



# GUÍA PEDAGÓGICA

## DESCONTAMINEMOS EL AIRE DE NUESTRA CIUDAD



**VALLE CENTRAL  
DE LA REGIÓN DEL LIBERTADOR  
GENERAL BERNARDO O'HIGGINS**



# CRÉDITOS

**Elaborado por:**

**Seremi del Medio Ambiente,  
Región de O'Higgins**

**Compilación y  
edición de textos:**

**Gianinna Miranda Barra**

**Contenidos:**

**Cinthia Arellano Faúndez  
María Elsa Jiménez Silva**

**Equipo revisor:**

**Felipe Avendaño Pérez  
Macarena Mellado Arana  
Emilio López Briño  
José Manuel Valdivieso  
Beatriz Pulido Monckeberg  
Josefina Greene García Huidobro  
Alberto Seguel Araneda  
Maite Salaberry Castro**

# ÍNDICE

	Presentación	4
1.-	Aire y Atmósfera	5
2.-	Contaminación del Aire	7
	2.1.- Tipos de contaminantes en la Región de O'Higgins	8
	2.2.- Principales contaminantes en la Región de O'Higgins	11
3.-	Factores que determinan la contaminación	13
	3.1.- Factor geográfico	13
	3.2.- Factor climático	14
	3.2.1.- Anticiclón del Pacífico y Sistemas Frontales	15
	3.2.2.- Inversión Térmica	15
	3.2.3.- Depresiones Costeras	15
	3.2.4.- Patrón de los Vientos	15
4.-	Efectos de la Contaminación	16
	4.1.- Efectos en Salud	16
	4.2.- Efectos en el Medio Ambiente	17
5.-	Instrumentos de Gestión Ambiental	18
	5.1.- Normas Ambientales	19
	5.1.1.- Normas Primarias de Calidad del Aire	19
	5.2.- Plan de Descontaminación	20
	5.2.1.- ¿Qué es un Plan de Descontaminación?	20
	5.2.2.- ¿Qué es la Zona Saturada?	21
	5.2.3.- Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central de la Región de O'Higgins	23
	Consejos prácticos para descontaminar el Valle Central	28
	Bibliografía	29



# PRESENTACIÓN

## GUÍA PEDAGÓGICA DE LA CALIDAD DEL AIRE

Quien no conoce algo, es imposible que lo quiera y, por ende, que lo proteja.

El cuidado del medio ambiente es tarea de todos, no sólo de algunos. Por eso, el Ministerio del Medio Ambiente ha desarrollado el presente trabajo para, entre otros fines, dar a conocer y divulgar el enorme desafío que como región y país se nos presenta con respecto a la calidad del aire y que en nuestra región se manifiesta con 17 comunas del Valle Central declaradas como Zona Saturada.

En la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, se hace necesario incorporar más y mejores prácticas sustentables en el desarrollo de los procesos productivos y en las conductas de la ciudadanía, desarrollando acciones que nos permitan conocer y sensibilizarnos acerca del cuidado y protección del medio ambiente y de los elementos que nos rodean.

En la medida en que conozcamos y valoremos nuestro entorno, podremos disfrutar de un mejor ambiente. Por ello, daremos pasos concretos en esta dirección y nos comprometemos en la construcción de una sociedad cada día más activa. El cuidado del medio ambiente es tarea de cada una de las personas que viven en él. Por eso es esencial conocerlo en profundidad, para poder tomar las medidas adecuadas en el momento correcto.

Este libro es una herramienta muy valiosa y completa, que busca principalmente contribuir a mejorar la calidad de vida de los chilenos y chilenas, tanto de las actuales como de las futuras generaciones.

Este documento apoya las líneas estratégicas que como Ministerio del Medio Ambiente hemos adoptado, para crear una cultura por medio de la educación ambiental a todo nivel etario. Les invito a conocer este material que incorpora innovación pedagógica y pertinencia local, y les insto a participar en la creación de una región y un Chile más sustentable.

FELIPE AVENDAÑO PÉREZ

SEREMI DEL MEDIO AMBIENTE

REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

# Capítulo

# 1

## AIRE Y ATMÓSFERA

Podemos vivir sin comer un par de semanas, podemos vivir sin tomar agua por algunos días, sin embargo, no viviremos más de unos minutos sin respirar. Somos muy débiles frente al entorno, una pequeña diferencia en la temperatura, en la presión o en la composición del aire nos puede extinguir. El aire que respiramos, el que está más cercano a la superficie terrestre, es el que nos da el oxígeno que necesitan nuestras células para seguir viviendo.

### La Atmósfera Terrestre

Se divide en cuatro capas de acuerdo a la altitud, temperatura y composición del aire: tropósfera, estratósfera, mesósfera y termósfera.



El aire de la tropósfera es el que interviene en la respiración y está compuesto en volumen por un 78,08% de nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ), un 20,94% de oxígeno ( $O_2$ ), un 0,035% de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y un 0,93% de gases inertes como el argón (Ar) y el neón (Ne). En esta capa, de 7 km de altura en los polos y de 16 km en los trópicos, se encuentran las nubes y casi todo el vapor de agua. Además se producen todos los fenómenos atmosféricos que originan el clima.

Más arriba, aproximadamente a 25 kilómetros de altura, en la estratósfera, se encuentra la capa de ozono, que protege a la Tierra de los rayos ultravioletas.



El porcentaje de cada uno de estos gases, es exactamente el necesario para mantener las condiciones físicas necesarias para la vida en el planeta, tanto de los seres humanos como de toda la vida vegetal y animal.

Dada la capacidad del viento de dispersar los contaminantes atmosféricos, los seres humanos pensamos que el aire era tan vasto y su capacidad de limpieza tan poderosa, que comenzamos a arrojar en él todos nuestros residuos sin pensarlo mayormente.

Las actividades humanas vinculadas a la calefacción, industria, la agricultura, la energía, el transporte y la recreación han ido dejando su huella en el aire, causando contaminación por exceso de partículas, gases y muchas sustancias ajenas a su composición natural.



Ahora estamos conscientes, sin embargo, que lo que el viento hace es arrastrar las partículas dispersándolas, no haciéndolas desaparecer. Las emisiones que arrojamamos al aire no se desvanecen, van a dar a algún lado, contaminando el suelo, el agua y el mar. Es decir, todos estos procesos se

realizan dentro del sistema atmosférico, el cual se encuentra interconectado a través de todo el planeta. Por lo tanto, los contaminantes que se originan en una ciudad puede afectar a localidades situadas muy lejos de las fuentes emisoras.

Las capas más importantes para el análisis de la contaminación atmosférica son las dos capas más cercanas a la Tierra: la tropósfera y la estratósfera.

