

EXENTA Nº 10/0/3 **02105**.

SANTIAGO, **10 NOV 2015**

RESOLUCIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL (DMC)

VISTOS

- a) La Ley Nº 16.752 Orgánica de la Dirección General de Aeronáutica Civil.
- b) La Ley Nº 18.575 Bases Generales de la Administración del Estado.
- c) PRO ADM 01 ED/2 "Gestión documental y archivo de la DGAC".
- d) MMA OF. ORD. Nª154772 de fecha 09.NOV.2015.

CONSIDERANDO

La necesidad de realizar actividades de coordinación para la ejecución del proyecto piloto, "*Mejoramiento de las capacidades técnicas para el seguimiento y pronóstico meteorológico y de calidad del aire en ciudades de Chile*".

RESUELVO

- 1.- Apruébese el Memorándum de Entendimiento entre la Subsecretaría del Medio Ambiente, Ministerio del Medio Ambiente (MMA), la Organización Meteorológica Mundial a través del Global Atmosphere Watch Urban Research and Environmental Project (GURME) y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC).
- 2.- Los antecedentes que dan origen a la presente Resolución, se encuentran en los archivos de la Sección Programación y Control de la Dirección Meteorológica de Chile.



REINAEDO GUTIÉRREZ CISTERNA
DIRECTOR SUBROGANTE DMC

DISTRIBUCIÓN:

- 1. MMA, DIVISIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO.
- 2. DMC - SECCIÓN PROGRAMACIÓN Y CONTROL



**Memorándum de Entendimiento entre la Subsecretaría del Medio Ambiente,
la Organización Mundial de Meteorología, a través del Global Atmosphere
Watch Urban Research Meteorological and Environmental Project (GURME)
y la Dirección Meteorológica de Chile**

Proyecto Piloto

**Mejoramiento de las Capacidades Técnicas para el seguimiento y Pronóstico
Meteorológico y de la Calidad del Aire en ciudades de Chile.**

Octubre de 2015



1. ANTECEDENTES

Los Planes de Prevención y Descontaminación Atmosférica por Material Particulado grueso (MP10) y fino (MP2,5) que están vigentes y/o en etapa de formulación en el País, establecen la necesidad de implementar **Planes de Gestión de Episodios Críticos** con el objeto de definir acciones para enfrentar eventos de alta contaminación que se generan como resultado de la combinación de la emisión y formación de estos contaminantes, más el efecto del factor meteorológico que modula la capacidad de su remoción en las áreas de interés.

El objetivo de los Planes de Gestión de Episodios Críticos es reducir la exposición de la población a altas concentraciones de dichos contaminantes, para lo cual se han aplicado **herramientas de pronóstico de calidad del aire**, esto a través de la implementación, calibración y operación de modelos numéricos o ecuaciones estadísticas, para la simulación de las condiciones meteorológicas y de calidad de aire.

Durante el periodo 2015, con el objetivo de contar con un Plan de mitigación de episodios de contaminación por MP2,5, se implementó un plan de contingencia ambiental entre el Ministerio de Salud y el Ministerio del Medio Ambiente, quienes en virtud de sus competencias, establecieron una excepción Sanitaria en zonas geográficas del país donde no existe un Plan de Prevención y/o Descontaminación vigente para MP2,5, y por tanto, tampoco un Plan de Gestión de Episodios Críticos. Durante el periodo de implementación, se observó diariamente la tendencia de la calidad del aire en cada zona de observación. En el cuadro N°1 adjunto se muestra un resumen de la calidad del aire identificando los días con episodios críticos de contaminación del tipo Alerta, Preemergencia y Emergencia ambiental.

A partir del primer semestre de 2015, la Subsecretaría de Medio Ambiente desarrolló el sistema de pronóstico de episodios de contaminación para Chile Central y Centro Sur, lo que permite contar a la fecha con un sistema de pronóstico para MP2,5 a partir de la implementación de un modelo numérico de calidad de aire desarrollado a partir del modelo WRF- Chem (Weather Research and Forecasting, WRF) acoplado a su módulo químico (Chem). Este último entrega concentraciones que son utilizadas como trazadores no reactivos que son convertidos a PM2.5 a través de factores de conversión calibrados con datos observados.

