



DIRECCIÓN GENERAL DE AERONÁUTICA CIVIL
DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE

DMC OF.(O)N° 10/1/1/ 0414

OBJ.: Envía Metodología de Pronóstico para Plan de Descontaminación Atmosférica de ConCón, Quintero y Puchuncaví.

REF.: OF.N°191093 de fecha 25 de marzo de 2019.



SANTIAGO, 29 MAR. 2019

M.F. 22370

DE : DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE
PARA : MARCELO FERNÁNDEZ GÓMEZ
JEFE DIVISIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE

Mediante la presente y en respuesta al oficio de la referencia, se adjunta documento con la Metodología de Pronóstico Meteorológico para el Plan de Descontaminación Atmosférica para las comunas de ConCón, Quintero y Puchuncaví.

Saluda atentamente a Ud.,



(Handwritten signature)

WILLERMO NAVARRO SCHLOTTERBECK
DIRECTOR DMC

DISTRIBUCIÓN:

- 1.- MARCELO FERNÁNDEZ GÓMEZ, JEFE DIVISIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y CAMBIO CLIMÁTICO
- 2.- D.M.C., SECCIÓN CENTRO NACIONAL DE ANÁLISIS.
GNS/MEP/mnv/Mis documentos/Oficio





METODOLOGÍA DE PRONOSTICOS QUINTERO -PUCHUNCAVÍ

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC), con la finalidad de prestar apoyo al Ministerio del Medio Ambiente (MMA) en la gestión de episodios críticos de contaminación para la zona de Quintero y Puchuncaví, implementó durante el mes de septiembre de 2018 la generación y envío al MMA de un pronóstico meteorológico diario y en forma temporal implementó además un factor de ventilación para la zona de Quintero, hasta que se obtenga una categorización de las condiciones de ventilación del área en cuestión, que permitiría configurar las capacidades de pronóstico de Potencial Meteorológico para Contaminación Atmosférica.

La metodología de las dos herramientas de apoyo se detalla a continuación:

I. Metodología de pronósticos meteorológicos

Todo pronóstico generado el Centro Nacional de Análisis (CNA) de la Dirección Meteorológica de Chile, responde a un proceso certificado ISO 9001-2015, el cual estandariza las diferentes etapas y permite la mejora continua del proceso.

A. Descripción del procedimiento de análisis y pronósticos

El Sistema de trabajo del CNA es 24/7, iniciando diariamente la jornada con una exposición meteorológica matinal, en la cual el meteorólogo jefe de turno, luego de revisar el informe de Diagnóstico y Análisis anterior, más el Pronóstico Público vigente, hace una exposición formal resumida de la situación meteorológica imperante ante los demás integrantes del CNA que ingresan al turno de día.

La exposición considera el análisis y comportamiento de la tropósfera baja, media y alta, considerando el carácter tridimensional de la atmósfera. En el diagnóstico se identifica la naturaleza del fenómeno meteorológico presente, mediante la observación del comportamiento y las variables asociadas, definiendo claramente los sistemas meteorológicos que afectan al país en el contexto sudamericano.

El proceso de pronósticos se divide en tres etapas principales, Monitoreo Meteorológico, Pronóstico de Corto Plazo y Pronóstico de Mediano Plazo.

1. **Monitoreo Meteorológico:** En esta etapa se recopila y procesa datos meteorológicos provenientes del Sistema Mundial de Telecomunicaciones y de la Red de Telecomunicaciones Fijas Aeronáuticas (AFTN) para apoyar la labor de diagnóstico meteorológico, considerando las siguientes actividades:

- Observaciones locales
- Monitoreo del Sistema Visualizador de Tormentas
- Monitoreo de actividad volcánica y seguimiento de plumas de cenizas.
- Monitoreo reportes ciudadanos, de fenómenos meteorológicos por redes sociales.

- Presentación al inicio de turno de todas las condiciones meteorológicas acontecidas en las últimas 24 hrs.
 - Almacenamiento de imágenes de satélite para análisis y reanálisis.
 - Procesamiento de datos en situaciones especiales.
2. **Pronóstico de Corto Plazo (CP).** En esta etapa corresponde la elaboración del diagnóstico y los pronósticos de hasta 36 hrs. de validez.
 3. **Pronóstico de Mediano Plazo (MP).** En esta etapa se evalúan los modelos atmosféricos y se elaboran los pronósticos para los usuarios del sistema en todas las aplicaciones vigentes, excepto para la calidad del aire, que van desde 36 horas hasta 5 días.

