

MINUTA ANTECEDENTES PLAN DE DESCONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICO PARA LA LOCALIDAD DE ANDACOLLO Y SECTORES ALEDAÑOS

S. Briceño, C. García, C. de la Maza, P. Schulz*
Agosto de 2013

1. Antecedentes

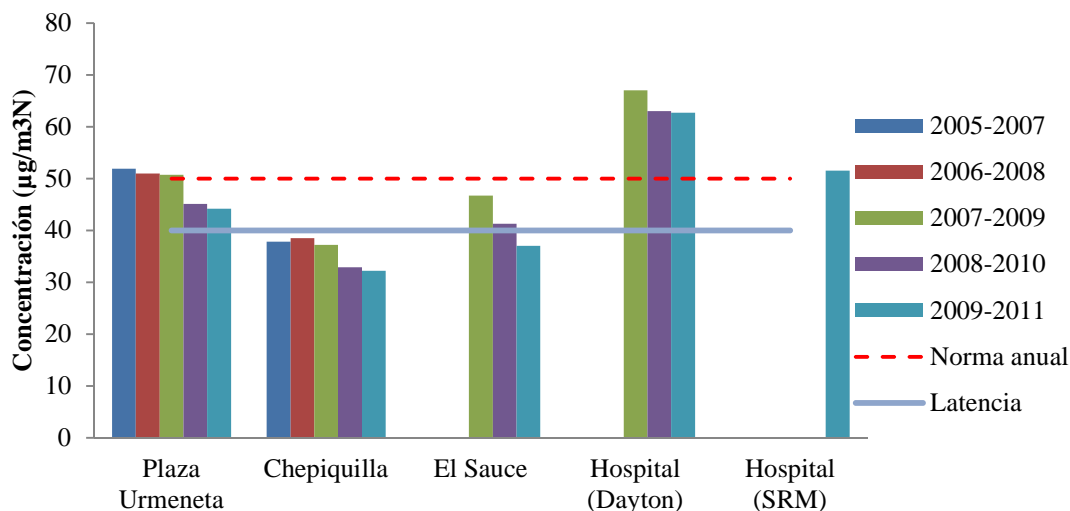
Declaración de zona y calidad del aire

Mediante el Decreto Supremo N° 8 de 2009 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, se declaró Zona Saturada por Material Particulado MP10 la localidad de Andacollo y sectores aledaños, como resultado de la concentración anual y de 24 horas.

Dicha zona saturada tiene una población de 8,123 habitantes¹ y comprende un área que incluye la zona geográfica definida por un polígono de siete puntos de 60 km², que contiene los sectores de zona urbana de Andacollo, faenas mineras de Dayton y Teck - C.D.A, sector Los Negritos por el este y sector Altamira por el norte.

La Figura 1 muestra el valor de concentraciones trianuales de MP10 para las cinco estaciones de monitoreo de Andacollo que cuentan con representatividad poblacional (EMRP).

Figura 1: Concentración Trianual de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$)



Fuente: Elaboración propia en base a Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférico para la localidad de Andacollo y sectores aledaños

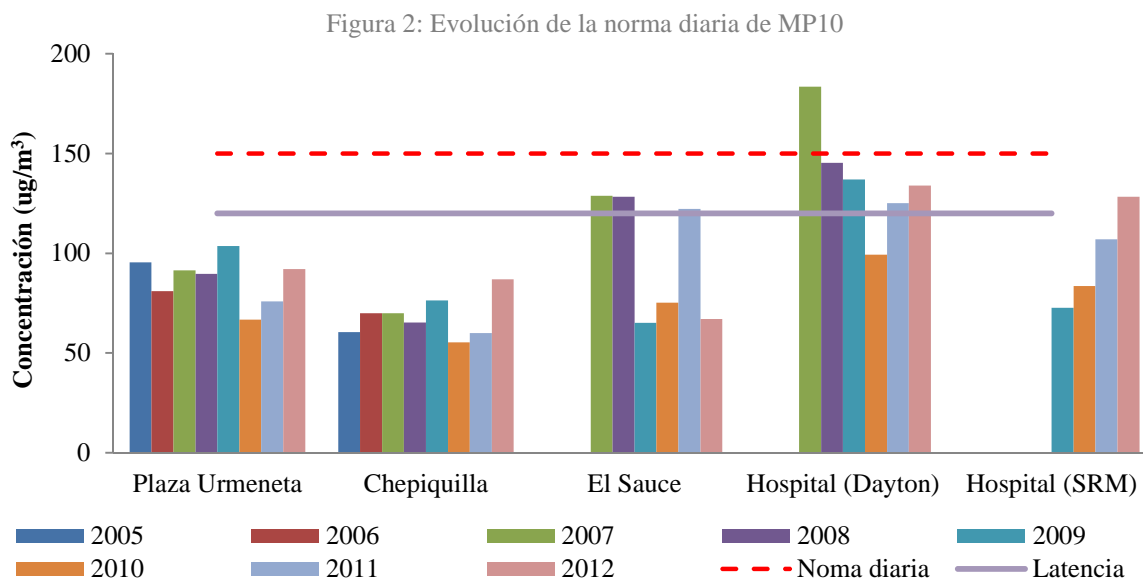
La petición de declaración de Zona Saturada para la norma anual se realizó el año 2007 debido a superación de la norma en la estación Plaza Urmeneta, como se puede apreciar en la Figura 1.

