



Centro Nacional del Medio Ambiente

Universidad de Chile



INFORME DE ACTIVIDAD 4.1.1
CONVENIO CONAMA-CENMA
EJECUCIÓN DEL PRONÓSTICO DE CALIDAD DEL AIRE PARA
SANTIAGO, TEMUCO Y PADRE LAS CASAS

INFORME FINAL DEL ESTUDIO

*ANÁLISIS COMPARATIVO DE CONDICIONES METEOROLÓGICAS ASOCIADAS A EPISODIOS DE
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR MP10 EN TEMUCO Y PADRE LAS CASAS*

FASE2

*GENERACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESTADÍSTICA PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE POR
MP10 EN EL MARCO DEL PDA DE TEMUCO Y PADRE LAS CASAS*

Informe UMGCA-018-LMPCA-011-2010

Preparado para:



SEREMI MEDIOAMBIENTE
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

DICIEMBRE 2010

Al cierre de la edición del presente informe la Dirección
de la Fundación Centro Nacional del Medio Ambiente está conformada por:

Prof. Víctor Pérez V.
Rector de la Universidad de Chile,
Presidente de la Fundación CENMA

Prof. Italo Serey E.
Profesor Titular - Universidad de Chile
Director Ejecutivo de la Fundación CENMA

Sobre el Informe
El presente documento corresponde al Informe Final del estudio Generación de una Herramienta Estadística para la
Evaluación de la Calidad del Aire por MP10 en el marco del PDA de Temuco y Padre Las Casas

Derechos de autor y/u otras leyes aplicables



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/cl/>

La obra está protegida por derechos de autor y/u otras leyes aplicables de acuerdo a los términos de la licencia
Creative Commons.

Queda prohibido cualquier uso que se haga de la obra que no cuente con la autorización pertinente de
conformidad con los términos de la licencia.

Informe preparado por
CENMA

Más información
Centro Nacional del Medio Ambiente
Av. Larraín 9975, La Reina, Santiago de Chile
Teléfono: (56-2) 299-4100
Fax : (56-2) 275-1688
<http://www.cenma.cl>
comunicaciones@cenma.cl

Detalles del Estudio

Programa: Convenio CONAMA CENMA 2008–2010.

Apoyo Científico Técnico y Ejecución de los Programas y Proyectos Prioritarios Mandatados por el Gobierno. Actividad 4.1.1

Estudio: Análisis comparativo de condiciones meteorológicas asociadas a episodios de contaminación atmosférica en Temuco y Padre Las Casas. Fase 2 “Generación de una herramienta estadística para la evaluación de la calidad de aire por MP10 en el marco del PDA de Temuco y Padre Las Casas”

Equipo de Trabajo

Manuel Merino, Jefe de Laboratorio Meteorología y Pronóstico de la Calidad del Aire

Maureen Amín, Encargada de Proyecto

Eric Oyaneder, Consultor. Metodología estadística para la evaluación de tendencias de MP10

Diego Campos y Rodolfo Vega, Tratamiento Estadístico

Merle Donoso y Francisco Vega, Desarrollo

Fecha de Inicio del estudio: 01 de agosto de 2010

Fecha de Término del estudio: 31 diciembre 2010

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	OBJETIVOS	7
2.1	Objetivo general.....	7
2.2	Objetivos específicos.....	7
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
3.1	Materiales.....	8
3.2	Método.....	9
3.2.1	Construcción Base de Datos	9
3.2.2	Determinación PMCA histórico años faltantes.....	10
3.2.3	Test de Mann-Kendall y Método de Kendall Theil.....	11
4.	RESULTADOS.....	17
4.1	Análisis de los potenciales meteorológicos de contaminación atmosférica PMCA.....	17
4.2	Análisis de Indicadores de calidad del aire e Indicadores meteorológicos por categoría de PMCA ...	18
4.2.1	Indicadores de calidad del aire (ICA) por PMCA.....	19
4.2.1.1	Indicadores de duración de niveles de MP10 por PMCA.....	19
4.2.1.2	Indicadores de concentraciones de MP10.....	22
4.2.2	Indicadores Meteorológicos (IMet) por PMCA.....	24
4.2.2.1	Temperatura	24
4.2.2.2	Presión atmosférica en superficie	26
4.2.2.3	Altura geopotencial 500 hPa.....	26
4.2.2.4	Precipitación acumulada.....	27
4.2.2.5	Radiación solar	27
4.2.2.6	Intensidad del viento	28
4.2.2.7	Humedad relativa	28
4.2.2.8	Showalter	29
4.3	Análisis anual de los de Indicadores de calidad del aire e Indicadores meteorológicos.....	30
4.3.1	Indicadores de calidad del aire por año	30
4.3.1.1	Indicadores de duración de niveles de MP10	30
4.3.1.2	Indicadores de concentraciones de MP10.....	31
4.3.2	Indicadores meteorológicos por año	32
4.3.2.1	Temperatura	32
4.3.2.2	Presión atmosférica en superficie	33
4.3.2.3	Altura geopotencial 500 hPa.....	34
4.3.2.4	Precipitación.....	34
4.3.2.5	Intensidad del viento	35
4.4	Análisis de tendencias para las series de tiempo	36
4.4.1	MP10.....	36
4.4.1.1	Test de Mann-Kendall para el MP10	37
4.4.1.2	Pendientes por método de Sen para MP10.....	37
4.4.2	PMCA serie temporal	38
4.4.2.1	Test de Mann-Kendall para el PMCA.....	38
4.4.2.2	Pendientes por método de Sen para el PMCA.....	39
4.4.3	Temperatura mínima	39
4.4.3.1	Test de Mann-Kendall y método de Sen para la temperatura mínima	40
4.4.4	Presión atmosférica máxima	41

4.4.4.1	Test de Mann-Kendall y método de Sen para la presión atmosférica máxima	41
4.4.5	Altura Geopotencial en 500hPa.....	42
4.4.5.1	Test de Mann-Kendall y método de Sen para el geopotencial en 500 hPa	42
4.4.6	Precipitación acumulada y días con precipitaciones sobre 20mm.....	43
4.4.6.1	Test de Mann-Kendall y método de Sen para la precipitación	43
4.4.6.2	Test de Mann-Kendall y método de Sen para días con precipitación superior a 20mm 44	
4.4.7	Intensidad del viento mínimo.....	44
4.4.7.1	Test de Mann-Kendall y método de Sen para la intensidad del viento mínimo	45
4.5	Análisis de tendencias del MP10 para igualdad de condiciones meteorológicas.....	46
4.5.1	Análisis para PMCA 1	46
4.5.2	Análisis para PMCA 2	47
4.5.3	Análisis para PMCA 3	47
4.5.4	Análisis para PMCA 4	48
4.6	Desarrollo de una herramienta estadística para realizar aplicaciones y evaluaciones de calidad del aire. 48	
5.	CONCLUSIONES.....	49
6.	ANEXOS	53
6.1	Formato Base de Datos	53
6.2	Estadísticos descriptivos IMet por PMCA.....	63
6.3	Estadísticos descriptivos ICA por PMCA	68

1. INTRODUCCIÓN

Tras la declaración de zona saturada por MP10 en el año 2005 a las comunas de Temuco y Padre Las Casas, el propósito del PDA ha sido establecer medidas para dar cumplimiento a la normativa de calidad del aire. Las medidas adoptadas se enfocan a acciones de regulación, gestión ambiental, fiscalización, monitoreo, prevención y educación, entre otras. “El procedimiento para la elaboración y contenidos de un PDA están prescritos en el DSN°94/95 del MINSEGPRES, establece que un Plan deberá contener la relación existente entre los niveles de emisión totales y los niveles de contaminantes a ser regulados. Del mismo modo, se establece la obligación de fijar una meta global de reducción de emisiones, así como los plazos y cronograma de reducción de éstas. En efecto, dado que la declaración de zona saturada de Temuco y Padre Las Casas se fundamenta en la superación de los valores establecidos en la norma primaria diaria de MP10 establecida en el DSN°59/98, la meta del Plan dice relación con disminuir las concentraciones diarias de MP10 hasta valores que se encuentren por debajo de los niveles considerados de saturación, de tal forma de dar cumplimiento a dicha normativa. De esta forma, se espera que el PDA pueda disminuir para superar el estado de saturación un 31% las concentraciones y las emisiones en relación con el año base (percentil 98 año base 2004 igual a 172 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).”¹

Para esto, se hace necesario desarrollar herramientas que permitan evaluar la efectividad de las medidas y tener claridad respecto a evolución de la calidad de aire en los últimos años.

Para aproximarse a estos objetivos, CENMA desarrolló un estudio durante el año 2009, en donde se analizaron y compararon las características de los episodios de contaminación en Temuco, considerando los parámetros de evolución del Niño Oscilación del Sur, Condiciones climáticas, Sistemas frontales y Precipitaciones, Temperatura en superficie, Presión en superficie, Viento superficial, Gradiente térmico entre Oyama y Las Encinas, Anomalías estandarizadas de la altura en 500 hPa, Comportamiento MP10, Comportamiento PMCA, relacionándolos con el MP10 durante los años 2005 a 2009.

En esta segunda etapa, la finalidad es obtener una evaluación histórica de la calidad de aire mediante la generación de una herramienta de tipo estadística, que permita a su vez dilucidar comportamientos. El evaluar escenarios futuros requiere desarrollar herramientas más complejas que consideren las condiciones meteorológicas y las emisiones previstas, que no serán abordadas en el presente estudio. El presente informe entrega los resultados finales del estudio ejecutado durante el 2010.

¹ Antecedentes incluidos por la SEREMI del Medioambiente Araucanía en TDR para este estudio.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Generar una herramienta de evaluación estadística, que permita comparar la evolución de la calidad de aire estandarizada a las condiciones meteorológicas características de Temuco y Padre Las Casas.

2.2 Objetivos específicos

- 1) Desarrollar un análisis y clasificación de los potenciales meteorológicos de contaminación atmosférica (PMCA) en la temporada de abril a septiembre para cada año de estudio.
- 2) Generar, sistematizar y comparar indicadores de calidad de aire asociados a cada categoría de PMCA, de modo que permitan realizar una comparación interanual de la calidad de aire.
- 3) Aplicar una metodología estadística que permita determinar la evolución de la calidad de aire, evaluando la tendencia seguida por los indicadores de calidad de aire desarrollados anteriormente para cada categoría de PMCA.
- 4) Generar una herramienta estadística que pueda ser utilizada por CONAMA Araucanía para realizar futuras aplicaciones y evaluaciones de calidad de aire.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

El estudio contempló la temporada otoño-invierno de los años 2004 a 2009, y las variables consideradas fueron de carácter meteorológico y de calidad del aire.

La información de calidad del aire fue extraída de los registros de la estación de Las Encinas, y la meteorológica de las estaciones de Oyama, Las Encinas y Maquehue.

Se utilizaron además variables obtenidas por el radiosonda de Puerto Montt (Aeropuerto El Tepual), y como herramienta integradora de la condición meteorológica asociada a la calidad del aire se utilizó el Índice PMCA (Potencial Meteorológico de Contaminación Atmosférica) desarrollado por CENMA.

La Tabla siguiente indica las variables originales contempladas en el estudio y la fuente del registro:

Variable	Unidad	Estación	Propietario
Temperatura	°C	Las Encinas	Red SIVICA MINSAL
Temperatura	°C	Torre Oyama	SEREMI MEDIOAMBIENTE
Presión Atmosférica	hPa	Las Encinas	Red SIVICA MINSAL
Intensidad del viento	m/s	Las Encinas	Red SIVICA MINSAL
Dirección del viento	° sexagesimales	Las Encinas	Red SIVICA MINSAL
Humedad Relativa	%	Las Encinas	Red SIVICA MINSAL
Precipitación	mm	Las Encinas	Red SIVICA MINSAL
Precipitación	mm	Maquehue	DMC
Radiación solar	W/m ²	Las Encinas	Red SIVICA MINSAL
MP10	µg/m ³	Las Encinas	Red SIVICA MINSAL
MP2.5	µg/m ³	Las Encinas	Red SIVICA MINSAL
Temperatura 850 hPa	°C	El Tepual	DMC
Altura 500 hPa	mcp	El Tepual	DMC
Showalter índice	Adimensional	El Tepual	DMC
PMCA índice	Adimensional	---	Desarrollado por CENMA

Tabla 1 Variables originales contempladas en el estudio

3.2 Método

3.2.1 Construcción Base de Datos

La construcción de la base de datos para este estudio constó de 3 etapas. El primer paso fue recopilar la información meteorológica y de calidad de aire para la estación de las Encinas, Oyama y Maquehue durante los meses de abril a septiembre de los años 2004 al 2009.

Las variables seleccionadas para la confección de la base de datos contaron con un registro horario, éstas fueron:

- Temperatura
- Presión Atmosférica
- Intensidad del Viento
- Dirección del Viento
- Humedad Relativa
- Precipitación
- Radiación Solar
- MP10

Luego de la selección, se trabajó en un libro Excel, el cual se dividió en 4 hojas. Los datos fueron procesados a diferentes resoluciones, éstas fueron:

- Horaria
- Diaria
- Mensual
- Anual

A partir de los datos Horarios, se realizaron promedios, conteos, máximos, mínimos, entre otros cálculos, para generar y completar las hojas Diaria, Mensual y Anual.

En Sección ANEXOS se detalla la información incluida en cada hoja.

3.2.2 Determinación PMCA histórico años faltantes

El PMCA es un indicador que resume la condición meteorológica asociada a calidad del aire y ha sido una herramienta de uso permanente para el pronóstico de calidad del aire en la zona desde el año 2005. La dificultad es que sólo a partir del año 2009 se cuenta con la evaluación de 2 PMCA diarios (un PMCA que resume las condiciones de la mañana y un PMCA que resume las condiciones de la noche). Considerando la velocidad de los cambios en las condiciones de ventilación en la zona, se hizo imprescindible reevaluar el periodo que contemplaba sólo un PMCA diario y evaluar los años en que no se disponía del PMCA. Se realizó entonces un análisis de la información meteorológica y de calidad del aire para los años 2004 a 2008 con el fin de determinar los PMCA y clasificarlos dentro de las categorías señaladas en la Tabla 2.

La metodología utilizada para este procedimiento consistió en la revisión y análisis de la información meteorológica y de calidad del aire contenida en la base de datos histórica de CENMA. Esta incluyó los mapas sinópticos de superficie y altura, imágenes satelitales, registro de variables meteorológicas medidas (temperatura, presión, precipitación, viento) y pronósticos de calidad del aire de años anteriores. En este caso, no existieron supuestos en la reconstrucción del PMCA, pues el ejercicio no consistió en un pronóstico retroactivo, sino en la constatación de la condición observada.

El PMCA se dividió en PMCA matutino y PMCA vespertino, representativos de la primera y segunda parte del día respectivamente y se determinó como PMCA relevante el PMCA más alto registrado en el día.

La Tabla 2 muestra la clasificación de los PMCA, con sus respectivas condiciones de ventilación y dispersión.

Categoría PMCA	Condiciones de ventilación y dispersión
1 Bajo	Muy buenas
2 Regular/Bajo	Buenas
3 Regular	Regulares
4 Regular/Alto	Malas
5 Alto	Críticas

Tabla 2. Clasificación de PMCA

3.2.3 Test de Mann-Kendall y Método de Kendall Theil

a) Test de Mann y Kendall

El test de Mann–Kendall (M-K) es un test no paramétrico que permite verificar la hipótesis de que datos, (X_1, X_2, \dots, X_n) siguen una tendencia, versus que son variables aleatorias idénticas e independientemente distribuidas.

El test toma la forma:

H_0 : La serie NO tiene tendencia

H_1 : La serie tiene tendencia

El algoritmo para decidir el test, es el siguiente:

i. Obtención de la serie:

Para comenzar se debe disponer de una serie de tiempo, X_1, X_2, \dots, X_n , que tiene un total de n datos (La serie de PM10 por ejemplo)

ii. Cálculo de las diferencias entre pares de datos

Se procede a calcular el signo de las diferencias $(X_j - X_k)$, para $j > k$, mediante la expresión:

$$\text{signo}(X_j - X_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } (X_j - X_k) > 0 \\ 0 & \text{si } (X_j - X_k) = 0 \\ -1 & \text{si } (X_j - X_k) < 0 \end{cases}$$

Se puede apreciar que el total de diferencias que se calculan es $\frac{n(n-1)}{2}$.

iii. Cálculo del estadístico Tau

Se calcula la suma del total de los signos, n datos que se denominará S_n y que se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S_n = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{signo}(X_j - X_k)$$

Se define el estadístico Tau por:

$$\tau = \frac{S_n}{\frac{n(n-1)}{2}}$$

Es claro que si todas las comparaciones son positivas, lo que indica que la serie crece a medida que el

tiempo pasa, se tendrá que $S_n = \frac{n(n-1)}{2}$, con lo que $\tau = 1$. Por otro lado, si todas las comparaciones son negativas, lo que indica que la serie disminuye a medida que el tiempo pasa, se

tendrá que $S_n = -\frac{n(n-1)}{2}$, con lo que $\tau = -1$. Luego el estadístico Tau, tomará valores en el intervalo $[-1; +1]$. Esto proporciona una herramienta no paramétrica para decidir si hay un crecimiento de la serie, si ésta tiene un comportamiento estrictamente monótono creciente el valor de Tau será 1, observe que el valor 1 se obtiene de manera independiente de la magnitud de los valores de la serie dado que en la función signo solo importa el signo de la diferencia y no su magnitud.

iv. Cálculo de la varianza

No hay una expresión explícita para la varianza de Tau, para valores pequeños de n. Para $n > 10$ se usa una aproximación por medio del cambio de variables

$$Z_n = \begin{cases} \frac{S_n - 1}{\sqrt{V(S_n)}} & \text{si } S_n > 0 \\ 0 & \text{si } S_n = 0 \\ \frac{S_n + 1}{\sqrt{V(S_n)}} & \text{si } S_n < 0 \end{cases}$$

El cálculo de la varianza se puede aproximar por:

$$V(S_n) = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{q=1}^g t_q(t_q-1)(t_q+5) \right]$$

Donde g es el número de grupos que se forman con valores idénticos, y t_q es el tamaño de cada grupo. Para el caso de datos continuos, la probabilidad de tener números iguales es nula, por lo cual la expresión anterior se puede aproximar por:

$$V(S_n) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5)]$$

v. Decisión del Test de Hipótesis

Para valores $n > 10$, la distribución del estado del estadístico

$$\frac{Z_n}{\sqrt{V(S_n)}}$$

se aproxima a una distribución normal tipificada, por lo cual el test de hipótesis siguiente:

H_0 : La serie NO tiene tendencia

H_1 : La serie tiene tendencia

Puede ser planteado de la forma:

$H_0: Z_n = 0$

$H_1: Z_n \neq 0$

Lo que lleva a que bajo la hipótesis H_0 , Z_n , debería tomar valores pequeños, al 95% de confianza la hipótesis H_0 se rechazaría si $|Z_n| > 1,96$

vi. Tratamiento de series estacionales

En las series tratadas para Temuco hay que considerar la estacionalidad que ellas tienen, pues los cambios entre las diferentes estaciones del año suelen ser una de las principales fuentes de variación, confundiendo la tendencia natural del proceso estacional con una tendencia de la serie. Para corregir esta situación se aplica una corrección al test de Mann y Kendall calculándolo para cada estación, por ello se estimará un estadístico de Mann y Kendall para los meses de Abril, otro para Mayo, y así hasta Septiembre. Se llamará S_{m,n_m} al estadístico para el mes m , que tiene n_m datos. El estadístico final a usar será:

$$S_n = \sum_{m=1}^M S_{m,n_m} \quad \text{Con} \quad n = \sum_{m=1}^M n_m$$

Cuando $n > 25$, se puede usar una aproximación a una distribución normal, mediante el cambio de variables:

$$Z_n = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{S_n - 1}{\sqrt{V(S_n)}} & \text{si } S_n > 0 \\ 0 & \text{si } S_n = 0 \\ \frac{S_n + 1}{\sqrt{V(S_n)}} & \text{si } S_n < 0 \end{array} \right\}$$

La varianza de S_n , (en el caso donde no hay empates) estará dado ahora por:

$$V(S_n) = \sum_{m=1}^M \frac{1}{18} [n_m(n_m - 1)(2n_m + 5)]$$

b) Estimación de la pendiente de la tendencia

El test de Mann–Kendall descrito detecta la existencia de tendencia pero no proporciona una estimación de su magnitud. Para ello, una propuesta realizada por Theil y mejorada por Sen, el estadístico del test está relacionado con la pendiente de la tendencia encontrada por el test de Mann–Kendall y se obtiene al considerar que la serie de tiempo sigue un modelo lineal en función del tiempo, es decir la serie se rige por un modelo de la forma:

$$X_t = mt + n$$

Cada pareja de puntos X_j, X_k , nos entrega una estimación de la pendiente dado por:

$$Q_{j,k} = \frac{X_j - X_k}{j - k} \quad \text{para } j > k$$

El estimador de Sen, para la pendiente de la serie, queda dado por la mediana de los $\frac{n(n-1)}{2}$ valores $Q_{j,k}$. El cálculo de la mediana considera ordenar los valores de $Q_{j,k}$, y seleccionar el valor que queda en la mitad, en el caso que número total de valores es impar, y si no tomar el valor promedio de los dos valores que quedaron en el medio. Es decir:

$$\hat{m} = \text{Mediana}_{j>k} \{ Q_{j,k} \}$$

El estimador de la pendiente \hat{m} está relacionado con el estadístico S_n (y con $[Z]_{(n)}$) como sigue: si $S_n > 0$, entonces $\hat{m} > 0$. Además, \hat{m} es una medida de la pendiente resistente al efecto de la existencia de valores extremos en los datos, puesto que se evalúa a través de la mediana.