Se contó con el apoyo, bajo convenio de colaboración técnica, de la Dirección Meteorológica de Chile, organismo que diariamente elaboró el pronóstico meteorológico orientado a Calidad del Aire y que entregó diariamente los resultados del sistema de pronóstico de calidad del aire en las tres regiones con GEC vigentes. Además, se observó diariamente la tendencia de la calidad del aire,



la cual es administrada y operada por el Departamento de Redes de Monitoreo del Ministerio del Medio Ambiente, emitiéndose una proyección de indicadores meteorológicos de temperaturas mínimas esperadas, posibilidades de lluvia e índice de ventilación para cada zona de observación.

Cuadro N°1: Resumen Calidad del Aire para MP2,5 en zonas de interés Sanitario

RESUMEN POR ZONAS DE INTERÉS PARA ALERTA SANITARIA 01 Enero - 27 Septiembre 2015								
Región	Zonas de Interés	N° días Sobre Norma	Bueno	Regular	Alerta	Preemergencia	Emergencia	Total Episodios
Región Metropolitana	RM	95	158	61	35	14	2	51
O.Higgins	Rancagua	73	178	54	33	4	0	37
Maule	Curicó	44	191	55	13	1	0	14
	Talca	83	158	40	34	32	6	72
BioBio	Chillán y Chillán Viejo	83	151	50	26	33	10	69
	Los Ángeles	67	165	50	25	20	8	53
Araucanía	Temuco y Padre las Casas	104	135	62	23	31	19	73
Los Ríos	Valdivia	97	140	39	54	25	6	85
Los Lagos	Osorno	67	155	31	25	24	18	67
Aysén	Coyhaique	119	125	33	35	50	27	112

Fuente: Centro Nacional de Análisis de Calidad del Aire, MMA

Una vez concluido el proceso de marcha blanca se ha previsto el desarrollo de una “Evaluación y Validación Independiente de las Metodologías de Pronóstico de Calidad del Aire de Material Particulado MP10 y MP2,5” proceso en el cual la Subsecretaría de Medio Ambiente, requiere como apoyo la participación de los expertos desarrolladores de dicho Sistema.

En el presente **Memorándum de Entendimiento** se establecen las actividades de fortalecimiento que la **Subsecretaría de Medio Ambiente**, el **Global Atmosphere Watch Urban Research Meteorological and Environmental Project (GURME)** y la Dirección Meteorológica de Chile, acuerdan desarrollar en el marco de un Proyecto Piloto. El proyecto GURME de la Organización Mundial de Meteorología (WMO), mantiene como objetivo la generación de capacidades en materia de pronóstico de la calidad del aire en zonas urbanas. El presente documento es expresión de las actividades relevantes que el Ministerio del Medioambiente está desarrollando en el marco de la implementación del sistema de pronóstico de calidad del aire a nivel nacional y su uso en la aplicación de medidas de Gestión de Episodios y Alertas Sanitarias bajo la estrategia de Planes de Descontaminación 2014 - 2018.



2. OBJETIVO GENERAL

Apoyar en el Mejoramiento de Capacidades Técnicas para el seguimiento y pronóstico de la Calidad del Aire en ciudades Chile.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Apoyar en el desarrollo y mejoramiento de:

- Inventario de Emisiones de contaminantes atmosféricos.
- Ampliación del Pronóstico de Calidad del Aire en ciudades de Chile Austral u otras ciudades de interés.
- Evaluación de condiciones de inicio y de borde de los modelos de calidad del aire vigentes.
- Mejoramiento de las configuraciones del modelo WRF-Chem (CO tracer).
- Evaluaciones de la configuración de Capa Límite en el sistema de pronóstico.

