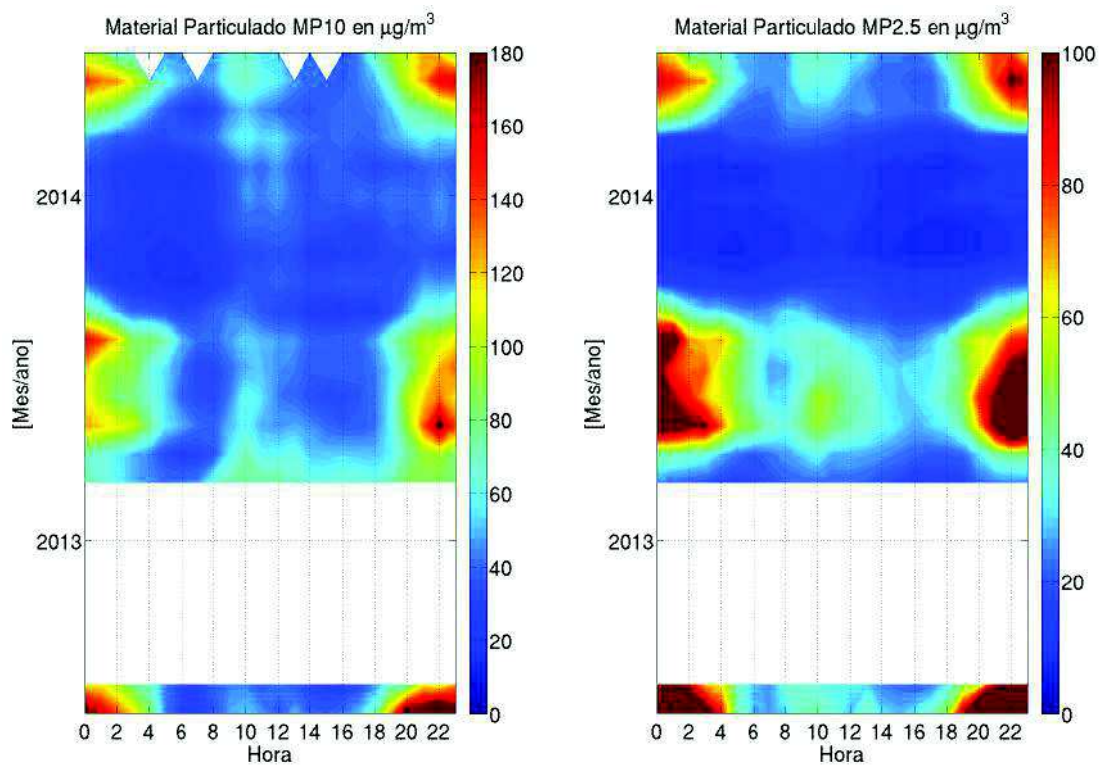


12.3. Ciclos estacionales Material Particulado

12.3.1. Curicó



12.4. Análisis sinóptico

12.4.1. Resumen ejecutivo

El siguiente trabajo presenta una revisión de la meteorología de la zona centro - sur de Chile, para la determinación de las condiciones sinópticas que favorecen la generación de días en que las concentraciones de MP10 superan la norma.

Algunos de los resultados principales son que la mayoría de estos eventos se produce durante invierno, cuando una predorsal hace su ingreso sobre territorio chileno. Esta situación genera cielos despejados, desarrollándose tardes relativamente cálidas y noches frías. El enfriamiento nocturno refuerza la estabilidad de la atmósfera, impidiendo la generación de mezcla vertical y aumentando las concentraciones de MP10 en superficie. La mayor parte de estas condiciones sinópticas corresponde a situaciones prefrontales.

12.4.2. Introducción

De acuerdo a la Norma de calidad primaria de MP10, se define como evento de concentraciones de MP10 elevadas aquel periodo de 24 horas donde los niveles de MP10 medios superan el valor de $150 \left[\frac{\mu g}{m^3} \right]$. Estas concentraciones pueden aumentar tanto por actividad antropogénica como por la generación de cierto tipo de condiciones meteorológicas.

El presente informe busca identificar cuales son las condiciones meteorológicas que favorecen el incremento de los niveles de MP10 en distintas ciudades del centro - sur de Chile. Para lograr esta identificación, se cuenta con datos horarios de concentraciones de MP10 en distintas ciudades de la zona señalada. También, se dispone de registros meteorológicos horarios de la red Agromet, desde donde se obtiene la serie de temperaturas, humedad relativa y magnitud del viento máximo. Finalmente, se cuenta con información de los campos meteorológicos de presión, temperatura y humedad relativa superficial, obtenidos a partir del modelo NCEP - CFSR.

