



CENTRO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

INFORME FINAL
“IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DIARIA DE MODELO
DE PRONÓSTICO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA
POR MP10 EN TEMUCO, 2011”
UMGCA-015-LMPCA-008-2011

RESUMEN EJECUTIVO

PREPARADO PARA
SECRETARIA REGIONAL MINISTERIAL DEL MEDIO AMBIENTE
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

SANTIAGO, NOVIEMBRE DE 2011



Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA), Año 2001

Obra protegida por la Ley 17.336 sobre Propiedad Intelectual
Ninguna parte de este Informe puede ser reproducida, transmitida o almacenada, en cualquier forma o por cualquier medio, sin permiso expreso de CENMA, o de la Institución contratante del estudio.

Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente CENMA

Prof. Víctor Pérez, Presidente

Prof. Ítalo Serey, Director Ejecutivo

Sr. Jaime Durán, Director de Desarrollo Estratégico y Coordinación de Proyectos

Informe desarrollado por el Laboratorio de Meteorología y Pronóstico de la Calidad del Aire

Equipo de Meteorología:

Manuel Merino, Jefe del Laboratorio de Meteorología

Eugenio Campos, Meteorólogo Senior, Jefe de Turno

Maureen Amín, Meteoróloga Senior, Jefe de Turno

Claudio Cortés, Meteorólogo, Informática Ambiental

Diego Campos, Meteorólogo, Modelación Estadística

Ricardo Abarca, Meteorólogo

Equipo de Monitoreo:

Gerardo Alvarado, Jefe del Laboratorio de Monitoreo

Isabel Leiva, Supervisora de Terreno

Javier Vargas, Instrumentación

Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente

Av. Larraín 9975, La Reina, CP: 788-0096

Santiago, Chile

Tel: (56-2) 927 5500, Fax: (56-2) 275 1688

Contenido

1	Antecedentes Generales	1
2	Resumen de Resultados	2
2.1	Comparación PMCA y MP10	2
2.2	Acierto PMCA.....	3
2.3	Acierto Modelo Calidad del Aire	3
2.3.1	Conclusiones del desempeño de las herramientas de pronóstico	4
2.4	Episodios de Contaminación por MP10 constatados.....	5
2.5	Actualización de los Coeficientes de las Ecuaciones de Pronóstico para MP10 y Ajuste de las Ecuaciones para Pronóstico MP2.5	6
2.6	Diseño e Implementación del sistema WRF-CENMA.....	6
2.7	Funcionamiento de la Red SIVICA.....	6
2.8	Análisis y Propuestas de Mejoramiento al Sistema de Pronóstico y Gestión de Episodios en Temuco	7
2.8.1	Contar con información meteorológica y de calidad de aire confiable y en línea	7
2.8.2	Desarrollo de ecuaciones para un periodo fijo de 01 a 24 horas.....	7
2.8.3	Difusión en línea de los valores horarios de MP10	8
2.8.4	Incorporación de nuevas metodologías de pronóstico de calidad de aire	8
2.8.5	Aplicación de un sistema de pronóstico de calidad de aire para MP 2.5	8
2.8.6	Realizar campañas de medición para determinar la composición química del MP2.5	8
2.8.7	Trabajo en equipo de especialistas de la SEREMI del Medio Ambiente Región de La Araucanía y CENMA	9
3	Anexos	10
3.1	PMCA y Características de los Episodios de Contaminación que afectan a Temuco.....	10

1 Antecedentes Generales

El 16 de mayo de 2011 CENMA comenzó la Marcha Blanca del Proyecto "Implementación y Operación Diaria de Modelo de Pronóstico de Contaminación Atmosférica por MP10 en Temuco", y desde el 06 de junio hasta el 30 de septiembre de 2011 se realizó en forma oficial.

Se efectuaron análisis y pronósticos diarios de condiciones meteorológicas que afectan los niveles de calidad de aire por MP10 en Temuco, y se operaron los Modelos de Calidad de Aire para la Región.

Las actividades contempladas en este Servicio fueron consideradas por la SEREMI del Medio Ambiente de la Región de la Araucanía, a fin de apoyar las medidas de manejo de episodios críticos de contaminación atmosférica por MP10 en Temuco y Padre Las Casas.

Las principales herramientas utilizadas en el Sistema de Pronóstico de Calidad del Aire para Temuco son: la generación del Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica (PMCA), la operación del Modelo de Calidad del Aire y la inclusión de la Opinión Experta. Los resultados fueron informados diariamente a la contraparte utilizando herramientas de seguimiento y control mediante tablas de contingencia con la evaluación de los pronósticos.