4. ACTIVIDADES

El proyecto considera la interacción técnica entre las partes para desarrollar las siguientes actividades:

- **Mejoramiento de los Inventarios de Emisiones:** Las ciudades del Centro-Sur y Sur de Chile se caracterizan por la presencia y uso de sistemas de calefacción que utilizan leña como combustible donde las emisiones dependen de las variaciones de temperatura. Bajo este escenario los sistemas de pronóstico de calidad del aire pueden aplicar factores de corrección desarrollados de forma empírica sobre las emisiones de contaminantes en función de las variables térmicas pronosticadas. La generación y aplicación de estos factores de corrección pueden ser mejorados a partir de la evaluación del perfil diurno y de la distribución espacial de emisiones utilizada.



- **Ampliación del Pronóstico de Calidad del Aire en ciudades de Chile Austral u otras ciudades de interés:** Coyhaique es una ciudad situada en la Patagonia chilena, que ha presentado concentraciones horarias de material particulado fino (PM2.5) que durante el invierno de 2015 alcanzó niveles superiores a los ~ 800 ug/m³. La ubicación geográfica de la ciudad es tan austral que el desarrollo de los sistemas actuales de pronóstico presentan complejidades técnicas en la extensión del dominio geográfico de modelación con limitaciones importantes en el procesamiento informático. En este contexto es de interés desarrollar un sistema de pronóstico específico para esta región.
- **Evaluación de condiciones de inicio y de borde de los modelos de calidad del aire vigentes:** El pronóstico de calidad del aire actualmente operado se ejecuta una vez al día y ofrece un pronóstico de 3 días. Considerando que existe una gran variabilidad de inicializaciones que dependiendo de los eventos a predecir se traducen en incertidumbres más grandes. Se ha considerado como una buena estrategia investigar modalidades predictivas con distintos tiempos de inicialización, información para las condiciones de borde y la utilización de otros modelos globales como información de base.
- **Mejoramiento de las configuraciones del modelo WRF-Chem (CO tracer):** El proceso de implementación y configuración del sistema de pronóstico a partir del modelo Weather Research and Forecasting (WRF) acoplado a su módulo químico (Chem) y correlación de CO tracer para MP (Saide et al. 2015), operado en marcha blanca durante el periodo 2015, debe ser evaluado en su desempeño y mejorado en su habilidad predictiva. Una de las principales actividades es la identificación de posibles sesgos en las variables meteorológicas que pueden mejorarse cambiando la configuración del modelo, mejorando la resolución espacial del modelo.
- **Evaluaciones de la configuración de Capa Límite en el sistema de pronóstico:** Un aspecto determinante de la configuración de Capa Límite es la selección y evaluación de las distintas configuraciones, revisión de la representación y parametrización del Dosel o Palio urbano, efectos de vegetación, cobertura detallada del suelo urbano, etc. En este contexto se ha previsto la evaluación de modelo de representación de la capa límite en especial la capa superficial nocturna donde los contaminantes típicamente se acumulan y donde es importante avanzar en obtener la mayor comprensión posible en cada zona de interés.



5. PROYECTO PILOTO: ESTRUCTURA DE GESTIÓN.

Se ha previsto que las actividades se desarrollen sobre la base de una estructura de gestión que garantice la participación de equipos técnicos multidisciplinarios y la opinión de expertos de los temas pertinentes. Se ha propuesto que el Proyecto Piloto forme dos grupos de trabajo:

- **Comité Científico:** Se propone la conformación de un comité científico integrado entre 6 y 8 científicos expertos en la materia con miembros nacionales e internacionales. Este comité será responsable de opinar sobre los aspectos de ciencias aplicadas a las actividades del presente Proyecto Piloto. Los temas a revisar una vez acordados por los equipos de trabajo, pueden dar origen a subcomités especializados.
- **Grupo Consultivo:** Se propone el desarrollo de actividades de Gestión Ambiental Local a través de una comunicación y actividades de trabajo con representantes de la comunidad, tales como los representantes comunitarios, sector productivo, servicios u oficinas de pronóstico. El proyecto piloto incluirá el desarrollo de acciones para la evaluación del éxito de las medidas aplicadas en los planes de seguimiento de la calidad del aire y del pronóstico, proponiendo y/o recomendando acciones de comunicación y difusión de la información técnica. Se debe considerar que el Proyecto Piloto apoyará actividades de carácter internacional.