B. Elaboración del Diagnóstico Meteorológico.

Se construye un modelo conceptual que permite explicar el estado actual de la atmósfera, en base a la información disponible en tiempo casi real. Se lleva a cabo de manera conjunta por el equipo de meteorólogos en turno y concluye con el informe de diagnóstico. Contempla el análisis de información meteorológica a escala global y hemisférica, luego a escala regional y, finalmente, a escala local, considerando los siguientes aspectos:

Tabla 1. Niveles espaciales de análisis para la elaboración del diagnóstico.

DIAGNÓSTICO	Recomendación básica
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DE ESCALA GLOBAL Y HEMISFÉRICA	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la información oceánica del tipo anomalías de temperatura de mar. • Análisis de circulación atmosférica del tipo número de onda en el nivel de 500 hPa y de topografías en diversos niveles. • Análisis de las corrientes en chorro.
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DE ESCALA REGIONAL	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de evolución de cartas de superficie. • Análisis de información satelital en diferentes canales. • Análisis de vientos y patrones de difluencia y confluencia a partir de productos derivados de imágenes de satélites y de cartas de viento.
INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DE ESCALA LOCAL	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de estaciones sinópticas de superficie y altura, de las diferentes redes: DGAC, AGROCLIMA, MMA, DGA u otra.

Tabla 2. Análisis para la elaboración del diagnóstico en lo referente a la contribución del océano.

Pasos sugeridos	Origen de la información
Análisis de las anomalías semanales de la temperatura superficial del mar.	<p style="text-align: center;">Carta de anomalías del NCEP http://www.emc.ncep.noaa.gov/cmb/sst_analysis/images/archive/weekly_anomaly/</p>

Tabla 3. Análisis Básico para la elaboración del diagnóstico en lo referente a la contribución de la atmósfera.

INFORMACIÓN ATMOSFÉRICA		
	Pasos Básicos	Origen de la información
1°	<p>Análisis de cartas de altura, considerando los campos de: Presión en superficie Espesor de 1000-500 hPa Geopotencial de 850, 700 y 500 hPa. Corriente en chorro Divergencia en niveles 1000 hPa y en 200 hPa . Campos de viento y campos térmicos en 1000, 700, 500 y 250 hPa. Campos de vorticidad en 500 hPa. Campos de advección de vorticidad.</p>	<p style="text-align: center;">Red integrada satelital en el CNA</p>
2°	<p>Análisis de Imágenes satelitales en los canales del espectro visible (VIS), infrarrojo (IR) y vapor de agua (WV)</p>	<p style="text-align: center;">Red integrada satelital en el CNA</p>
3°	<p>Análisis de patrones de circulación anómalos globales o hemisféricos</p>	<p>Diagramas de Hov-Möller con datos del NCEP http://www.cdc.noaa.gov/map/time_plot/</p>
<p style="text-align: center;">NOTA: El orden de los pasos no es necesariamente secuencial, sino que obedece a pasos que hay que considerar para una visión completa del estado de la atmósfera.</p>		

Tabla 4. Análisis Básico para la elaboración del diagnóstico en la escala regional en lo referente a datos de superficie y altura.

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA A ESCALA REGIONAL		
	Pasos sugeridos	Origen de la información
1°	Análisis de secuencia de cartas de superficie.	Cartas de Superficie de modelos meteorológicos cada 6 horas.
2°	Análisis de cartas de otros Servicios Meteorológicos	Carta de Superficie del Centro Meteorológico Australiano http://www.bom.gov.au/cgi-bin/nmoc/latest.pl?IDCODE=IDX0032 Carta de Corriente en Chorro del Escritorio Sudamericano

Tabla 5. Análisis Básico para la elaboración del diagnóstico en altura en la escala regional.

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE ALTURA		
	Paso básico	Origen de la información
1°	Análisis de secuencia de diagramas termodinámicos de la estación Santo Domingo	AFTN, RIS en el CNA

Tabla 5.1. Análisis Complementario para la elaboración del diagnóstico en altura en la escala regional.

ANÁLISIS DE INFORMACIÓN DE ALTURA		
	Paso complementario	Origen de la información
1°	Análisis de secuencia de diagramas termodinámicos de la estación Quinta Normal de las 18 UTC, si estuviera disponible.	CNA
2°	Análisis de la información disponible del Nefobasímetro de Quinta Normal.	CNA

Tabla 6. Análisis Complementario para la elaboración del diagnóstico en la escala regional.

ANÁLISIS DE SECUENCIA DE IMÁGENES SATELITALES		
	Pasos sugeridos	Origen de la información
1°	Análisis de secuencia de imágenes satelitales de los canales infrarrojo y visible en alta resolución de los satélites GOES, AQUA y TERRA o sus equivalentes disponibles.	Receptores de imágenes satelitales del CNA

Tabla 7. Análisis básico para el análisis a escala local de las observaciones meteorológicas convencionales.