Inicialmente se realiza una breve revisión de la climatología de presión, temperatura y humedad relativa superficial de la zona centro - sur del país. Luego, se procede a contar el número mensual de eventos de concentraciones elevadas por ciudad, determinando en que estación del año estos eventos son más recurrentes. Se identifica también si existe coincidencia en la generación de estos eventos en las distintas ciudad. Finalmente, se revisan las condiciones sinópticas medias que propician la generación de estos episodios.

12.4.3. Climatología de la zona centro - sur de Chile

La climatología de la zona centro - sur del país esta caracterizada por una gran variabilidad estacional, producto del movimiento del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur y el predominio del régimen de latitudes medias. En esta zona del planeta, las diferencias que se producen entre invierno y verano son bastante significativas, existiendo tanto un cambio dinámico como termodinámico de las propiedades atmosféricas. A continuación se presenta el comportamiento climatológico de los campos de presión, temperatura, y humedad relativa superficial, para las cuatro estaciones del año.

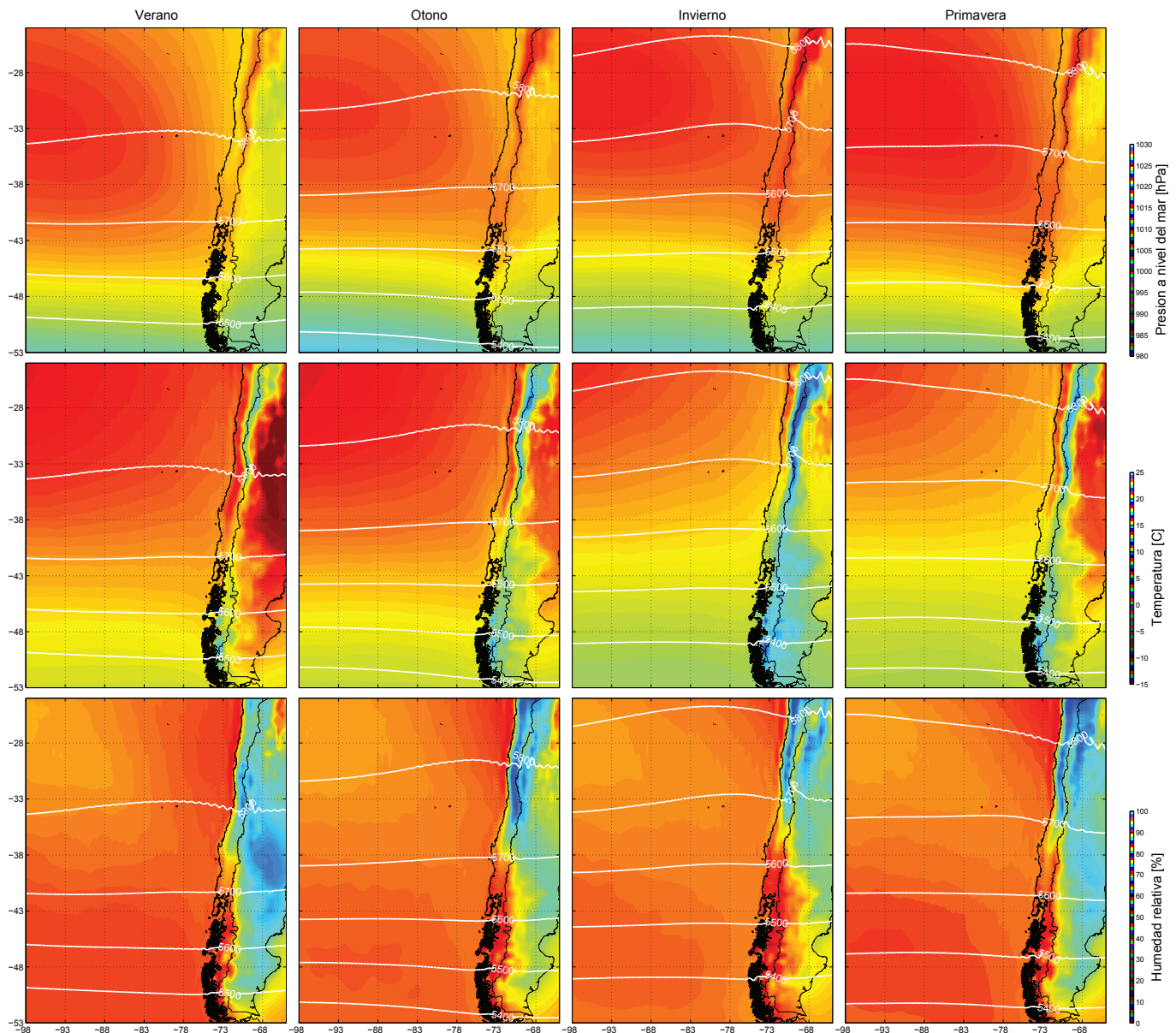


Figura 60: Campos de presión (paneles superiores), temperatura (paneles centrales) y humedad relativa (paneles inferiores) superficiales, para las cuatro estaciones del año. Además, líneas blancas señalan altura geopotencial del nivel de presión de 500[hPa].

