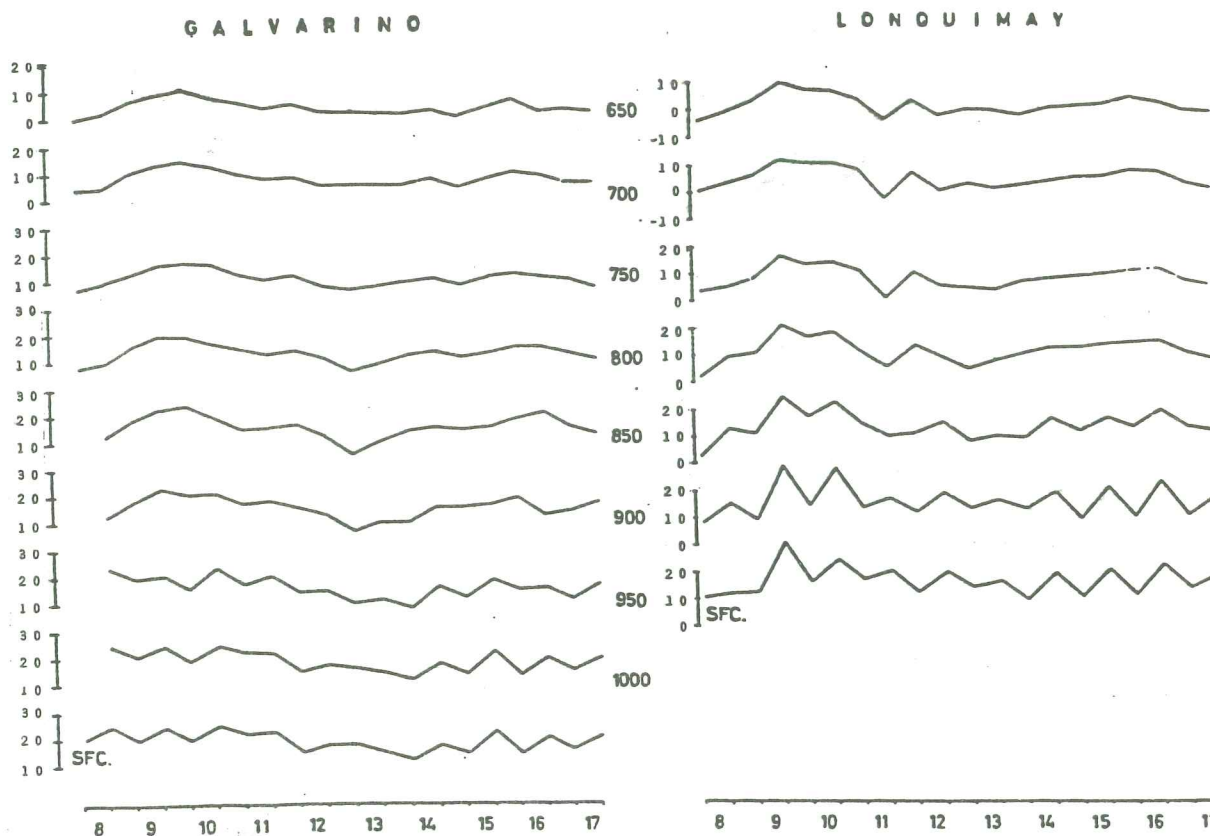


Fig. 5 Variación de la temperatura por niveles en el tiempo.

### 3.2.2. Masas de aire

Los diagramas de masas de aire presentan la temperatura pseudo-potencial del termómetro húmedo ( $\theta'_w$ ) en función de la presión. Sobre este mismo gráfico se indican, con línea de trazos discontinuos, la temperatura pseudo-potencial de termómetro húmedo a la saturación ( $\theta'_{ws}$ ) y, con línea de eje, la isoterma de 0°C. (Direction de la Météorologie Nationale, 1959).

Las Figs. 6 y 7 presentan los diagramas de masas de aire para las dos estaciones. Para los niveles por sobre los 850 mb podemos señalar los siguientes rasgos:

En general las masas de aire sobre Galvarino son más cálidas que sobre Lonquimay exceptuando los días 9 y 10, cuando se produce lo inverso, sobre todo en la tarde.