* División de Información y Economía Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente, Chile. Contacto: sbriceno@mma.gob.cl; cgarcia@mma.gob.cl; cde lamaza@mma.gob.cl; pschulz@mma.gob.cl.

¹ Proyección para año 2013, INE, en base a censo 2002

Por otra parte, la petición de declaración de Zona Saturada debido a la norma diaria, se realizó también en 2007 tras la superación de la norma en la estación Hospital de la Minera Dayton.

La Figura 2 muestra el comportamiento de las concentraciones diarias en la zona para MP10. De la figura se puede apreciar que a partir del año 2008 las mediciones dan cuenta de un escenario de latencia.



Fuente: Elaboración propia en base a Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférico para la localidad de Andacollo y sectores aledaños

El inventario de emisiones de la localidad de Andacollo para el año 2010 se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Inventario de emisiones para el año 2010, Andacollo

Zona	Actividad	Emisión MP10 (Ton/año)	Porcentaje
Ciudad de Andacollo	Vehiculares	269	13%
	Relaves	168	8%
	Otras	23	1%
	Total Ciudad Andacollo	460	22%
Minera Dayton	Tránsito camiones	696	34%
	Otras	41	2%
	Total Minera Dayton	737	36%
Minera TECK - C.D.A	Tránsito camiones	735	36%
	Otras	123	6%
	Total Minera TECK-CDA	858	42%
TOTAL		2,054	100%

Fuente: CENMA (2011a)

Emisiones corresponden a "Escenario Actual" del estudio.

Se observa que un 78% de las emisiones de la zona provienen de las dos compañías mineras más importantes del lugar: Compañía Minera Dayton y Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo.

A su vez, la actividad de mayor impacto en las emisiones de ambas compañías corresponde al tránsito de camiones.

En tanto, por el lado de las emisiones generadas en la ciudad de Andacollo, el polvo resuspendido producto del tránsito vehicular es el mayor aportante, seguido de las emisiones generadas por la acción del viento en los relaves mineros².

Con respecto a los relaves, cabe destacar como un antecedente relevante el estudio CENMA (2011b), en el que se lleva a cabo un análisis del contenido de mercurio, arsénico, cadmio, plomo, cromo, hierro, cobre, manganeso y zinc para 18 relaves de la ciudad de Andacollo, analizándose la exposición de la población a estos contaminantes. El estudio concluye que éstos no representan riesgos para la salud de la población.

Regulación Vigente en la zona

La localidad de Andacollo y sectores aledaños fueron declarados Zona Saturada por MP10 en el año 2007 y tras esto se han generado una serie de actividades y gestiones tendientes a mejorar la calidad de aire, esfuerzos que se anticiparon al Plan de Descontaminación. De esta forma, se aprobaron Resoluciones de Calificación Ambiental (RCAs) en el marco de proyectos presentados por las Compañías Mineras Dayton y Teck Carmen de Andacollo.

La Tabla 2 presenta una recopilación de las RCAs para ambas mineras. Mediante dichos instrumentos se han establecido medidas de alta exigencia, dando cobertura a todas las actividades que emiten material particulado dentro de las faenas mineras. A grandes rasgos, las medidas incluyen aplicación de supresores de polvo en chancadores, encapsulamiento de tolva de chancadores, supresores de polvo en caminos, remplazo de flota de camiones, tronaduras de acuerdo a reglamento de Sernageomin, mantención de caminos en la ciudad de Andacollo, etc.

