

Informe Final 2007 del Estudio "Implementación y Operación Diaria de Modelo de Pronóstico de Contaminación Atmosférica por MP10 en Temuco" preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente-Dirección Región de la Araucanía.



**Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente
CENMA - Universidad de Chile**



INFORME FINAL

"Implementación y Operación Diaria de Modelo de Pronóstico de Contaminación Atmosférica por MP10 en Temuco"

RESUMEN EJECUTIVO

Noviembre 2007

**PREPARADO POR EL CENTRO NACIONAL DEL
MEDIO AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE
PARA**

**Comisión Nacional del Medio Ambiente
Dirección Región de la Araucanía**

Avenida Larraín 9975
F: 02-2994100

E-mail: comunicaciones@cenma.cl

Noviembre 2007

Informe Final 2007 del Estudio "Implementación y Operación Diaria de Modelo de Pronóstico de Contaminación Atmosférica por MP10 en Temuco" preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente-Dirección Región de la Araucanía.

ANTECEDENTES

El presente documento corresponde al Informe Final del Estudio "Implementación y Operación Diaria de Modelo de Pronóstico de Contaminación Atmosférica por MP10 en Temuco", solicitado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, Dirección Región de la Araucanía.

Informe Final 2007 del Estudio "Implementación y Operación Diaria de Modelo de Pronóstico de Contaminación Atmosférica por MP10 en Temuco" preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente-Dirección Región de la Araucanía.

© Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA)
Año 2007

Estudio
"Implementación y Operación Diaria de Modelo de Pronóstico de Contaminación Atmosférica por MP10 en Temuco"

Informe Final Noviembre 2007

Informe Técnico LMAA- 024-UMET-014-2007

Ninguna parte de este Informe puede ser reproducido, transmitido o almacenado, en cualquier forma o por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, químico, gráfico, incluyendo fotocopiado, registro magnético y sistemas de almacenamiento de información, sin permiso expreso de CENMA, o de la Institución contratante del estudio.

Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente CENMA
Prof. Víctor Pérez, Presidente
Prof. Eugenio Figueroa, Director Ejecutivo

Informe preparado por el Laboratorio de Modelación y Análisis Atmosférico
Manuel Merino, Jefe de Proyecto
Marcelo Araya, Jefe de Unidad de Mediciones e Instrumentación
Eugenio Campos, Meteorólogo Senior
Andrea Rivera, Meteoróloga
Francisco Vega, Meteorólogo
Rodrigo Jara, Meteorólogo
Isabel Leiva, Supervisora Unidad de Mediciones e Instrumentación
Javier Vargas, Técnico Instrumentista
Claudio Castillo, Técnico Instrumentista

Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente
Av. Larraín 9975, La Reina, Santiago, Chile
Tel: (56-2) 299 4100, Fax: (56-2) 275 1688