Para estimar el intervalo de confianza bilateral, de este estimador, Sen en 1968, sugiere el siguiente procedimiento, basado sobre la distribución normal, lo que es válido para $\frac{n(n-1)}{2} > 10$, (se supone, como en todo este anexo, que los datos son continuos, y por lo tanto la probabilidad de tener datos iguales es cero).

i. Seleccionar el nivel de confianza y obtener el valor $Z_{1-\alpha/2}$.

ii. Calcular el valor $C_\alpha = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{V(S_n)}$

iii. Calcular los valores

$$R_I = \left[\frac{n(n-1)}{2} - C_\alpha \right] / 2$$

$$R_S = \left[\frac{n(n-1)}{2} + C_\alpha \right] / 2 + 1$$

iv. El límite inferior del intervalo de confianza para la pendiente, será el valor Q, rankeado en el lugar R_I , y el límite superior será el rankeado en el lugar R_S

c) Estimación del punto de cambio en la tendencia

Para calcular el punto de de cambio en la tendencia se usa el método no paramétrico de la suma acumulativa de residuos (conocido como CUSUM, Cumulative Sum of Residuals) para las series no normales.

El método se desarrolla en los siguientes pasos:

i. Prueba de la suma acumulativa de residuos

Esta prueba estadística no paramétrica calcula si el promedio de dos partes de la serie de datos es diferente. El período de cambio de la tendencia será aquel en que el estadístico de esta prueba sea máximo. Dada la serie de datos (X_1, X_2, \dots, X_n) el estadístico del test se define como:

$$V_k = \left(\sum_{i=1}^k \text{signo}(X_i - X_{\text{mediana}}) \right) \quad k = 1, 2, \dots, n$$

Con X_{mediana} la mediana de la serie de datos

La distribución de V_k sigue la estadística para dos muestras de Kolmogorov-Smirnov. Un valor negativo de V_k indica que la segunda parte de la serie tiene un promedio mayor que la primera parte y viceversa.

ii. Intervalos de confianza

El límite superior de confianza para el estadístico V_k , está dado por:

Nivel confidencial	Límite superior
$\alpha = 0,10$	$1,22\sqrt{n}$
$\alpha = 0,05$	$1,36\sqrt{n}$
$\alpha = 0,01$	$1,63\sqrt{n}$

El cálculo de cusum es una herramienta visual que se construye graficando los valores de cusum V_k , para cada tiempo k . Si, para un grupo particular de datos consecutivos su media resulta significativamente superior al valor de la mediana, el gráfico cusum crecerá con una pendiente positiva, por el contrario, si la media fuera inferior a la mediana el gráfico decrecerá. Un cambio de media en los datos se reflejará en un cambio de pendiente del gráfico cusum. La posición de un punto cualquiera en el gráfico es irrelevante, lo que importan son los cambios de pendiente del gráfico. Las pequeñas desviaciones de la pendiente, consecuencia de fluctuaciones aleatorias, deben ignorarse; debe prestarse atención, en cambio, a la pendiente media de un conjunto de puntos, para ver si hay tendencias que indiquen cambios en los valores medios.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de los potenciales meteorológicos de contaminación atmosférica PMCA

La siguiente figura muestra la cantidad de días por año con PMCA relevante diario para cada categoría.

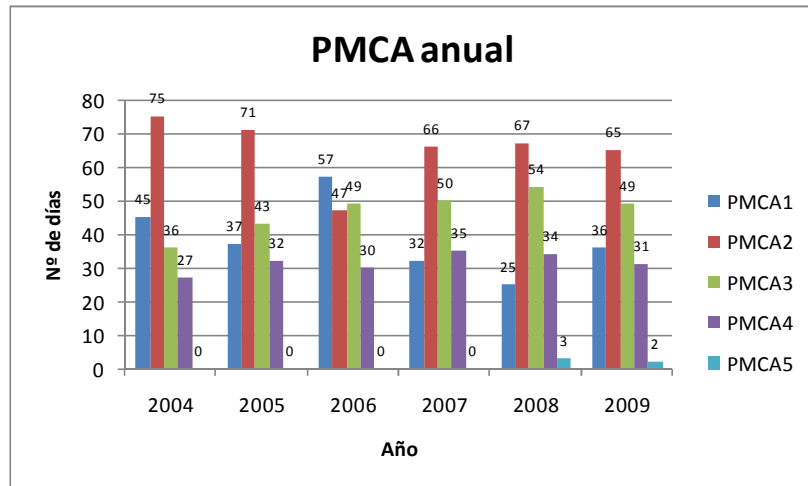


Figura 1. Total de días en cada categoría de PMCA por año

En la Figura 1 se puede apreciar en general mayor frecuencia de PMCA 2 y PMCA 3. El número de días con PMCA 4 por temporada es similar para todo el periodo. Sólo en los años 2008 y 2009 se registraron casos con PMCA 5.

Al promediar los PMCA (Figura 2) se tiene una idea de la tendencia de este Índice.

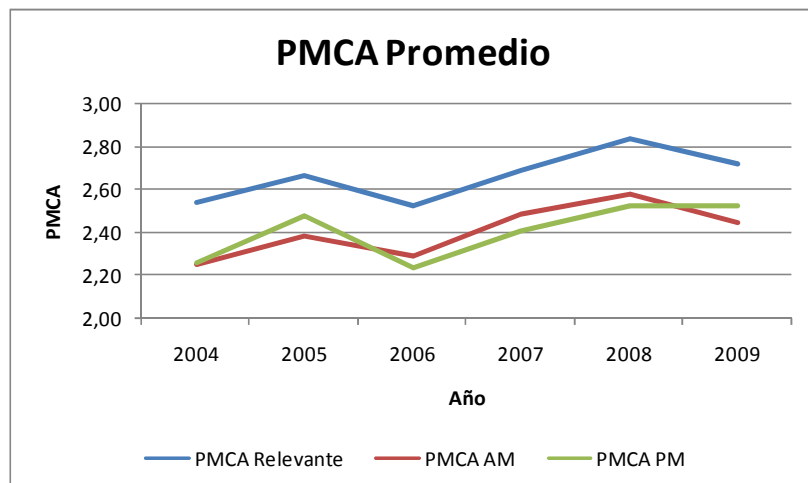


Figura 2. PMCA promedio por año. Línea azul PMCA Relevante, roja PMCA matutino y verde PMCA vespertino

En la Figura 2 se puede visualizar a rasgos generales, la tendencia positiva de los PMCA en promedio en los últimos años. Durante el periodo se puede identificar una ligera variación entre los años 2004 y 2006, y una tendencia positiva entre los años 2006 y 2009. El promedio anual oscila entre 2,2 y 2,8, consistente con la mayor ocurrencia de PMCA 2 y 3 observado en la Figura 1.

Como el PMCA es un indicador de la ventilación que agrupa ciertas condiciones meteorológicas para cada categoría, es necesario desglosar cada PMCA para visualizar de mejor manera el comportamiento de cada Indicador de calidad del aire (ICA) y de cada Indicador meteorológico de calidad del aire (IMet). Los ICA son indicadores que sirven para evaluar la evolución en el tiempo de la calidad del aire, es decir evaluar si la duración de los eventos es mayor o menor, y si la intensidad de los episodios de contaminación ha aumentado o disminuido. Los IMet son indicadores que ayudarán a determinar si las tendencias en el MP10 tienen relación con una variación en las condiciones de ventilación en el tiempo.

4.2 Análisis de Indicadores de calidad del aire e Indicadores meteorológicos por categoría de PMCA

Se realizó una estadística descriptiva de los ICA por cada PMCA con el fin de visualizar para cada PMCA si éstos representan el comportamiento real del MP10.

La Tabla 3 muestra la clasificación del MP10, con sus respectivos valores de concentración.

Categoría	Rango de MP10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
BUENO	Menor a 150
REGULAR	Entre 150 y 194
MALO	Entre 195 y 239
CRITICO	Entre 240 y 329
PELIGROSO	Mayor a 330

Tabla 3. Categorización de MP10

4.2.1 Indicadores de calidad del aire (ICA) por PMCA

Para este análisis, se graficaron las medias, más y menos una desviación estándar por PMCA para cada ICA.

Los ICA utilizados fueron los siguientes:

4.2.1.1 Indicadores de duración de niveles de MP10 por PMCA

Para la Figura 3, Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7 se muestra la cantidad promedio de horas del día con concentraciones horarias de MP10 en las categorías Bueno, Regular, Malo, Crítico y Peligroso respectivamente, para cada PMCA observado, obtenido a partir de los PMCA relevantes.

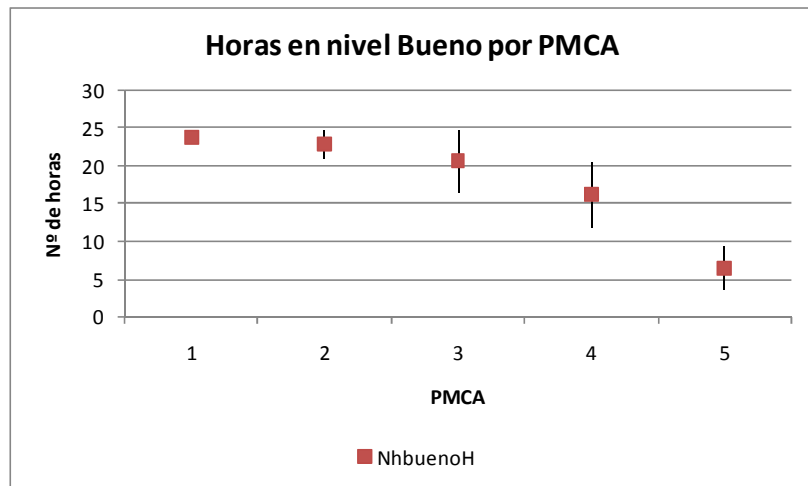


Figura 3. Promedio de horas del día con concentraciones en nivel Bueno por PMCA

Como era esperable, al graficar la media más y menos una desviación estándar se aprecia que la mayor cantidad de horas en Bueno es durante casos de PMCA 1, y el menor número de horas se da en PMCA 5.

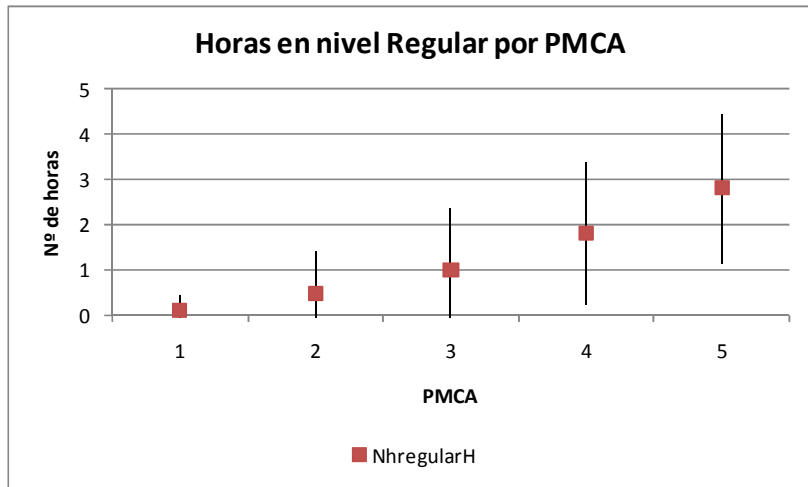


Figura 4. Promedio de horas del día con concentraciones en nivel Regular por PMCA

En la Figura 4 se aprecia que los PMCA 4 y 5 agrupan la mayor cantidad de horas en nivel Regular, mientras que para los PMCA 3, 2 y 1 son menores a una hora. También se observa mayor dispersión a partir del PMCA 3, lo que resulta por ejemplo, que en un día con 2 horas en el nivel de Regular puede ser un día con PMCA 3, 4 o 5.

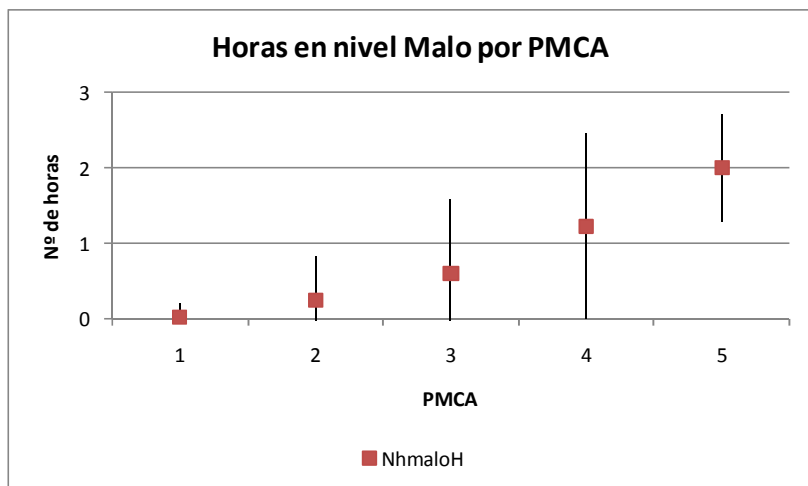


Figura 5. Promedio de horas del día con concentraciones en nivel Malo por PMCA

En la Figura 5 se aprecia que la mayor cantidad de horas en nivel Malo se da con PMCA 5 y 4.

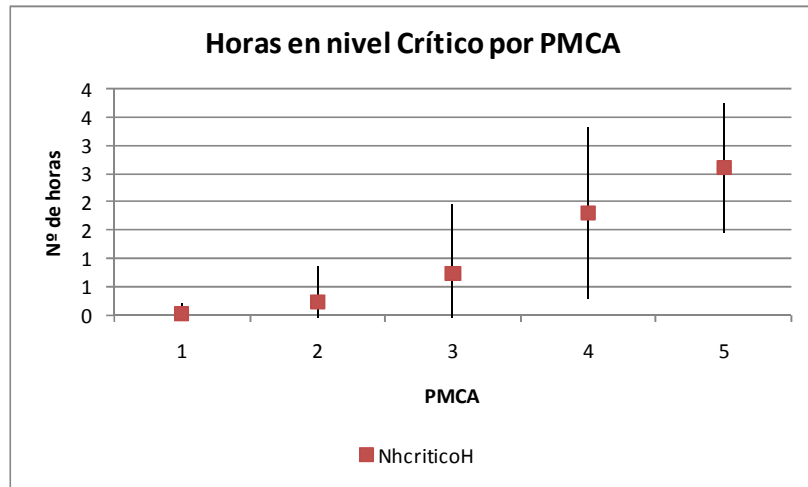


Figura 6. Promedio de horas del día con concentraciones en nivel Crítico por PMCA

En la Figura 6 se aprecia que a medida que el PMCA es mayor, se incrementan también las horas en nivel crítico.

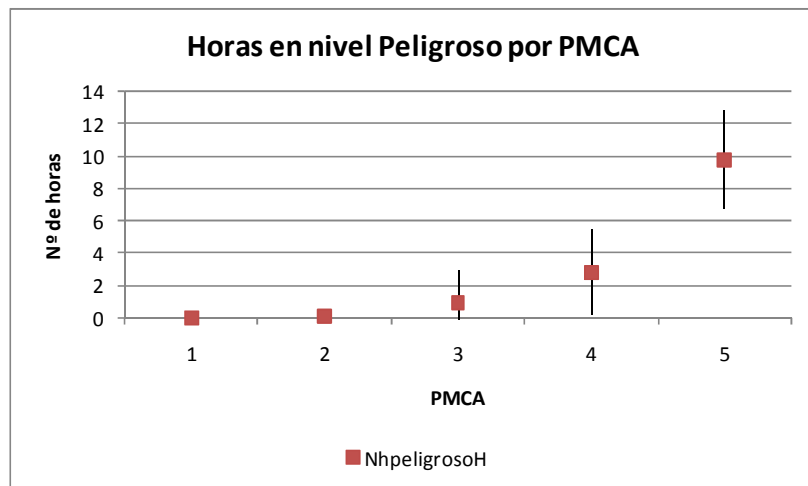


Figura 7. Promedio de horas del día con concentraciones en nivel Peligoso por PMCA

Para la categoría Peligoso no se observan horas con PMCA 1 y 2. El PMCA 5 se relaciona con la mayor cantidad de horas en nivel Peligoso.

En resumen, aunque existe mayor dispersión en la información para los PMCA 3, 4 y 5, se aprecia en general, una señal de correspondencia entre mayor duración de bajos niveles de calidad del aire y PMCA menores, y más horas en altos niveles de contaminación con PMCA mayores. La meteorología explicaría en parte los niveles de calidad del aire alcanzados.

4.2.1.2 Indicadores de concentraciones de MP10

A continuación se mostrarán los resultados de los promedios de las concentraciones entre 01-08 horas, 18-23 horas y promedio 07-06 horas, por PMCA.

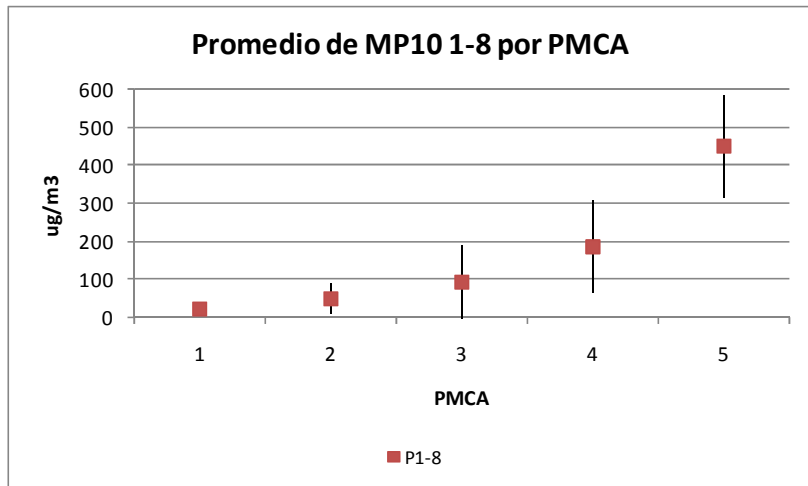


Figura 8. Promedio de concentraciones de MP10 matutinas (promedio de 1am a 8am) por categoría de PMCA

En la Figura 8 se observa un aumento en el promedio de las concentraciones de MP10 matutinas a medida que el PMCA es mayor. Entre los PMCA 1 y 3 el promedio de MP10 está bajo $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el PMCA 5 alcanza un valor sobre $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

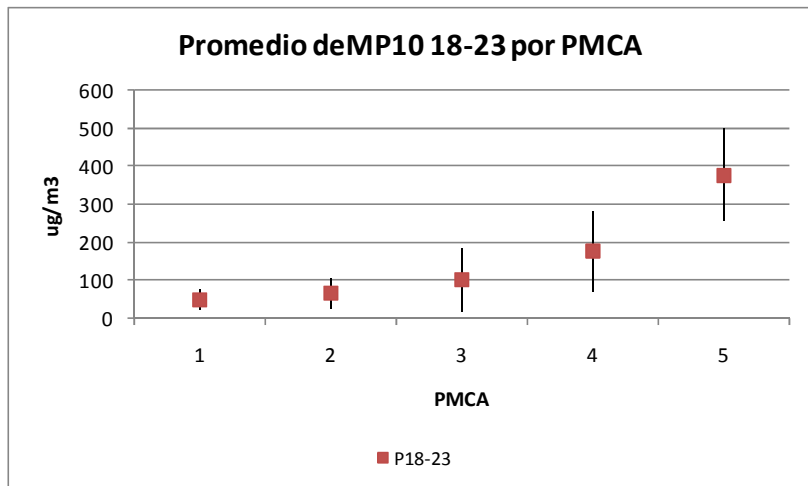


Figura 9. Promedio de concentraciones de MP10 vespertinas (promedio de 18 a 23) por categoría de PMCA

En la Figura 9 los promedios de las concentraciones de MP10 vespertinas aumentan a medida que el PMCA es mayor.