Tabla 2: Resoluciones de Calificación Ambiental para mineras Teck - C.D.A y Dayton

	Resolución	Nombre
Compañía Minera Dayton	RCA 74/2007	Plan Minero 2007-2010
	RCA 155/2005	Proyecto Desarrollo Fase IV- Andacollo Oro
	RCA 360/2008	Modificación Plan Minero 2007-2010
	RCA 16 /2013	Proyecto Andacollo Oro - Medidas para el cumplimiento del Plan de Descontaminación de Andacollo
Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo	RCA 73/1995	Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Andacollo Cobre, de Cía. Minera Carmen de Andacollo
	RCA 193/2001	Ampliación Botadero Norte
	RCA 67/2003	Adecuación y Mejoramiento del Área de Lixiviación
	RCA 7/2006	Modificación Proyecto Adecuación y Mejoramiento del Área de lixiviación
	RCA 104/2008	Extensión Oeste Área de Lixiviación
	RCA 13/2010	Modificación y Ampliación del Proyecto ROM
RCA 97/2012	Recuperación de suelos contaminados por relaves abandonados	

Fuente: Elaboración Propia

² La extracción minera en la zona tiene asociado desechos que se almacenan en forma de tortas de relaves de grandes dimensiones.

Percepción de la comunidad

Tras la realización de una visita a la ciudad de Andacollo³ se pudo constatar que sus habitantes perciben niveles de riesgo subjetivo mayores a los que se alcanzarían mediante la implementación de medidas por parte de las compañías mineras. Cabe destacar que la ubicación de ambas mineras es aledaña a la ciudad, asunto que ha generado gran parte de los conflictos.

El principal problema que la comunidad plantea, en lo que respecta a la contaminación por material particulado, son los altos niveles de contaminación que se presentan durante la noche y la madrugada, así como también durante los fines de semana. De acuerdo a los lugareños, esto se debe a la poca fiscalización que existe dentro de las propias mineras una vez que los supervisores ambientales han dejado las dependencias de la compañía y, a su vez, por el proceso de inversión térmica que afecta a la ciudad. De esto se infiere que los propios ciudadanos consideran que las medidas aplicadas por las mineras son efectivas, pero que es la falta de continuidad en la aplicación de éstas lo que genera los problemas. Por otra parte, sostienen que la utilización de hornos a leña por parte de cinco panificadoras en la ciudad contribuye también al aumento de la contaminación.

Otro problema que se menciona son los eventos post lluvia, que derivan en una alta concentración de polvo resuspendido. De acuerdo a las declaraciones de los habitantes, el polvo se acumula en grandes cantidades en la ciudad, y la circulación de vehículos con residuos de barro provenientes de la mineras contribuye aún más a la acumulación de éste en las calles.

Por último, pese a que no corresponden a problemas relativos a la contaminación por material particulado, la comunidad hizo especial hincapié en las molestias generadas por los ruidos nocturnos producto de la actividad minera, así como también las vibraciones tras las tronaduras y olores molestos producto del uso de reactivos.

Como respuesta a las inquietudes de la comunidad de Andacollo, el anteproyecto para el plan de descontaminación propone medidas en relación a los episodios de lluvia y respeto a mejorar la supervisión de la aplicación de las medidas de control de emisiones.

2. Evaluación de las Medidas

La normativa vigente mediante RCAs para la Compañía Minera Dayton y Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo implica importantes reducciones de emisión de material particulado con respecto al año 2007. Muchas de estas medidas se reafirman en el Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférico para la localidad de Andacollo y sectores aledaños.

A su vez, las compañías mineras han realizado compromisos voluntarios que implican reducción de emisiones de material particulado. La Compañía Minera Teck - C.D.A procedió al retiro de dos relaves bajo el proyecto “Recuperación de Suelos Contaminados por Relaves Abandonados”, que culminó en marzo de 2013. Una segunda etapa del proyecto incluye el desarrollo de jardines y áreas de esparcimiento, además del diseño y construcción de obras civiles en el terreno de los relaves.

Por el lado del Anteproyecto de Plan de Descontaminación Atmosférica, las principales medidas adicionales contempladas para las mineras corresponden a un límite máximo de emisión para ambas mineras, lavado de ruedas de vehículos que abandonen instalaciones mineras en episodios de lluvia, utilización de cubiertas sobre vehículos que transporten material fuera de las instalaciones mineras,

³ Realizada el día 19 de junio de 2013.

instalación y mantenimiento de instrumentos de dirección de viento visibles para la comunidad, incremento de canales de comunicación de tronaduras a la comunidad, implementación de turnos nocturnos, durante fines de semana y festivos para supervisores ambientales de las compañías mineras y auditorías externas con participación de la comunidad a la aplicación de medidas.