La **tropósfera** es la capa más delgada de la tierra y es de vital importancia para la vida en el planeta, pues en ella ocurren todos los fenómenos meteorológicos, como los vientos y precipitaciones. Además concentra la mayor parte del oxígeno y vapor de agua, actuando este último como regulador térmico del planeta. Sin él, las diferencias térmicas entre el día y la noche serían tan grandes que la vida en la tierra no sería posible.

La **estratósfera** se sitúa entre la tropósfera y la mesósfera y es una de las capas más importantes de la atmósfera. En ella existen altas concentraciones de gas ozono ( $O_3$ ) que absorbe la luz ultravioleta procedente del Sol y la convierte en calor. Esto previene que la luz ultravioleta llegue a la superficie de la Tierra.

En resumen podemos señalar que la tropósfera contiene el aire que todos los seres vivos necesitan para respirar y la estratósfera es la capa protectora de aire que ayuda a absorber y dispersar la energía solar.

## LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

¿Qué es la Contaminación?

En el artículo 2, letra c de la Ley N° 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente se establece que la Contaminación es la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente.

De acuerdo a lo anterior, se puede señalar que la contaminación es la alteración negativa de un estado natural, provocado por un elemento químico, físico o biológico, cuya concentración se encuentra en mayor o menor cantidad de la considerada normal, la cual puede ser perjudicial para la salud de las personas y el desarrollo de la flora y fauna.



En la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, 17 comunas del Valle Central han sido declaradas como zona saturada por sobrepasar la Norma Primaria de Calidad Ambiental para Material Particulado Respirable MP10. Los problemas de contaminación que presenta la Región han sido estudiados a partir del año 1996 junto con la implementación del proyecto de calidad del aire para la ciudad de Rancagua, financiado por la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) y la Comisión Nacional del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Medio Ambiente) y el Ministerio de Salud (Estudio "Source Apportionment of PM10 and PM 2,5 in Five Chilean Cities", 2001)



## 2.1 Tipos de contaminantes

Los contaminantes más importantes presentes en el aire de la región de O'Higgins son el Material Particulado (MP), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), estos dos últimos precursores además del Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>). El más importante por sus efectos en la salud y cantidad emitida es el Material Particulado (MP), compuesto por una

mezcla de diferentes elementos.

Los contaminantes pueden ser de origen natural o antropogénico (causados por el hombre), y se han clasificado en primarios (que son emitidos directamente por la fuente) y secundarios (que son producto de una reacción química de los primarios con otros compuestos presentes en la atmósfera).

### Partículas Totales en Suspensión (PTS)

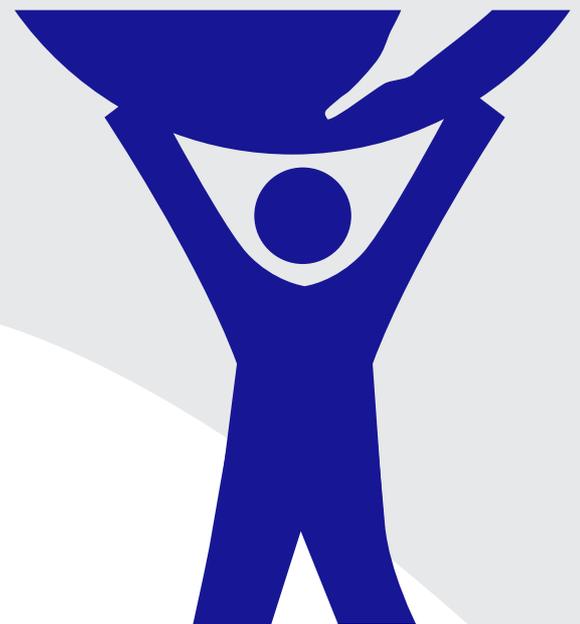
Las partículas totales en suspensión se componen de una fracción respirable, con partículas de diámetro hasta 10 micrómetros (MP10) y de una fracción cuyo diámetro está comprendido entre 10 y 50 micrómetros. Por su mayor tamaño, esta última fracción tiene efectos menos severos sobre la salud humana que otros contaminantes.

Pueden ser producidos por acción natural, por actividades humanas o combinación de ambos.



### Material Particulado respirable (MP10)

El Material Particulado respirable que se produce por actividades humanas es una mezcla de diferentes sustancias y se pueden presentar en forma de humo, polvo y vapores. Según demostraron estudios desarrollados por el Ministerio del Medio Ambiente, en el Valle Central de la Región de O'Higgins cerca de un 70% de MP10 corresponde a MP2,5.



## Material Particulado fino respirable 2,5 (MP2,5)

Las partículas pequeñas son menores a 2.5 micrómetros, cien veces más delgadas que un cabello humano (figura 1), son más ligeras y permanecen en el aire más tiempo y viajan lejos, pueden permanecer en el aire por días o semanas.

En el caso de las partículas de MP2,5, su tamaño hace que sean 100% respirables ya que viajan profundamente en los pulmones, penetrando en el aparato respiratorio y depositándose en los alvéolos pulmonares, incluso pueden llegar al torrente sanguíneo. Esto hace que sean las más peligrosas para la salud humana.

Además estas partículas de menor tamaño están compuestas por elementos que son más tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos) que los que componen, en general, las partículas más grandes.

Las partículas de tamaño 2,5 a 10 micrómetros están asociadas al polvo resuspendido de las calles, manejo de suelo y actividades de construcción. Las partículas iguales o menores a 2,5 micrómetros contienen materiales como carbón, diésel, metales, materiales orgánicos, inorgánicos y miles de productos químicos que afectan la salud.

A continuación un esquema comparativo:

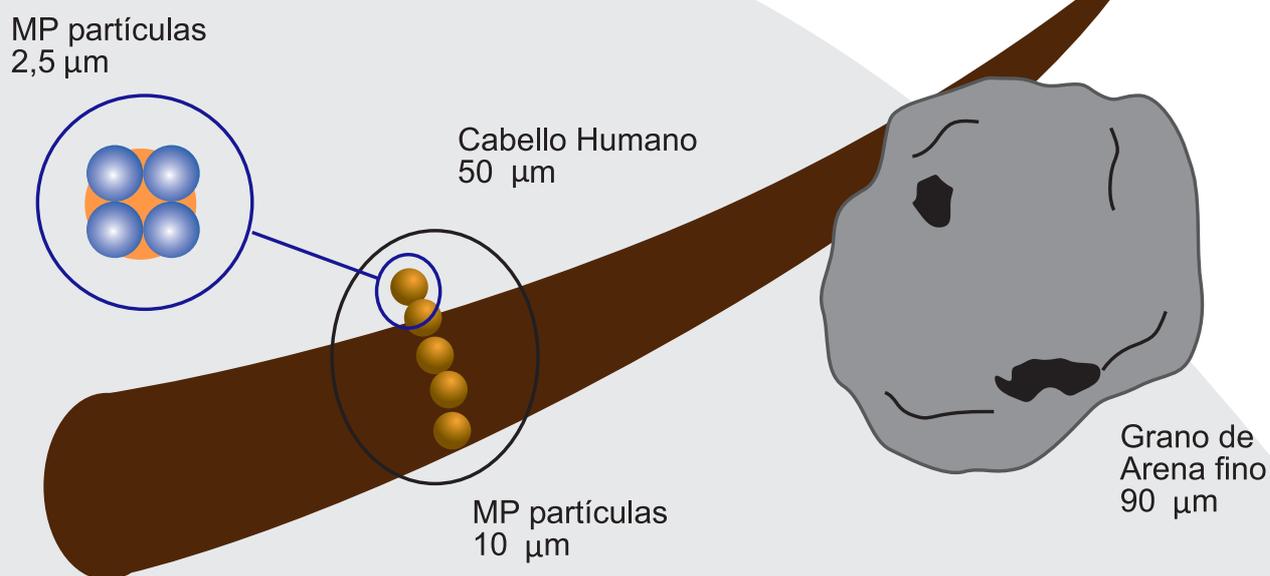


Figura 1. Cuadro comparativo del tamaño del MP10 y MP2,5

## Monóxido de Carbono (CO)

Contaminante producido por la combustión incompleta de combustibles que contienen Carbono, tales como gasolina, gas natural, petróleo, carbón, leña, entre otros. El principal responsable de producción de CO en la región de O'Higgins es el sector transportes y la combustión de leña.



## Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

Se produce por la oxidación del Nitrógeno atmosférico presente en los procesos de combustión a altas temperaturas. Este contaminante es altamente tóxico debido a sus propiedades oxidativas. Se produce en los hogares por el uso de cocina a gas y estufa a parafina, en hornos industriales y por la quema de combustibles fósiles a altas temperaturas (petróleo y carbón). Es precursor del Ozono Troposférico. Los principales responsables de producción de NO<sub>2</sub> en la región de O'Higgins son el sector transportes y el sector industrial.



## Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

Se produce por la quema de combustibles fósiles, tales como petróleo, gasolina, diésel y carbón. Está asociado a faenas mineras de cobre. Es el resultado de la combustión del Azufre contenido en los combustibles fósiles y de los procesos industriales. Cuando se oxida en la atmósfera forma sulfatos, que pueden ser transportados en el Material Particulado y que en presencia de humedad forman ácidos que componen la lluvia ácida. El principal responsable de producción de SO<sub>2</sub> en la región de O'Higgins es el sector industrial.



## Ozono (O<sub>3</sub>)

De origen fotoquímico, se forma porque algunos contaminantes, por ejemplo Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono, bencina evaporada, vapores de pinturas, reaccionan con otras sustancias presentes en el aire en presencia de luz. Las mayores concentraciones de Ozono (O<sub>3</sub>) en la región de O'Higgins se presentan en verano y puede afectar la actividad agrícola.





## 2.2 Principales contaminantes en la Región de O'Higgins

En las actividades cotidianas que desarrollamos, incluso la más normal, originamos contaminación de manera directa o indirecta. Por ejemplo, en el uso de la electricidad, el transporte, la fabricación de materiales como metales, plásticos o pinturas,

al encender la calefacción o al calentar la comida o el agua.

A continuación presentamos la Tabla 1, que señala cuáles son las principales actividades que impactan la calidad del aire en **nuestra región**:

**FUENTES ESTACIONARIAS Y MÓVILES ESCENARIO 2006**

Categoría de Fuente	MP10 ton/año	MP2,5 ton/año	CO ton/año	NOx ton/año	COV ton/año	SOx ton/año	NH3 ton/año
Industria (otras)	214	159	704	1.186	11	2.138	335
Industria Cobre	1.565	1.322	476	2.051	42	116.412	57
Combustión de Leña	5.261	5.113	48.275	557	21.700	73	442
Otras residenciales	4	4	18	83	3.492	22	237
Evaporativas Comerciales					15.011		
Quemas Agrícolas	2.257	2.157	14.584	636	1.320	84	
Incendios Forestales	5.505	4.675	52.308	1.925	3.620	582	526
Otras Areales	5	4	17	1	41.122		111.364
<b>Total Estacionarias</b>	<b>14.811</b>	<b>13.434</b>	<b>116.382</b>	<b>6.439</b>	<b>86.319</b>	<b>119.312</b>	<b>112.960</b>
Buses licitados	8	7	41	145	13	3	0
Otros buses	64	57	288	1.256	149	31	1
Camiones	134	118	580	1.978	308	68	1
Vehículos Livianos	47	26	19.171	2.009	1.244	26	61
Fuera de Ruta	67	61	347	376	60	0	0
<b>Total Móviles</b>	<b>321</b>	<b>269</b>	<b>20.427</b>	<b>5.764</b>	<b>1.774</b>	<b>127</b>	<b>63</b>
<b>TOTAL</b>	<b>15.132</b>	<b>13.703</b>	<b>136.809</b>	<b>12.203</b>	<b>88.093</b>	<b>119.439</b>	<b>113.023</b>

**Tabla 1. Inventario de emisiones para la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins año 2006. Según Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central de la Región de O'Higgins.**



Según antecedentes del estudio "Apoyo en la formulación del Plan de Descontaminación del Valle Central Región de O'Higgins" (2008) que realizó una actualización del inventario de emisiones con base en el año 2006 para el año 2007, indica que para el **Valle Central de la Región de O'Higgins**, la combustión residencial de leña y las quemadas agrícolas son las fuentes principales de las emisiones de MP10 a la atmósfera, siendo sus aportes en un 64% y 27%,

respectivamente del total de emisiones. En relación a las otras fuentes, el sector industrial y transportes, presentan aportes menores con un 2% y 3% respectivamente. Sin embargo, al analizar la información de las áreas urbanas del Valle Central nos encontramos con un aumento del aporte del sector transportes e industrias que alcanzan valores cercanos a un 10% respectivamente, según grafica la figura 2.