En Galvarino la masa de aire es bastante estacionaria, mientras que en Lonquimay esta característica se pierde absolutamente para los días 9 y 10.

Para los niveles inferiores a los 850 mb hay efectos mucho más notables:

Las masas de aire en Galvarino son tanto radiativas ( $\theta'_w$  aumenta con p) como convectivas ( $\theta'_w$  disminuye con p), poniendo de manifiesto que, a las horas de medida, los mecanismos de transporte de calor por radiación y por convección se presentan más o menos con la misma frecuencia, tanto en la mañana como en la tarde.

En cambio, Lonquimay muestra el predominio del mecanismo radiativo en la mañana (excepto en dos ocasiones). En las tardes, sin embargo, domina la convección.

El 9 y 10 en la tarde la masa de aire en Lonquimay es convectiva hasta niveles muy superiores a los de los otros días, hecho atribuible a la presencia de una acción marginal de la depresión "térmica" sobre la

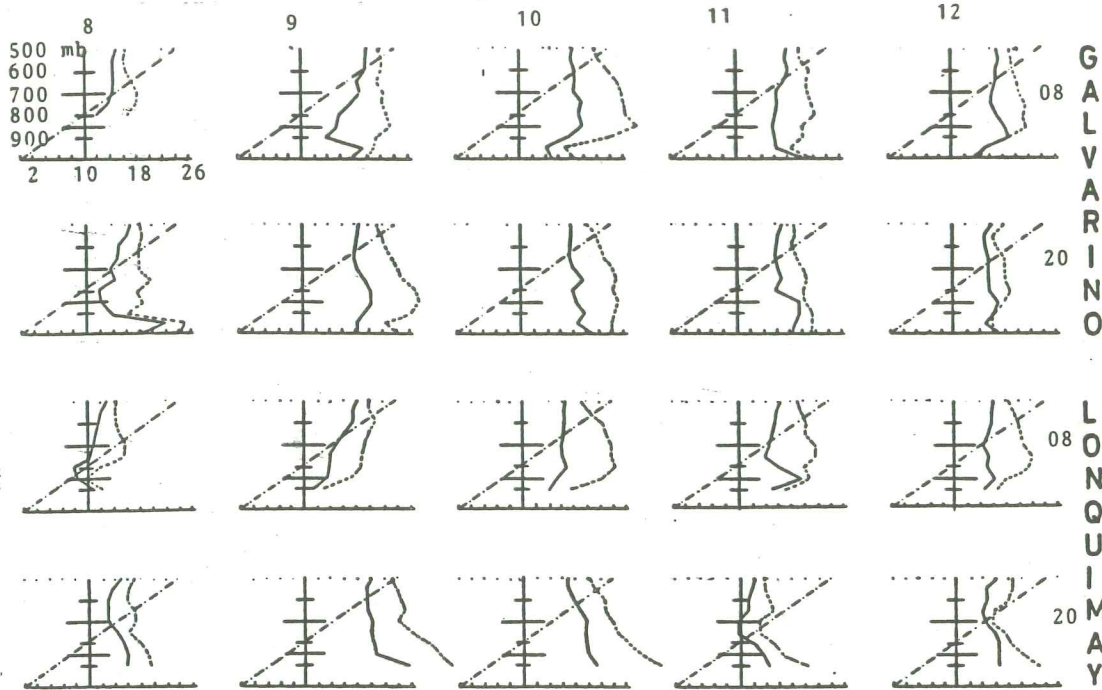


Fig. 6 Diagramas de masas de aire (----- $\theta'_{ws}$ , ——— $\theta'_w$ ).