La figura 60 muestra la evolución estacional de los campos de humedad relativa, temperatura y presión superficial. El campo de presiones superficiales posee un movimiento meridional con el paso de las estaciones. Durante verano (primer panel superior) el Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur presenta su posición climatológica más austral, con su centro situado aproximada sobre el paralelo $33^{\circ}S$. Esta condición se asocia a cielos mayormente despejados y altas temperaturas sobre gran parte del país (primeros paneles de la parte central e inferior, respectivamente). Durante el otoño, la posición climatológica del Anticiclón se traslada hacia el norte, alcanzado el paralelo $30^{\circ}S$ aproximadamente. Esta situación genera una disminución en las temperaturas y un aumento de la humedad relativa, característica que se aprecia de mejor manera en la zona sur (segundos paneles de izquierda a derecha, respectivamente). Durante el invierno el Anticiclón alcanza su posición climatológica más septentrional, con centro situado sobre el paralelo $29^{\circ}S$. Esta posición favorece el ingreso en el sur y zona central de flujos de latitudes más australes, los cuales son generalmente fríos y húmedos (terceros paneles, de izquierda a derecha, respectivamente). Finalmente, la primavera corresponde a la época en donde el Anticiclón se desplaza desde su posición mas septentrional hacia el sur. Esta situación se ve acompañada de aumentos en la temperatura y descensos de la humedad relativa en la zona centro - sur del país (últimos paneles de izquierda a derecha).

12.4.4. Concentraciones de MP10

Se cuenta con una red de estaciones que miden concentraciones de MP10 en las siguientes ciudades: Rancagua, San Fernando, Curicó, Talca, Chillán, Concepción, Coronel, Los Angeles y Temuco. Dada la cantidad de estaciones, es necesario establecer las semejanzas entre las mediciones, con el objetivo de escoger una sólo estación representativa por ciudad. Para establecer semejanzas entre estaciones, se obtiene la correlación de concentraciones de MP10 medias diarias.