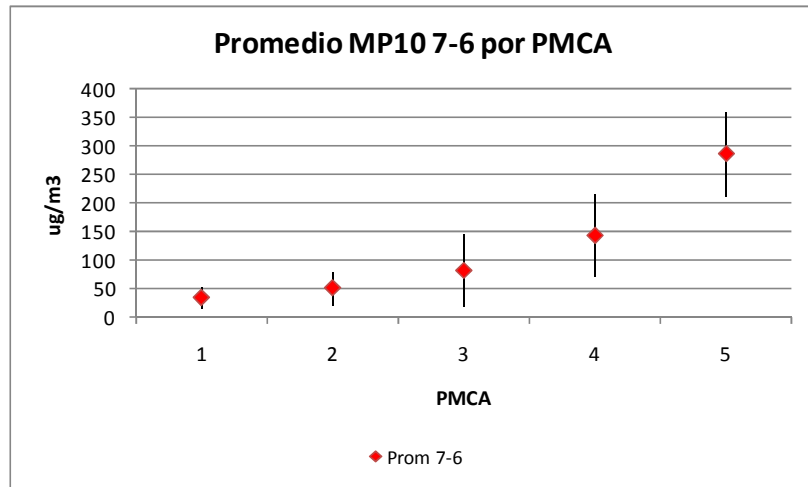


Figura 10. Promedio de concentraciones de MP10 diarias (promedio de 7am a 6am) por categoría de PMCA

El promedio 7-6 también entrega resultados similares a los observados en la Figura 8 y 9. En la Figura 10 los promedios más bajos de MP10 corresponden a días con PMCA menor y viceversa. La mayor dispersión se encuentra en los PMCA 3 y 4.

En resumen, independiente de los periodos del día considerados, se observa una señal entre concentraciones promedio observadas y PMCA. A medida que el promedio aumenta el PMCA también lo hace. Los indicadores seleccionados dan cuenta, en cierto grado, de la relación entre la meteorología y la calidad del aire.

4.2.2 Indicadores Meteorológicos (IMet) por PMCA

Se graficaron las medias, más y menos una desviación estándar por PMCA para cada IMet.

Los IMet utilizados fueron temperatura del aire, diferencia de temperatura entre Oyama y Las Encinas, temperatura en 850 hPa, presión atmosférica, altura geopotencial 500 hPa, precipitación, radiación solar, intensidad del viento, humedad relativa e índice Showalter.

4.2.2.1 Temperatura

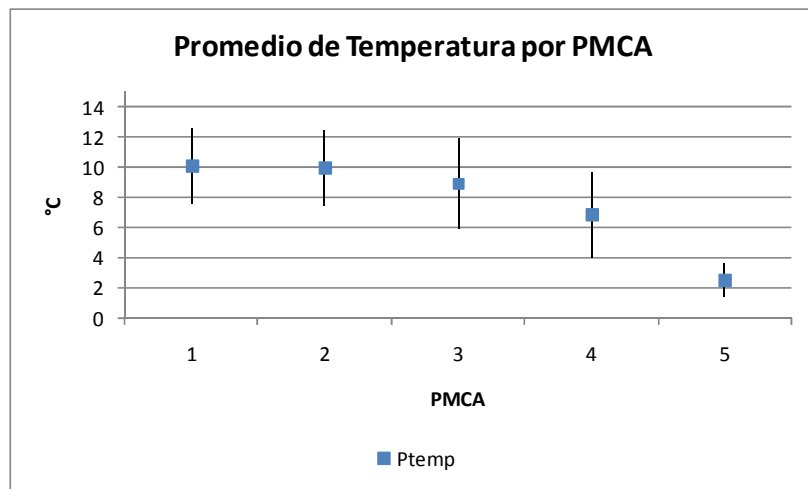


Figura 11. Promedio de temperaturas diarias por categoría de PMCA

En la Figura 11 se aprecia que la temperatura media muestra una disminución desde el PMCA 3 al 5. Para los PMCA 4 y 5 se observan medias bajo 7º y 3ºC respectivamente, lo que corresponde a días con un enfriamiento más marcado influenciado, según lo observado por experiencia, por una configuración meteorológica Tipo A(t), caracterizada por la entrada de altas presiones de origen frío, cielo despejado, enfriamiento radiativo, bajas temperaturas matinales, mala ventilación y altas concentraciones de MP10.

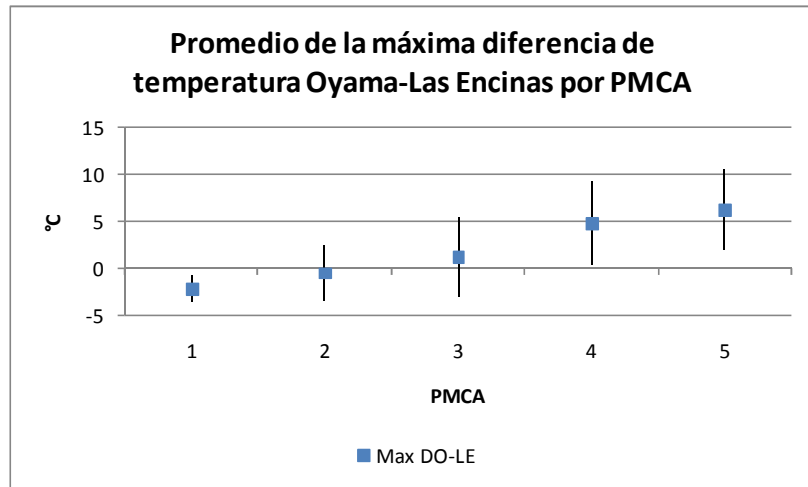


Figura 12. Promedio de las máximas diferencias de temperaturas diarias Oyama-Las Encinas por categoría de PMCA

La estabilidad atmosférica que se presenta en la zona durante los días de episodios se ve en parte reflejada en la diferencia de temperatura entre las estaciones de Oyama y Las Encinas. Si esta diferencia es positiva y va aumentando, se puede esperar que la estabilidad en niveles bajos también aumentará. Se puede apreciar en la Figura 12 que esta diferencia se hace negativa para los PMCA 1 y 2 (atmósfera más inestable), mientras que para los PMCA más altos la diferencia alcanza valores cercanos a 5°C (atmósfera más estable).

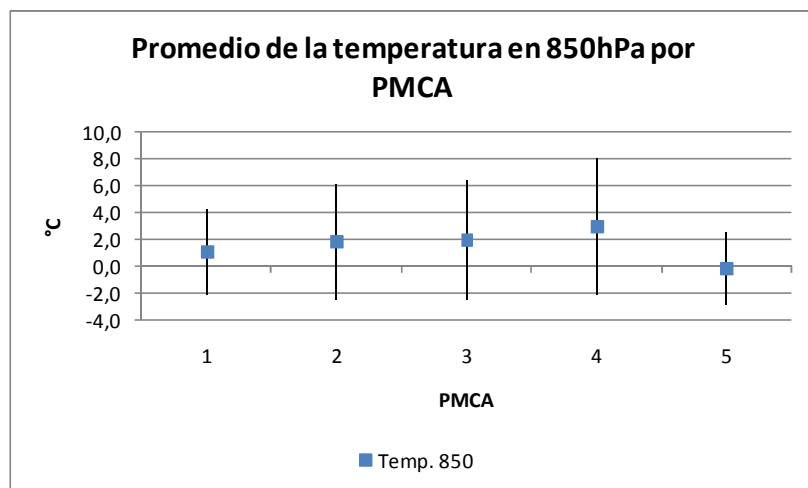


Figura 13. Promedio de temperaturas en 850hPa diarias por categoría de PMCA

Para la Figura 13 se utilizó la temperatura del nivel de 850 hPa registrada en el radiosondeo de Puerto Montt. La Figura no muestra un comportamiento definido por PMCA. Para todos los PMCA se observa una dispersión importante.

4.2.2.2 Presión atmosférica en superficie

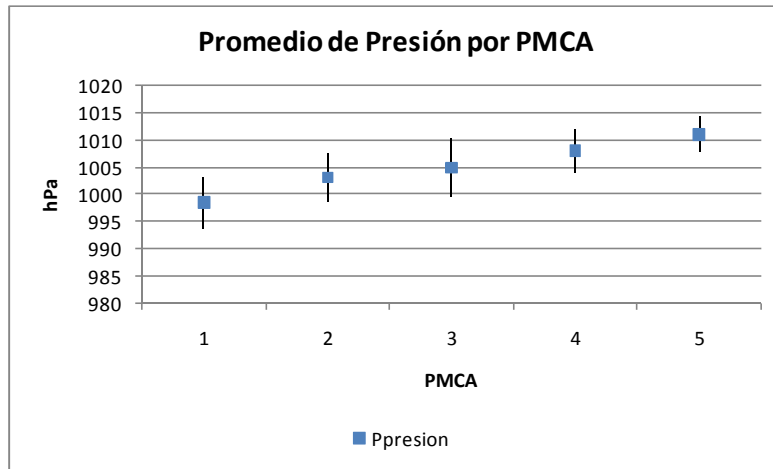


Figura 14. Promedio de la presión atmosférica diaria por categoría de PMCA

La Figura 14 muestra una relación entre un aumento de la presión atmosférica en superficie y un aumento del PMCA. En general y de acuerdo a la experiencia, para PMCA bajos se observan menores presiones (explicado por el paso de sistemas frontales activos), mientras que para PMCA altos se observan presiones más altas debido a ingresos de altas presiones (Configuración Tipo A(t)).

4.2.2.3 Altura geopotencial 500 hPa

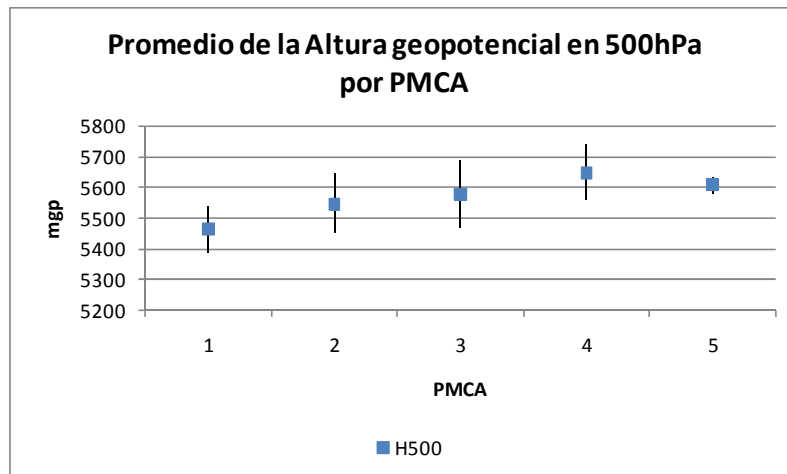


Figura 15. Promedio de la altura geopotencial diaria en 500hPa registrada por radiosonda de P. Montt por categoría de PMCA

Se observa en la Figura 15 una señal entre aumento del geopotencial de 500 hPa y PMCA. En el caso del PMCA 5 la relación no es evidente. De acuerdo a la experiencia, la incursión de vaguadas en altura se asocia a bajas presiones, PMCA 1 o 2; y el aumento de geopotencial se debe principalmente al paso de

dorsales en altura (altas presiones), asociadas a empeoramiento de las condiciones de ventilación representadas por PMCA 4 o 5.

4.2.2.4 Precipitación acumulada

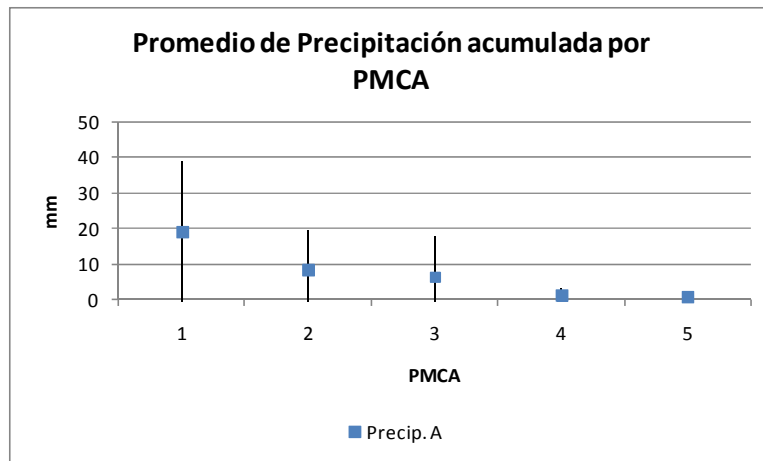


Figura 16. Promedio de la precipitación acumulada diaria por categoría de PMCA

Como era esperable, la precipitación se asocia a bajos valores de PMCA. A medida que el PMCA es mayor, el promedio de la precipitación disminuye a valores en torno a cero. En la Figura 16 se evidencia una importante dispersión en el PMCA 1, lo que podría explicarse en parte porque a veces en ausencia de precipitación, la ventilación es buena.

4.2.2.5 Radiación solar

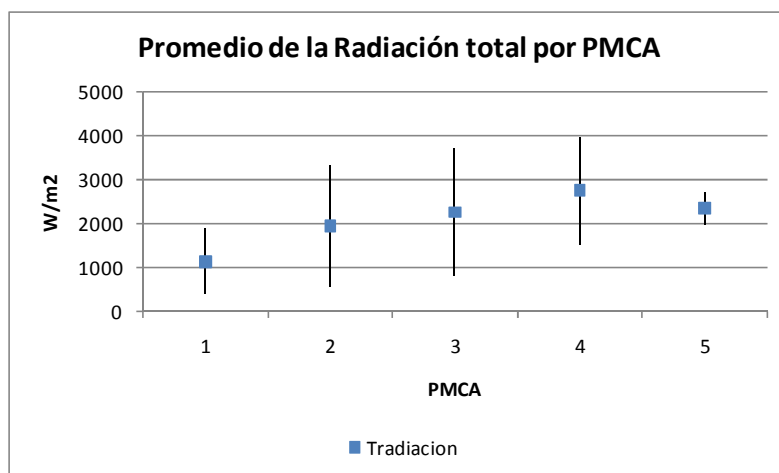


Figura 17. Promedio de la radiación total diaria por categoría de PMCA

La Figura 17 muestra relación, aunque con gran dispersión, entre mayor radiación y mayor PMCA, aunque no es muy claro en el PMCA 5. Días nublados se asocian a menor radiación y en general buenas condiciones de ventilación; días despejados se asocian a alta radiación total y posibilidad de episodio.

4.2.2.6 Intensidad del viento

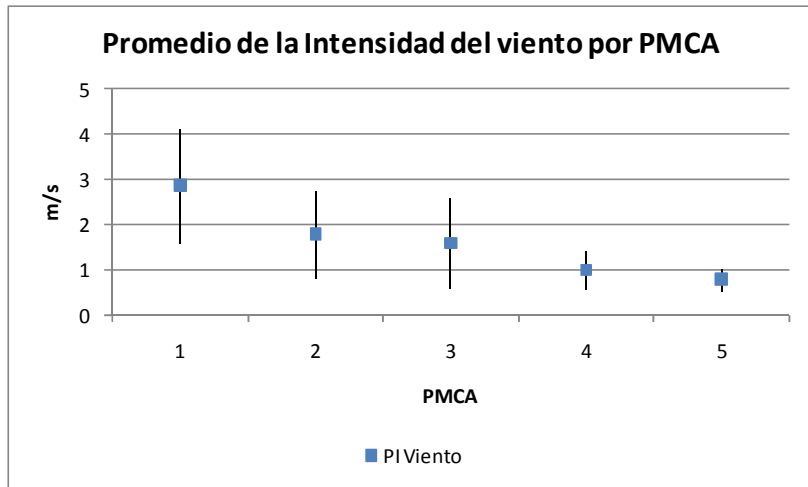


Figura 18. Promedio de la intensidad del viento diaria por categoría de PMCA

El viento es una variable relevante en la dispersión de los contaminantes y se ve reflejado en la Figura 18. Para PMCA bajos el viento es más intenso, mientras que para PMCA altos el viento es débil, cercano a calma.

4.2.2.7 Humedad relativa

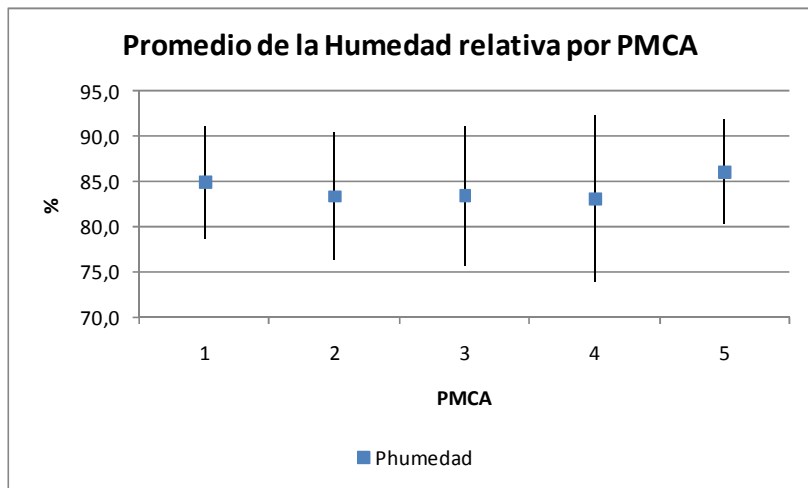


Figura 19. Promedio de la humedad relativa diaria por categoría de PMCA

Con este método, la humedad no muestra una señal por PMCA, se aprecia variabilidad y mucha dispersión.

4.2.2.8 Showalter

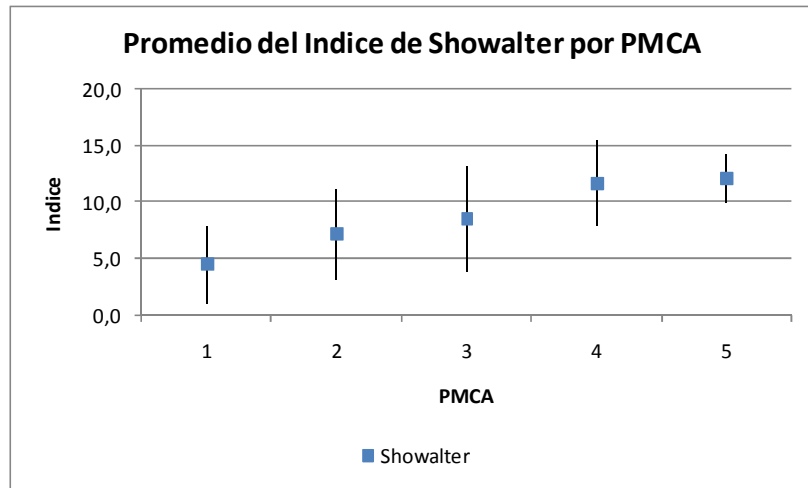


Figura 20. Promedio del índice de Showalter diario por categoría de PMCA

El índice de Showalter calculado a partir de las mediciones del radio sonda de Puerto Montt, es utilizado para determinar la estabilidad de una masa de aire. Si su valor es mayor a 4, representa mayor estabilización de la atmósfera, y si los valores están bajo 4, tienden a la inestabilidad. En la Figura 20 se aprecia que a medida que aumenta el valor de PMCA, también aumenta Showalter, asociando mayor estabilidad en PMCA altos e inestabilidad en PMCA bajos.