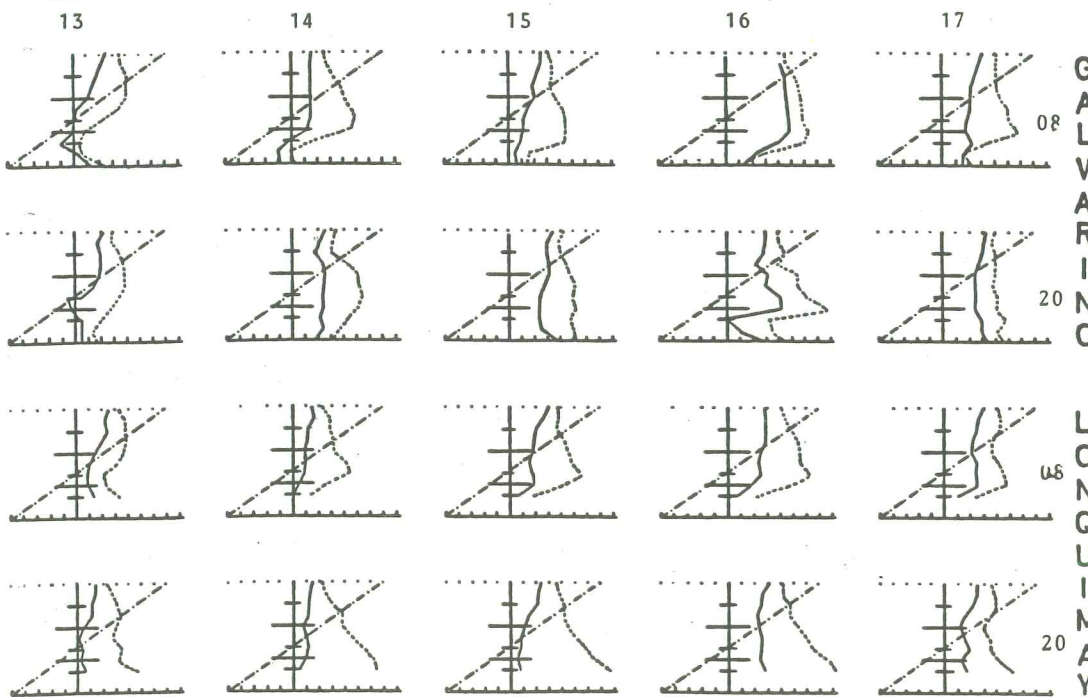


Fig. 7 Diagramas de masas de aire (----- $\theta'_{ws}$ , ——— $\theta'_w$ ).

GALVARINO

LONQUIMAY

GALVARINO

LONQUIMAY

región de experimentación. En efecto, la convergencia de aire producida por la depresión ayuda a la convección que se produce naturalmente por calentamiento desde la superficie cuando se rompe la inversión de subsidencia que existía en la mañana, lo que facilita el transporte de calor desde la superficie hacia las capas superiores. No parece razonable adjudicar la desaparición de la inversión de subsidencia a un efecto cordillerano, ya que este fenómeno se ha apreciado también como un efecto exclusivamente continental (Saavedra y Hernández, 1977).

En resumen, excluyendo las capas bajas, podemos decir que la cordillera no altera las características de la masa de aire. Sólo se constata un enfriamiento generalizado debido al ascenso de ella. Por otra parte, los