ANÁLISIS DE OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS CONVENCIONALES		
	Pasos sugeridos	Origen de la información
1°	Análisis de secuencia de la representación gráfica o alfanumérica de las observaciones meteorológicas disponibles de la red sinóptico-aeronáutica de la DGAC (AFTN)	Hojas de Ruta y gráficos de comportamiento de variables meteorológicas (temperatura, viento, presión, precipitación, etc) propias del evento.
2°	Análisis de secuencia de observaciones de las redes meteorológicas complementarias disponibles: Agroclima, Red meteorológica para calidad del aire, convenio Ministerio del Medio Ambiente y DMC-DGAC.	Datos provenientes de redes complementarias y gráficos elaborados a partir de ellos, propios de cada evento.

El Análisis en esta metodología, se refiere a la separación de un todo en sus partes componentes para un estudio particular. En consecuencia, el modelo conceptual construido en la fase de Diagnóstico, desagregándolo en sus capas constituyentes, permite explicar de manera consistente el estado presente de la atmósfera, en base a la información actual disponible.

El Informe de Diagnóstico resume la labor de análisis en esta etapa y debe considerar los siguientes aspectos:

1. Principales aspectos del "Modelo Conceptual" definido. Los aspectos más relevantes de los niveles altos, medios y bajos de la Tropósfera, así como su relación integral en la componente vertical. Concluye con la definición de un estado de la atmósfera y la definición de los principales sistemas que afectan al país en el contexto continental y oceánico.
2. Hipótesis de trabajo sobre el estado futuro de la atmósfera en el corto y mediano plazo. Esto explica la posible evolución del estado futuro en los plazos establecidos para la difusión de productos y con la precisión acorde a la calidad de la información pronosticada en los modelos disponibles.
3. Aspectos y datos relevantes. Consiste en señalar datos duros relevantes en el análisis de la situación, que respaldan puntualmente por ejemplo, la intensidad de un sistema o bien su evolución.

El jefe de Oficina Análisis y Pronósticos aprueba o realiza observaciones al informe diagnóstico, luego de lo cual se aprueba el Análisis.

El registro de esta etapa es el informe de diagnóstico.

C. Pronóstico en el corto y mediano plazo.

La confección del pronóstico se basa en la utilización de los modelos de simulación atmosférica, los que por su naturaleza deben ser permanentemente evaluados por la diversidad existente. La evaluación de los modelos meteorológicos que se utilizan en el CNA, se hace principalmente sobre la base de análisis estadístico y dinámico, comprendiendo 4 pasos principales:

1. **Validación:** es la **confrontación** de la información pronosticada con los datos reales.
2. **Confiabilidad:** corresponde a la determinación del periodo de tiempo hasta el cual son útiles los datos de cada modelo.
3. **Consistencia:** guarda relación con el establecimiento del grado de estabilidad en el tiempo de los resultados que el modelo entrega.
4. **Comparación:** es el grado de similitud de las soluciones de los modelos.

D. Evaluación de los modelos numéricos:

1. **Validación:** Se compara el valor del geopotencial de 500 hPa observado en los radiosondeos, el campo isobárico de 1000 hPa, espesores de 1000-500 hPa, viento en superficie entregados por los modelos con los valores reportados.
2. **Confiabilidad.** Una vez hecha la validación, se hace necesario saber hasta qué punto o período de tiempo son útiles las salidas del modelo. Para ello, se utilizan los pronósticos ensamblados. Esta herramienta de pronóstico, entrega las diversas soluciones que tiene el pronóstico para una determinada variable. El campo meteorológico más usado debido a su importancia dinámica, es el de 500 hPa. Los modelos que poseen esta herramienta de pronóstico son: GFS, CPTEC y la RIS.
3. **Consistencia.** Comprende el concepto reiteración, esto significa evaluar en qué medida el modelo mantiene una única solución en el tiempo, para un determinado plazo. Para ello, se debe realizar una comparación entre "n" corridas del mismo modelo, de cartas pronosticadas válidas para un mismo periodo de tiempo, incluyendo el análisis o corrida del modelo. Se debe evaluar la fase temporal y la energía de cada perturbación en el ámbito espacial en cuestión en 500 hPa y en superficie. Esta evaluación, es necesario de hacer para la topografía como para el campo térmico.

Si el modelo es consistente consigo mismo en determinado plazo, se puede utilizar sus soluciones para apoyo al pronóstico. Si por el contrario, el modelo resulta inconsistente es decir, es inestable o bien se está ajustando, sus soluciones se utilizarán con una baja precisión. En este caso, se debe pronosticar apoyándose de la estadística climática en todas las variables.