6. IMPACTOS ESPERADOS EN LA SOCIEDAD

Se espera que a partir de las actividades de mejoramiento realizadas al sistema de pronóstico permita aumentar la capacidad de acierto de los episodios predichos. De esta manera se podrá realizar una mejor gestión de los episodios críticos y así seguir reduciendo el número de horas en que la población está expuesta a altos niveles de contaminación. Se espera que esto se traduzca en una reducción de los potenciales efectos en la salud, y por lo tanto una disminución de las muertes prematuras y una disminución de la demanda de atención hospitalaria.

7. VIGENCIA DEL MEMORANDUM DE ENTENDIMIENTO

Se propone que el presente memorándum de entendimiento tenga una duración de 4 años, a contar de la fecha de su aprobación y actualizable anualmente si ninguna de las partes expresa formalmente lo contrario. Una vez firmado el memorándum de entendimiento se preparará el Proyecto Piloto el que será



consensuado entre los equipos técnicos de expertos del GURME, la Dirección Meteorológica de Chile y de la Subsecretaría del Medio Ambiente.

8. FIRMAN EL MEMORANDUM DE ENTENDIMIENTO

Por parte del Ministerio del Medio Ambiente, firma el Subsecretario Sr. Marcelo Mena Carrasco, cuya personería para actuar en representación de la Subsecretaría del Medio Ambiente, consta en el Decreto Supremo N°31 de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente.

Por parte de la Dirección Meteorológica de Chile, firma el Sr. Guillermo Navarro Schlotterbeck Director de la Dirección Meteorológica de Chile y representante de Chile ante la Organización Mundial de Meteorológica.

Por parte del GURME firma Mr. Gregory Richard Carmichael, quien además es Co - Director del Centro de Investigación Global y Regional del Medio Ambiente de la Universidad de Iowa, Iowa City, Iowa 522424.

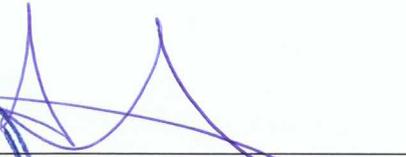


Sr. Marcelo Mena Carrasco
Subsecretario de Medio Ambiente



Mr. Gregory Richard Carmichael
WMO GURME Representative





Sr. Guillermo Navarro Schlotterbeck
Director
Dirección Meteorológica de Chile



ANEXO

ANTECEDENTES

Las ciudades ubicadas en valles a lo largo de Chile se ven a menudo afectadas por graves episodios de contaminación del aire, los que están asociados significativamente a la mortalidad y a los efectos en la salud (por ejemplo, Sanhueza et al., 2009, Valdés et al., 2012). Estos eventos son causados por una combinación de topografía compleja, ya que la mayoría de estas ciudades se encuentran ubicadas entre la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, condiciones meteorológicas episódicas que producen mala ventilación en los valles (por ejemplo, Garreud et al., 2002, Rutllant y Garreud, 1995), y emisiones debido a las actividades antropogénicas. En Chile, los planes de consecución de calidad del aire incluyen esfuerzos a largo plazo para reducir las emisiones y la aplicación de las predicciones de episodios para advertir a la población y para tratar de reducir el impacto del episodio invocando las medidas temporales (por ejemplo, prohibir las estufas a leña y restringir el transporte privado y las operaciones industriales más contaminantes) (Troncoso et al., 2012). De esta manera, las herramientas de predicción se incluyen en el proceso de toma de decisiones y requieren predecir episodios con habilidad, lo que ha motivado la investigación activa en el tema (por ejemplo, Díaz Robles et al., 2008; Pérez et al., 2011).