2 Resumen de Resultados

En los puntos siguientes se destacan los resultados de este Servicio:

2.1 Comparación PMCA y MP10

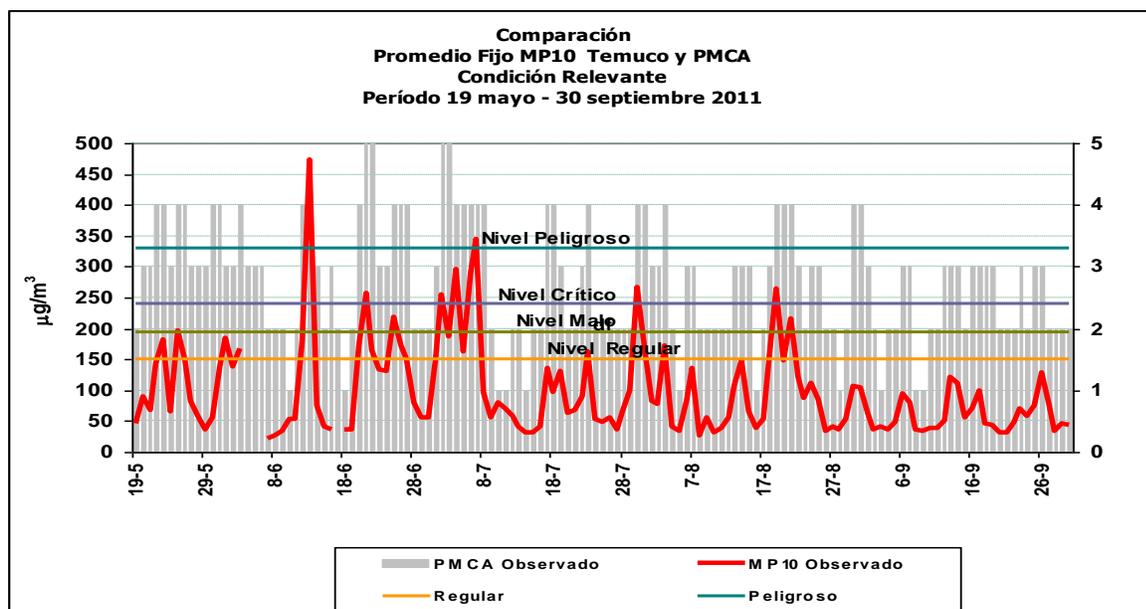


Figura 1 Comparación PMCA observado y MP10, 19 mayo- 30 septiembre 2011

La Figura 1 muestra en general, buena correlación entre valores de PMCA (barras verticales) y de MP10 (línea roja), particularmente considerando que el MP10 es una variable continua y el PMCA una discreta. Los PMCA 3, PMCA 4 y PMCA 5 se correlacionan razonablemente bien con días en que se supera el nivel de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hacia el final del periodo, se observan menores niveles de calidad del aire respecto a los PMCA observados, hecho atribuible al efecto de la estacionalidad.

2.2 Acierto PMCA

La Tabla de Contingencia siguiente muestra la evaluación del Índice PMCA durante el periodo de pronóstico 2011.

Tabla 1 Evaluación PMCA pronosticado con 24 horas de anticipación

Evaluación Condiciones de Ventilación desde 19/05/2011

PMCA	Observado						
Pronos 24h	Bajo	Regular/Bajo	Regular	Regular/Alto	Alto	Total	% Acierto
Bajo	11	0	0	0	0	11	100.0
Regular/Bajo	0	43	2	0	0	45	95.6
Regular	0	6	34	2	0	42	81.0
Regular/Alto	0	0	6	27	1	34	79.4
Alto	0	0	0	0	3	3	100.0
Total	11	49	42	29	4	135	
%Acierto	100.0	87.8	81.0	93.1	75.0		
N° Aciertos	118						
%Acierto Total	87.4						
Skill-Score	76.7						

La Tabla 1 muestra un alto porcentaje del acierto total (87.4%) y también alto para cada una de las categorías. El Skill-Score refleja una significativa superioridad del pronóstico desarrollado, respecto al de persistencia.