Finalmente, se comparan las soluciones de los modelos evaluados, se incorpora la nueva información meteorológica al modelo conceptual construido en las etapas anteriores, para corregir eventuales variaciones o fortalecer algunos aspectos. A esto se suma la incorporación de:

- Estadística climatológica.
- Evolución de patrones nubosos
- Datos de redes sinóptico-aeronáuticas y complementarias de superficie.
- Imágenes de alta resolución de Banda X, u otras
- Datos reportados por observadores cooperativos.

Se incorpora la información de las etapas anteriores y los nuevos datos numéricos.

El Jefe de la Oficina de Pronósticos, o en su ausencia el Jefe de Turno, aprueba o realiza observaciones a la evaluación de los modelos.

E. Actualización del pronóstico.

El equipo de meteorólogos de turno con los análisis anteriores, logra un alto grado de comprensión de los procesos atmosféricos que se encuentran en desarrollo, además puede determinar cuál es la mejor solución numérica que se ajusta a la situación; en consecuencia,

se encuentra en condiciones de actualizar el pronóstico. Los registros del pronóstico, dependiendo del cliente son: el Pronóstico Público, el Pronóstico Agrometeorológico, el Pronóstico para ONEMI y los pronósticos especiales, preparados por el turno, entre los que se encuentran los pronósticos vinculados a incendios forestales y calidad del aire.

En esta etapa y luego de una nueva discusión técnica formal de los antecedentes para el diagnóstico así como de la evolución de la situación actual, en base a la información de los modelos, se establece si el pronóstico generado es de impacto diferente para los clientes. Esta decisión es tomada según los criterios objetivos del Procedimiento del Sistema de Avisos, Alertas y Alarmas (PROSAAyA). Si el pronóstico no impacta más allá de lo habitual para la época del año, para la región o por la naturaleza del mismo, se elabora el pronóstico final. Cuando el pronóstico generado tiene un impacto diferente, se debe generar un aviso, una alerta o una alarma, acorde al procedimiento mencionado.

II. Metodología de pronósticos del factor de ventilación de Quintero

El pronóstico del factor de ventilación, se efectúa en base al monitoreo, seguimiento y análisis diario de la temperatura, razón de mezcla, tendencias de presión atmosférica, viento (velocidad y dirección), altura de la capa de mezcla estabilidad superficial, análisis de Inversión Térmica (Radiosonda de Santo Domingo) y de las configuraciones de escala sinóptica y de escala local que inducen mayor o menor estabilidad de la atmósfera en niveles superficiales. Dicho factor se expresa en tres categorías de ventilación, BUENO, REGULAR y MALO.

A. Configuraciones de escala Sinóptica consideradas para Factor de Ventilación de Quintero.

Factor de Ventilación Bueno: Asociado con presencia de sistemas frontales activos en la costa, o en general cuando existen fenómenos que generan marcada inestabilidad atmosférica (núcleos fríos muy desarrollados) que hagan desaparecer la inversión térmica por subsidencia, generen un aumento en la intensidad del viento y que humedezcan las capas bajas y medias de la atmósfera.

Relacionado con periodos de término de la actividad frontal o de algún fenómeno que produzca inestabilidad (núcleos fríos), asociados generalmente a la ocurrencia de chubascos o a desarrollo cumuliforme. Se aprecian, además, inversiones térmicas de subsidencia muy altas y/o poco significativas en cuanto a temperatura.

Factor de Ventilación Regular: Predominio de altas presiones y normalmente ausencia de vaguadas costeras y precipitaciones, advecciones débiles de aire húmedo y/o nubosidad baja costera, paso de sistemas frontales débiles o en altura.

Factor de Ventilación Malo: Predominio de altas presiones en superficie y marcada subsidencia en la zona central, asociada o no a la propagación de una vaguada costera y caracterizada por marcados movimientos de descenso de masas de aire e intensificación y descenso de la inversión térmica de subsidencia, condiciones prefrontales que producen un bajo factor de ventilación, inversión térmica de subsidencia con base normalmente ubicada bajo los 500 msnm.

Presencia de vaguada costera asociada con dorsal en altura, predominio de altas presiones y marcada subsidencia en la zona con marcados movimientos de descenso de masas de aire e intensificación y descenso de la inversión térmica de subsidencia, condiciones

prefrontales asociadas a un bajo coeficiente de ventilación, Inversión térmica de subsidencia con base ubicada bajo los 300 msnm.

A handwritten signature in black ink, consisting of several large, fluid loops and strokes, positioned above the printed name.

Miguel Egaña Palma
Jefe Centro Nacional de Análisis
Dirección Meteorológica de Chile