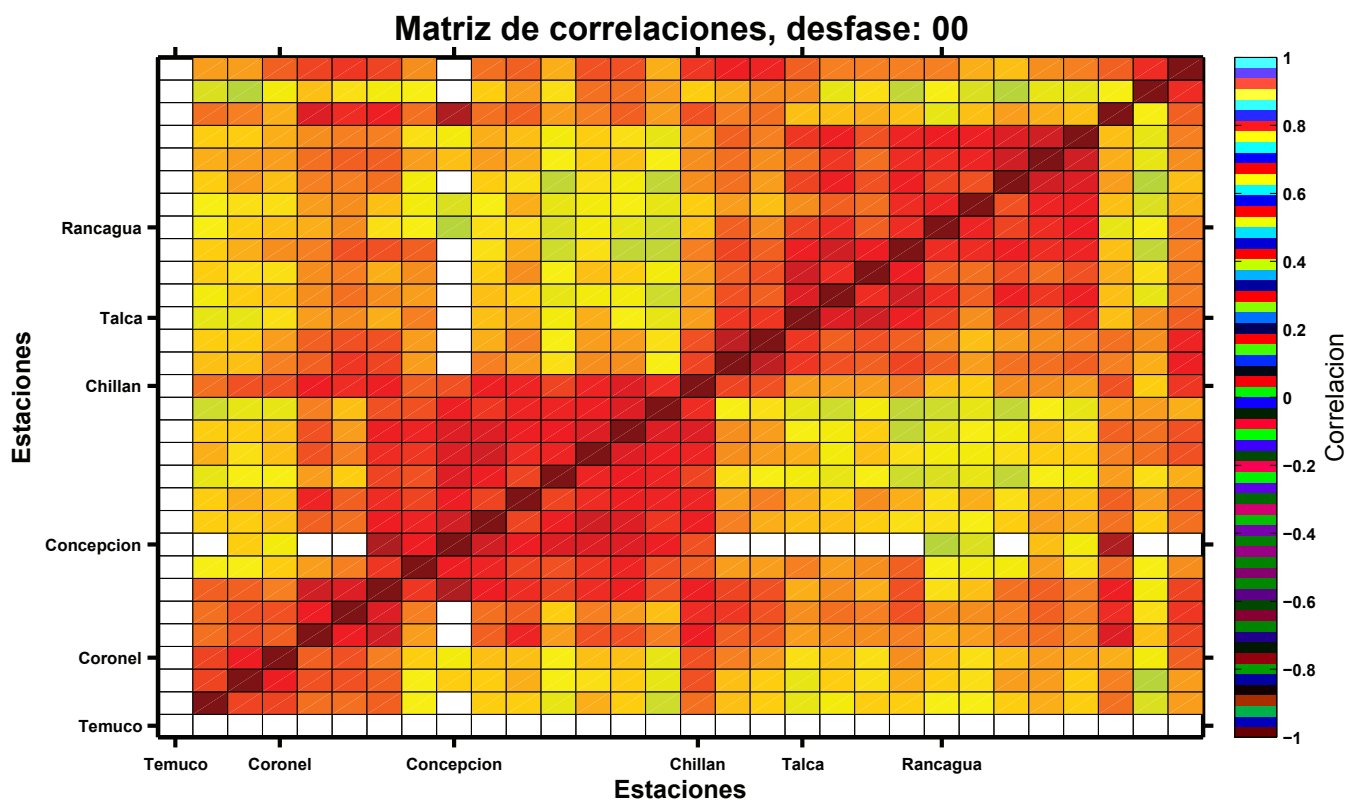


Figura 61: Matriz de correlación de las concentraciones diarias de MP10 registradas por las distintas estaciones en cada ciudad.

La figura 62 muestra la matriz de correlación para los promedios diarios de concentraciones de MP10. Las correlaciones máximas se dan cerca de la diagonal, correspondiendo a estaciones que se encuentran dentro de la misma ciudad. En general, los valores de correlación entre estaciones cercanas son iguales o superiores a 0,7, implicando que las concentraciones de MP10 poseen variabilidad que es compartida entre estaciones de una misma ciudad.

A partir de la matriz de correlación, se escoge una estación representativa por cada ciudad, cuyos registros de concentraciones de MP10 se emplearán para los siguientes análisis. La selección de estas estaciones se presenta en la tabla 54.

Ciudad	Estación	Fecha inicio	Fecha término	Porc. datos faltantes [%]
Rancagua	rancagua	1-4-2004	17-6-2014	9
Curicó	curico	7-7-2012	17-6-2014	29
Talca	universidaddetalca	21-3-2013	17-6-2014	4
Chillán	puren	15-3-2012	17-6-2014	2.9
Concepción/Talcahuano	libertadhuachipato	22-10-2009	17-6-2014	1.8
Coronel/Lota	lagunillas	1-6-2011	17-6-2014	3.6
Los Angeles	losangelesoriente	24-5-2012	17-6-2014	23.2
Temuco	lasencinas	13-1-2000	17-6-2014	14.5

Tabla 54: Estaciones de medición de concentraciones de MP10, escogidas para cada ciudad.

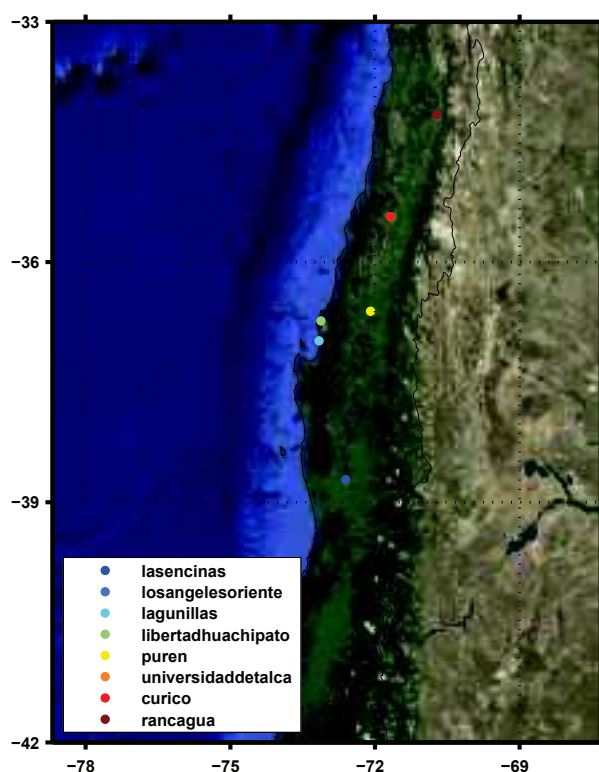


Figura 62: Mapa de estaciones seleccionadas, representativas de cada ciudad.

12.4.5. Eventos de concentraciones de MP10 elevadas

Con base en la norma primaria de calidad de aire para material particulado respirable MP10, se define como evento de concentraciones de MP10 elevadas a aquellos días en que el promedio diario supera el valor de $150 \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right]$. De acuerdo a esta definición, se obtiene la cuenta mensual del número de días con norma sobrepasada para cada estación escogida, esto se presenta en la figura 63.