En resumen, algunos indicadores meteorológicos también pueden dar cuenta, aunque con muchas restricciones, de su relación con la calidad del aire, pero no pueden estudiarse aisladamente, ya que todas las variables se interrelacionan en un medio físico complejo. En esta etapa se distinguieron indicadores clave, los más relevantes, temperatura, presión, precipitación e intensidad del viento.

Tanto los estadísticos descriptivos de los indicadores de calidad del aire como meteorológicos por PMCA se incorporan en sección Anexos.

4.3 Análisis anual de los de Indicadores de calidad del aire e Indicadores meteorológicos

4.3.1 Indicadores de calidad del aire por año

Se analizan los ICA por año para visualizar la evolución en el tiempo.

4.3.1.1 Indicadores de duración de niveles de MP10

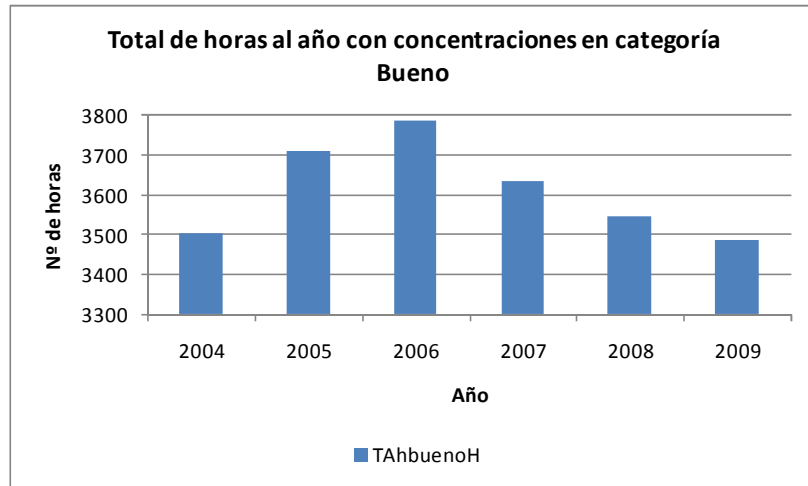


Figura 21. Total de horas al año con concentraciones horarias en el nivel Bueno

En la Figura 21 se aprecia la evolución de la cantidad de horas en el nivel Bueno. Desde el año 2006 hay una disminución en la cantidad de horas al año con nivel Bueno, esto, acompañado del aumento en la cantidad de horas en el nivel Peligroso (Figura 22). Para el 2004 la data de MP10 está incompleta.

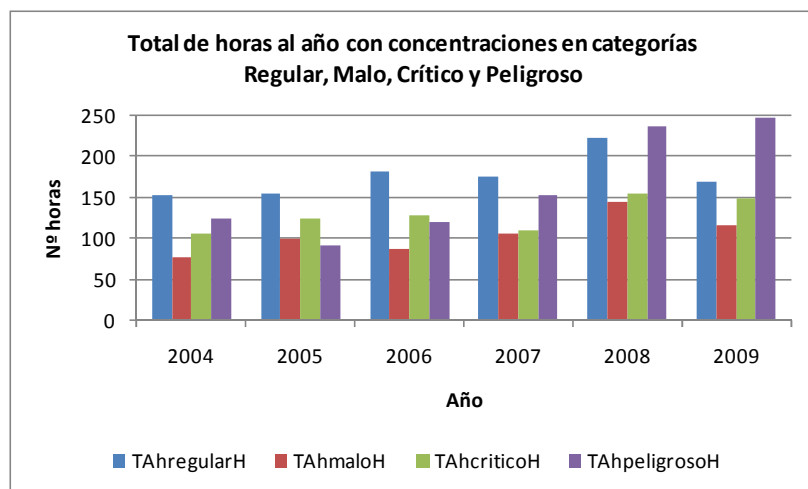


Figura 22. Total de horas al año con concentraciones horarias en los niveles Regular, Malo, Crítico y Peligroso

En la Figura 22 se muestra, en general, un comportamiento similar en la cantidad de horas en las distintas categorías de MP10 hasta el 2007. Sin embargo, durante los últimos dos años se aprecia un

aumento en el número de horas para las distintas categorías. Respecto al 2005, durante el 2009 la categoría Peligroso se incrementa al doble de horas.

4.3.1.2 Indicadores de concentraciones de MP10

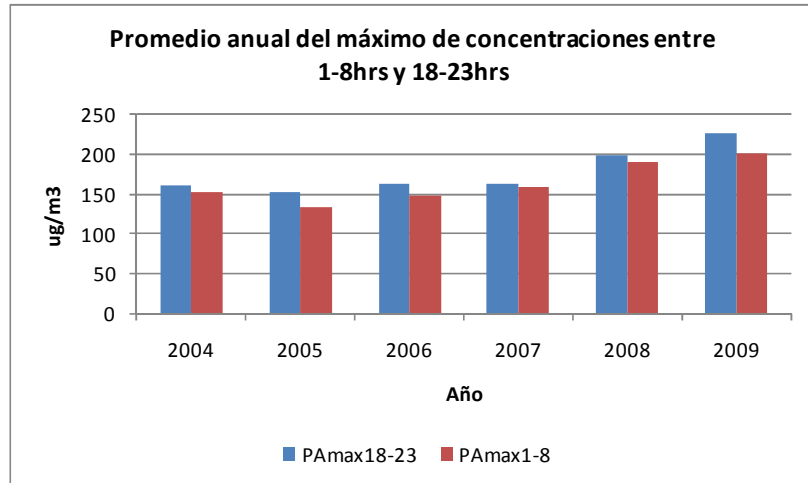


Figura 23. Promedio anual del máximo de concentraciones entre las 1-8hrs y 18-23hrs

Tanto para los promedios de los máximas concentraciones entre 1-8hrs como 18-23hrs, se observa un valor en torno a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante los primeros 4 años. A partir del 2008 se aprecia un aumento de los 2 indicadores alcanzando valores del orden de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3.2 Indicadores meteorológicos por año

4.3.2.1 Temperatura

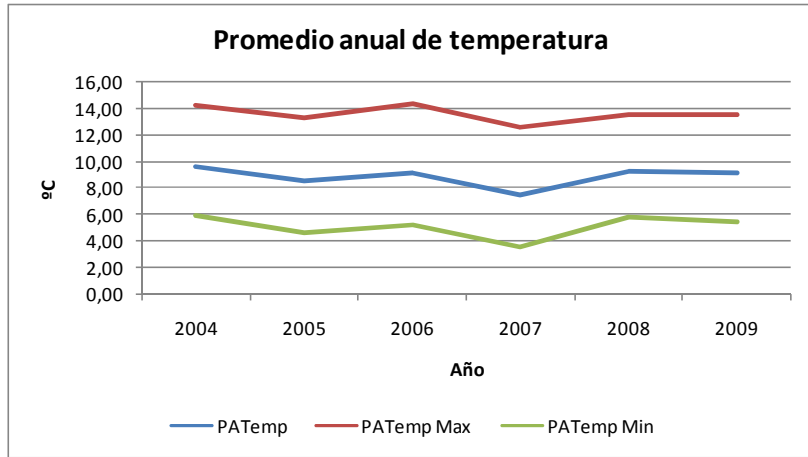


Figura 24. Promedio anual de temperatura

En la Figura 24 se observa poca variación de la temperatura media, máxima y mínima entre los años 2004 al 2009. Sin embargo, durante el año 2007 se aprecia un descenso para las 3 series, indicando que este año fue en promedio más frío.

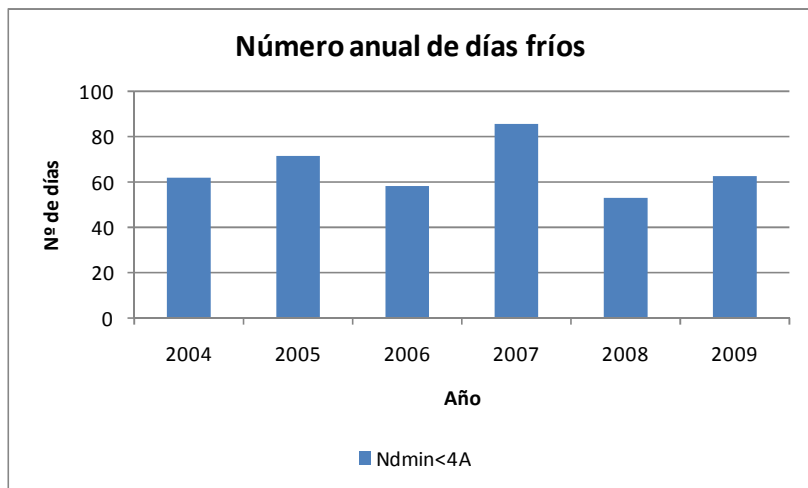


Figura 25. Numero de días por año con temperaturas mínimas bajo 4°C

En la Figura 25 se observa el número de días fríos por año. Esta variable es clave para detectar episodios de MP10 y se ha identificado como días con temperaturas mínimas menores a 4°C. En promedio, durante todos los años, entre abril y septiembre se registran alrededor de 60 días con esta condición, excepto el año 2007 en donde se registraron más de 80 días.

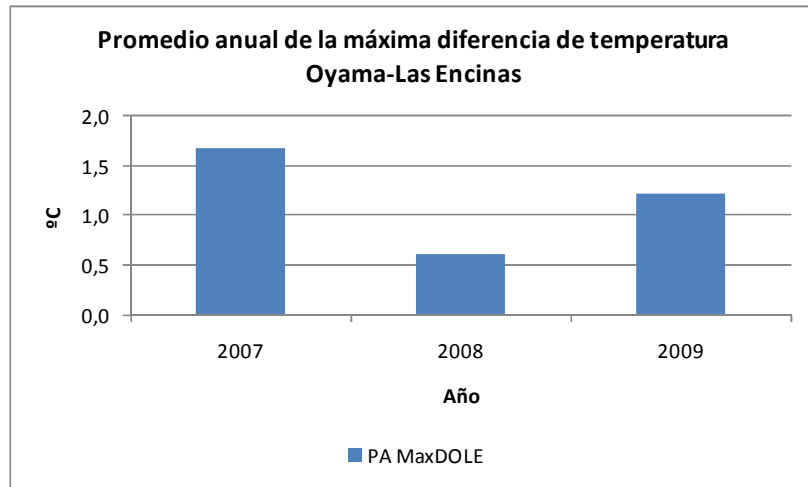


Figura 26. Promedio anual de los máximos de la diferencia de temperaturas entre Oyama-Las Encinas

El promedio anual de la máxima diferencia de temperatura entre las estaciones de Oyama y Las Encinas no muestra una tendencia clara. Se aprecian valores entre 1.6°C y 0.6°C.

4.3.2.2 Presión atmosférica en superficie

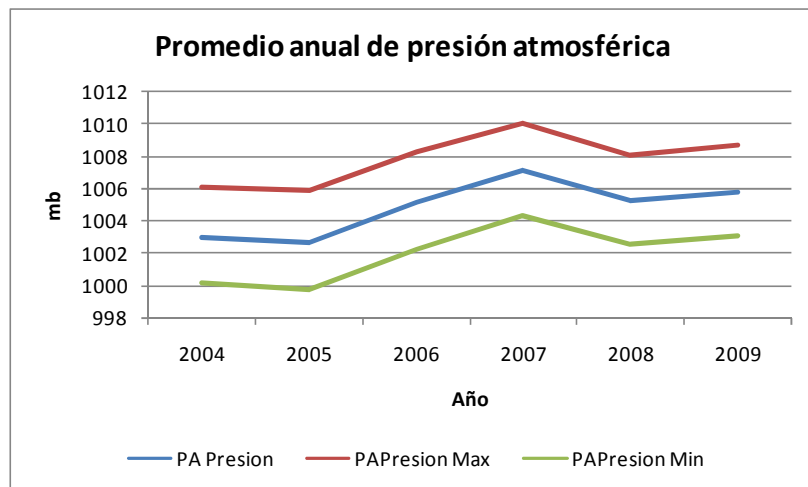


Figura 27. Promedio anual de la presión media, máxima y mínima

En la Figura 27 se observa la presión media, máxima y mínima. Las 3 series se comportan en forma similar, con escasa variación los 2 primeros años y con un significativo aumento entre los años 2006 y 2007. Después de este último año, las curvas descienden ligeramente, aunque manteniéndose más altos que los valores observados los años 2004 y 2005.

4.3.2.3 Altura geopotencial 500 hPa

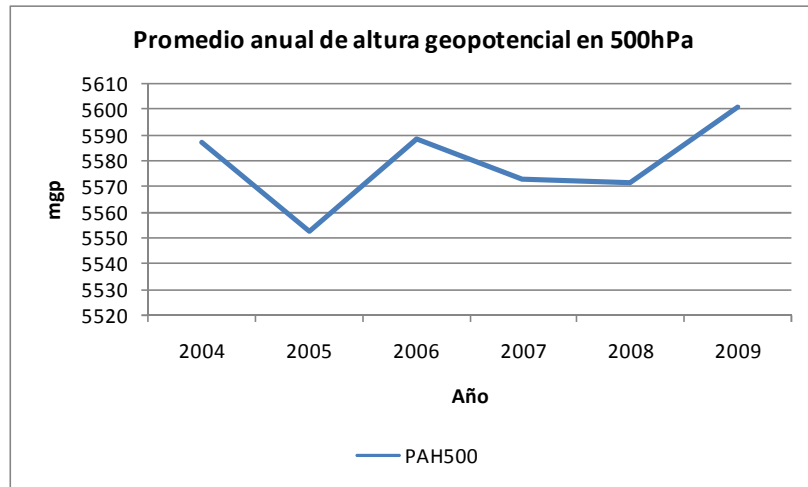


Figura 28. Promedio anual de la altura geopotencial en el nivel de 500 hPa

En la Figura 28 se observa que de acuerdo al promedio anual, durante los años 2004 al 2009 la altura de los geopotenciales en el nivel de 500 hPa, ha oscilado entre 5550 mgs y 5600 mgs, siendo el valor más bajo el año 2005 y el más alto el 2009.

4.3.2.4 Precipitación

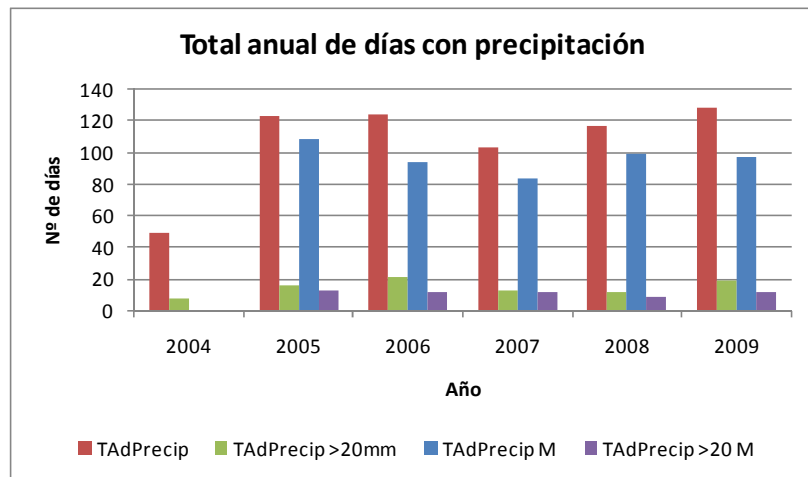


Figura 29. Total de días al año con precipitaciones

En la Figura 29 se aprecia un número similar de días con precipitación total o mayor a 20mm en las estaciones de Las Encinas (color rojo y verde) y Maquehue (color azul y lila). Solamente en el año 2007 se aprecia un descenso importante en los días con precipitación total y mayor a 20 mm respecto a otros años. El año 2004 el registro de precipitación no estaba completo.

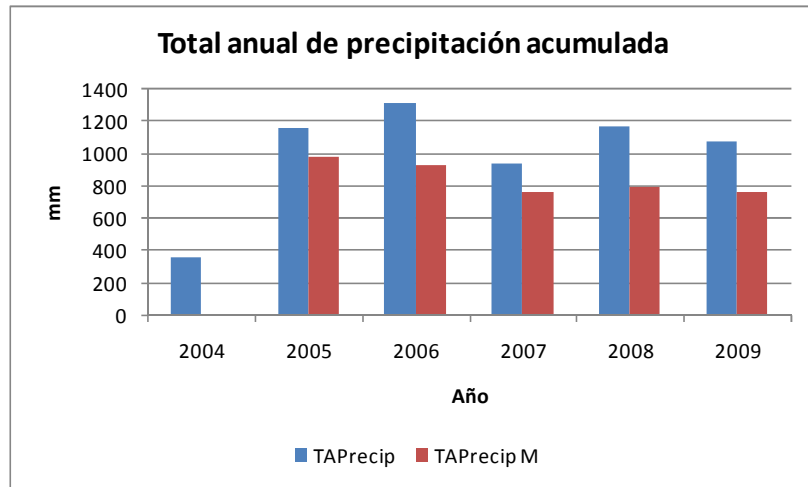


Figura 30. Total de precipitación acumulada anualmente

Al igual que en la Figura 29, el total de precipitación en el periodo abril septiembre muestra un descenso durante el año 2007. La precipitación registrada en Las Encinas es mayor a la medida en Maquehue.

4.3.2.5 Intensidad del viento

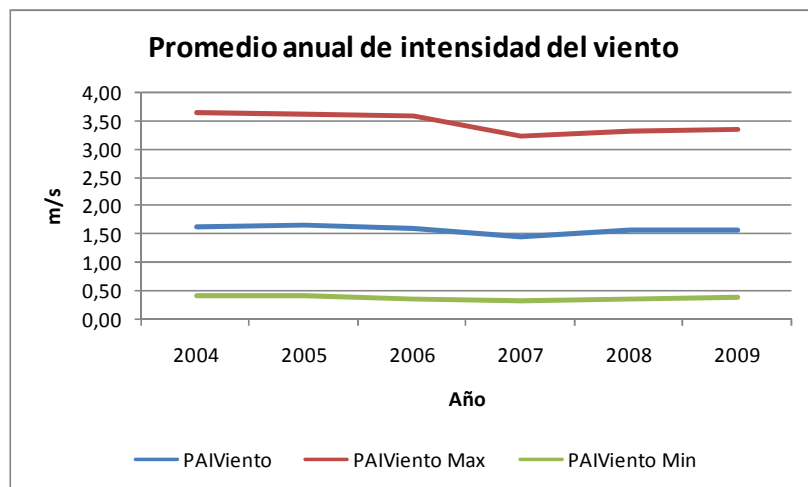


Figura 31. Promedio anual del viento medio, máximo y mínimo

Aunque las variaciones del viento medio, máximo y mínimo son muy ligeras, se puede observar que durante el año 2007 los promedios descienden, para luego mantenerse en torno a un valor relativamente constante hasta el año 2009.

De acuerdo a este segundo análisis, las variables más importantes y que podrían ser buenos indicadores del aumento de las concentraciones de MP10 son: la temperatura mínima, la presión atmosférica y la intensidad del viento. Estas variables seleccionadas fueron analizadas con el método de tendencias.

4.4 Análisis de tendencias para las series de tiempo

Para analizar la tendencia de las series de tiempo, tanto de MP10 como de variables meteorológicas se utilizó el test no paramétrico de Mann-Kendall y el método para el cálculo de pendientes de Sen.

Con estos métodos se puede determinar la tendencia en el tiempo y la intensidad de los cambios. El test de Mann-Kendall es significativo estadísticamente si Z es menor que -1.96 para tendencias negativas o superior a 1.96 para tendencias positivas. El método de Sen si es cercano a 0 pierde interés, ya que la pendiente no es pronunciada y la serie tiende a ser cíclica o constante.

4.4.1 MP10

A continuación se muestra el análisis de tendencias para los promedios mensuales de MP10.