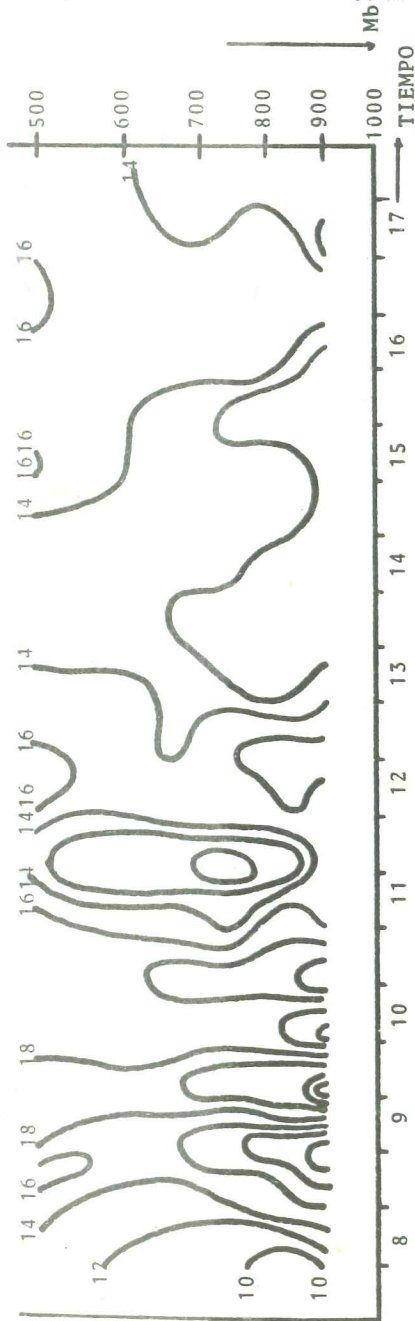


Fig. 8 Galvarino. Variación de  $\theta'_w$  con la altura en el tiempo.

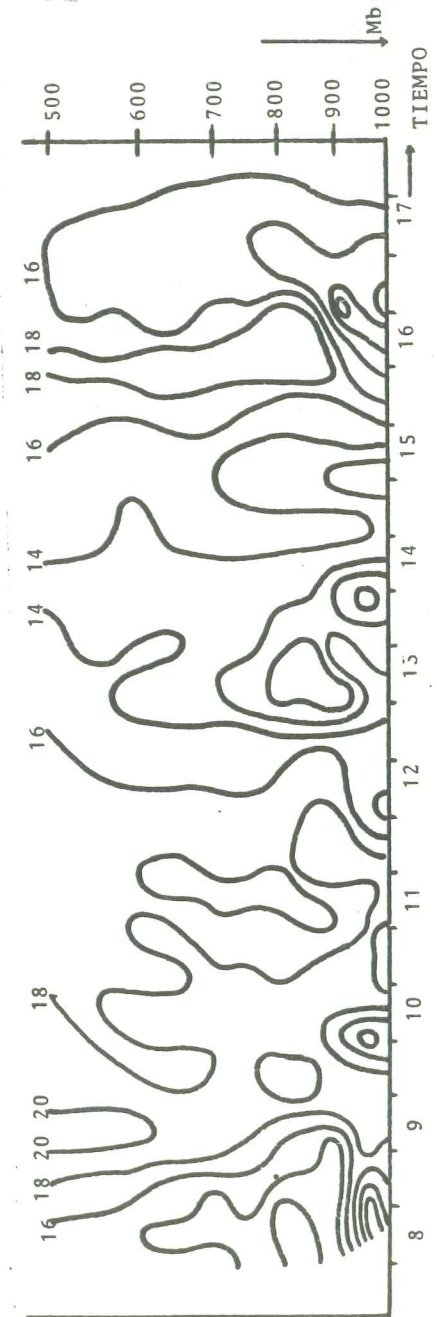


Fig. 9 Lonquimay. Variación de  $\theta'_w$  con la altura en el tiempo.



cambios de cierta importancia en la masa de aire próxima a la superficie son difíciles de separar de un efecto continental puro.

En las Figs. 8 y 9 se presentan los cortes temporales de  $\theta'_w$  correspondiente a cada base, lo que nos permite ver con mayor claridad la existencia de una convección importante en la cordillera, la advección de aire frío que se mencionó ya en los comentarios correspondientes a la Fig. 5, y la ausencia de gradientes en Galvarino asociados a la homogeneización vertical por la convergencia superficial asociada a la "depresión térmica".

Finalmente, se presenta en la Fig. 10 la evolución de  $\theta'_w$  por niveles en ambas estaciones, observándose que en Galvarino no siempre las variaciones de superficie son seguidas por los niveles superiores. Como estos "desfases" son frecuentes en altura, se puede suponer que, a veces, el efecto continental no logra introducir en los primeros niveles modificaciones a la masa de aire que viene del mar.