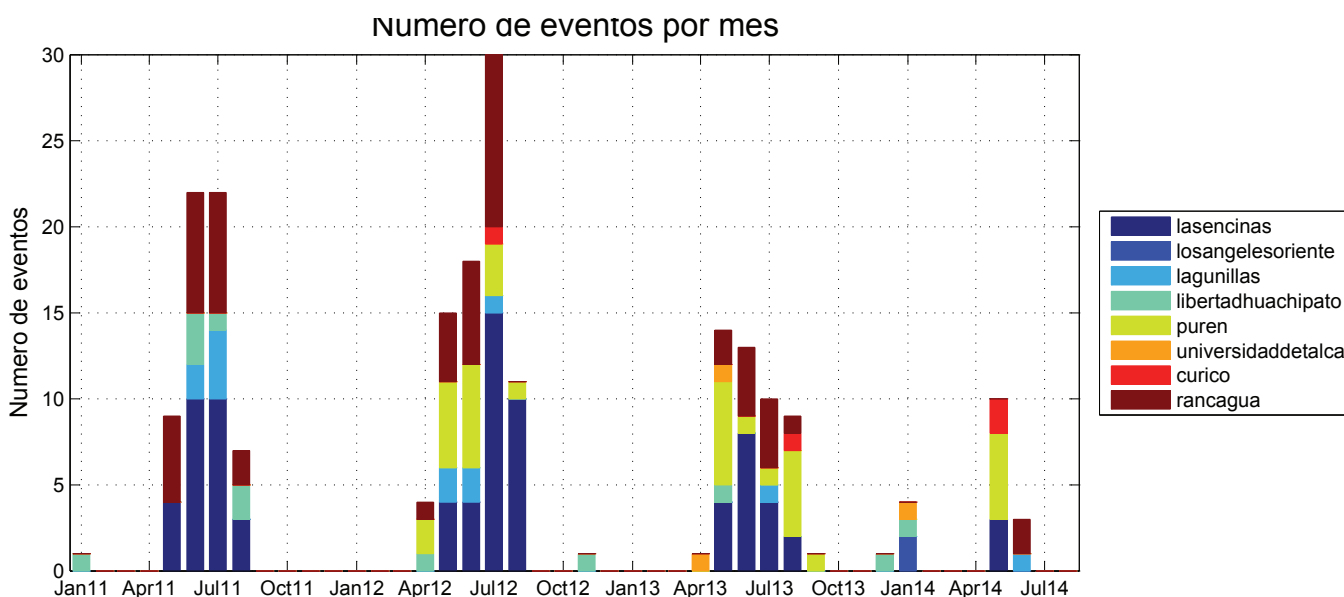


Figura 63: Número de eventos de concentraciones elevadas de MP10, considerando las estaciones seleccionadas.

De acuerdo a la disponibilidad de datos registrados por las estaciones, las concentraciones en las distintas ciudades aumentan durante los meses del invierno, registrándose mayor cantidad de días con norma sobrepasada. Las tres ciudades que presentan la mayor cantidad de eventos son Rancagua, Chillán y Temuco. Otras estaciones ubicadas en la depresión intermedia también presentan episodios de concentraciones elevadas, sin embargo, no en la cantidad que presentan las ciudades mencionadas. Existen algunos episodios que se desarrollan durante verano, en las ciudades de Talca, Los Angeles y Concepción/Talcahuano.

12.4.6. Coincidencia de eventos

Los eventos que se originan en las distintas ciudades pueden presentar coincidencia temporal. La siguiente figura presenta el análisis de esta coincidencia.