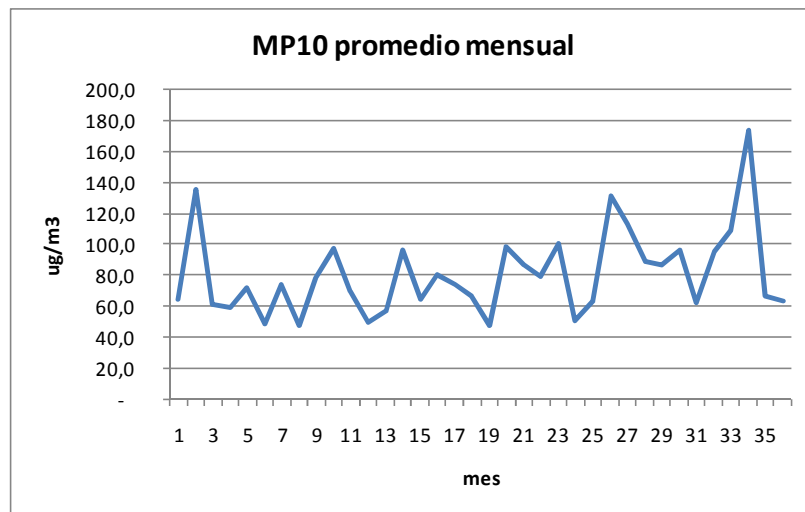


Figura 32. Promedio mensual de MP10 a partir de los promedios diarios fijos de 7 a 6 para el periodo Abril-Septiembre entre 2004 a 2009

La Figura 32 muestra gran variabilidad de la serie temporal de promedios mensuales de MP10.

4.4.1.1 Test de Mann-Kendall para el MP10

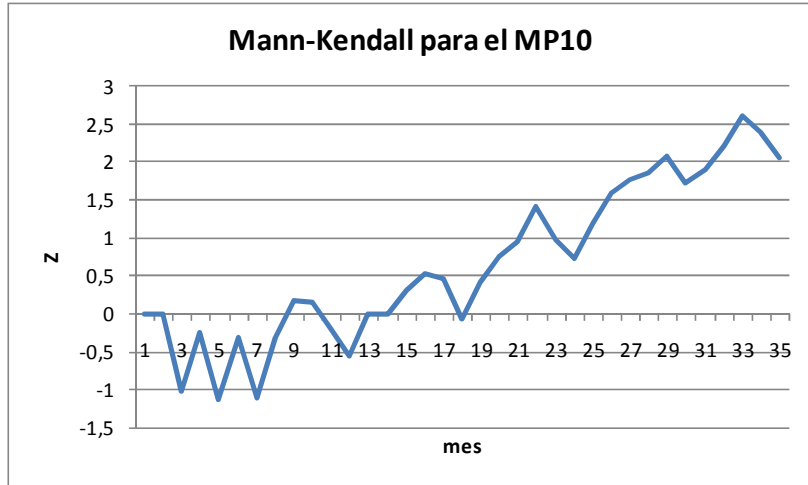


Figura 33. Test de Mann-Kendall para los promedios mensuales de MP10

Se aprecia en la Figura 33 un salto en el crecimiento a partir del mes 18 (aproximadamente septiembre de 2006), en donde la tasa de crecimiento de MP10 mensual comienza un aumento.

4.4.1.2 Pendientes por método de Sen para MP10

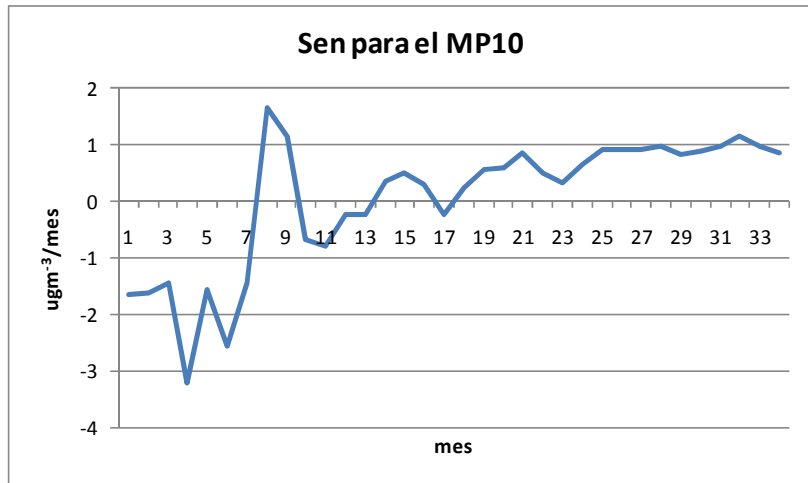


Figura 34. Cálculo de pendientes mediante el método de Sen para el MP10

El análisis de pendientes mediante el método de Sen (Figura 34) muestra en los primeros meses pendientes negativas, luego, a partir del mes 14 (mayo 2006) pasan a ser positivas, incrementándose hasta el final del periodo.

Con estos dos resultados anteriores, se identifica que las concentraciones de MP10 han experimentado un aumento, intensificándose a partir de mayo del año 2006.

Siguiendo con el análisis, se aplica Mann-Kendall a información meteorológica.

4.4.2 PMCA serie temporal

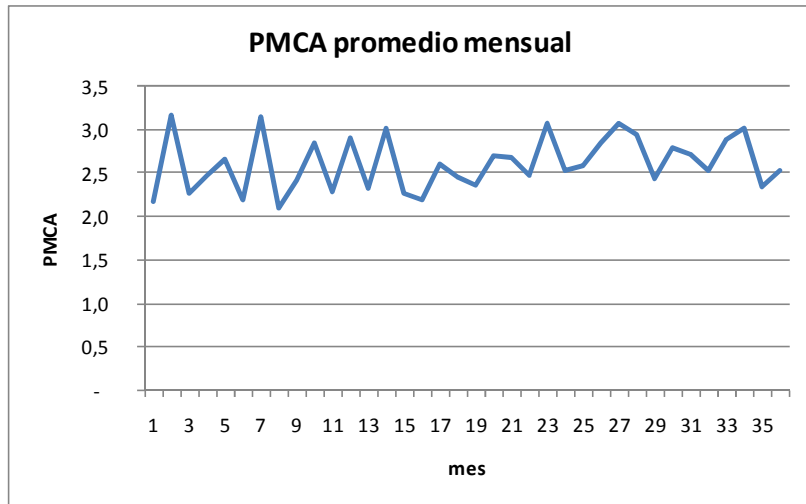


Figura 35. Promedio mensual del PMCA relevante para el periodo Abril-Septiembre entre 2004 a 2009

El PMCA muestra cierta gran variabilidad en su serie mensual.

4.4.2.1 Test de Mann-Kendall para el PMCA

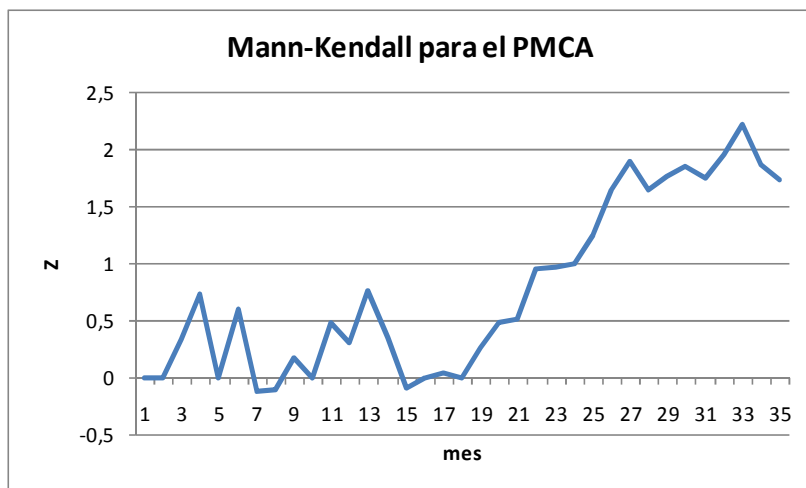


Figura 36. Test de Mann-Kendall para los promedios mensuales de PMCA

Al aplicar Mann-Kendall a la serie mensual de PMCA se obtiene La Figura 36. Se observa una tendencia de aumento a partir del mes 18.

4.4.2.2 Pendientes por método de Sen para el PMCA

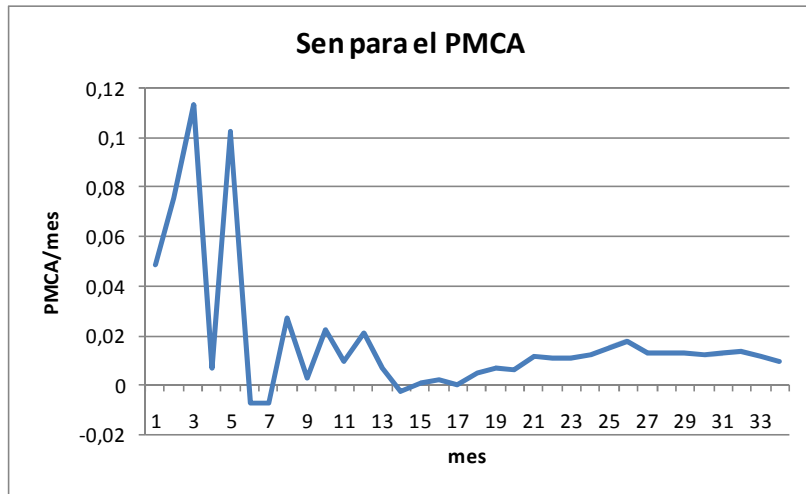


Figura 37. Cálculo de pendientes mediante el método de Sen para el PMCA

La Figura 37 muestra un cambio en la pendiente desde el mes 18, y luego la curva se suaviza. Estos resultados muestran un empeoramiento en las condiciones de ventilación promedio entre 2004 y 2009, con una tendencia más pronunciada a partir de la segunda mitad del año 2006. El PMCA aparece como un buen integrador de las condiciones meteorológicas que afectan a la zona.

Los siguientes resultados grafican en parte el efecto de la meteorología local en las tendencias del MP10. Se analizan las variables de temperatura mínima, presión, altura geopotencial, precipitación y viento mínimo.

4.4.3 Temperatura mínima

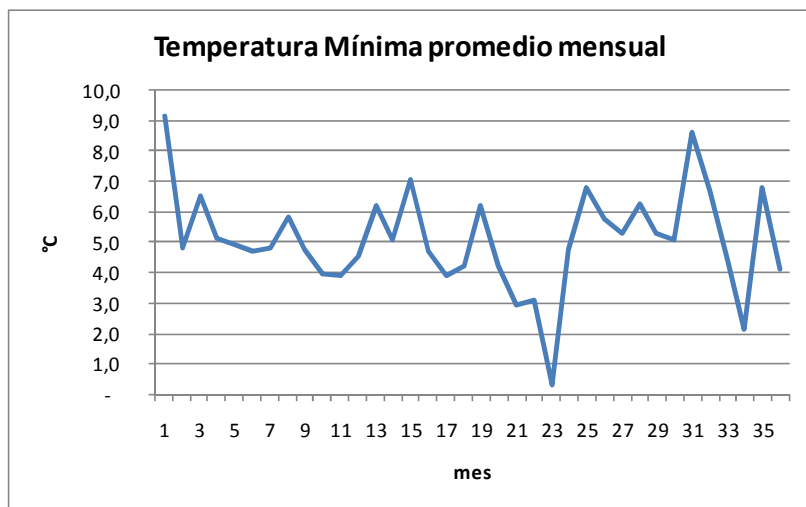


Figura 38. Promedio mensual de la temperatura mínima para el periodo Abril-Septiembre entre 2004 a 2009

La Figura 38 muestra gran variabilidad de la temperatura mínima, con un valor mínimo en el mes 23.

4.4.3.1 Test de Mann-Kendall y método de Sen para la temperatura mínima

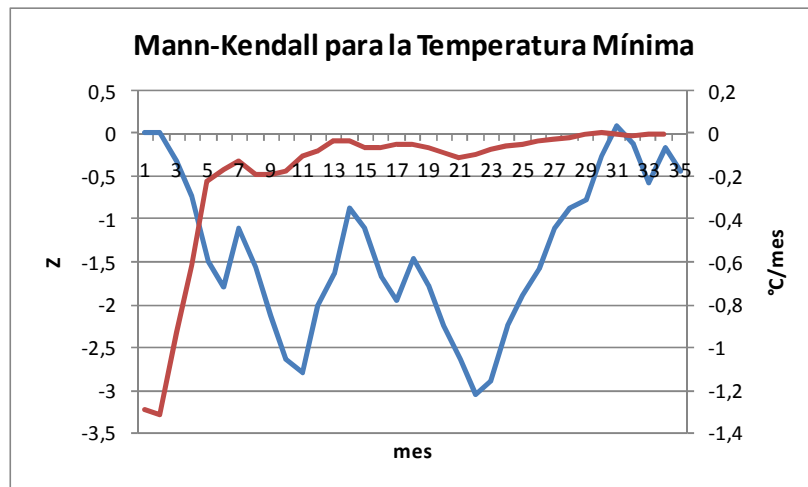


Figura 39. Test de Mann-Kendall y cálculo de pendientes por Sen para los promedios mensuales de temperatura mínima. Línea azul test de Mann-Kendall y línea roja método de Sen

Se puede apreciar en la Figura 39 que las tendencias para la temperatura mínima son negativas, lo que sugiere que cada vez las temperaturas mínimas han sido más bajas. Se observan dos periodos más fríos, uno alrededor del mes 12 (septiembre de 2005) y un segundo periodo frío alrededor del mes 22 (julio de 2007). Tras este último periodo las pendientes caen a 0 y las tendencias negativas son menos intensas, haciendo de este último tramo un periodo más bien sin cambios en la temperatura mínima.

La temperatura muestra tendencias negativas, favoreciendo el incremento de las emisiones de MP10. No obstante para el último periodo de la serie, se observa una tendencia a disminuir la tasa de enfriamiento.

4.4.4 Presión atmosférica máxima

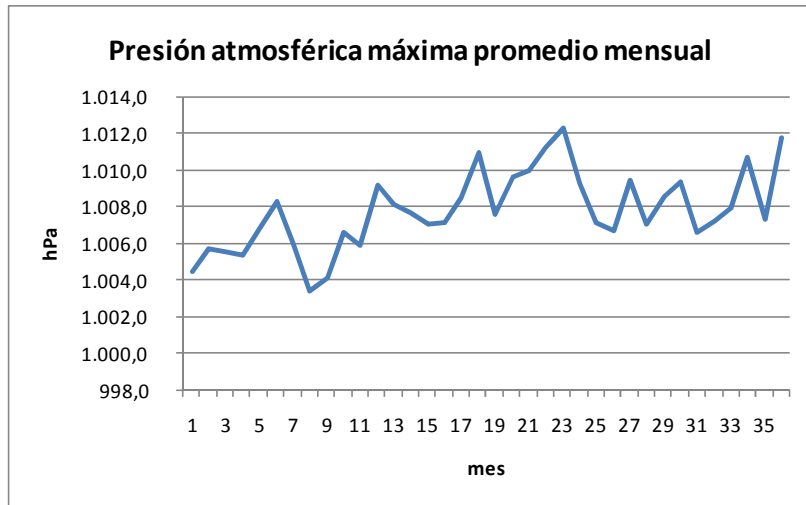


Figura 40. Promedio mensual de la presión atmosférica máxima para el periodo Abril-Septiembre entre 2004 a 2009

La Figura 40 muestra la serie mensual de presión y su variabilidad. La curva sugiere un incremento, pero a fin de identificar tendencias se aplica Mann-Kendall y Sen.

4.4.4.1 Test de Mann-Kendall y método de Sen para la presión atmosférica máxima

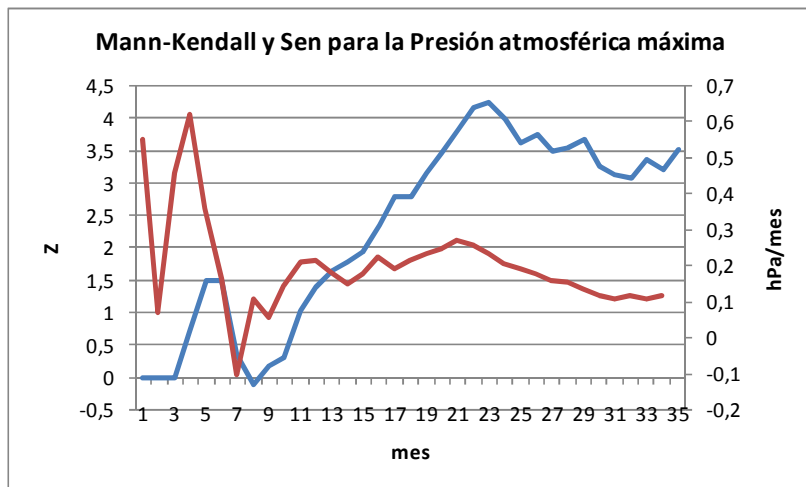


Figura 41. Test de Mann-Kendall y cálculo de pendientes por Sen para los promedios mensuales de presión atmosférica máxima. Línea azul test de Mann-Kendall y línea roja método de Sen

El comportamiento de las tendencias de la presión atmosférica máxima muestra un marcado incremento a partir del mes 14 (mayo de 2006) hasta el mes 24 (septiembre de 2007), y luego un descenso hasta Septiembre de 2009 (Figura 41). Las pendientes muestran un incremento entre el mes 7 y el 21 (abril 2005 a junio 2007), posteriormente se observa un decrecimiento suavizado.

4.4.5 Altura Geopotencial en 500hPa

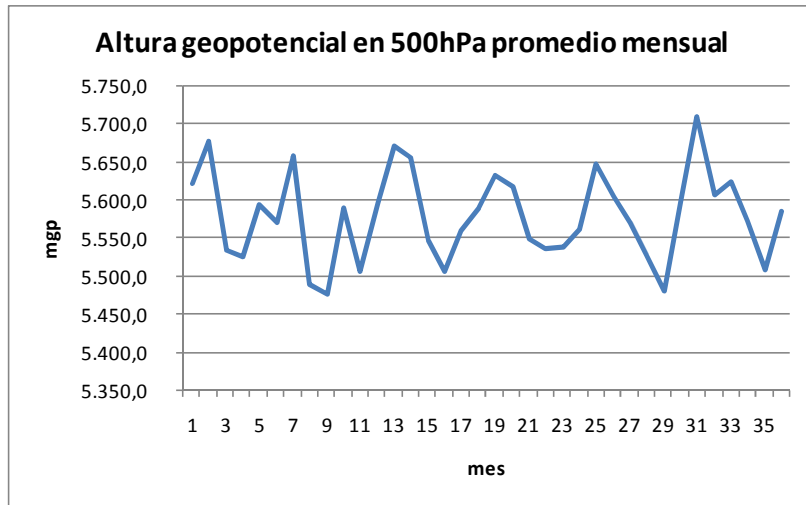


Figura 42. Promedio mensual de la altura geopotencial en 500hPa para el periodo Abril-Septiembre entre 2004 a 2009

Para clarificar las tendencias de la altura geopotencial de 500 hPa se obtuvo lo siguiente:

4.4.5.1 Test de Mann-Kendall y método de Sen para el geopotencial en 500 hPa

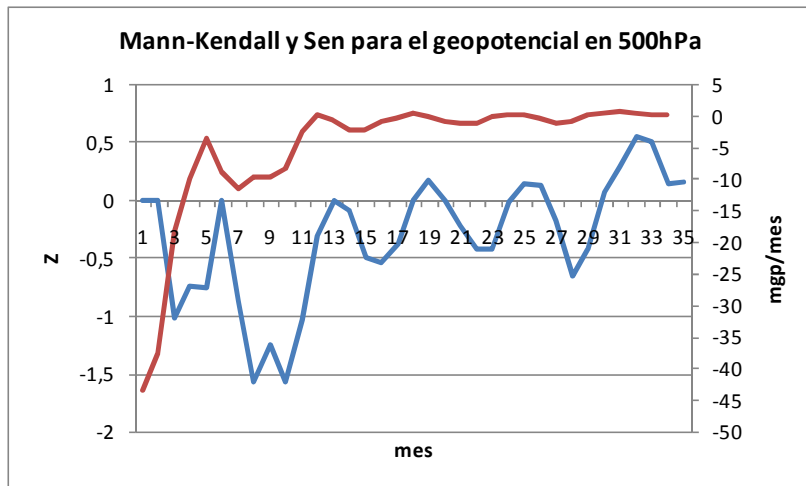


Figura 43. Test de Mann-Kendall y cálculo de pendientes por Sen para los promedios mensuales de altura geopotencial en 500hPa. Línea azul test de Mann-Kendall y línea roja método de Sen

Para la altura geopotencial en 500hPa se observa un ciclo de 6 meses aproximadamente, pudiendo corresponder a predominio de vaguadas en altura. La Figura 43 muestra que las tendencias van en aumento, sobre todo en el último periodo de 6 meses. Las pendientes no muestran gran variación a partir del mes 12, tendiendo a 0.