Recientemente, se desarrolló un sistema de predicción capaz de pronosticar los episodios de contaminación del aire hasta tres días antes en varias ciudades del Centro y Sur de Chile (Saide et al., 2015). El sistema utiliza el modelo WRF Chem (Grell et al., 2005; Skamarock et al., 2008) configurado con una rejilla anidada en un campo de espacio de 2 km para predecir el clima y los trazadores inertes. Los trazadores se convierten en concentraciones de MP2,5 por hora, utilizando una calibración basada en observaciones, que es sustancialmente menos intensiva computacionalmente que un modelo de química completa. La conversión considera los procesos que ocurren en algunas de estas ciudades, incluyendo mayor probabilidad de ocurrencia de episodios durante los fines de semana y durante los días más fríos, este último relacionado con el aumento de la actividad de uso de estufas a leña para calefacción. El sistema fue calibrado y evaluado para la temporada de contaminación del año 2014, mostrando habilidad en pronósticos de episodios, que suele ser mejor que la persistencia. Pronóstico de uno, dos y tres días de antelación, todos tienen la habilidad para pronosticar eventos y a menudo presenta gran variabilidad entre ellos debido a la diferente inicialización meteorológica.

REFERENCIAS

Díaz-Robles, L. A., Ortega, J. C., Fu, J. S., Reed, G. D., Chow, J. C., Watson, J. G., and Moncada-Herrera, J. A.: A hybrid ARIMA and artificial neural networks



model to forecast particulate matter in urban areas: The case of Temuco, Chile, *Atmospheric Environment*, 42, 8331-8340, 2008.

Garreaud, R., Rutllant, J., and Fuenzalida, H.: Coastal Lows along the Subtropical West Coast of South America: Mean Structure and Evolution, *Monthly Weather Review*, 130, 75-88, 2002.

Grell, G., Peckham, S. E., Schmitz, R., McKeen, S. A., Frost, G., Skamarock, W. C., and Eder, B.: Fully coupled "online" chemistry within the WRF model, *Atmos. Environ.*, 39, 6957-6975, 2005.

Perez, P. and Reyes, J.: Prediction of maximum of 24-h average of PM10 concentrations 30h in advance in Santiago, Chile, *Atmos. Environ.*, 36, 4555-4561, 2002.

Rutllant, J. and Garreaud, R.: Meteorological air pollution potential for Santiago, Chile: Towards an objective episode forecasting, *Environ Monit Assess*, 34, 223-244, 1995.

Saide, P. E., Carmichael, G. R., Spak, S. N., Gallardo, L., Osses, A. E., Mena-Carrasco, M. A., and Pagowski, M.: Forecasting urban PM10 and PM2.5 pollution episodes in very stable nocturnal conditions and complex terrain using WRF-Chem CO tracer model, *Atmos. Environ.*, 45, 2769-2780, 2011.

Saide, P. E., Mena-Carrasco, M., Tolvett, S., Hernandez, P., and Carmichael, G. R.: Air quality forecasting for winter-time PM2.5 episodes occurring on multiple cities in south-central Chile, Under review, 2015.

Sanhueza, P. A., Torreblanca, M. A., Diaz-Robles, L. A., Schiappacasse, L. N., Silva, M. P., and Astete, T. D.: Particulate Air Pollution and Health Effects for Cardiovascular and Respiratory Causes in Temuco, Chile: A Wood-Smoke-Polluted Urban Area, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 59, 1481-1488, 2009.

Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Barker, D. M., Duda, M. G., Huang, X.-Y., Wang, W., and Powers, J. G.: A description of the Advanced Research WRF version 3, NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+ STR, 2008.

Troncoso, R., de Grange, L., and Cifuentes, L. A.: Effects of environmental alerts and pre-emergencies on pollutant concentrations in Santiago, Chile, *Atmos. Environ.*, 61, 550-557, 2012.

Valdés, A., Zanobetti, A., Halonen, J., Cifuentes, L., Morata, D., and Schwartz, J.: Elemental concentrations of ambient particles and cause specific mortality in Santiago, Chile: a time series study, *Environ Health*, 11, 1-8, 2012.