INFORME FINAL

INFORME EJECUTIVO

CONTENIDO

1	EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO DE PMCA Y DE LOS MODELOS DE CALIDAD DE AIRE 2007.....	4
1.1	ANTECEDENTES GENERALES	4
1.2	POTENCIAL METEOROLÓGICO DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA (PMCA)	4
1.3	RELACIÓN ENTRE VALORES OBSERVADOS Y PRONOSTICADOS DE MP10.....	5
1.4	RESULTADOS	6
1.5	CONCLUSIONES	7
2	ANÁLISIS Y PROPUESTAS DE MEJORAMIENTO AL SISTEMA DE PRONÓSTICO.....	8
2.1	INTRODUCCIÓN	8
2.2	REEMPLAZO PARA EFECTOS OPERACIONALES DEL ACTUAL ÍNDICE ICAP	8
2.3	ENTREGA DE LOS RESULTADOS DEL PRONÓSTICO DE CALIDAD DE AIRE EN TÉRMINOS DE PROBABILIDADES	8
2.4	DIFUSIÓN DE VALORES HORARIOS, DEL ICAP Y DE LOS PRONÓSTICOS DE CALIDAD DE AIRE	9
2.5	EVALUACIÓN DEL PRONÓSTICO DE CALIDAD DE AIRE CONSIDERANDO EL IMPACTO DE LA REDUCCIÓN DE EMISIONES	9
2.6	ACTUALIZACIÓN PERIÓDICA DEL INVENTARIO DE EMISIONES	9
2.7	AJUSTE DE AÑO EN AÑO DE COEFICIENTES DE LAS VARIABLES DE PRONÓSTICO	9
2.8	EXPLORAR NUEVAS ECUACIONES DE PRONÓSTICO QUE INCORPOREN VARIABLES CON AUTOAJUSTE DE COEFICIENTES.....	9
2.9	DESARROLLO DE NUEVAS ECUACIONES Y METODOLOGÍAS DE PRONÓSTICO DE CALIDAD DE AIRE	10
2.10	DESARROLLO Y APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE PRONÓSTICO DE CALIDAD DE AIRE PARA MP	10
2.11	REALIZAR CAMPAÑAS PARA DETERMINAR LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL MP2.5	10
2.12	TRABAJO EN EQUIPO DE ESPECIALISTAS DE CONAMA IX E INSTITUCIÓN QUE OPERA EL PRONÓSTICO	10
2.13	OPTIMIZACIÓN DE LA DETERMINACIÓN GRADIENTE TÉRMICO VERTICAL.....	10
2.14	CONTAR CON UN PERFILADOR VERTICAL DE VIENTO Y TEMPERATURA	11
2.15	AUDITORIAS Y FISCALIZACIÓN PERMANENTES A LAS PRINCIPALES FUENTES EMISORAS	11
2.16	REALIZAR CAMPAÑAS DE MEDICIONES PARA CONOCER LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA CONTAMINACIÓN POR MP10 EN LA IX REGIÓN	11

1 Evaluación del Pronóstico de PMCA y de los Modelos de Calidad de Aire 2007

1.1 Antecedentes generales

A partir del 01 de Mayo y hasta el 15 de Octubre de 2007, CENMA realizó análisis y pronósticos diarios de condiciones meteorológicas que afectan los niveles de calidad de aire por MP10 en Temuco, y operó los modelos de Calidad de Aire para la IX región. Esta tarea se efectuó por encargo de CONAMA Región de la Araucanía, para apoyar las medidas de manejo de episodios críticos de contaminación atmosférica en esta región.

1.2 Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica (PMCA)

La Figura 1 muestra el comportamiento referido al PMCA observado como condición relevante del día, respecto a las concentraciones máximas en 24 horas de MP10 para el mismo día. El valor del MP10 está determinado por la Condición Relevante, esto es, el mayor valor diario respecto al promedio móvil de 24 horas, registrado en la estación de Temuco (Mayo - Octubre 2007).

El PMCA observado se determina utilizando, entre otras referencias, el método propuesto por Rutllant-Garreud (1995), y la tipificación realizada por CENMA en 2002 para Temuco.