4.4.6 Precipitación acumulada y días con precipitaciones sobre 20mm

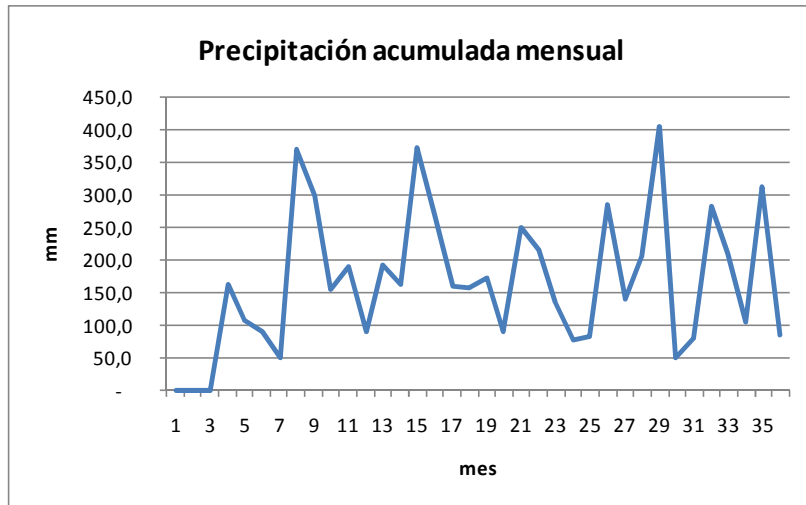


Figura 44. Precipitación acumulada mensual para el periodo Abril-Septiembre entre 2004 a 2009

La Figura 44 muestra gran variabilidad en los montos de precipitación mensual.

4.4.6.1 Test de Mann-Kendall y método de Sen para la precipitación

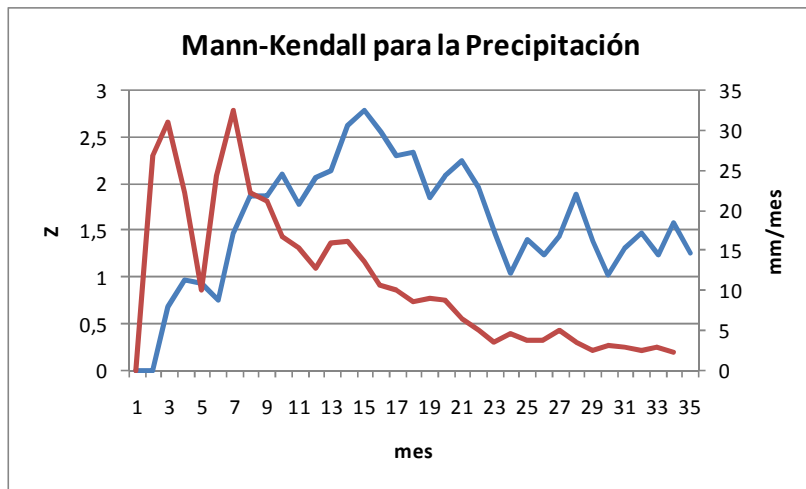


Figura 45. Test de Mann-Kendall y cálculo de pendientes por Sen para la precipitación acumulada mensual. Línea azul test de Mann-Kendall y línea roja método de Sen

La Figura 45 muestra en general tendencias positivas para la precipitación acumulada, sin embargo a partir de septiembre de 2004 estas tendencias positivas son menos intensas, lo que se refleja en la curva de Sen con valores que se acercan a cero. El peak que se observa en el mes 4 se produjo por la ausencia de registro de precipitaciones entre mayo y julio de 2004.

4.4.6.2 Test de Mann-Kendall y método de Sen para días con precipitación superior a 20mm

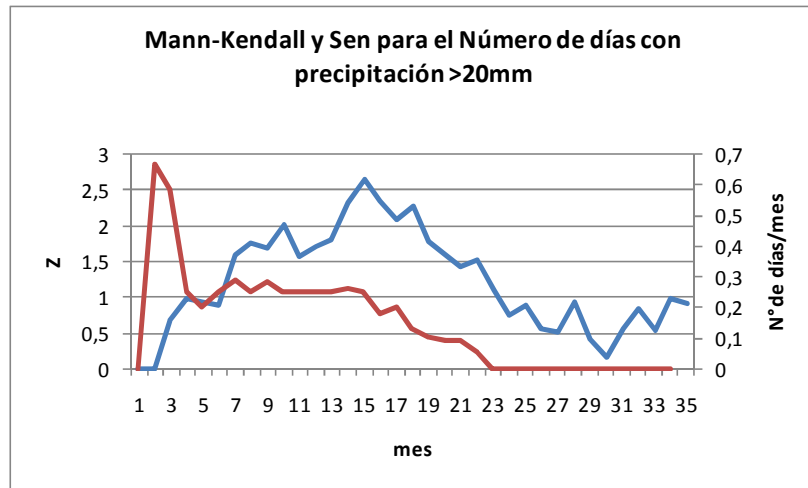


Figura 46. Test de Mann-Kendall y cálculo de pendientes por Sen para el número de días con precipitaciones sobre los 20mm. Línea azul test de Mann-Kendall y línea roja método de Sen

La Figura 46 muestra tendencias positivas cercanas a 2, para los días con precipitación superior a 20mm en 24 horas (frente activo), entre julio de 2005 y abril de 2007. Hacia el periodo no hay mayores variaciones en la intensidad de las precipitaciones.

La precipitación por sí sola no acompaña la tendencia de empeoramiento en las condiciones de ventilación durante los últimos años en Temuco.

4.4.7 Intensidad del viento mínimo

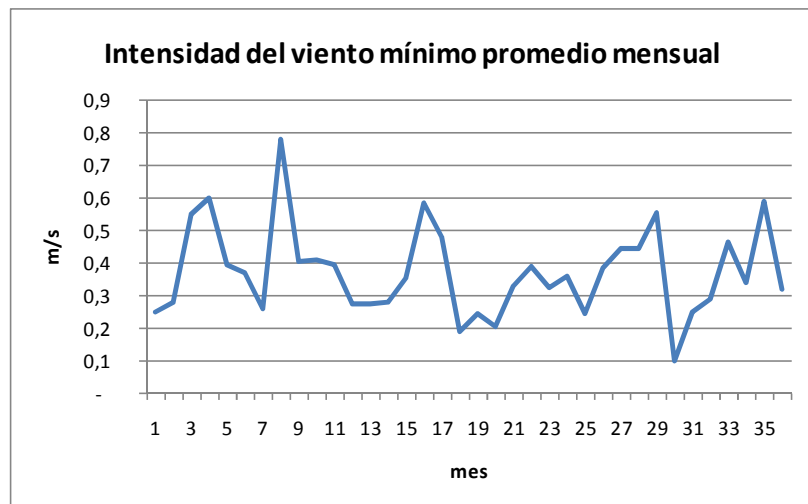


Figura 47. Promedio mensual de la intensidad del viento mínimo para el periodo Abril-Septiembre entre 2004 a 2009

4.4.7.1 Test de Mann-Kendall y método de Sen para la intensidad del viento mínimo

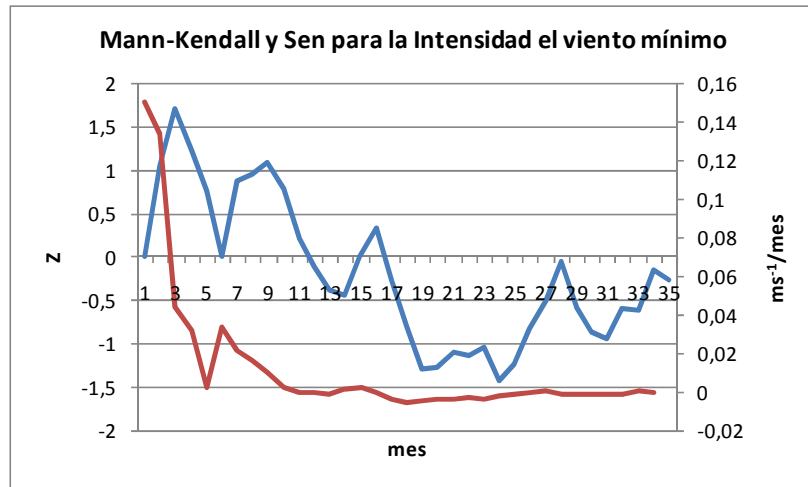


Figura 48. Test de Mann-Kendall y cálculo de pendientes por Sen para los promedios mensuales de intensidad del viento mínimo. Línea azul test de Mann-Kendall y línea roja método de Sen

El test de Mann-Kendall para la intensidad del viento mínimo graficado en la Figura 48, muestra tendencias negativas a partir del mes 16 del análisis (julio de 2006) manteniéndose hasta el final del periodo, aunque no alcanzan a ser significativas ($Z < 1.96$). Para fines del periodo las pendientes son negativas o cercanas a 0 evidenciando un periodo más bien sin cambios significativos en la intensidad del viento.

El siguiente paso en el análisis es investigar si en igualdad de condiciones meteorológicas en el tiempo el MP10 hubiera tenido la tendencia positiva observada.

Para inferir si el aumento en las concentraciones de MP10 fue independiente de las condiciones meteorológicas, se realizó un análisis de la evolución del MP10 dejando constantes los factores meteorológicos.

4.5 Análisis de tendencias del MP10 para igualdad de condiciones meteorológicas

Para determinar la tendencia del MP10 a igualdad de condiciones meteorológicas se utilizó el PMCA relevante como indicador de las condiciones meteorológicas diarias y el promedio diario de 7 a 6 como condición de MP10 diaria.

El método consiste en obtener el test de Mann-Kendall del MP10 para cada día con igual PMCA, ya que el PMCA no varía en el tiempo. Es decir, un día con PMCA 4 en el año 2004 presenta igualdad de condiciones meteorológicas con un día con PMCA 4 en el año 2009.

Se denomina “evento” a cada día con el PMCA correspondiente. Se analizan los PMCA 1, 2, 3 y 4, no considerándose el PMCA 5 por sus escasos eventos (sólo 5 casos).

4.5.1 Análisis para PMCA 1

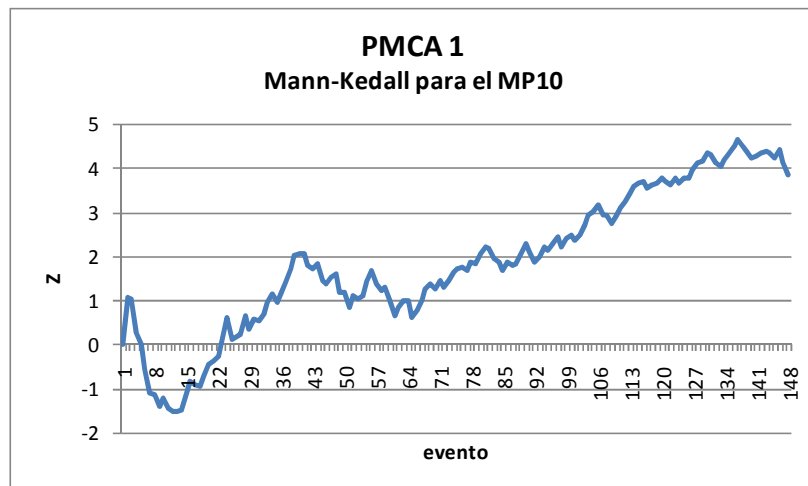


Figura 49. Test de Mann-Kendall para los promedios diarios de MP10 (7am-6am) para los días con PMCA 1

El PMCA 1 agrupa las condiciones meteorológicas más favorables para la dispersión de los contaminantes. En la Figura 49 se aprecia que las concentraciones de MP10 tienen una tendencia positiva haciéndose significativa a partir del evento 85, 16 de Abril de 2007.

Entonces, aplicando este método se infiere que a pesar de mantenerse las buenas condiciones de ventilación, las concentraciones de MP10 han aumentado.

4.5.2 Análisis para PMCA 2

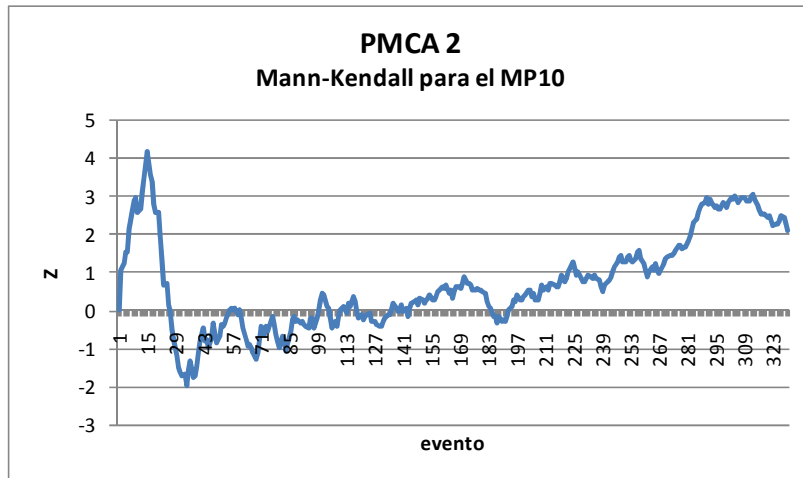


Figura 50. Test de Mann-Kendall para los promedios diarios de MP10 (7am-6am) para los días con PMCA 2

Para el PMCA 2 el MP10 muestra igualmente tendencias positivas, comenzando en abril de 2007, y otra tendencia más significativa a partir de la segunda mitad de 2008.

4.5.3 Análisis para PMCA 3

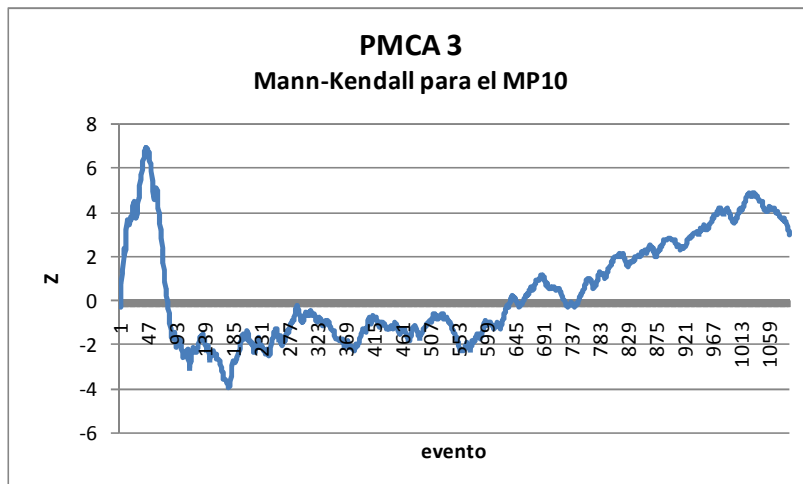


Figura 51. Test de Mann-Kendall para los promedios diarios de MP10 (7am-6am) para los días con PMCA 3

Para el PMCA 3 el MP10 muestra un comportamiento similar al observado en la Figura 50. Tendencias positivas a partir de abril de 2007, y desde la segunda mitad de 2008. Manteniendo constante las condiciones meteorológicas, se han manifestado tendencias positivas del MP10 especialmente en los últimos dos años.

4.5.4 Análisis para PMCA 4

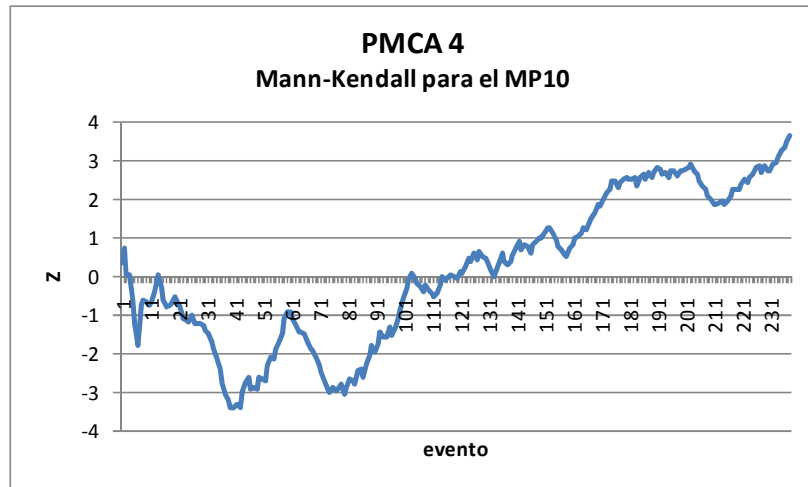


Figura 52. Test de Mann-Kendall para los promedios diarios de MP10 (7am-6am) para los días con PMCA 4

Durante los eventos con PMCA 4 el MP10 experimenta tendencias positivas a partir de la segunda mitad del año 2007, las que toman mayor significancia a partir del año 2008. Es decir, los eventos con malas condiciones de ventilación presentan mayores niveles de concentración de contaminantes en promedio.

Se puede apreciar que en promedio y de acuerdo a esta metodología, las concentraciones diarias de MP10 en Temuco con buenas (PMCA 1 y 2), regulares (PMCA 3), malas y críticas (PMCA 4) condiciones de ventilación, son cada vez más mayores.

Entonces, al parecer, si los factores meteorológicos se hubieran mantenido constantes en el tiempo, el MP10 mantendría de todas formas sus tendencias positivas. Motivo de estudio será incorporar al análisis diferentes factores, como emisiones de contaminantes, otras estaciones monitoras, entre otros.

4.6 Desarrollo de una herramienta estadística para realizar aplicaciones y evaluaciones de calidad del aire.

El objetivo específico 4 fue desarrollado en formato Excel a solicitud de la SEREMI del MA, y se adjunta a este Informe. Consiste en la evaluación de tendencias para información diaria y mensual, utilizando Mann-Kendall y Sen y para verificar el punto de cambio se incorpora el método Cusum. Las instrucciones de uso aparecen en cada archivo, el diario y el mensual.

Se adjunta además a este Informe toda la Base de Datos generada y estructurada para este Informe.

5. CONCLUSIONES

Aunque a lo largo del estudio se interpretaron los gráficos diversos, el objetivo principal estuvo enfocado en la metodología que se debe aplicar para evaluar tendencias de calidad del aire en Temuco.

Consistente con lo anterior se puede concluir lo siguiente:

- Se obtuvo una clasificación diaria de los PMCA mediante la evaluación histórica de un PMCA representativo de la mañana y otro de la noche para el periodo faltante correspondiente a la temporada abril-septiembre 2004-2008, generándose una base de datos robusta para este indicador.
- El PMCA fue utilizado en la metodología posterior al compararlo con indicadores de calidad del aire y para analizar tendencias.
- Se lograron identificar las variables más relevantes para este estudio, permitiendo determinar clases de indicadores de calidad del aire y de meteorología.
- Se diseñó un formato para la base de datos horaria, diaria, mensual y anual, entregando en las planillas una metodología de cálculo de indicadores y una base de datos ordenada y robusta dispuesta para futuras aplicaciones. Se adjunta en medio digital a este Informe.
- Para analizar la tendencia de las series de tiempo, tanto de MP10 como de las variables meteorológicas, se utilizó el test no paramétrico de Mann-Kendall y el método para el cálculo de pendientes de Sen. Para calcular el punto de cambio en la tendencia se usó el método no paramétrico de la suma acumulativa de residuos (conocido como CUSUM, Cumulative Sum of Residuals).
- Se logró desarrollar una herramienta estadística en formato Excel que podrá ser utilizada por la SEREMI del MA para futuras evaluaciones de tendencias del MP10 en formato de registros diarios y mensuales. Las instrucciones para su uso aparecen en los respectivos archivos y son las siguientes:

INSTRUCCIONES

Bloqueo de hojas.

Dado que esta es una planilla excel, se han bloqueado las hojas que tienen cálculos, a fin de evitar que se cometan errores que influyan en los cálculos.

Ingresos de datos

Los Datos de la serie solo pueden ingresarse en la columna B, desde la fila 6 hasta la fila 1096. La serie de datos solo puede ser colocada en las celdas B6 a B1096

Resultados.

La planilla entregará los siguientes gráficos:

La pendiente secuencial obtenida por el método de **Kendall Theil** (mejorada por Sen), el estadístico de **Mann y Kendall** secuencial, y obtención del punto de cambio por el método de **Cusum**.