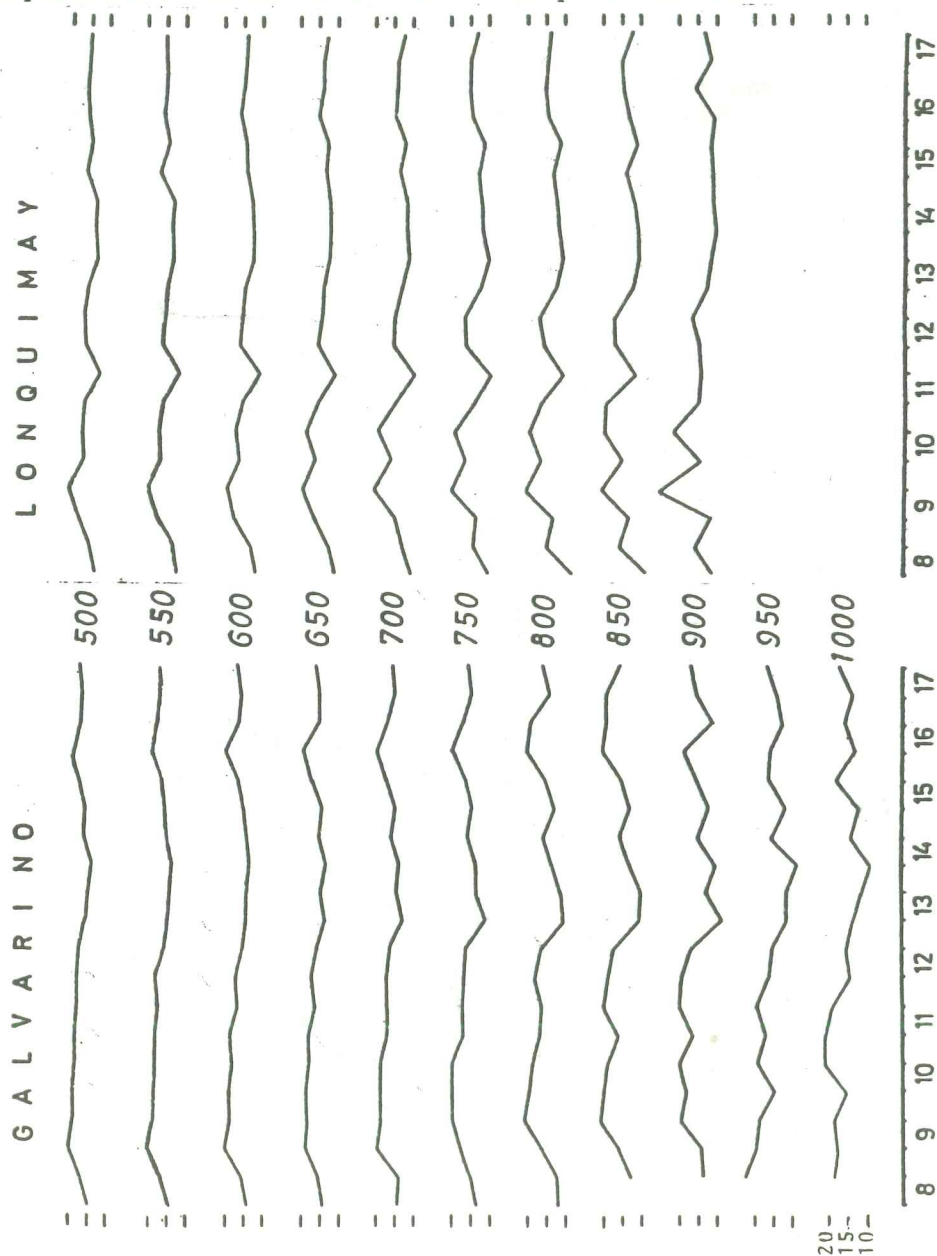


Fig. 10 Variación de  $\theta'_w$  en el tiempo por niveles.

En la figura correspondiente a Lonquimay, se confirma nuestra suposición de que la "depresión térmica" ayuda fuertemente a la propagación de los efectos superficiales en altura (por advección de  $\theta'_w$  entre los días 8 y 11).