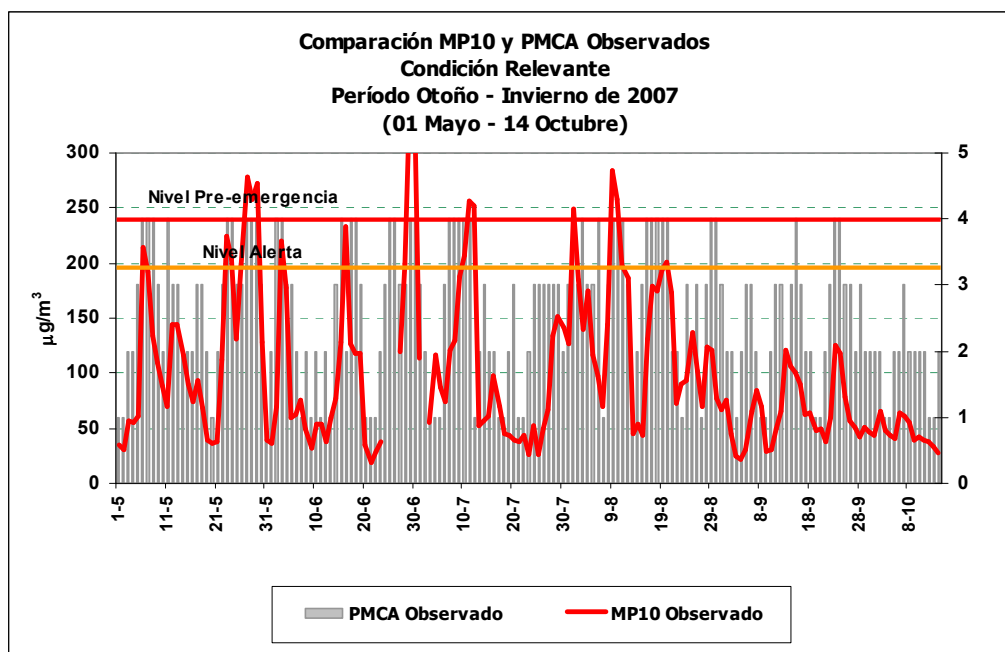


Figura 1 MP10 y PMCA Observados (condición relevante)

En la Figura 1 se observa en general una buena correspondencia entre las concentraciones de MP10 y el PMCA observado durante el período Mayo-Octubre 2007. A partir de la tercera semana de Agosto se aprecia una gradual incidencia de la estacionalidad.

Tabla 1-2-1.- Evaluación PMCA Pronóstico a 24 horas

Mayo-Oct. 2007

PMCA	Observado						
Pronos 24	1	2	3	4	5	Total	% Acierto
1	31	3	0	0	0	34	91.2
2	1	40	5	1	0	47	85.1
3	0	1	40	3	0	44	90.9
4	0	3	3	32	0	38	84.2
5	0	0	1	3	0	4	0.0
Total	32	47	49	39	0	167	
%Acierto	96.9	85.1	81.6	82.1	---		
N° Aciertos	143						
%Acierto Total	85.6						
Skill-Score	77.6						

La Tabla 1-2-1 muestra que se registra un alto grado de acierto en el pronóstico de cada una de las categorías, alcanzando el acierto total un 85.6 %.

El valor del Skill-Score 77.6%, demostrando que el pronóstico emitido fue significativamente mejor que el pronóstico de referencia correspondiente a la persistencia.

1.3 Relación entre valores observados y pronosticados de MP10

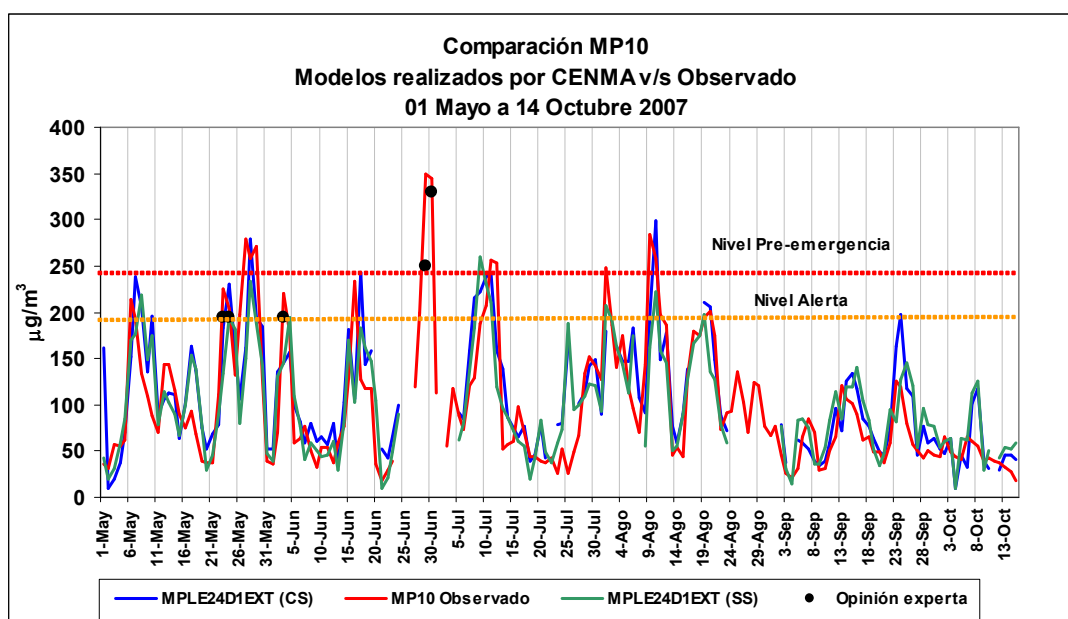


Figura 2 Concentraciones de MP10 pronosticadas por las ecuaciones con y sin sonda para la comuna de Temuco y valor observado. (01 de Mayo y 15 de Octubre 2007)