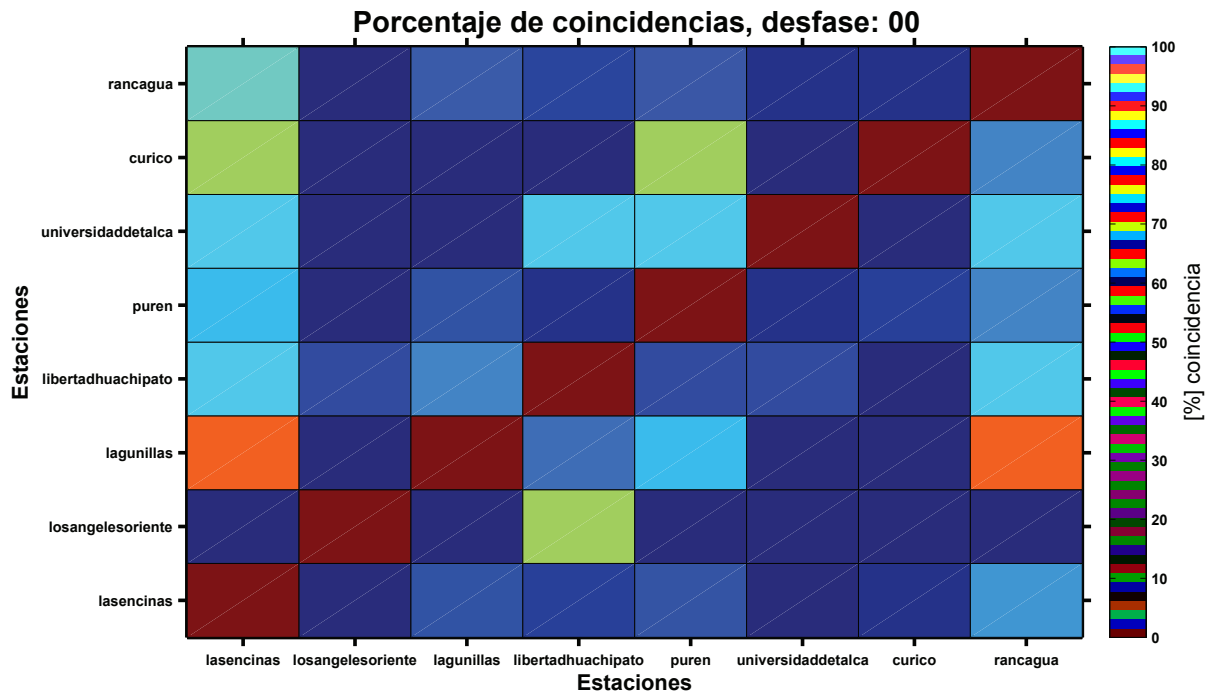


Figura 64: Porcentaje de coincidencias de generación de eventos en distintas ciudades, sin considerar un desfase diario.

La figura 64 muestra el porcentaje de coincidencia de eventos entre distintas ciudades. En otras palabras, se obtiene una probabilidad condicional de coincidencia de eventos. Cada cuadro representa la probabilidad de que se generen eventos simultáneos en dos ciudades distintas, dada la generación de un evento en la ciudad que se encuentra en el eje de las ordenadas. Se observa que las mayores probabilidades de coincidencia de eventos se desarrollan con Chillán, Temuco y Rancagua, dado un evento en cualquier otra ciudad. Las mayores probabilidades las obtienen la coincidencia de Temuco y Rancagua, dado un evento en Coronel (80% de probabilidad).

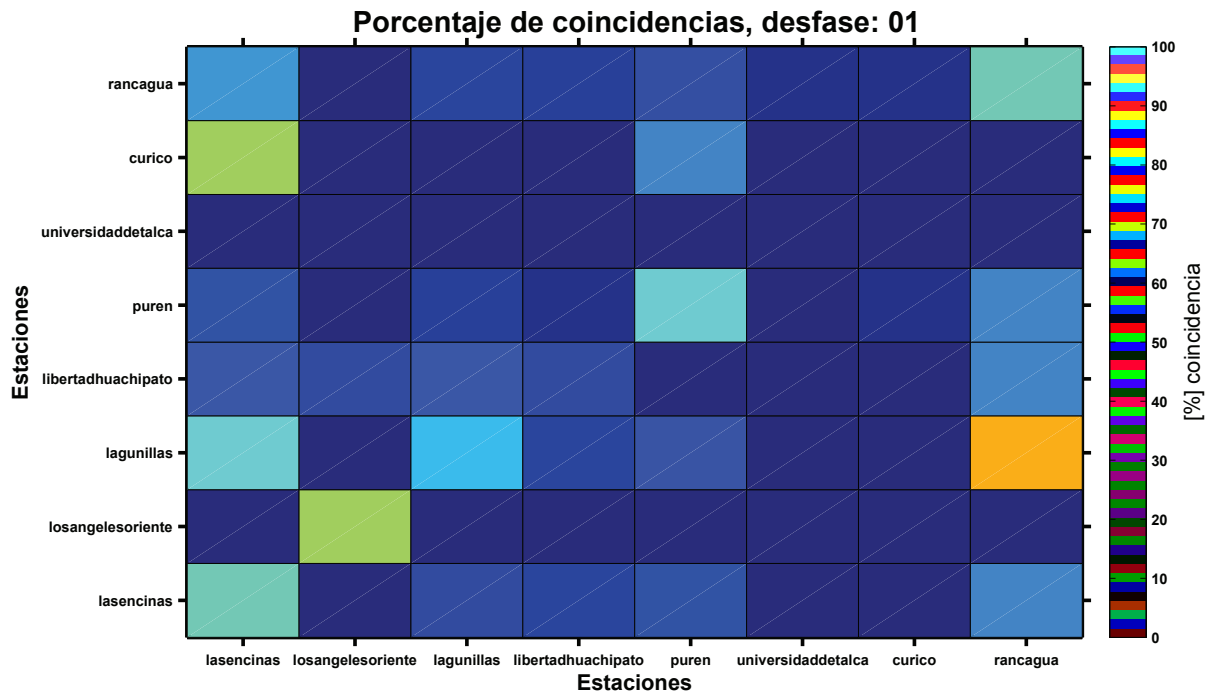


Figura 65: Porcentaje de coincidencias de generación de eventos en distintas ciudades, considerando un desfase de un día.

La figura 65 presenta la probabilidad condicionada de coincidencia de eventos, dada la generación de eventos con un día de anterioridad en el eje de las ordenadas. Las ciudades mencionadas anteriormente siguen mostrando los mayores valores de probabilidad condicional. Sin embargo, estos valores se presentan disminuidos. Además, en la diagonal se observa cierta persistencia temporal de algunas estaciones, donde resaltan las ciudades de Los Angeles y Rancagua. La mayor probabilidad se desarrolla para la coincidencia de eventos entre Rancagua y Coronel, dado un evento con un día de adelanto en Coronel (70% de probabilidad).