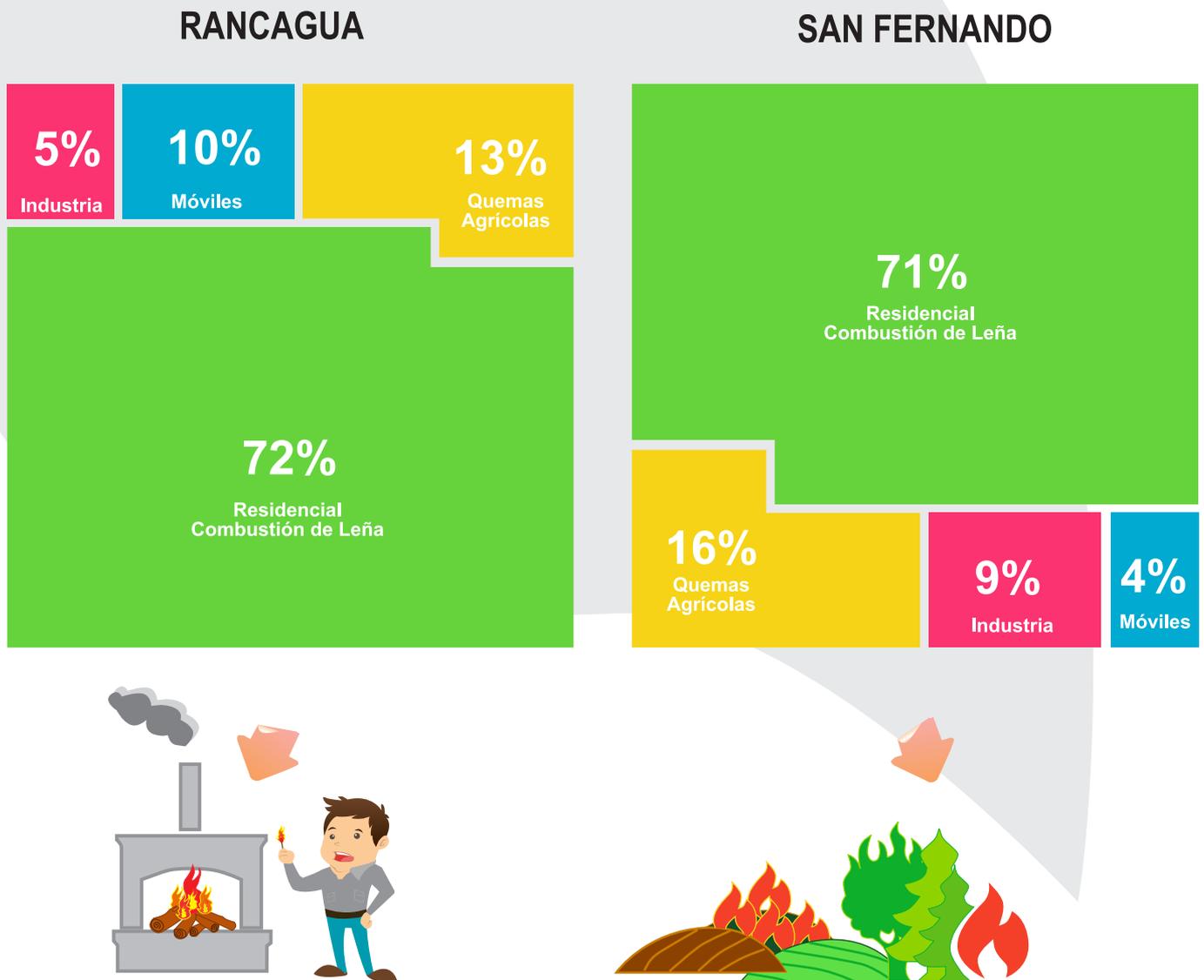


Figura 2. Gráfica de las principales fuentes de MP10 en el Valle Central de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins

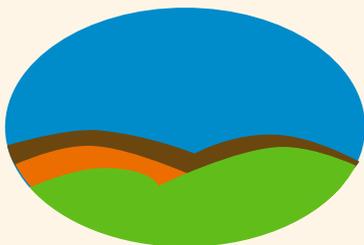
## FACTORES QUE DETERMINAN LA CONTAMINACIÓN EN LA REGIÓN DE O'HIGGINS

La contaminación atmosférica tiene su origen tanto en condiciones naturales como antropogénicas (por acción del ser humano), las cuales analizaremos a continuación:

**3.1 Factor geográfico:** La Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, comprende una superficie de 3.443,6 Km<sup>2</sup>. Las características del relieve más importantes son la presencia de cuatro fajas longitudinales: Cordillera de los Andes, depresión intermedia, Cordillera de la Costa y planicies costeras.



La Cordillera de los Andes tiene en esta región una altitud que varía entre los 3.000 a 4.000 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y un ancho aproximado de 50 kilómetros, además presenta un marcado volcanismo, el cual se manifiesta en que las mayores alturas corresponden a conos volcánicos, tales como el Tinguiririca (4.620 m) y El Palomo (4.860 m).

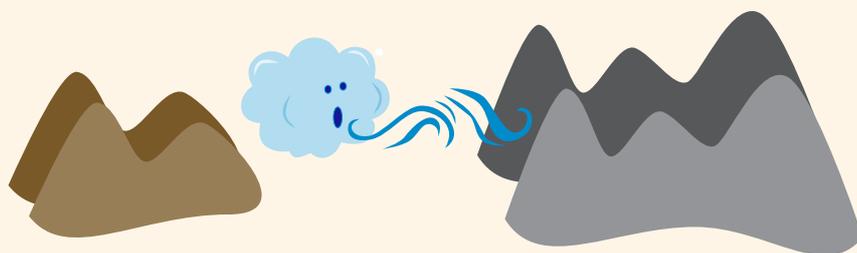


La depresión intermedia se presenta con formas planas generadas por el transporte de materiales, principalmente de origen glacio-fluvio-volcánico, que se extiende desde Angostura de Paine hasta Angostura de Pelequén por el sur, alcanzando una longitud de 60 kilómetros y un ancho aproximado de 25 kilómetros. Es atravesada por el estero Codegua, el río Cachapoal y el río Claro en Rengo. Al sur la depresión intermedia se abre hacia la provincia de Colchagua.



La Cordillera de la Costa se presenta baja y de formas redondeadas que no superan los 2.000 metros. Esta cuenca se abre paso por el valle de Peumo - Codao - Coltauco, para luego al sur de San Vicente de Tagua Tagua, -frente a la ciudad de San Fernando-, volver a retomar altura.

Las características geográficas del valle de la región, propician las condiciones necesarias para impedir la dispersión de los contaminantes al encontrarse entre dos cordones montañosos correspondientes a la Cordillera de los Andes y la Cordillera de la Costa, los cuales dificultan la circulación de los vientos y por ende, la renovación del aire en su interior. Por ello, en épocas de estabilidad atmosférica, los contaminantes generados por la actividad humana quedan atrapados en el valle.



**3.2 Factor climático:** El valle central de O'Higgins se encuentra en una zona de transición entre la extrema aridez, -característica de la zona norte-, y la alta pluviometría (gran cantidad de lluvias) de la zona sur del país. Las condiciones meteorológicas y el comportamiento de diferentes parámetros como la precipitación, temperatura y estabilidad, presentan marcadas variaciones interanuales, en buena medida influenciadas por el comportamiento del Niño Oscilación del Sur (ENOS).

Respecto a las características climáticas, las comunas del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins se caracterizan por un clima templado-cálido con lluvias invernales y estación seca prolongada. Las precipitaciones aumentan de Norte a Sur. En Rancagua se registran al año aproximadamente 446 mm y en San Fernando 773 mm de agua caída.