La Figura 2 muestra buena correspondencia entre los valores observados y pronosticados por las ecuaciones. Se aprecia un leve desfase entre los valores pronosticados y observados, además de una tendencia a sobre-pronóstico, particularmente hacia fines de la temporada otoño –invierno 2007.

1.4 Resultados

1.4.1 Resumen del Acierto pronóstico de PMCA

Tabla 1.- Resumen de Acierto PMCA

Validez del Pronóstico	Acierto
Pronóstico a 24 horas	85.6%

1.4.2 Resumen del Acierto de los Pronósticos de Calidad de Aire

Las categorías de la evaluación corresponden a los siguientes valores de ICAP:

Categoría	ICAP	Condición	Acierto con sonda (%)	Acierto sin sonda (%)
0	Menor a 200	Bueno a Regular	93.5	96.9
1	Mayor o igual a 200 y menor que 300	Alerta	33.3	22.2
2	Mayor o igual a 300 y menor que 500	Preemergencia	37.5	0
3	Mayor o igual a 500	Emergencia	-	-
Acierto Total			86.4	87.1

Tabla 2.- Resumen de Acierto de los Modelos de Pronóstico Calidad de Aire respecto a la condición constatada.

1.4.3 Resultado Modelo considerando Episodios y No Episodios

La Tabla de Contingencia que sigue contiene los aciertos de los Modelos con y sin sonda en Temuco considerando No Episodios ($200 \geq \text{ICAP} > 0$) y Episodios ($\text{ICAP} > 200$).

Ecuación ajuste a valores extremos con sonda
Mayo-Octubre 2007

TEMUCO Pronosticado	Observado		Total	% Acierto
0	115	10	125	92.0
1	8	7	15	46.7
Total	123	17	140	
%Acierto	93.5	41.2		

N° Aciertos	122
%Acierto Total	87.1
ENA	58.8
FA	53.3

Informe Final 2007 del Estudio "Implementación y Operación Diaria de Modelo de Pronóstico de Contaminación Atmosférica por MP10 en Temuco" preparado para la Comisión Nacional del Medio Ambiente-Dirección Región de la Araucanía.

Ecuación ajuste a valores extremos sin sonda
 Mayo-Octubre 2007

TEMUCO	Observado			
Pronosticado	0	1	Total	% Acierto
0	126	11	137	92.0
1	4	6	10	60.0
Total	130	17	147	
%Acierto	96.9	35.3		

N° Aciertos	132
%Acierto Total	89.8
ENA	64.7
FA	40.0

1.5 Conclusiones

- El Porcentaje de Acierto del Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica para Temuco durante el período Otoño–Invierno 2007 fue de 86% a 24 horas.
- El Modelo de Calidad de Aire para Temuco que incluye sonda superó al modelo ajustado que no lo incluye, en cuanto al acierto en episodios de alta contaminación en la Región de la Araucanía.
- Respecto al acierto total, la ecuación sin sonda obtuvo un acierto ligeramente superior. Los episodios no alertados (ENA) y falsas alarmas (FA) en ambos modelos, presentan porcentajes similares.
- Se presentaron 2 días con Emergencia, 8 Preemergencias y 10 días con Alerta, mayormente asociada a configuraciones tipo A (t).
- La opinión experta fue emitida en términos de condiciones de ventilación previstas, constituyendo un apoyo a la toma de decisiones, interpretando el resultado de los Modelos de pronóstico de Calidad de Aire para el día siguiente.

2 Análisis y propuestas de mejoramiento al sistema de Pronóstico

2.1 Introducción

Sobre la base de la experiencia alcanzada por CENMA en el desarrollo y operación del sistema de pronósticos de MP10 para la Región de la Araucanía, se proponen acciones que apuntan al mejoramiento del pronóstico de calidad de aire.