Interpretación de los resultados

Los resultados solo tienen interpretación para la totalidad de puntos ingresados, para las estadísticas de la base de datos, esto corresponde a los datos diarios.

Visualización de los resultados

Para visualizar los resultados diríjase a la hoja **Gráficos**, en ella encontrará los gráficos, de la pendiente, el estadístico y cusum. Las hojas restantes, son hojas donde se calculan los valores anteriores.

Cálculo.

Para realizar los cálculos es preciso presionar la tecla F9.

Figura 53. Instrucciones planilla datos diarios

INSTRUCCIONES

Bloqueo de hojas.
Dado que esta es una planilla excel, se han bloqueado las hojas que tienen cálculos, a fin de evitar que se cometan errores que influyan en los cálculos.

Ingresos de datos
Los Datos de la serie solo pueden ingresarse en la columna B, desde la fila 6 hasta la fila 41. La serie de datos solo puede ser colocada en las celdas b6 a b41

Resultados.
La planilla entregará los siguientes gráficos:
La pendiente secuencial obtenida por el método de **Kendall Theil** (mejorada por Sen), el estadístico de **Mann y Kendall** secuencial, y obtención del punto de cambio por el método de **Cusum**.

Interpretación de los resultados
Los resultados solo tienen interpretación para la totalidad de puntos ingresados, para las estadísticas de la base de datos, esto corresponde a los datos mensuales.

Visualización de los resultados
Para visualizar los resultados diríjase a la hoja **Gráficos**, en ella encontrará los gráficos, de la pendiente, el estadístico y cusum. Las hojas restantes, son hojas donde se calculan los valores anteriores.

Cálculo.
Para realizar los cálculos es preciso presionar la tecla F9.

Figura 54. Instrucciones planilla datos mensuales

- Se propone considerar adicionalmente en un estudio futuro, el método de espectro singular, técnica novedosa en el análisis de tendencia de la data.

Finalmente, en cuanto al análisis de resultados se puede mencionar que:

- Aunque existe mayor dispersión en la información para los PMCA 3, 4 y 5, se aprecia en general, una señal de correspondencia entre mayor cantidad de horas con bajos niveles de calidad del aire y PMCA menores, y más horas en altos niveles de contaminación con PMCA mayores.
- Independiente de los periodos del día considerados, se observa una señal entre concentraciones promedio observadas y PMCA. A medida que el promedio aumenta el PMCA también lo hace.
- Algunos indicadores meteorológicos también pueden dar cuenta, aunque con muchas restricciones, de su relación con la calidad del aire, pero no pueden estudiarse aisladamente, ya

que todas las variables se interrelacionan en un medio físico complejo. En esta etapa se distinguieron indicadores clave, los más relevantes, temperatura, presión, precipitación, intensidad del viento.

- De acuerdo a un segundo análisis, de resolución anual, las variables más importantes y que podrían influir en el aumento de las concentraciones de MP10 fueron: la temperatura mínima, la presión atmosférica y la intensidad del viento. Estas variables fueron seleccionadas para ser analizadas con el método de tendencias.
- Al utilizar el método Mann-Kendall para MP10, se identificó que las concentraciones de MP10 han experimentado un aumento, intensificándose especialmente a partir de mayo del año 2006.
- Los resultados de Mann-Kendall por PMCA muestran un empeoramiento en las condiciones de ventilación promedio entre 2004 y 2009, con una tendencia más pronunciada a partir de la segunda mitad del año 2006.

6. ANEXOS

6.1 Formato Base de Datos

Variables Hoja Horaria		
Nombre	Descripción	Unidad
Temp.	Temperatura	°C
Presión	Presión	hPa
I Viento	Intensidad de Viento	m/s
D Viento	Dirección del Viento	°
Humedad	Humedad Relativa	%
Precipitación	Precipitación	mm
Radiación	Radiación Solar	W/m ²
DO-LE	Diferencia Oyama-Las Encinas	°C
Temp. O	Temperatura Oyama	°C
PM10	PM10	µg/m ³
Prom.M PM10	Promedio Móvil 24 hrs. PM10	µg/m ³

Tabla 4 Información contenida en Hoja Horaria

Hoja Diaria		
Nombre	Descripción	Unidad
Ptemp	Temperatura Promedio	°C
Temp Max	Temperatura Máxima	°C
Temp Min	Temperatura Mínima	°C
Osilacion	Oscilación Térmica	°C
Ppresion	Presión Promedio	hPa
Presion Max	Presión Máxima	hPa
Presion Min	Presión Mínima	hPa
PI Viento	Intensidad de Viento Promedio	m/s
Iviento Max	Intensidad de Viento Máxima	m/s

Generación de una Herramienta Estadística para Evaluar la Calidad del Aire
 Centro Nacional del Medio Ambiente

Iviento Min	Intensidad de Viento Mínima	m/s
DVientoN	Dirección de viento N	º
DVientoNNE	Dirección de viento NNE	º
DVientoNE	Dirección de viento NE	º
DVientoENE	Dirección de viento ENE	º
DVientoE	Dirección de viento E	º
DVientoESE	Dirección de viento ESE	º
DVientoSE	Dirección de viento SE	º
DVientoSSE	Dirección de viento SSE	º
DVientoS	Dirección de viento S	º
DVientoSSW	Dirección de viento SSW	º
DVientoSW	Dirección de viento SW	º
DVientoWSW	Dirección de viento WSW	º
DVientoW	Dirección de viento W	º
DVientoWNW	Dirección de viento WNW	º
DVientoNW	Dirección de viento NW	º
DVientoNNW	Dirección de viento NNW	º
Phumedad	Humedad Promedio	%
Humedad Max	Humedad Máxima	%
Humedad Min	Humedad Mínima	%
Precip. A	Precipitación Acumulada	mm
Precip.AM	Precipitación Acumulada Maquehue	mm
Tradiacion	Total Radiación	W/m2
Max DO-LE	Máxima Diferencia Oyama-Las Encinas	ºC
Temp. 850	Temperatura 850hPa	ºC
Showalter	Showalter	--
H500	Altura geopotencial 500 hPa Puerto Montt	mgp
Aest.500	Anomalía estandarizada 500 hPa	--

Generación de una Herramienta Estadística para Evaluar la Calidad del Aire
 Centro Nacional del Medio Ambiente

Nh>150PM	Nº de horas sobre 150 ug/m3 Promedio Móvil	horas
NhbuenoPM	Nº de horas en categoría bueno Promedio Móvil	horas
NhregularPM	Nº de horas en categoría regular Promedio Móvil	horas
NhmaloPM	Nº de horas en categoría malo Promedio Móvil	horas
NhcriticoPM	Nº de horas en categoría critico Promedio Móvil	horas
NhpeligrosoPM	Nº de horas en categoría peligroso Promedio Móvil	horas
PbuenoPM	Promedio para categoría bueno Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PregularPM	Promedio para categoría regular Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PmaloPM	Promedio para categoría malo Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PcriticoPM	Promedio para categoría critico Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PpeligrosoPM	Promedio para categoría peligroso Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NhbuenoH	Nº de horas en categoría bueno Horaria	horas
NhregularH	Nº de horas en categoría regular Horaria	horas
NhmaloH	Nº de horas en categoría malo Horaria	horas
NhcriticoH	Nº de horas en categoría critico Horaria	horas
NhpeligrosoH	Nº de horas en categoría peligroso Horaria	horas
PbuenoH	Promedio para categoría bueno Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PregularH	Promedio para categoría regular Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PmaloH	Promedio para categoría malo Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PcriticoH	Promedio para categoría critico Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PpeligrosoH	Promedio para categoría peligroso Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Max 18-23H	Máxima concentración horaria entre las 18-23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
P18-23	Promedio entre 18-23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Max 1-8H	Máxima concentración horaria entre las 1-8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
P1-8	Promedio entre 1-8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Prom. 0-23	Promedio PM10 entre 0-23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Prom 7-6	Promedio PM10 entre 7-6	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Max PM	Máximo Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PMCA am	PMCA matutino 8hrs	--
PMCA pm	PMCA nocturno 20hrs	--

Tabla 5 Información contenida en Hoja Diaria

Hoja Mensual		
Nombre	Descripción	Unidad
PPTemp	Promedio Mensual Temperatura	°C
DETemp	Desviación estándar Temperatura	°C
Ndmin<4	Nº de días con Temperaturas Mínimas <4°C	días
Ptemp Max	Promedio Mensual Temperatura Máxima	°C
Ptemp Min	Promedio Mensual Temperatura Mínima	°C
PPPresion	Promedio Mensual Presión	hPa
DEPresion	Desviación Estándar Presión	hPa
Ppresion Max	Promedio Mensual Presión Máxima	hPa
Ppresion Min	Promedio Mensual Presión Mínima	hPa
PPViento	Promedio Mensual Intensidad Viento	m/s
DEIViento	Desviación Estándar Intensidad del Viento	m/s
PIViento Max	Promedio Mensual Intensidad Viento Máximo	m/s
PIViento Min	Promedio Mensual Intensidad Viento Mínimo	m/s
DTVientoN	Dirección de viento Total N	°
DTVientoNNE	Dirección de viento Total NNE	°
DTVientoNE	Dirección de viento Total NE	°
DTVientoENE	Dirección de viento Total ENE	°
DTVientoE	Dirección de viento Total E	°
DTVientoESE	Dirección de viento Total ESE	°
DTVientoSE	Dirección de viento Total SE	°

Generación de una Herramienta Estadística para Evaluar la Calidad del Aire
 Centro Nacional del Medio Ambiente

DTVientoSSE	Dirección de viento Total SSE	º
DTVientoS	Dirección de viento Total S	º
DTVientoSSW	Dirección de viento Total SSW	º
DTVientoSW	Dirección de viento Total SW	º
DTVientoWSW	Dirección de viento Total WSW	º
DTVientoW	Dirección de viento Total W	º
DTVientoWNW	Dirección de viento Total WNW	º
DTVientoNW	Dirección de viento Total NW	º
DTVientoNNW	Dirección de viento Total NNW	º
PPHumedad	Promedio Mensual Humedad	%
DEHumedad	Desviación Estándar Humedad	%
Phumedad Max	Promedio Mensual Humedad Máxima	%
Phumedad Min	Promedio Mensual Humedad Mínima	%
Precip AM	Precipitación Acumulada Mensual	mm
NdPrecip	Nº de días con precipitaciones	días
NdPrecip>20	Nº de días con precipitaciones >20mm	días
PrecipAMM	Precipitación Acumulada Mensual Maquehue	mm
NdPrecipM	Nº de días con precipitaciones Maquehue	días
NdPrecipM>20	Nº de días con precipitaciones >20mm Maquehue	días
PmaxDO-LE	Promedio Mensual de los máximos diferencia Oyama-Las Encinas	ºC
PH500	Promedio Mensual Altura 500 hPa	mgp
DEH500	Desviación estándar mensual Altura 500 hPa	mgp
Th>150PM	Total mensual de horas >150 µg/m3 Promedio Móvil	horas
ThbuenoPM	Total mensual de horas para la categoría bueno Promedio Móvil	horas
ThregularPM	Total mensual de horas para la categoría regular Promedio Móvil	horas
ThmaloPM	Total mensual de horas para la categoría malo Promedio Móvil	horas
ThcriticoPM	Total mensual de horas para la categoría critico Promedio Móvil	horas
ThpeligrosoPM	Total mensual de horas para la categoría peligroso Promedio Móvil	horas

PPbuenoPM	Promedio Mensual para la categoría bueno Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PPregularPM	Promedio Mensual para la categoría regular Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PPmaloPM	Promedio Mensual para la categoría malo Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PPcriticoPM	Promedio Mensual para la categoría critico Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PPpeligrosoPM	Promedio Mensual para la categoría peligroso Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
ThbuenoH	Total mensual de horas para la categoría bueno Horaria	horas
ThregularH	Total mensual de horas para la categoría regular Horaria	horas
ThmaloH	Total mensual de horas para la categoría malo Horaria	horas
ThcriticoH	Total mensual de horas para la categoría critico Horaria	horas
ThpeligrosoH	Total mensual de horas para la categoría peligroso Horaria	horas
PPbuenoH	Promedio Mensual para la categoría bueno Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PPregularH	Promedio Mensual para la categoría regular Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PPmaloH	Promedio Mensual para la categoría malo Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PPcriticoH	Promedio Mensual para la categoría critico Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PPpeligrosoH	Promedio Mensual para la categoría peligroso Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PMax18-23	Promedio Mensual de los máximos entre 18-23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PP18-23	Promedio Mensual entre 18-23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PMax1-8	Promedio Mensual de los máximos entre 1-8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PP1-8	Promedio Mensual entre 1-8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PP0-23	Promedio Mensual 0-23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
DEPM10	Desviación Estándar PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ndbueno0-23	Nº de días en categoría bueno Promedio 0-23	días
Ndregular0-23	Nº de días en categoría regular Promedio 0-23	días
Ndmalo0-23	Nº de días en categoría malo Promedio 0-23	días
Ndcritico0-23	Nº de días en categoría critico Promedio 0-23	días
Ndpeligroso0-23	Nº de días en categoría peligroso Promedio 0-23	días
PP7-6	Promedio Mensual 7-6	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Ndbueno7-6	Nº de días en categoría bueno Promedio 7-6	días
Ndregula7-6	Nº de días en categoría regular Promedio 7-6	días
Ndmalo7-6	Nº de días en categoría malo Promedio 7-6	días
Ndcritico7-6	Nº de días en categoría critico Promedio 7-6	días
Ndpeligroso7-6	Nº de días en categoría peligroso Promedio 7-6	días
PMaxPM	Promedio Mensual de Máximos Promedio Móviles	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
NdbuenoPM	Nº de días en categoría bueno Máximo Promedio Móvil	días
NdregularPM	Nº de días en categoría regular Máximo Promedio Móvil	días
NdmaloPM	Nº de días en categoría malo Máximo Promedio Móvil	días
NdcriticoPM	Nº de días en categoría critico Máximo Promedio Móvil	días
NdpeligrosoPM	Nº de días en categoría peligroso Máximo Promedio Móvil	días
TPMCA1am	Total Mensual PMCA 1 matutino	
TPMCA2am	Total Mensual PMCA 2 matutino	
TPMCA3am	Total Mensual PMCA 3 matutino	
TPMCA4am	Total Mensual PMCA 4 matutino	
TPMCA5am	Total Mensual PMCA 5 matutino	
TPMCA1pm	Total Mensual PMCA 1 matutino	
TPMCA2pm	Total Mensual PMCA 2 vespertino	
TPMCA3pm	Total Mensual PMCA 3 vespertino	
TPMCA4pm	Total Mensual PMCA 4 vespertino	
TPMCA5pm	Total Mensual PMCA 5 vespertino	

Tabla 6 Información contenida en Hoja Mensual

Hoja Anual		
Nombre	Descripción	Unidad
PATemp	Promedio Anual Temperatura	°C
DEATemp	Desviación Estándar Anual Temperatura	°C

Generación de una Herramienta Estadística para Evaluar la Calidad del Aire
 Centro Nacional del Medio Ambiente

Ndmin<4A	Nº de días con temperaturas mínimas <4°C Anual	días
PATemp Max	Promedio Anual Temperatura Máxima	°C
PATemp Min	Promedio Anual Temperatura Mínima	°C
PA Presion	Promedio Anual Presión	hPa
DEAPresion	Desviación Estándar Anual Presión	hPa
PAPresion Max	Promedio Anual Presión Máxima	hPa
PAPresion Min	Promedio Anual Presión Mínima	hPa
PAIViento	Promedio Anual Intensidad Viento	m/s
DEAIViento	Desviación Estándar Anual Intensidad de Viento	m/s
PAIViento Max	Promedio Anual Intensidad Viento Máximo	m/s
PAIViento Min	Promedio Anual Intensidad Viento Mínimo	m/s
PAHumedad	Promedio Anual Humedad	%
DEAHumedad	Desviación Estándar Anual Humedad	%
PAHumedad Max	Promedio Anual Humedad Máxima	%
PAHumedad Min	Promedio Anual Humedad Mínima	%
TAPrecip	Precipitación Acumulada Anual	mm
TAdPrecip	Total Anual de días con precipitación	días
TAdPrecip >20mm	Total Anual de días con precipitaciones >20mm	días
TAPrecip M	Precipitación Acumulada Anual Maquehue	mm
TAdPrecip M	Total Anual de días con precipitaciones Maquehue	días
TAdPrecip >20 M	Total Anual de días con precipitaciones >20mm Maquehue	días
PA MaxDOLE	Promedio Anual de los máximos diferencia Oyama-Las Encinas	°C
PAH500	Promedio Anual Altura 500 hPa	mgp
DEAH500	Desviación Estándar Anual Altura 500 hPa	mgp
TAh>150PM	Total Anual de horas >150 ug/m3 Promedio Móvil	horas
TAhbuenoPM	Total Anual de horas para la categoría bueno Promedio Móvil	horas
TAhregularPM	Total Anual de horas para la categoría regular Promedio Móvil	horas
TAhmalopM	Total Anual de horas para la categoría malo Promedio Móvil	horas

TAhcriticoPM	Total Anual de horas para la categoría critico Promedio Móvil	horas
TAhpeligrosoPM	Total Anual de horas para la categoría peligroso Promedio Móvil	horas
PAbuenoPM	Promedio Anual para la categoría bueno Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PAregularPM	Promedio Anual para la categoría regular Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PAmaloPM	Promedio Anual para la categoría malo Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PAcriticoPM	Promedio Anual para la categoría critico Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PApeligrosoPM	Promedio Anual para la categoría peligroso Promedio Móvil	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
TAhbuenoH	Total Anual de horas para la categoría bueno Horaria	horas
TAhregularH	Total Anual de horas para la categoría regular Horaria	horas
TAhmaloH	Total Anual de horas para la categoría malo Horaria	horas
TAhcriticoH	Total Anual de horas para la categoría critico Horaria	horas
TAhpeligrosoH	Total Anual de horas para la categoría peligroso Horaria	horas
PAbuenoH	Promedio Anual para la categoría bueno Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PAregularH	Promedio Anual para la categoría regular Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PAmaloH	Promedio Anual para la categoría malo Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PAcriticoH	Promedio Anual para la categoría crítico Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PApeligrosoH	Promedio Anual para la categoría peligroso Horaria	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PAmáx18-23	Promedio Anual de los máximos entre 18-23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PA18-23	Promedio Anual entre 18-23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PAmáx1-8	Promedio Anual de los máximos entre 1-8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PA1-8	Promedio Anual entre 1-8	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
PA0-23	Promedio Anual 0-23	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
DEAPM10	Desviación Estándar Anual PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
TAdbueno0-23	Total Anual de días en categoría bueno Promedio 0-23	días
TAdregular0-23	Total Anual de días en categoría regular Promedio 0-23	días
TAdmalo0-23	Total Anual de días en categoría malo Promedio 0-23	días
TAdcritico0-23	Total Anual de días en categoría crítico Promedio 0-23	días

TAdpeligroso0-23	Total Anual de días en categoría peligroso Promedio 0-23	días
PA7-6	Promedio Anual 7-6	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
TAdbueno7-6	Total Anual de días en categoría bueno Promedio 7-6	días
TAdregular7-6	Total Anual de días en categoría regular Promedio 7-6	días
TAdmalo7-6	Total Anual de días en categoría malo Promedio 7-6	días
TAdcritico7-6	Total Anual de días en categoría crítico Promedio 7-6	días
TAdpeligroso7-6	Total Anual de días en categoría peligroso Promedio 7-6	días
PAmxPM	Promedio Anual de Máximos Promedio Móviles	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
TAdbuenoPM	Total Anual de días en categoría bueno Máximo Promedio Móvil	días
TAdregularPM	Total Anual de días en categoría regular Máximo Promedio Móvil	días
TAdmaloPM	Total Anual de días en categoría malo Máximo Promedio Móvil	días
TAdcriticoPM	Total Anual de días en categoría crítico Máximo Promedio Móvil	días
TAdpeligrosoPM	Total Anual de días en categoría peligroso Máximo Promedio Móvil	días
TAPMCA1am	Total Anual PMCA 1 matutino	
TAPMCA2am	Total Anual PMCA 2 matutino	
TAPMCA3am	Total Anual PMCA 3 matutino	
TAPMCA4am	Total Anual PMCA 4 matutino	
TAPMCA5am	Total Anual PMCA 5 matutino	
TAPMCA1pm	Total Anual PMCA 1 matutino	
TAPMCA2pm	Total Anual PMCA 2 vespertino	
TAPMCA3pm	Total Anual PMCA 3 vespertino	
TAPMCA4pm	Total Anual PMCA 4 vespertino	
TAPMCA5pm	Total Anual PMCA 5 vespertino	