En el Valle Central durante los meses más fríos, los factores climáticos son muy adversos para la dispersión de contaminantes en la atmósfera. Esto implica que para iguales condiciones de emisión, comparada con otras ciudades a nivel mundial, las concentraciones de contaminantes atmosféricos resultantes en la región de O'Higgins son mayores. El clima de la zona central de Chile se encuentra influenciado por la alternancia de dos factores principales de gran escala: el Anticiclón del Pacífico y los sistemas de bajas presiones (Sistemas Frontales). A lo anterior se suman otros factores de menor escala: depresiones costeras, brisa mar-continente y brisas valle-montaña.





### 3.2.1 Anticiclón del Pacífico y Sistemas Frontales

El Anticiclón del Pacífico es un sistema de altas presiones que da origen a un clima cálido en verano; despejado y frío en invierno. Durante la época invernal, los sistemas frontales del Pacífico Sur generan precipitaciones sobre la zona central. Estas precipitaciones permiten la limpieza temporal de la atmósfera sobre el Valle Central. Una vez que se ausentan las lluvias, los contaminantes podrían aumentar rápidamente, dependiendo de los factores climáticos que se presenten.

### 3.2.2 Inversiones térmicas en la región de O'Higgins

En nuestra región se presenta una inversión térmica de subsidencia (que se mueve en forma horizontal) casi todo el año. Esto implica que sobre el valle de O'Higgins existe una capa que impide la mezcla del aire inferior con el superior. En estas situaciones las partículas más calientes de la capa superior impiden el ascenso de las partículas más frías de las capas inferiores. Además, durante otoño e invierno, se genera una capa de inversión causada por el enfriamiento de la superficie terrestre. Esta inversión térmica radiativa de superficie, es decir, que pierde calor desde abajo hacia arriba, normalmente se debilita durante el transcurso del día, por el efecto de la radiación solar.

Cuando los dos tipos de inversiones se presentan simultáneamente durante los meses de otoño-invierno, existe una capa de mezcla muy reducida y una atmósfera muy estable. Bajo esta condición se generan los episodios de mayor contaminación atmosférica durante el año.

### 3.2.3 Depresiones costeras

Las depresiones costeras corresponden a sistemas de bajas presiones localizadas, que se generan por el calentamiento de la masa terrestre. De acuerdo a estudios, la mayoría de los eventos de contaminación severa en el Valle Central de la región de O'Higgins se deben a la presencia de estos sistemas.

### 3.2.4 Patrón de vientos

El patrón de vientos que predomina en la región en todas las estaciones del año, aunque con distintas magnitudes, corresponde al sistema de brisas valle-montaña. Durante el día los vientos soplan desde el sur-oeste. Durante la noche se revierten. Estos vientos transportan los contaminantes hacia el propio valle o fuera de él.

Las condiciones meteorológicas del verano logran ventilar el valle por la mayor velocidad del viento y la menor potencia de la inversión térmica. Durante el invierno, con menores velocidades del viento y menor insolación terrestre no se logra el efecto anterior, lo que redundaría en una recirculación de los contaminantes en el valle y su acumulación en días sucesivos.

## EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN

### 4.1 Efectos de la contaminación en la salud

Los efectos de la contaminación del aire sobre la salud de las personas han sido reconocidos mundialmente desde un episodio de contaminación en Londres, que en diciembre de 1952 causó la muerte de al menos 4.000 personas. Nadie duda desde entonces de los efectos adversos para la salud de las altas concentraciones de contaminantes. Sin embargo, desde 1990 se ha acumulado una importante evidencia que sugiere que concentraciones de partículas y otros contaminantes, hasta entonces consideradas seguras,

producen un daño significativo en la salud humana que se manifiesta especialmente en hospitalizaciones por patología cardiovascular y enfermedades broncopulmonar obstructiva crónica; consultas en servicios de urgencia; días de ausentismo laboral y escolar; exacerbaciones de cuadros asmáticos y aumento de síntomas como tos, entre los principales efectos. A continuación en la figura 3 se logra visualizar los efectos de la contaminación del aire en la salud de las personas.



- Retraso en conductas del aprendizaje



- Bronquitis
- Irritación de Vías respiratorias
- Asma



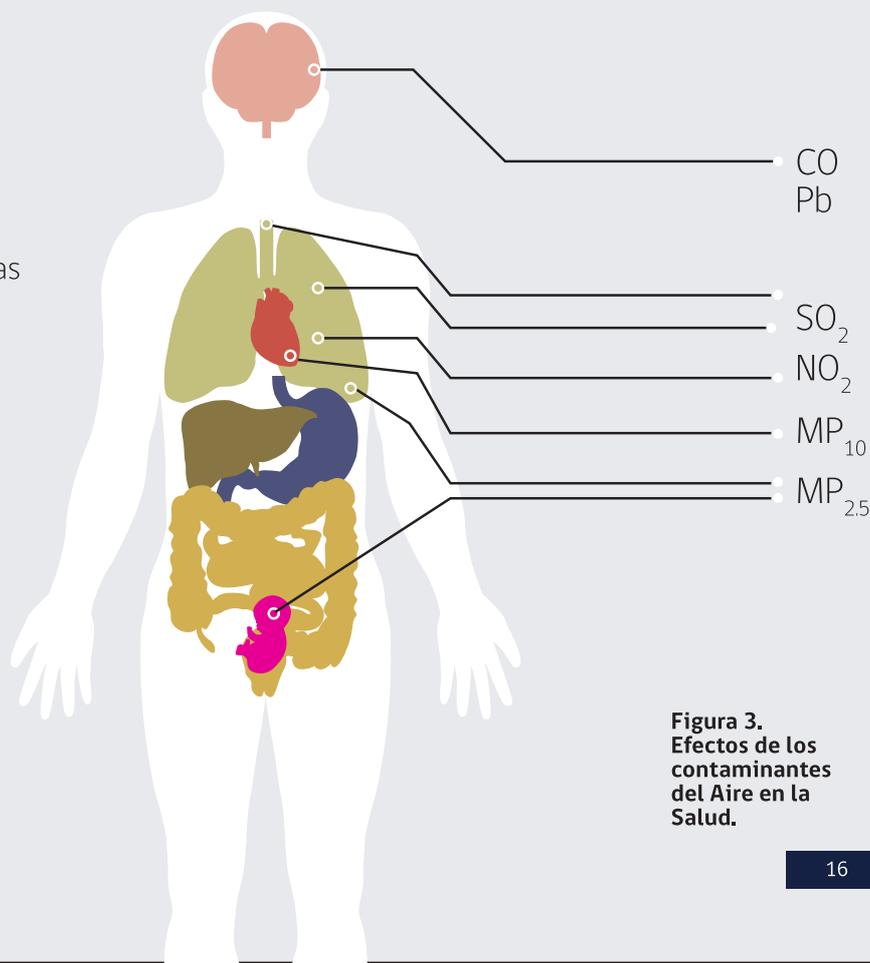
- Aumenta la posibilidad de enfermedades cardíacas.