2.2 Reemplazo para efectos operacionales del actual Índice ICAP

Los máximos valores horarios y el promedio móvil de 24 horas que define el ICAP, muestran un significativo desfase temporal, lo que determina que tanto el aviso a la población, como la eventual toma de medidas de mitigación en episodios no sean, por lo general, lo suficientemente eficientes ni oportunas.

El valor máximo del promedio de 24 horas se registra frecuentemente, al día siguiente de registrados los máximos valores horarios. Particularmente en episodios Tipo A (t), los máximos valores horarios se registran típicamente la noche anterior al día en que se registra el máximo ICAP.

Se plantea la necesidad de realizar estudios que consideren para fines operacionales periodos menores de tiempo, por ejemplo 3 a 6 horas, u otra metodología que apunte mejor a la detección del periodo cuando se registran los máximos horarios del episodio real, sobre la base del concepto de "dosis-duración".

2.3 Entrega de los resultados del Pronóstico de Calidad de Aire en términos de probabilidades

El pronóstico de calidad de aire está definido en categorías separadas por límites absolutos, un ICAP 301(241 ug/m³) corresponde a una Preemergencia y representa una categoría de diferencia respecto a un ICAP 299 (239 ug/m³) constituye un nivel de Alerta. Sin embargo, el sólo error instrumental de medición de MP10 da cuenta de esa diferencia. (2 ug/m³)

Considerando que todo modelo de pronóstico tiene asociado un error medio o error típico, se sugiere entregar el resultado del pronóstico de calidad de aire en términos de probabilidades asociada a rangos esperados de MP10 que incorporen la incerteza asociada al error típico del modelo. La entrega de este resultado debiera ir acompañada por una opinión experta de los profesionales que operan el sistema de pronóstico respecto a los resultados que arroja el modelo.

2.4 Difusión de valores horarios, del ICAP y de los pronósticos de calidad de aire

Se recomienda como una necesidad la difusión en línea no sólo del valor del ICAP, sino también de los valores horarios de MP10 de cada estación de monitoreo, a través de sitios Web, y medios de difusión. La ciudadanía tiene el derecho de saber y la autoridad ambiental el deber de informar.

2.5 Evaluación del pronóstico de Calidad de Aire considerando el impacto de la reducción de emisiones

Para la evaluación de los pronósticos es necesario comparar el valor pronosticado con los valores registrados, determinando además si el valor medido incorpora o no un efecto de reducción o mitigación de emisiones. Esta disminución de las emisiones puede ser debida a la toma de contramedidas y/o a la reducción voluntaria de las emisiones por parte de la población al preverse un episodio de alta contaminación.

A través de estudios es necesario cuantificar la potencial reducción de las emisiones y concentraciones resultantes, asociadas a la toma de medidas, y/o a la reducción voluntaria de la ciudadanía en las situaciones de excepción. (Alertas y Preemergencias).

2.6 Actualización periódica del Inventario de Emisiones

Se sugiere determinar el impacto real de la reducción de emisiones en episodios, y del aumento o disminución de fuentes emisoras a través de escenarios de simulación contruidos sobre la base de Inventarios de Emisiones dinámicos, esto es periódicamente actualizado. Es necesario incorporar en la simulación y modelación las variables meteorológicas para que los resultados sean comparables.

2.7 Ajuste de año en año de coeficientes de las variables de pronóstico

Es necesario actualizar anualmente los coeficientes de las variables consideradas en las ecuaciones de pronóstico, una vez finalizado el período Otoño-Invierno, con el fin de incorporar los cambios de tendencia respecto de las emisiones y concentraciones resultantes. La actualización de los coeficientes de las variables de pronóstico sería la medida más acertada a aplicar en el corto plazo, desde un punto de vista costo-efectivo. (J.Cassmassi)

2.8 Explorar nuevas ecuaciones de pronóstico que incorporen variables con autoajuste de coeficientes

Esta es otra forma posible de abordar los cambios de tendencia en las emisiones y concentraciones resultantes que ocurren de un año a otro, como la contemplada en el modelo MOS de Misumi. Este sistema inicialmente desarrollado para Santiago, a través de estudios específicos, es replicable a otras ciudades y Regiones del País, como sería el caso de la Región de la Araucanía.