12.4.7. Evolución sinóptica de eventos

Con la identificación de los días que presentan eventos en cada ciudad, se procede a estudiar las condiciones sinópticas medias que se desarrollan durante estos días. La evolución media de los campos de presión, temperatura y humedad relativa se obtiene a partir de los campos de reanálisis del modelo NCEP - CFSR, con datos diarios entre el 1 de enero de 1979 y 30 de agosto de 2014. La evolución horaria media de la temperatura, humedad relativa y magnitud del viento sobre territorio nacional se obtiene empleando datos de estaciones de la red Agromet, cubriendo meridionalmente la zona comprendida entre 32 y 39°S.

Rancagua

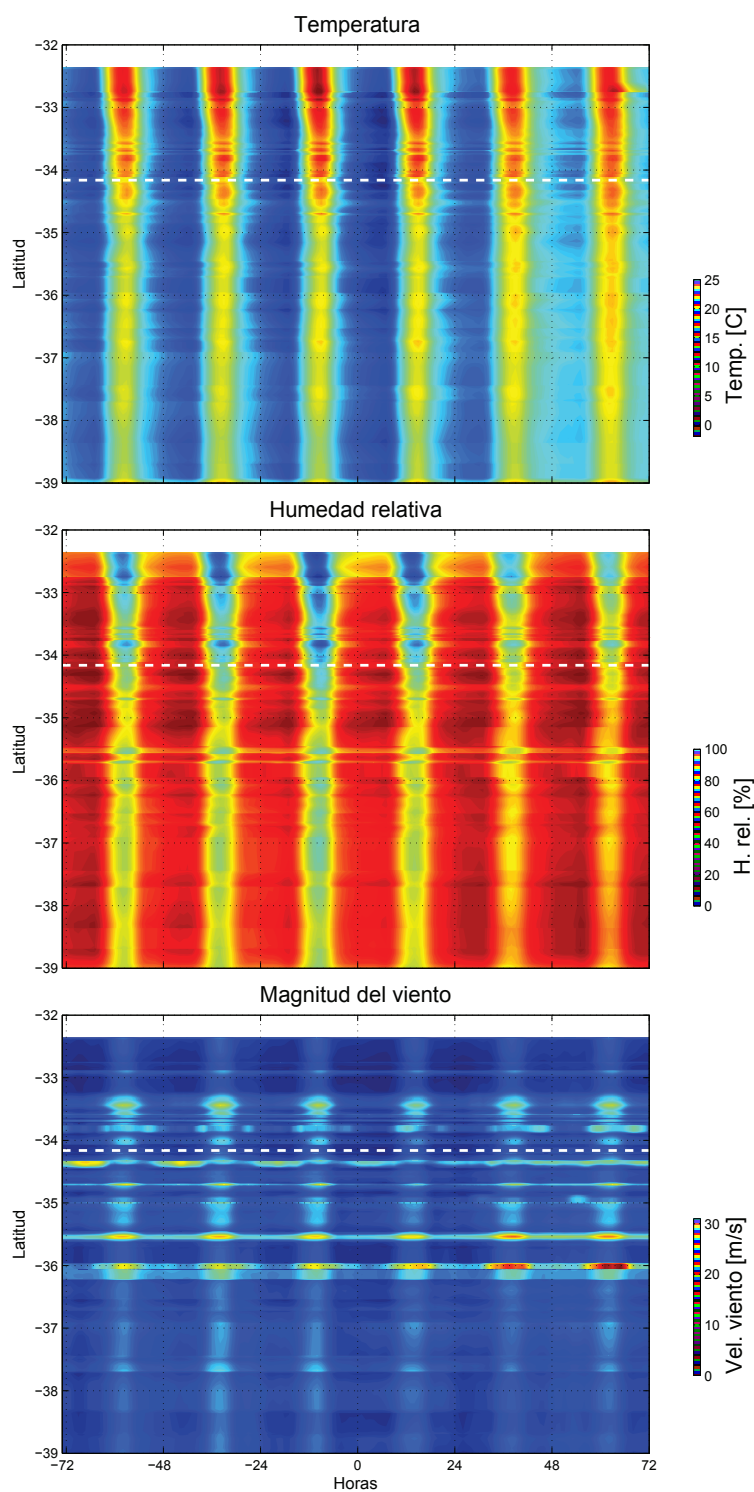


Figura 66: Evolución horaria media de temperatura, humedad relativa, magnitud del viento, de distintas estaciones de la red Agromet, para eventos ocurridos en Rancagua. Línea blanca segmentada identifica posición meridional de la ciudad.