Sobre Lonquimay, la advección de aire frío que se produce el día 11, no alcanza la superficie, observándose con posterioridad que el continente (incluyendo la cordillera) ha estabilizado la masa de aire en los niveles bajos.

### 3.2.3. Viento en altura

En las Figs. 11 y 12 se indican las intensidades y las direcciones del viento en función del tiempo y la altura, considerando en líneas gruesas sectores de una rosa de viento de cuatro direcciones. Se ha dibujado también líneas de trazo continuo para unir los puntos de igual velocidad (en m/s). Se han interpolado las líneas durante los períodos sin medición.

Los vientos son generalmente débiles en ambas estaciones. En las proximidades de la superficie existe un predominio neto de vientos del sector Sur en Galvarino, mientras que en Lonquimay la dirección es más variable, hecho atribuible tanto a las irregularidades del relieve como al alcance tangencial de las vaguadas provenientes de la Argentina en esos días.

El pequeño giro ciclónico del viento en los primeros niveles entre la costa y la cordillera los días 8, 9, 10 y 11 (Sur en Galvarino y Oeste en Lonquimay), parece dar cuenta del mayor rozamiento del aire con el suelo, a medida que el viento penetra en el continente.

En niveles superiores se observa una situación interesante los días 9 y 10. Entre 1000 y 5000 m aproximadamente los vientos son débiles del E y aun del N en Galvarino, situación que también se presenta en Lonquimay con un viento Norte que se prolonga hasta el día 11. Esto puede asociarse al hecho de que en Lonquimay la depresión entra primero y se retira después que en Galvarino, penetrando en altura más profundamente en Lonquimay.

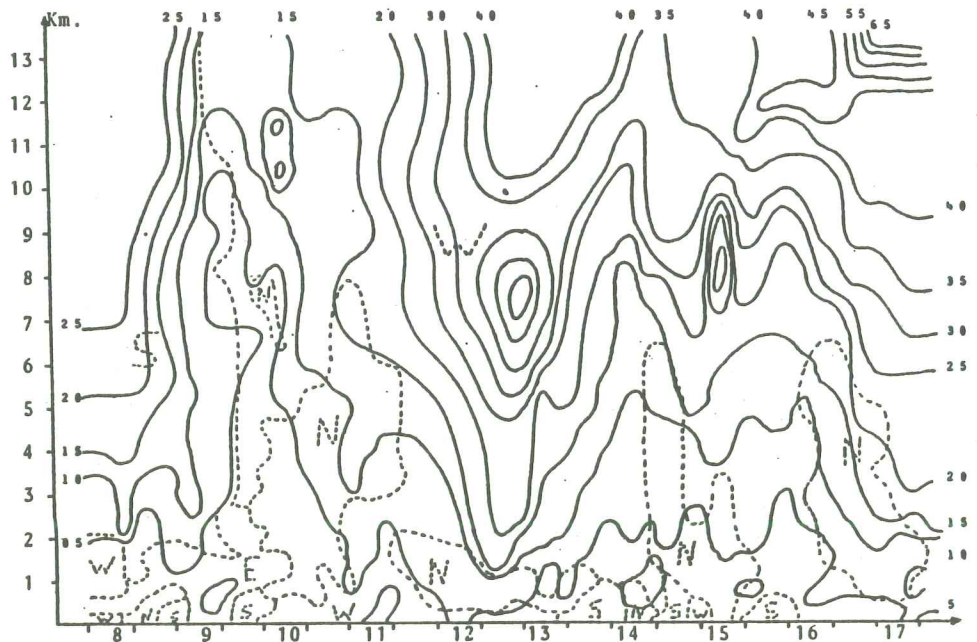


Fig. 11 Galvarino. Viento de altura en el tiempo.