2.9 Desarrollo de nuevas ecuaciones y metodologías de pronóstico de calidad de aire

Es conveniente desarrollar nuevas ecuaciones de pronóstico de calidad de aire, que incorporen variables aún no consideradas como el gradiente de estabilidad vertical entre Oyama y Padre Las Casas.

Se recomienda en paralelo a la operación del modelo oficial, probar otras metodologías de pronóstico de tipo estadístico y/o del tipo numérico con modelos acoplados físico-químicos. Estos modelos alternativos pueden ser desarrollados y/u operados por Instituciones como Universidades Regionales.

2.10 Desarrollo y aplicación de un sistema de pronóstico de calidad de aire para MP 2.5

Se conoce a través de la literatura científica internacional, que la fracción del material particulado respirable más agresiva para la salud corresponde al MP2.5. Estudios realizados en Temuco muestran que particularmente en invierno la fracción fina MP2.5 proveniente principalmente de la combustión de leña es del orden de un 80 % o más del MP10. Se recomienda medir de forma continua la fracción MP2.5, desarrollar ecuaciones y efectuar operativamente pronósticos para este contaminante.

2.11 Realizar campañas para determinar la composición química del MP2.5

Para conocer mejor los procesos de formación y distribución espacial y temporal en la IX Región del MP2.5, es necesario continuar con campañas de medición, estudios actualizados y análisis de su composición química. Las zonas de muestreo debieran establecerse para diferentes lugares y distintas épocas del año.

2.12 Trabajo en equipo de especialistas de CONAMA IX e Institución que opera el pronóstico

Durante 2007 se logró una muy buena interacción entre los especialistas de CENMA con las contrapartes técnicas de CONAMA IX.

Se recomienda mantener y fortalecer el trabajo en equipo que apunte al mejoramiento de la Gestión de Episodios, mediante reuniones y discusiones técnicas periódicas entre los especialistas de CONAMA Región de la Araucanía y la contraparte que esté a cargo del Sistema de Pronóstico.

2.13 Optimización de la determinación gradiente térmico vertical

La estabilidad a niveles bajos determina en buena medida durante el período Otoño-Invierno, la ocurrencia de episodios por MP10 en la IX Región. En 2007 CONAMA IX dio un paso muy importante al instalar en el Cerro Oyama una estación meteorológica que permite, entre otras cosas determinar el gradiente vertical de temperatura a nivel regional, considerando la diferencia de temperatura entre las estaciones Oyama y Las Encinas.

Para determinar la estabilidad a escalas local, se recomienda la instalación de una torre meteorológica en las Encinas que permita mediciones de temperatura a diferentes niveles por ejemplo 2, 10 y 22 metros, o instalar una estación meteorológica sobre un edificio de manera que cumpla con las normas de exposición OMM.

La integración continua de las mediciones de temperatura a diferentes niveles entregaría información relevante para estudios, seguimiento y pronóstico de MP10.

2.14 Contar con un perfilador vertical de viento y temperatura

Un perfilador vertical de viento y temperatura, es de gran utilidad en la detección, diagnóstico, estudio y seguimiento de los episodios de alta contaminación atmosférica. A través de este equipo se puede inferir y determinar la evolución de la capa de mezcla superficial y el factor de ventilación. Los perfiladores verticales de última generación son significativamente más baratos que los que se fabricaban años atrás y son más fácilmente transportables.

2.15 Auditorias y fiscalización permanentes a las principales fuentes emisoras

Esta actividad a juicio de CENMA debiera tener carácter permanente a fin de asegurar la certeza de los datos, de modo de poder diseñar inventarios de emisiones confiables, que respalden los estudios de impacto ambiental y las medidas a tomar por la Autoridad.

2.16 Realizar campañas de mediciones para conocer la distribución espacial y temporal de la contaminación por MP10 en la IX Región

Se recomienda realizar estudios actualizados que permitan conocer la distribución espacial y temporal de las concentraciones de MP10. Para esto sería conveniente realizar campañas de mediciones, por ejemplo mediante un vehículo instrumentado en el período otoño-invierno, particularmente en días que se prevea altos índices de contaminación atmosférica por MP10.