2.3 Acierto Modelo Calidad del Aire

Considerando el Modelo de promedios fijos 7 AM del día 1 a 06 AM del día 2, se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 2 Evaluación Modelo de Calidad de aire considerando promedio fijo 7 a 6

TABLA DE CONTINGENCIA ACIERTO PRONÓSTICO FIJO 6-6 HRS PARA EL DÍA SIGUIENTE (SEGUNDO AJUSTE)

Desde 19-05-2011	Observado					
Pronosticado día siguiente	Bueno - Regular	Malo	Crítico	Peligroso	Total	% Acierto
Bueno - Regular	100	2	4	6	112	89,3
Malo	5	2	0	0	7	28,6
Crítico	10	3	2	1	16	12,5
Peligroso	0	0	0	0	0	-----
Total	115	7	6	7	135	
% Acierto	87,0	28,6	33,3	0,0		
Número aciertos	104					
% Acierto total	77,0					
% ENA	60,0					
% FA	65,2					

La Tabla 2 muestra el acierto logrado en el Modelo 07 a 06, sin incluir la opinión experta; 77% acierto total, alto porcentaje de Episodios No Alertados (ENA) y Falsas Alarmas (FA).

Considerando la ocurrencia o no de episodio y la opinión experta en el modelo que incluye variables del sonda, se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 3 Evaluación Modelo de Calidad de aire considerando episodio/no episodio y opinión experta

MODELO CS Y OPINIÓN EXPERTA	OBSERVADO			
	NO EPISODIO	EPISODIO	Total	% Acierto
PRONOSTICADO				
NO EPISODIO	71	3	74	95,9
EPISODIO	10	36	46	78,3
Total	81	39	120	
% Acierto	87,7	92,3		
Número aciertos	107			
% Acierto total	89,2			
% ENA	7,7			
% FA	21,7			

La Tabla 3 muestra que considerando $MP_{10} \geq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como episodio y $MP_{10} < 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como no episodio e incluyendo la opinión experta para el modelo que incluye variables del sonda de Puerto Montt, se alcanza un 89.2% de acierto total, bajo porcentaje de Episodios No Alertado (ENA) 7.7 % y un porcentaje de Falsas Alarmas (FA) de 21.7%.

2.3.1 Conclusiones del desempeño de las herramientas de pronóstico

- El PMCA es un indicador que integra la información meteorológica de escalas sinóptica, regional y local asociadas a calidad del aire; presenta un alto grado de acierto, y consecuentemente ha demostrado ser una herramienta de primera importancia para el pronóstico de calidad del aire en la Región.
- El pronóstico de calidad de aire considerado el promedio móvil e incorporando la opinión experta logra un acierto total de 89.2%. Respecto a lo observado, el acierto para no episodio es 87.7% y para episodio 92.3%. Respecto a lo pronosticado, el acierto para no episodio es 95.9% y para episodio 78.3%. Falsas Alarmas 21.7% y Episodios No Alertados 7.7%.

2.4 Episodios de Contaminación por MP10 constatados

Durante la temporada se registraron 25 días que calificaron como episodios, según el promedio diario 1 a 24 horas. De éstos, 14 alcanzaron el nivel Regular, 3 el Nivel Malo, 6 el Nivel Crítico y 2 el Nivel Peligroso. La principal configuración sinóptica observada fue A (t)-N (t) (Ver Anexos), que corresponde a la presencia de una dorsal en altura y un núcleo frío ubicado típicamente sobre el Pacífico frente a la zona central¹.

Tabla 2 Episodios constatados Mayo-Agosto 2011

Fecha	MP10 Registrado	Nivel	Tipo Episodio
23/05/2011	183	Regular	A (t) – N(t)
25/05/2011	196	Malo	A (t)
01/06/2011	185	Regular	A (t) - BPF
03/06/2011	168	Regular	A (t) - BPF
12/06/2011	179	Regular	A (t)
13/06/2011	472	Peligroso	A (t)
20/06/2011	172	Regular	A (t) – N(t)
21/06/2011	258	Crítico	A (t) – N(t)
22/06/2011	165	Regular	A (t) – N(t)
25/06/2011	217	Malo	A (t)
26/06/2011	173	Regular	A (t)
27/06/2011	150	Regular	A (t)
01/07/2011	152	Regular	A (t) - N(t)
02/07/2011	254	Crítico	A (t) – N(t)
03/07/2011	188	Regular	A (t) – N(t)
04/07/2011	296	Crítico	A (t) – N(t)
05/07/2011	162	Regular	A (t) – N(t)
06/07/2011	288	Crítico	A (t) – N(t)

¹ CENMA (2001) Tipificación de condiciones meteorológicas asociadas a distintas categorías de PMCA en Temuco