- Daño en la Médula Espinal
- Leucemia
- Problemas en el feto



- Irritación de ojos
- Mareos
- Dolor de Cabeza



**Figura 3.**  
Efectos de los  
contaminantes  
del Aire en la  
Salud.

## 4.2 Efectos de la contaminación en el medio ambiente

La contaminación del aire afecta la flora y fauna de la misma manera que afecta a los seres humanos, provocando por ejemplo, disminución de la productividad, daños en hojas y frutos. También podemos señalar que el Ozono Troposférico ( $O_3$ ) tiene efectos nocivos sobre las tasas de crecimiento de las plantas, además, afecta las vías respiratorias de animales, especialmente aves que presentan altas tasas metabólicas.

Por último, afecta el medio ambiente construido, a través de la corrosión y oxidación de los materiales en edificios y particularmente en monumentos que son patrimonio nacional y/o mundial.



## INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL

Con la finalidad de velar por lo indicado en el artículo 19 de la Constitución Política Chilena donde se resguarda el **derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación**, es que el Ministerio de Medio Ambiente en la Ley 19.300 de la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente ha estipulado la existencia de **instrumentos de gestión ambiental**, dentro de los cuales se encuentran las **normas ambientales**.

### Normas Ambientales

- Normas Primarias de Calidad del Aire

### Plan de Descontaminación Atmosférico

- ¿Qué es un Plan de Descontaminación?
- ¿Qué es una Zona Saturada?
- Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central de la Región de O'Higgins



## 5.1 NORMAS AMBIENTALES

Es un acuerdo social que establece el nivel máximo de contaminantes que se considera aceptable para la protección de la población o del medio ambiente.

Es el instrumento de gestión que permite prevenir o bien atender problemas ambientales mediante distintos tipos de normas: Normas de calidad primarias, normas de calidad secundarias y normas de emisión.

Según lo que se quiera proteger de los efectos de la contaminación, existen dos tipos de normas de calidad: Primarias y Secundarias. Las primeras tienen por objeto proteger la salud de las personas y las segundas tienen por objeto proteger los recursos naturales u otros, como, cultivos, ecosistemas, especies, monumentos o sitios arqueológicos.

**"Con este instrumento regulamos la calidad de aire que respiramos".**



Con el fin de centrarnos en esta guía respecto a la problemática que sufre el Valle Central de la Región de O'Higgins, ahondaremos en la norma primaria de calidad del aire.

### 5.1.1 Normas Primarias de Calidad del Aire

Tienen por objetivo reducir los contaminantes en el aire con el objeto de proteger la salud de la población y de los recursos naturales u otros.

Establece los valores de las concentraciones y períodos permisibles de elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, cuyas presencias en el aire pueda constituir un riesgo para la vida o la salud de la población, según tabla 2.

## Normas Primarias de Calidad del Aire:

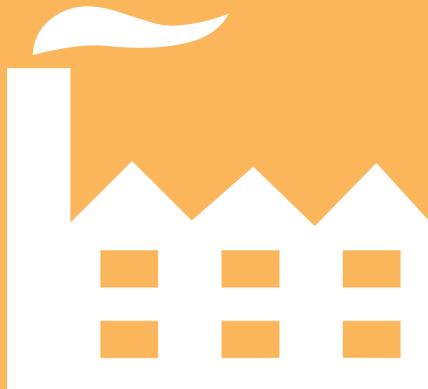
CONTAMINANTE	NORMA	UNIDAD	TIPO DE NORMA
Material Particulado Respirable (MP10)	50 150	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Anual Media Diaria
Dióxido de Azufre	80 250	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Anual Media Diaria
Ozono	120	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio de 8 horas
Monóxido de Carbono	10.000 30.000	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio de 8 horas Media de 1 hora
Dióxido de Nitrógeno	100 400	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Anual Media de 1 hora
Material particulado respirable fino (MP2,5)	20 50	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Media Anual Media Diaria

**Tabla 2.**  
Normas Primarias  
de Calidad del Aire

## 5.2 PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICO (PDA)

### 5.2.1 ¿Qué es un Plan de Descontaminación?

El Plan de Descontaminación es una herramienta de gestión ambiental que tiene como finalidad recuperar los niveles señalados en las normas primarias y/o secundarias de calidad ambiental de una zona saturada.



### 5.2.2 ¿Qué es una Zona Saturada?

Es aquella área donde una o más normas de calidad ambiental se encuentran sobrepasadas. Las mediciones registradas para el Material Particulado Respirable (MP10), entre los años 2004 y 2011 en las estaciones de monitoreo de calidad del aire que forman parte de la red de vigilancia (Rancagua, San Francisco de Mostazal, Codegua y Casas de Peuco), dan cuenta de valores que sobrepasan la norma diaria para dicho parámetro. En el caso de San Francisco de Mostazal y Codegua, esta condición se da para los años 2004 y 2007.

Los resultados permitieron concluir que la norma primaria de 24 horas para MP10 se encuentra sobrepasada, como se observa en la Tabla 3, que señala para cada año y estación de monitoreo, el valor del percentil 98. Esto justificó la declaración del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins como zona saturada por MP10 en 24 horas.

Año	Percentil 98 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	Rancagua $\mu\text{g}/\text{m}^3$	San Fco. de Mostazal $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Codegua $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Casas de Peuco $\mu\text{g}/\text{m}^3$
2004	172 (*)	152	151	105
2005	143	128	100	81
2006	153	146	134	112
2007	186	154	157	110
2008	149	129	113	78
2009	162	141	136	101
2010	272	127	105	82
2011	206	151	115	79

Tabla 3.

Evolución de la norma diaria de MP10 en red de vigilancia histórica.

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  = Microgramos por metro cúbico

2004\*: Corresponde a los primeros 12 meses de medición (abril 2004 a marzo 2005), los otros años son completos. (1 de enero a 31 de diciembre). Fuente: Anteproyecto Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central de la Región de O'Higgins.



## Zona Saturada MP10 Valle Central de la Región de O'Higgins



Figura 4. Zona Saturada por MP10 en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

La zona saturada (figura 4) comprende totalmente a las comunas de Graneros, Rancagua, Doñihue, Olivar, Coltauco, Coinco, Quinta de Tilcoco, San Vicente y Placilla, e incluye parcialmente a las comunas de Mostazal, Codegua, Machalí, Malloa, Rengo, Requinoa, San Fernando y Chimbarongo.

Según la división Político-Administrativa, catorce comunas pertenecen a la provincia de Cachapoal, mientras Chimbarongo, San Fernando y Placilla pertenecen a la provincia de Colchagua.

La población afectada de la zona saturada es de 688.364 personas, correspondiente al 78% del total de habitantes de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, según estimaciones del INE para el año 2011.