Tabla 7 Información contenida en Hoja Anual

6.2 Estadísticos descriptivos IMet por PMCA

Estadísticos Descriptivos IMet PMCA 1

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Ptemp	147	4,57	17,73	10,09	2,51
Temp Max	147	5,70	19,40	12,46	2,60
Temp Min	147	2,20	15,20	7,88	2,49
Oscilacion	147	1,40	9,00	4,57	1,48
Ppresion	147	984,53	1009,17	998,32	4,79
Presion Max	147	989,00	1015,00	1002,63	4,73
Presion Min	147	980,40	1008,00	994,63	5,39
PI Viento	147	,62	6,75	2,86	1,26
Iviento Max	147	1,50	11,60	5,65	2,14
Iviento Min	147	,10	3,90	,81	,65
DVientoN	139	,00	20,00	5,42	4,57
DVientoNNE	139	,00	18,00	3,52	3,66
DVientoNE	139	,00	12,00	2,53	3,10
DVientoENE	139	,00	6,00	,60	1,25
DVientoE	139	,00	4,00	,25	,58
DVientoESE	139	,00	2,00	,09	,33
DVientoSE	139	,00	5,00	,14	,62
DVientoSSE	139	,00	4,00	,18	,66
DVientoS	139	,00	9,00	,19	1,00
DVientoSSW	139	,00	10,00	,31	1,10
DVientoSW	139	,00	7,00	,43	1,14
DVientoWSW	139	,00	8,00	1,16	1,84
DVientoW	139	,00	10,00	1,08	1,69
DVientoWNW	139	,00	6,00	1,10	1,36
DVientoNW	139	,00	9,00	2,01	2,29
DVientoNNW	139	,00	20,00	4,96	4,41
Phumedad	134	64,42	99,00	84,91	6,23
Humedad Max	134	81,00	100,00	95,32	4,57
Humedad Min	134	43,00	99,00	71,12	9,38
Precip. A	138	,00	116,10	18,76	20,08
Precip.AM	122	,40	86,50	14,66	15,05
Tradiacion	149	5,00	4055,00	1136,30	750,13
Max DO-LE	66	-4,30	3,02	-2,24	1,43
Temp. 850	130	-6,90	8,20	1,03	3,16
Showalter	131	-1,90	17,64	4,42	3,35
H500	135	5280,00	5640,00	5462,15	76,19
Aest.500	135	-2,67	1,28	-,99	,75

Estadísticos Descriptivos IMet PMCA 2

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Ptemp	334	1,43	17,73	9,94	2,54
Temp Max	334	2,80	24,00	13,56	3,43
Temp Min	334	-1,20	14,81	6,85	2,77
Oscilacion	334	1,50	18,40	6,72	3,25
Ppresion	334	989,79	1014,25	1003,04	4,50
Presion Max	334	993,00	1017,00	1006,15	4,27
Presion Min	334	984,00	1012,00	1000,31	4,96
PI Viento	334	,28	6,60	1,78	,96
Iviento Max	334	,60	14,90	3,88	1,86
Iviento Min	334	,00	3,40	,42	,43
DVientoN	316	,00	18,00	3,52	3,49
DVientoNNE	316	,00	17,00	2,91	3,01
DVientoNE	316	,00	17,00	3,91	3,78
DVientoENE	316	,00	10,00	1,18	1,71
DVientoE	316	,00	5,00	,45	,87
DVientoESE	316	,00	4,00	,28	,58
DVientoSE	316	,00	5,00	,29	,70
DVientoSSE	316	,00	5,00	,42	,92
DVientoS	316	,00	8,00	,67	1,34
DVientoSSW	316	,00	11,00	,99	1,77
DVientoSW	316	,00	12,00	1,49	2,24
DVientoWSW	316	,00	13,00	1,33	1,89
DVientoW	316	,00	8,00	1,08	1,48
DVientoWNW	316	,00	7,00	,98	1,27
DVientoNW	316	,00	9,00	1,48	1,74
DVientoNNW	316	,00	17,00	2,87	3,32
Phumedad	290	39,04	99,50	83,38	7,05
Humedad Max	290	78,00	100,00	96,30	4,14
Humedad Min	290	20,00	96,00	64,58	12,61
Precip. A	297	,00	61,50	7,97	11,43
Precip.AM	201	,20	52,50	8,39	9,61
Tradiacion	336	50,00	6511,00	1941,31	1402,70
Max DO-LE	147	-4,77	12,04	-,55	2,95
Temp. 850	292	-7,90	15,80	1,79	4,31
Showalter	300	-,25	18,80	7,11	4,04
H500	308	5320,00	5800,00	5545,32	96,22
Aest.500	308	-2,77	1,89	-,31	,89

Estadísticos Descriptivos IMet PMCA 3

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Ptemp	1082	-1,70	17,73	8,89	2,98
Temp Max	1082	2,80	25,20	13,60	3,69
Temp Min	1082	-6,00	15,20	5,10	3,67
Oscilacion	1082	1,40	23,00	8,49	4,32
Ppresion	1082	984,53	1020,00	1004,79	5,39
Presion Max	1082	989,00	1022,00	1007,80	5,00
Presion Min	1082	980,40	1017,00	1002,02	5,90
PI Viento	1081	,27	6,75	1,58	1,00
Iviento Max	1081	,60	14,90	3,45	1,88
Iviento Min	1081	,00	3,90	,37	,42
DVientoN	1031	,00	20,00	2,89	3,24
DVientoNNE	1031	,00	19,00	2,55	2,83
DVientoNE	1031	,00	17,00	3,73	3,81
DVientoENE	1031	,00	10,00	1,10	1,62
DVientoE	1031	,00	8,00	,53	1,02
DVientoESE	1031	,00	9,00	,36	,80
DVientoSE	1031	,00	13,00	,43	1,11
DVientoSSE	1031	,00	9,00	,57	1,08
DVientoS	1031	,00	13,00	,97	1,66
DVientoSSW	1031	,00	11,00	1,48	2,11
DVientoSW	1031	,00	12,00	1,61	2,09
DVientoWSW	1031	,00	13,00	1,37	1,75
DVientoW	1031	,00	10,00	1,16	1,48
DVientoWNW	1031	,00	7,00	1,02	1,29
DVientoNW	1031	,00	9,00	1,55	1,74
DVientoNNW	1031	,00	20,00	2,57	3,07
Phumedad	943	32,00	99,88	83,46	7,71
Humedad Max	943	56,00	100,00	96,95	4,13
Humedad Min	943	15,00	99,00	61,69	14,41
Precip. A	995	,00	116,10	6,03	11,91
Precip.AM	483	,20	86,50	8,76	11,06
Tradiacion	1084	5,00	6649,00	2254,96	1436,07
Max DO-LE	528	-4,77	19,29	1,16	4,16
Temp. 850	936	-7,90	17,40	1,95	4,44
Showalter	959	-1,90	23,33	8,51	4,66
H500	994	5280,00	5910,00	5577,44	108,93
Aest.500	994	-2,77	2,54	,00	,98

Estadísticos Descriptivos IMet PMCA 4

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Ptemp	248	-,81	14,57	6,83	2,81
Temp Max	248	3,25	25,20	13,55	4,16
Temp Min	248	-6,00	9,10	1,77	2,97
Oscilacion	248	2,20	23,00	11,78	4,16
Ppresion	248	998,75	1017,81	1008,02	3,97
Presion Max	248	1001,00	1019,00	1010,69	3,94
Presion Min	248	994,00	1016,70	1005,37	4,25
PI Viento	247	,27	3,30	,98	,43
Iviento Max	247	,70	6,00	2,29	,98
Iviento Min	247	,00	1,10	,20	,14
DVientoN	238	,00	8,00	1,64	1,60
DVientoNNE	238	,00	19,00	2,07	2,41
DVientoNE	238	,00	14,00	3,99	3,74
DVientoENE	238	,00	9,00	1,45	1,92
DVientoE	238	,00	8,00	,74	1,25
DVientoESE	238	,00	9,00	,54	1,08
DVientoSE	238	,00	13,00	,71	1,58
DVientoSSE	238	,00	7,00	,82	1,25
DVientoS	238	,00	9,00	1,45	1,78
DVientoSSW	238	,00	9,00	1,97	2,06
DVientoSW	238	,00	10,00	1,85	1,84
DVientoWSW	238	,00	9,00	1,41	1,56
DVientoW	238	,00	7,00	1,19	1,32
DVientoWNW	238	,00	7,00	,97	1,21
DVientoNW	238	,00	9,00	1,45	1,49
DVientoNNW	238	,00	10,00	1,63	1,74
Phumedad	210	32,00	99,00	83,04	9,26
Humedad Max	210	56,00	100,00	98,04	4,03
Humedad Min	210	15,00	99,00	55,33	15,50
Precip. A	230	,00	21,40	,73	2,40
Precip.AM	39	,20	14,30	2,34	2,86
Tradiacion	248	167,00	6111,00	2749,62	1229,55
Max DO-LE	121	-3,40	19,29	4,78	4,46
Temp. 850	212	-6,90	17,00	2,91	5,05
Showalter	217	3,08	23,33	11,66	3,75
H500	226	5330,00	5910,00	5647,26	90,64
Aest.500	226	-1,91	2,54	,66	,79

Estadísticos Descriptivos IMet PMCA 5

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Ptemp	5	1,25	4,21	2,51	1,12
Temp Max	5	7,90	11,40	9,02	1,41
Temp Min	5	-3,20	-1,10	-2,42	,83
Oscilacion	5	10,50	12,50	11,44	,90
Ppresion	5	1005,97	1013,72	1011,04	3,25
Presion Max	5	1010,90	1016,70	1013,92	2,17
Presion Min	5	1002,20	1013,00	1008,90	4,34
PI Viento	5	,45	1,01	,77	,24
Iviento Max	5	1,20	3,00	2,08	,76
Iviento Min	5	,00	,20	,08	,08
DVientoN	5	1,00	3,00	1,80	1,10
DVientoNNE	5	,00	2,00	1,20	,84
DVientoNE	5	,00	5,00	2,20	2,28
DVientoENE	5	,00	3,00	1,20	1,30
DVientoE	5	,00	2,00	,40	,89
DVientoESE	5	,00	1,00	,20	,45
DVientoSE	5	,00	2,00	,60	,89
DVientoSSE	5	,00	1,00	,20	,45
DVientoS	5	,00	4,00	1,80	1,64
DVientoSSW	5	,00	6,00	2,40	2,30
DVientoSW	5	,00	6,00	2,40	2,19
DVientoWSW	5	,00	3,00	1,40	1,14
DVientoW	5	,00	4,00	1,60	1,52
DVientoWNW	5	,00	3,00	1,40	1,14
DVientoNW	5	,00	4,00	2,20	1,48
DVientoNNW	5	,00	7,00	3,00	2,55
Phumedad	5	79,17	93,08	86,09	5,71
Humedad Max	5	97,00	99,00	98,20	1,10
Humedad Min	5	43,00	68,00	60,60	10,31
Precip. A	5	,00	1,10	,34	,45
Precip.AM	1	1,20	1,20	1,20	.
Tradiacion	5	1839,00	2765,00	2342,40	367,29
Max DO-LE	5	,96	11,62	6,21	4,24
Temp. 850	5	-3,10	2,80	-,20	2,66
Showalter	5	9,65	14,84	12,09	2,14
H500	5	5590,00	5650,00	5608,00	26,83
Aest.500	5	-,18	,82	,15	,48

6.3 Estadísticos descriptivos ICA por PMCA

Estadísticos Descriptivos ICA PMCA 1

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Nh>150PM	145	,00	1,00	,01	,08
NhbuenoPM	145	23,00	24,00	23,99	,08
NhregularPM	145	,00	1,00	,01	,08
NhmaloPM	145	,00	,00	,00	,00
NhcriticoPM	145	,00	,00	,00	,00
NhpeligrosoPM	145	,00	,00	,00	,00
PbuenoPM	145	7,81	87,68	31,92	15,12
PregularPM	1	159,11	159,11	159,11	.
PmaloPM	0				
PcriticoPM	0				
PpeligrosoPM	0				
NhbuenoH	147	21,00	24,00	23,80	,55
NhregularH	147	,00	2,00	,10	,35
NhmaloH	147	,00	2,00	,02	,18
NhcriticoH	147	,00	2,00	,02	,18
NhpeligrosoH	147	,00	,00	,00	,00
PbuenoH	147	7,24	59,03	28,10	11,91
PregularH	13	155,30	191,80	169,00	11,90
PmaloH	2	219,85	226,70	223,28	4,84
PcriticoH	2	244,10	264,90	254,50	14,71
PpeligrosoH	0				
Max 18-23H	148	1,30	278,80	72,41	48,59
P18-23	148	,62	134,00	47,16	26,80
Max 1-8H	148	3,10	157,10	38,89	30,56
P1-8	148	3,56	90,70	22,95	16,14
Prom. 0-23	147	7,24	75,07	28,99	12,94
Prom 7-6	145	3,53	116,79	33,94	19,87
Max PM	145	10,13	159,11	47,05	25,60

Estadísticos Descriptivos ICA PMCA 2

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Nh>150PM	318	,00	22,00	,4497	2,46022
NhbuenoPM	318	1,00	24,00	23,5346	2,49613
NhregularPM	318	,00	17,00	,3019	1,62106
NhmaloPM	318	,00	15,00	,0912	,91664
NhcriticoPM	318	,00	13,00	,0566	,74719
NhpeligrosoPM	318	,00	,00	,0000	,00000
PbuenoPM	318	4,67	140,74	51,2513	27,19992
PregularPM	18	154,42	183,47	165,7043	8,08728
PmaloPM	7	197,36	214,81	206,2380	7,06367
PcriticoPM	4	248,34	285,20	260,4520	16,99337
PpeligrosoPM	0				
NhbuenoH	321	11,00	24,00	22,8318	1,95009
NhregularH	321	,00	6,00	,4860	,91547
NhmaloH	321	,00	5,00	,2399	,58771
NhcriticoH	321	,00	4,00	,2181	,62932
NhpeligrosoH	321	,00	3,00	,1028	,43877
PbuenoH	321	9,58	119,15	41,7651	16,81788
PregularH	96	150,50	192,60	170,1918	11,88873
PmaloH	58	195,40	237,10	212,9498	10,99252
PcriticoH	42	241,80	325,90	281,0754	21,92396
PpeligrosoH	20	340,60	572,10	407,0083	68,94390
Max 18-23H	325	16,90	710,80	109,0431	84,43475
P18-23	325	10,25	246,42	66,0649	40,66618
Max 1-8H	323	,00	436,20	88,5406	76,49550
P1-8	321	2,01	263,06	49,2228	38,86236
Prom. 0-23	321	9,58	182,64	49,3700	25,29166
Prom 7-6	321	9,91	217,15	50,9311	30,11684
Max PM	318	13,02	305,72	69,9806	44,32609

Estadísticos Descriptivos ICA PMCA 3

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Nh>150PM	1041	,00	24,00	3,2046	7,39253
NhbuenoPM	1041	,00	24,00	20,7570	7,41759
NhregularPM	1041	,00	24,00	1,6561	4,65553
NhmaloPM	1041	,00	22,00	,8184	3,15142
NhcriticoPM	1041	,00	24,00	,5898	3,02297
NhpeligrosoPM	1041	,00	24,00	,1402	1,62064
PbuenoPM	986	4,67	149,65	67,2496	37,82746
PregularPM	187	151,49	194,03	169,3546	9,49248
PmaloPM	114	195,20	234,49	212,4937	10,15379
PcriticoPM	59	240,13	316,97	269,1924	19,35166
PpeligrosoPM	10	341,58	432,42	374,8578	31,33890
NhbuenoH	1052	2,00	24,00	20,5970	4,16902
NhregularH	1052	,00	10,00	1,0067	1,36455
NhmaloH	1052	,00	6,00	,5960	,98190
NhcriticoH	1052	,00	9,00	,7338	1,22512
NhpeligrosoH	1052	,00	15,00	,9249	1,96958
PbuenoH	1052	7,24	141,65	50,2875	22,15921
PregularH	518	150,30	194,70	170,7611	10,76492
PmaloH	380	195,00	239,80	215,4494	11,43606
PcriticoH	369	241,30	328,70	280,0890	20,14002
PpeligrosoH	284	330,20	927,07	450,7653	100,67729
Max 18-23H	1059	1,30	1164,00	178,4517	170,07797
P18-23	1059	,62	588,35	101,5671	84,47456
Max 1-8H	1061	,00	1177,90	164,2692	176,58573
P1-8	1057	2,01	668,63	94,0116	96,76520
Prom. 0-23	1052	7,24	426,07	80,9675	62,37269
Prom 7-6	1050	3,53	422,84	81,1346	62,83099
Max PM	1041	10,13	469,65	103,0223	72,33368

Estadísticos Descriptivos ICA PMCA 4

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Nh>150PM	240	0	24	9,78	10,570
NhbuenoPM	240	0	24	14,11	10,570
NhregularPM	240	0	24	4,65	7,108
NhmaloPM	240	0	22	2,94	5,659
NhcriticoPM	240	0	24	1,87	5,190
NhpeligrosoPM	240	0	24	,32	2,370
PbuenoPM	195	25,32	149,65	104,5264	32,93838
PregularPM	116	152,12	194,03	170,9684	9,28309
PmaloPM	81	195,20	234,49	213,4964	10,27232
PcriticoPM	40	240,13	309,35	267,3570	19,41116
PpeligrosoPM	6	341,58	432,42	369,2717	33,68401
NhbuenoH	241	4	24	16,17	4,355
NhregularH	241	0	10	1,79	1,584
NhmaloH	241	0	6	1,23	1,222
NhcriticoH	241	0	9	1,80	1,525
NhpeligrosoH	241	0	15	2,86	2,676
PbuenoH	241	24,46	141,65	68,2478	20,09129
PregularH	191	151,10	194,70	171,9619	10,34072
PmaloH	165	195,0	239,3	215,627	11,1069
PcriticoH	187	241,3	327,0	279,983	19,2795
PpeligrosoH	176	330,20	883,45	464,8580	102,87862
Max 18-23H	243	27,2	1164,0	325,918	217,5772
P18-23	243	19,73	588,35	176,0774	105,14380
Max 1-8H	244	10,6	1177,9	329,484	230,8485
P1-8	244	15	669	187,56	121,128
Prom. 0-23	241	25,1	425,7	149,023	67,5801
Prom 7-6	241	20,51	422,84	142,3734	72,76434
Max PM	240	45,15	469,65	172,8522	74,35672

Estadísticos Descriptivos ICA PMCA 5

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Nh>150PM	5	24,00	24,00	24,00	,00
NhbuenoPM	5	,00	,00	,00	,00
NhregularPM	5	,00	,00	,00	,00
NhmalopM	5	,00	4,00	,80	1,79
NhcriticoPM	5	,00	24,00	10,60	10,67
NhpeligrosoPM	5	,00	24,00	12,60	11,65
PbuenoPM	0				
PregularPM	0				
PmaloPM	1	234,45	234,45	234,45	.
PcriticoPM	4	279,19	316,97	297,40	16,37
PpeligrosoPM	3	344,64	411,64	385,95	36,13
NhbuenoH	5	2,00	9,00	6,40	2,88
NhregularH	5	1,00	5,00	2,80	1,64
Nhmaloh	5	1,00	3,00	2,00	,71
NhcriticoH	5	1,00	4,00	2,60	1,14
NhpeligrosoH	5	7,00	14,00	9,80	3,03
PbuenoH	5	75,66	121,20	93,69	17,33
PregularH	5	168,32	190,40	178,29	10,20
PmaloH	5	207,95	229,10	219,96	8,70
PcriticoH	5	279,70	308,40	288,36	11,79
PpeligrosoH	5	531,21	637,85	594,04	41,68
Max 18-23H	5	391,50	1059,00	692,22	250,82
P18-23	5	215,95	547,68	377,32	119,55
Max 1-8H	5	463,00	1060,00	805,96	230,20
P1-8	5	320,13	659,78	449,35	135,18
Prom. 0-23	5	273,68	426,07	343,68	72,20
Prom 7-6	5	186,85	377,53	285,37	73,79
Max PM	5	300,13	438,69	364,46	65,55