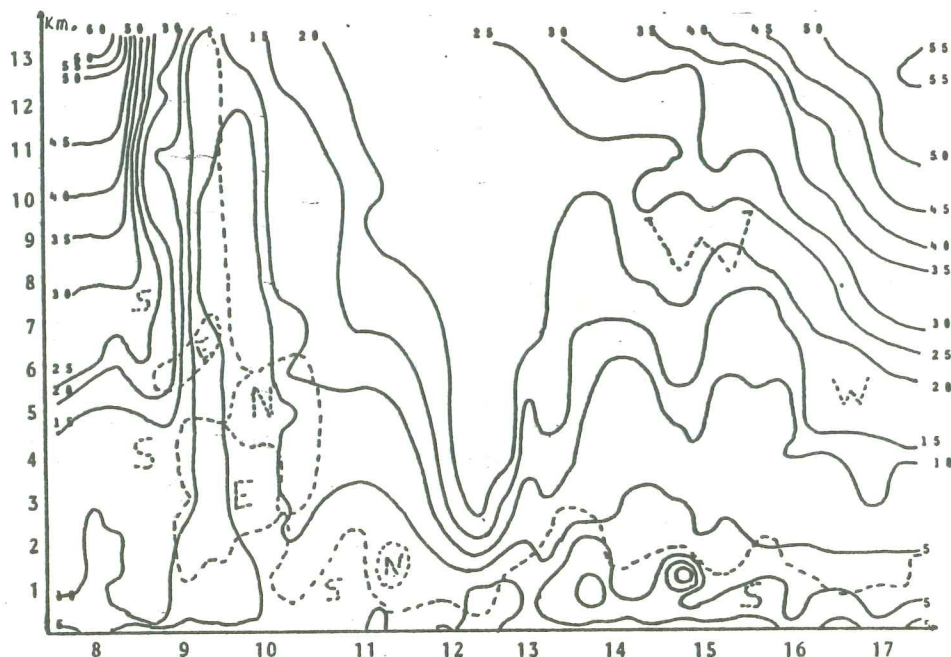


Fig. 12 Lonquimay. Viento de altura en el tiempo.

A grandes rasgos, la estructura de las líneas de igual velocidad es muy parecida para ambas bases. Se destacan vientos muy débiles los días 9 y 10 a todo nivel en correspondencia con la intervención de la depresión. La intensidad de los vientos aumenta cuando el predominio es netamente anticiclónico. Los vientos de altura son predominantemente del Oeste en ambas bases, como era de esperar.

#### 4. CONCLUSIONES

No se encuentra una influencia clara de la baja cordillera sobre las características sinópticas de las masas de aire que se desplazan desde la costa a la cordillera. Sin embargo, se observan algunas influencias en la base de las masas de aire, en las cuales es muy difícil discernir, con las medidas habituales, el efecto originado por la baja cordillera del que se debe sólo al continente.

Sería importante realizar un estudio especializado acerca de las bajas que atraviesan la cordillera hacia la región central de nuestro país. Siempre se encuentran propiedades interesantes de estas bajas, que van más allá de los objetivos de los trabajos realizados con otros fines.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su reconocimiento a la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción por el auspicio del Proyecto N° 2.13.01 que permitió la realización de este trabajo.

## 6. REFERENCIAS

- DIRECTION DE LA METEOROLOGIE NATIONALE, 1959. "Les masses d'air". Imprimerie Nationale. Paris.
- QUENEY, P., 1977a. "Synthèse des Travaux Théoriques sur les perturbations de relief". Première Partie. La Météorologie VI Serie - N° 8, Mars 1977, 113-143.
- QUENEY, P., 1977b. "Synthèse des Travaux Théoriques sur les perturbations de relief". Seconde Partie. La Météorologie VI Serie - N° 9, Juin 1977, 111-163.
- SAAVEDRA, N. y HERNANDEZ, A., 1977. "Campaña de Mediciones Meteorológicas desde la costa a la precordillera a lo largo del paralelo 36°45'S". Publicación del Departamento de Física de la Universidad de Concepción.
- SAAVEDRA, N. y HERNANDEZ, A., 1981. "Contribución al estudio experimental de la influencia de la baja cordillera de los Andes sobre los parámetros meteorológicos usuales a la escala sinóptica". Informe Interno del Departamento de Física de la Universidad de Concepción.