07/07/2011	344	Peligroso	A (t) – N(t)
23/07/2011	161	Regular	A (t)
30/07/2011	266	Crítico	A (t) –N (t)
31/07/2011	169	Regular	A (t) –N (t)
03/08/2011	171	Regular	A(t)
19/08/2011	264	Crítico	A (t) –N (t)
21/08/2011	216	Malo	A (t) –N (t)

2.5 Actualización de los Coeficientes de las Ecuaciones de Pronóstico para MP10 y Ajuste de las Ecuaciones para Pronóstico MP2.5

Se actualizaron las ecuaciones de pronóstico y se realizó un modelo experimental de pronóstico para MP2.5 basado en la estrecha relación entre el MP10 y el MP2.5.

Los resultados sugieren continuar utilizando los coeficientes originales debido a que la actualización no determina mejoras estadísticamente significativas en las ecuaciones de pronóstico de MP10. Se sugiere realizar un nuevo sistema de ecuaciones de pronóstico basándose en el periodo fijo de 01 a 24 horas, tanto para MP10 como para MP2.5.

2.6 Diseño e Implementación del sistema WRF-CENMA

El modelo WRF-CENMA fue operado de forma experimental en 2011, y los buenos resultados alcanzados muestran que en 2012, podrá utilizarse como condición de inicio para modelos de calidad de aire, aplicable a MP10, MP2.5 u otros contaminantes atmosféricos a nivel regional, pudiendo aplicarse por lo tanto en la Región de la Araucanía.

2.7 Funcionamiento de la Red SIVICA

- A juicio de CENMA, la deficiente operación de la Red SIVICA en 2010 y 2011, en relación a las estaciones de monitoreo ubicadas en la Región de Temuco, debe ser subsanada. Se hace imperativo asegurar para 2012 el correcto funcionamiento de la Red, condición necesaria si se quiere lograr un mejoramiento del sistema de pronóstico y una adecuada Gestión de Episodios Críticos.

- La información recopilada en los dos últimos años representa un serio retroceso para la gestión de calidad de aire en la Región, debido a que la información existente dista de ser confiable, y por lo tanto no se puede aseverar que las conclusiones que se obtengan a partir de dicha información sean correctas.
- No hubo mediciones de SO₂, NO_x y tampoco O₃ aunque en la página WEB de SIVICA aparece que las estación de Temuco debiera medir estos contaminantes. El SO₂ y los NO_x contribuyen a la formación de nitratos y sulfatos que pasan a formar parte del MP2.5.

2.8 Análisis y Propuestas de Mejoramiento al Sistema de Pronóstico y Gestión de Episodios en Temuco

2.8.1 Contar con información meteorológica y de calidad de aire confiable y en línea

Sobre la base de la deficiente operación de la red SIVICA en 2010 y 2011, y los serios problemas que ocasionó, se plantea la imperiosa necesidad de asegurar que la Institución que opere la Red SIVICA, a la que pertenecen las estaciones de monitoreo de Temuco y Padre Las Casas, tenga las capacidades, recursos materiales y humanos, conocimientos, competencia y experiencia requeridos. La Institución a cargo debe efectuar un permanente control de calidad a los datos, y hacer las mantenciones y calibraciones preventivas y correctivas que sean necesarias para mantener en buen funcionamiento y en línea los equipos de monitoreo.

2.8.2 Desarrollo de ecuaciones para un periodo fijo de 01 a 24 horas

CENMA desarrollo y operó en 2011 para Temuco, un modelo de pronóstico para un periodo fijo de 24 horas, contemplado desde las 06 AM del día 1, a las 07 AM del día 2, considerando el día 0 como el de emisión del pronóstico. Esto solucionó el significativo desfase e inutilidad operacional que produce el usar el promedio móvil de 24 horas. Sin embargo el periodo fijo de 24 horas elegido, ha demostrado ser en ocasiones comunicacionalmente confuso. Dado que se constató la similitud de los valores entregados por la ecuación 06 am D1 a 07 am D2, y el resultado del pronóstico 01 a 24 horas, se propone desarrollar ecuaciones operacionales para este último periodo, las que podrían ser aplicadas a partir de 2012.

2.8.3 Difusión en línea de los valores horarios de MP10

Se recomienda la difusión en línea de los valores horarios de MP10 a través del sitio Web y otros medios masivos de difusión y comunicación. Es la exposición de la población a los altos peaks horarios de MP10 asociados a episodios, la que determina efectos agudos en salud, particularmente en la población más vulnerable, lactantes, ancianos, asmáticos y personas con problemas cardiovasculares.