La declaración de zona saturada para 17 comunas de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins conduce a la formulación de un Plan de Descontaminación Atmosférico (PDA) para el Valle Central (figura 5), el cual está elaborado con instituciones públicas con competencia en el tema.

Éste será el instrumento que tendrá como meta, recuperar la calidad de aire establecida y permitida por la norma primaria.



Figura 5.

Pasos para llegar a la Elaboración de un Plan de Descontaminación.

### 5.2.3 Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central de la Región de O'Higgins (MP10)

Es el resultado de un trabajo en conjunto con los diversos organismos públicos y/o privados con competencia en la materia, correspondiéndole a la Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (SEREMI del Medio Ambiente) la coordinación del proceso. Este instrumento fué un proceso participativo que permitió, mediante consulta pública, recoger las opiniones de la ciudadanía.

Este Plan de Descontaminación Atmosférico (PDA) aborda prioritariamente los siguientes temas: Leña, Quemas, Industria, Transporte, compensación de emisiones, gestión de episodios críticos, educación y difusión.





En cada una de estas líneas se establecen distintas acciones a desarrollar por distintos estamentos de la sociedad, las cuales son de carácter obligatorio y serán fiscalizadas por las instituciones correspondientes.

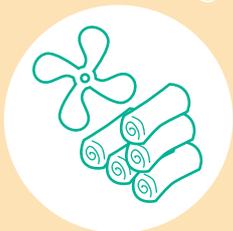
Ejemplos de algunas medidas:



1.- **Para los comerciantes de leña: Vender leña seca** (NCh 2907/2005) menor o igual a 25% en base seca. Contar con xilohigrómetro (medidor de humedad).



2.- **Se prohíbe en la zona saturada chimeneas de hogar abierto:** A contar de la fecha de publicación del decreto en el Diario Oficial se prohíbe en las áreas urbanas de la zona saturada utilizar chimeneas de hogar abierto.



3.- **Regulación del uso de leña en el sector público de la zona saturada:** Dentro del plazo de 12 meses, contados desde la publicación del PDA en el Diario Oficial, los servicios públicos, municipalidades, establecimientos educacionales y establecimientos de salud de la zona saturada reemplazarán los equipos de calefacción individuales que operan con leña por otras alternativas de calefacción menos contaminantes.

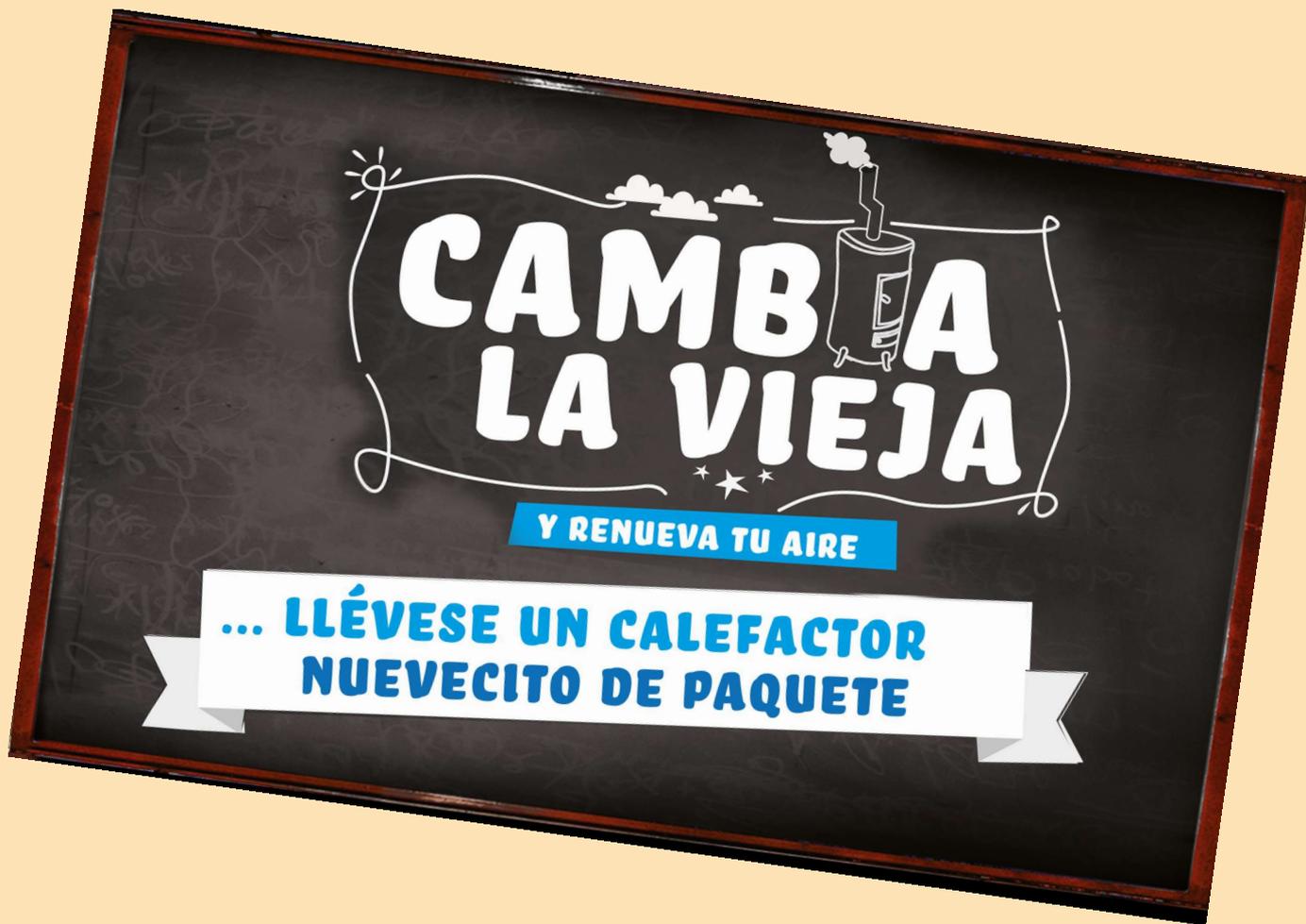


4.- **Se prohíbe en la zona saturada del Valle Central la quema libre,** en la vía pública o en recintos privados, de hojas secas, residuos y desperdicios.





**5.- Programa de Recambio de Calefactores:** Este programa tiene por objetivo retirar parte importante de los actuales artefactos a leña en uso, altamente contaminantes (alta tasa de emisión de partículas y baja eficiencia energética), para reemplazarlos por calefactores de baja tasa de emisión y alta eficiencia térmica que hacen posible un mejor uso de la leña domiciliaria. Para ello, se entregarán subsidios a la población para acelerar el recambio de su calefactor antiguo por uno más eficiente, entregando los antiguos para su destrucción.