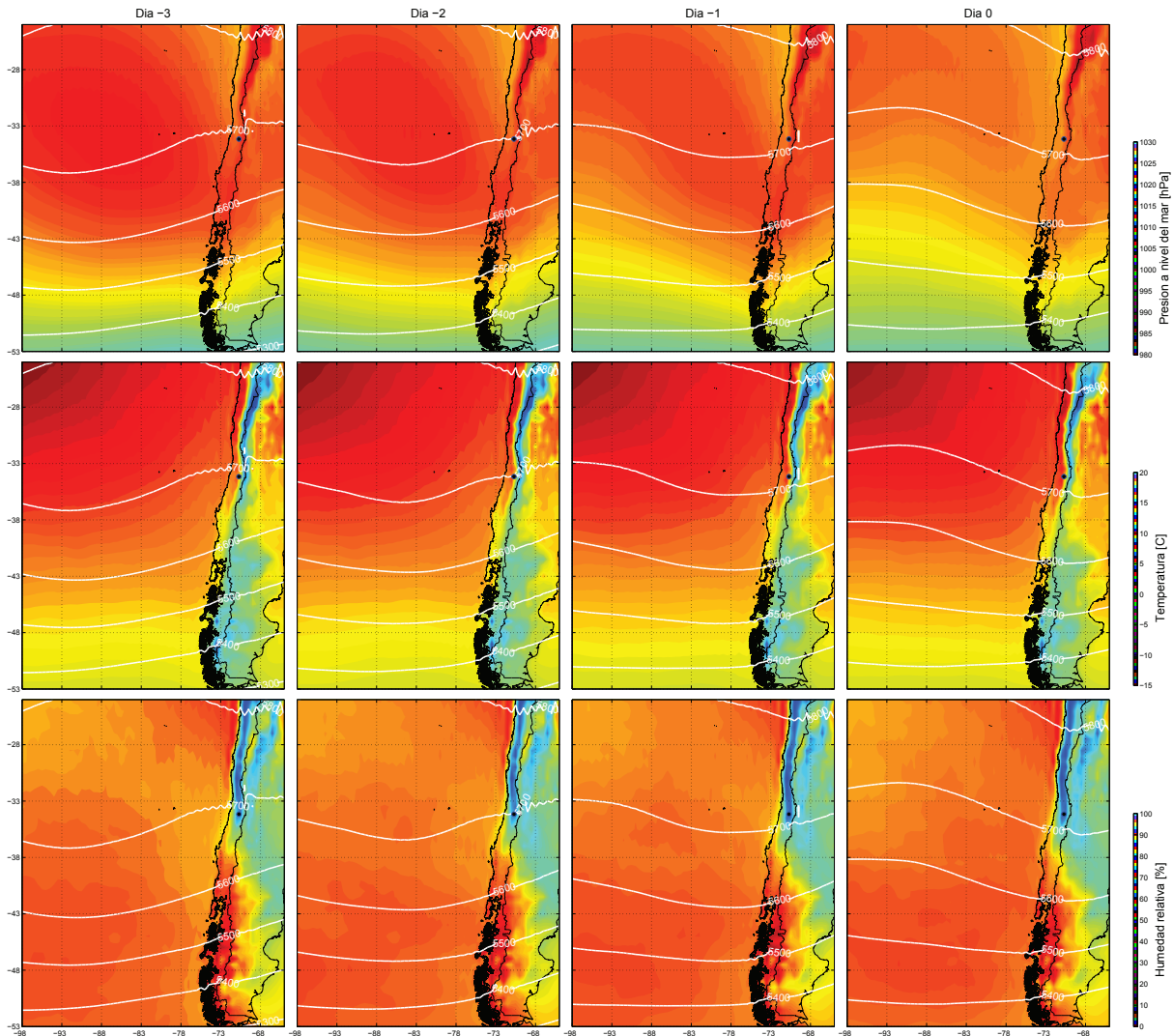


Figura 67: Evolución diaria de campos de presión, temperatura y humedad relativa superficial, junto con altura geopotencial en 500[hPa], para eventos ocurridos en Rancagua. Punto de color negro indica ubicación de la ciudad.

Los eventos en Rancagua están asociados a condiciones de estabilidad atmosférica nocturna (noches con temperaturas alrededor de $0[^\circ\text{C}]$) y un decrecimiento leve de la humedad relativa en estaciones que se ubican hacia el norte. La intensidad de los vientos describe una evolución similar a la humedad relativa, desarrollándose flujos débiles durante la noche del evento (ver figura 66). Los compuestos obtenidos de los campos de reanálisis (figura 67) muestran que previo al evento se desarrollan altas presiones superficiales sobre parte del territorio nacional, generando días más cálidos y noches más frías, acompañado de un descenso generalizado de la humedad relativa en la zona interior del país. El día anterior del evento presenta el ingreso de una vaguada en altura, debilitando el campo de presiones superficiales. La vaguada costera parece manifestarse en latitudes más hacia el norte de Rancagua, caracterizado por descenso de la temperatura y aumento de la humedad relativa.