2.8.4 Incorporación de nuevas metodologías de pronóstico de calidad de aire

Se recomienda en paralelo a la operación del modelo oficial, desarrollar e implementar otras metodologías de pronóstico. Estas pueden ser del tipo estadístico MOS², Neuronales³ o del tipo numérico con modelos acoplados físico-químicos como el WRF-Chem⁴. Estos modelos alternativos pueden ser también desarrollados y/u operados por Instituciones y Universidades Regionales.

2.8.5 Aplicación de un sistema de pronóstico de calidad de aire para MP 2.5

En 2012 entra a regir la norma para el MP2.5,⁵ y los niveles asociados a condiciones de excepción. (Superación de la norma, alerta, preemergencia y emergencia)

La fracción del material particulado respirable más agresiva para la salud corresponde al MP2.5 y se estima que en Temuco la fracción fina, MP2.5 es del orden de un 80 % del MP10 total.

2.8.6 Realizar campañas de medición para determinar la composición química del MP2.5

Para conocer mejor los procesos de formación y distribución espacial y temporal del MP2.5 en la Región de La Araucanía, es necesario efectuar campañas de medición con filtros, para determinar su composición química, y estimar la contribución de las diferentes fuentes de emisión de contaminantes.

² Model Output Statistic

³ Neuronal networks

⁴ Modelo numérico acoplado físico-químico

⁵ DS N° 12/2001 Ministerio del Medio Ambiente

2.8.7 Trabajo en equipo de especialistas de la SEREMI del Medio Ambiente Región de La Araucanía y CENMA

Desde 2007 en que CENMA opera el modelo de pronóstico de MP10 para la Región de La Araucanía, se ha afianzado una muy buena interacción con las contrapartes técnicas de la SEREMI de MA. Se recomienda mantener y fortalecer este trabajo en equipo, ya que apunta al mejoramiento continuo de la Gestión de Episodios. Se propone efectuar reuniones y discusiones técnicas periódicas entre los especialistas del SEREMI MA Región de La Araucanía y los especialistas de CENMA.

3 Anexos

3.1 PMCA y Características de los Episodios de Contaminación que afectan a Temuco

Definición

El PMCA es una medida netamente meteorológica, siendo su valor inversamente proporcional al factor de ventilación después del mediodía (Rutllant y Salinas, 1983), entendiéndose por factor de ventilación al producto del espesor de la capa de mezcla superficial por el viento medio dentro de la capa. La definición del PMCA para Temuco integra las condiciones meteorológicas a escalas sinóptica, regional y local, asociadas a diferentes factores de ventilación y condiciones de dispersión

Tipificación de condiciones sinópticas asociadas a distintos valores PMCA

Para efectos operacionales, y sobre la base de las condiciones observadas y analizadas entre 2002 y 2006, CENMA efectuó para Temuco una tipificación de distintas categoría de PMCA sobre la base de configuraciones sinópticas y regionales; y de variables meteorológicas y de calidad de aire de escala local.

Se definieron cinco categorías de Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica. (PMCA), que se resumen como sigue:

1.- PMCA BAJO

Representa una situación muy favorable en términos de dispersión de contaminantes. Se asocia a presencia de sistemas frontales activos y de rápido desplazamiento, precipitación y/o vientos moderados a fuertes y ausencia de inversión térmica.

En el radiosondeo de Puerto Montt la presión de superficie es del orden de 1000 hPa y no se observa inversión de subsidencia. En el nivel de presión 925 hPa a una altura aproximada de 700 mgp, la temperatura está en el rango 5 a 8°C y la velocidad del viento entre 10 y 15 m/s. Altura de 500 hPa del orden de 5450 mgp.

En la estación de Las Encinas, se observa poca oscilación térmica diurna, las temperaturas mínimas se presentan del orden de 6°C a 9°C, y máximas del orden de 10°C; la humedad relativa presenta valores cercanos a la saturación (100%); la velocidad del viento medio del día es del orden 3 a 4 m/s. La presión atmosférica media del día es del orden de 990 a 1000 hPa, alcanzando valores equivalentes a los presentados por el radiosondeo.

Las concentraciones de MP10 presentan generalmente valores promedio del día entre 20 y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con máximos horarios del orden de 50 a 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El máximo del promedio móvil de 24 horas muestra valores entre 25 y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.- PMCA REGULAR/BAJO

En general, se observan buenas condiciones de ventilación y dispersión de contaminantes. Se asocia a sistemas frontales de actividad regular a débil, con precipitación acumulada durante el evento menor a 10 mm.