**6.- Subsidio de aislación térmica:** Uno de los elementos que influye hoy en día, en el mayor consumo de leña es la inadecuada aislación térmica de las viviendas, lo que provoca pérdida de calor y, por ende, un gasto creciente de leña para mantener una temperatura adecuada al interior del hogar. Por lo anterior, se incentivará la postulación al Subsidio para Acondicionamiento Térmico de la Vivienda del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) el cual mejorará la aislación térmica de las viviendas cuya tasación no supere las 650 UF, permitiendo que las familias beneficiadas accedan a ahorros en calefacción y que disminuyan los efectos de condensación al interior de éstas, propiciando con esto un menor consumo de leña y, por ende, reducir las emisiones de material particulado al aire.



**7.- Incorporación de temáticas de calidad del aire en la educación formal** de establecimientos educativos de la zona saturada.



**8.-** Además se ha desarrollado el **sistema de pronóstico** (figura 6) para el material particulado respirable u otro, el cual arroja las condiciones de aire que tendrá el valle para el día siguiente, permitiendo adoptar medidas que disminuyan el impacto en la salud de la personas.

La Secretaría Regional Ministerial de Educación de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (SEREMI de Educación) comunicará a los establecimientos educacionales de la zona saturada, el inicio del Plan Operacional de Gestión de Episodios Críticos y las medidas que éstos deberán ejecutar en caso de declaración de un episodio crítico. Cada establecimiento educacional

será responsable de mantenerse informado diariamente sobre la evolución de los niveles de calidad del aire y de las condiciones de ventilación, así como sobre la implementación de medidas de prevención y mitigación, en el caso en que se haya declarado una condición de episodio crítico. Durante la declaración de un episodio crítico se aplicarán las siguientes medidas:



Suspensión de las actividades físicas y clases de educación física al aire libre y su reemplazo por actividades intramuros.



Suspensión de actividades deportivas al aire libre organizadas por el Instituto Nacional del Deporte en las comunas de la zona saturada del Valle Central.

Figura 6. Sistema de Pronóstico para el Material Particulado Respirable (MP10)



## Consolidado del Pronóstico de Calidad del Aire Para el martes 05 de junio de 2013

Fecha de Emisión: lunes 04 de junio de 2013, 18:30 Horas

**CONDICIÓN DE CALIDAD DEL AIRE PARA MAÑANA**

# BUENO

**CONDICIÓN METEOROLÓGICA**

Se prevé que el acercamiento de una vaguada en altura haga que las condiciones de ventilación mejores gradualmente durante la mañana

Por esta razón, el PMCA permanecerá en el nivel BUENO.

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

**RECOMENDACIONES**

**PARA LA COMUNIDAD**

1. Para calefacción, prefiera combustibles limpios.
2. Si usa leña, que ésta sea seca, porque contamina menos y calienta más.
3. Prefiera el transporte público y medios no motorizados de transporte.

**PARA LOS AGRICULTORES**

1. Quemadas agrícolas prohibidas entre el 1° de mayo y 31 de agosto en la Provincia de Cachapoal.
2. No quemar restos de poda y cosecha.

Índice de Calidad del Aire referido a Partículas (ICAP) según D.S. N° 59/98 MINSEGPRES que establece a Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable MP10 y en especial los niveles que definen situaciones de Emergencia Ambiental.

BUENO	: 0 - 99	ALERTA	: 200 - 299
REGULAR	: 100 - 199	PREEMERGENCIA	: 300 - 499
		EMERGENCIA	: 500 - Superior

## CONSEJOS PRÁCTICOS PARA DESCONTAMINAR EL VALLE CENTRAL DE LA REGIÓN DEL LIBERTADOR GENERAL BERNARDO O'HIGGINS

**UTILICE CALEFACCIÓN LIMPIA Y EFICIENTE:** Prefiera artefactos más amigables con el medio ambiente.

**SI VA A USAR LEÑA, USE SÓLO LEÑA SECA:** La leña que utilice debe contener como máximo un 25% de humedad, con esto estará reduciendo la contaminación que emite su artefacto.

**AL ENCENDER EL FUEGO:** No use cera ni parafina, no trate de hacer durar el fuego cerrando todas las entradas de aire.

**MANTENGA LIMPIO EL CAÑÓN PARA PREVENIR INCENDIOS:** Con esto lograremos una combustión más eficiente y menos contaminante.

**AL COMPRAR RECONOZCA LA LEÑA SECA:** Trozos livianos, corteza semidesprendida, con grietas en los extremos. Sin manchas de color gris o blanco producto de los hongos. Que tenga color opaco, ya que los colores vivos son muestra de un alto contenido de humedad.

**COMPRA LEÑA TROZADA:** Ya que ésta se seca con mayor facilidad. Y no olvide comprarla sólo en lugares establecidos.

**CUANDO ADQUIERA LA LEÑA:** Guárdela separada del suelo, en un lugar bajo techo y ventilado.

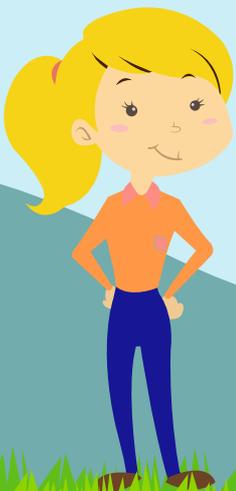
**EVITE EL POLVO EN SUSPENSIÓN:** Moje la superficie antes de barrer. El polvo en suspensión de veredas y calles se levanta por el paso de autos y el barrido.

**EVITE EL USO DEL FUEGO PARA EL CONTROL DE HELADAS Y LA ELIMINACIÓN DE RASTROJOS EN EL CAMPO:** Prefiera otras alternativas como la incorporación al suelo de los mismos, ya que aumenta la materia orgánica y no destruye el suelo.

**NO QUEME BASURA DOMICILIARIA NI HOJAS:** Ya que éstas diseminan las partículas en suspensión que forman el Material Particulado Respirable (MP10)

**MANTENGA SU VEHÍCULO EN BUENAS CONDICIONES:** Una correcta mantención del motor disminuye la emisión de gases contaminantes.

**PREFIERA EL TRANSPORTE PÚBLICO:** Camine o ande en bicicleta en tramos cortos.



# Bibliografía

A large green tree silhouette is the central graphic. To its left, an orange dragonfly is shown with a trail of orange dots. To its right, a blue bird is in flight. The background is white with a vertical column of colored dots on the left side, transitioning from red at the top to brown at the bottom. At the bottom of the page, there is a green grass-like border.

Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférico del Valle Central de la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, 2012. SEREMI de Medio Ambiente, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.

Guía de apoyo docente: Incorporación de los contenidos relativos a la calidad de aire de la Región Metropolitana en el currículum escolar, 2007. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Región Metropolitana.

Estudio "Operación de un Sistema de Pronóstico de Calidad del Aire por MP10 para Rancagua", 2010. CENMA.