El radiosonda de Puerto Montt presenta una inversión térmica de subsidencia débil o elevada, con presión en superficie entre 1000 y 1005 hPa. A 925 hPa se observan alturas entre 710 a 770 mgp, temperaturas en el rango 5 a 8°C, intensidad del viento del orden de 10 m/s. En nivel de 500 hPa se observan valores del orden de 5500 mgp.

En la estación de Las Encinas, al igual que en PMCA BAJO, se observa poca oscilación térmica diurna, con valores similares a los observados en la Categoría 1; presión media del día del orden 1000 a 1003 hPa; humedad relativa con valores entre 70 y 90%; velocidad del viento promedio del día de 1 a 3 m/s.

Las concentraciones máximas horarias de MP10 presentan valores entre 80 y 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio del día entre 30 y 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El máximo promedio móvil de 24 horas muestra valores entre 30 y 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.- PMCA REGULAR

Esta categoría está caracterizada por la incursión de dorsales en altura débil o moderada, con altas presiones en superficie. Además de condiciones prefrontales de avance moderado a lento, que trae consigo nubosidad media.

En el radiosonda de Puerto Montt se aprecia una inversión de subsidencia de mediana intensidad, con presión en superficie en el rango 1003 a 1008 hPa. En el nivel de 925 hPa con altura de 800 metros, la temperatura fluctúa entre 3 y 6°C, velocidad del viento de 5 a 10 m/s. Alturas a 500 hPa del orden de 5600 mgp.

En Las Encinas la presión media del día del orden de 1003 a 1010 hPa, temperaturas máximas entre 12 y 14°C, y las mínimas entre 3 y 7°C. Velocidad del viento promedio del día entre 1 y 2 m/s.

Concentraciones de MP10 máximas horarias entre 200 a 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valores promedio día entre 60 y 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Máximo promedio móvil de 24 horas diario entre 80 y 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.- PMCA REGULAR/ALTO

Se asocia a condiciones de ventilación malas, relacionada con las siguientes configuraciones:

- Tipo A (t), correspondiente a una dorsal en altura bien definida e irrupción de alta fría en superficie, y una vaguada costera ubicada en la zona central.
- Tipo BPF (t), caracterizado por la aproximación de un sistema frontal cálido de lento desplazamiento, acompañado de abundante nubosidad media, registrándose un estancamiento de contaminantes y baja dispersión atmosférica en Temuco.
- Tipo mixto A (t)-BPF (t), mezcla los efectos de ambos tipos de configuraciones sinópticas. Típicamente comienza como un Tipo A (t) y le sigue la configuración BPF (t).
- Tipo A(t)-N(t), asociado a núcleos fríos, que corresponden a perturbaciones del aire polar desprendido hacia latitudes medias, acompañado por un estrangulamiento provocado por una dorsal ubicada al sur que se desplaza al continente. Cuando los núcleos fríos se posicionan al norte de Temuco, la circulación asociada contribuye a un flujo de viento proveniente desde el continente (aire seco de componente Este), subsidencia, reducción de la capa de mezcla superficial, generando malas condiciones de ventilación.

Los episodios menos frecuentes son los de tipo BPF (t), ya que en general a la latitud de Temuco, los sistemas frontales tienden a ser más dinámicos.

El radiosondeo de Puerto Montt muestra una inversión térmica de subsidencia de marcada intensidad, con alta presión en superficie en el rango 1010 a 1015 hPa. El nivel de 925 hPa con alturas entre 800 y 850 m, se observa una temperatura en el rango 3 y 6°C, velocidad del viento 5 m/s. Al nivel 500 hPa entre 5650 y 5700 mgp.

En Las Encinas la presión media del día del orden de 1010 hPa, velocidad del viento cercana a la calma. Temperatura máxima entre 12 y 16°C, temperatura mínima cercana a 0°C. Humedad relativa entre 40 y 50%. Estas variables representan una masa de aire cálida y seca, condición típica de la Categoría 4.

Las concentraciones de MP10 máximas horarias presentan valores entre 300 y 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio diario (de 0 a 23 horas) entre 120 y 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Máximo promedio móvil de 24 horas entre 150 y 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.- PMCA ALTO

Representa a la misma condición que en el PMCA Regular/Alto, pero en forma más acentuada tanto en condición sinóptica, como en la prolongación en el tiempo.