Cabe destacar que para el cumplimiento de los límites máximos de emisión, se contempla la posibilidad de reducir emisiones mediante alternativas complementarias como retiro, fitoestabilización o mejoramiento de relaves, pavimentación de calles, generación de áreas verdes en espacios públicos y corredor verde entre el área urbana de Andacollo y las compañías mineras.

El anteproyecto también estipula que la Ilustre Municipalidad de Andacollo deberá disponer de una ordenanza ambiental para fuentes residenciales e industriales o comerciales de menor tamaño. Al mismo tiempo, deberá fortalecer la gestión ambiental local y acceso a la información mediante la creación de una unidad de medio ambiente, capacitación a funcionarios municipales y líderes socio-ambientales e implementar de una página de internet que permita evaluar el avance y la eficiencia de las medidas del plan de descontaminación.

Es importante destacar que el objetivo de las medidas adicionales del anteproyecto apunta no solo a la reducción de emisiones, sino que a mejorar la comunicación entre las compañías mineras y la comunidad, de modo de generar mayor confianza respecto del cumplimiento de las medidas de control de emisiones.

Las medidas estipuladas en el anteproyecto que no implican una reducción de emisiones directa no serán valorizadas, debido a que su costo se considera marginal con respecto a los demás costos del anteproyecto.

Escenarios de Emisión

Los escenarios de emisión considerados corresponden al estudio CENMA (2011a). El escenario “Actual” corresponde a la situación de la zona en el año 2010, mientras que el escenario “Con Medidas” corresponde a mayores medidas de control en caminos y chancadores, así como estabilización de relaves. La presenta Tabla 3 una comparación de ambos escenarios.

Tabla 3: Comparación escenarios Actual y Con Medidas

		Escenario Actual	Escenario Con Medidas
Dayton	Camino portería-bifurcación Las Loas	Pavimentado	Pavimentado
	Camino entrada - cercanías chancadores	Aplicación de bischofita	Tratamiento que asegure 3.09% de contenido de silt
	Otros caminos de tierra	Regado	Tratamiento que asegure 3.09% de contenido de silt
	Chancadores	Algunos cubiertos	Encapsulamiento y filtros
Teck - C.D.A	Caminos no pavimentados	Regados	Tratamiento que asegure 3.09% de contenido de silt
	Chancadores	Controlados	Controlados
Andacollo	Calles no pavimentadas	Bischofita en algunas calles no pavimentadas	Bischofita en todas las calles no pavimentadas
	Relaves	Sin Mitigación	Estabilizados

Fuente: Elaboración propia en base a (CENMA 2011a)

Las emisiones totales de MP10 en el escenario “Con Medidas” son 995.94 tonMP10/año, número que luego de simulaciones de dispersión en la zona se ajusta a 1,008 tonMP10/año debido a la existencia de fuentes no identificadas.

En el escenario “Anteproyecto” se establecen reducciones de emisiones a las compañías mineras y además a las emisiones vehiculares de Andacollo, de modo de que los tres mayores emisores, que aportan más de un 90% de las emisiones en la zona, establezcan acciones de reducción. Este escenario considera un 65% de reducción a los mayores emisores con respecto al escenario “Actual”, con una emisión total resultante de 840 tonMP10/año y una reducción de 1,215 tonMP10/año. Dicho esfuerzo de reducción equivale a un límite máximo de emisión de 300 tonMP10/año para Teck y de 255 tonMP10/año para Dayton. Por su parte, las emisiones vehiculares en la ciudad de Andacollo deben disminuirse en 175 ton/año.

La Tabla 4 presenta un resumen de las emisiones totales por escenario y reducciones con respecto al escenario “Actual”.

Tabla 4: Emisión total y reducción de emisiones por escenario, Ton MP10/año.

	Emisión Total [Ton/año]	Reducción [Ton/año]
Escenario Actual	2,054	0
Escenario Con Medidas (sin corregir)	996	1,058
Escenario Anteproyecto	840	1,215

Fuente: Elaboración Propia en base a (CENMA 2011a)

Costos de las principales medidas

Como se mencionó con anterioridad, gran parte de las medidas contempladas para el Plan de Descontaminación se encuentran en las RCAs de ambas compañías.

Utilizando las cifras de emisiones para “Escenario Actual” y “Escenario Con Medidas” estimadas por CENMA (2011a) y los costos proporcionados por ambas mineras se estimaron costos medios de las principales medidas implementadas, las que se detallan en la Tabla 5.

Se puede apreciar que las medidas más efectivas en la reducción de emisiones de MP10 son los tratamientos de los caminos de tierra de las mineras, con una reducción anual cercana a las 386 toneladas para Dayton y 422 toneladas para Teck - C.D.A, y un costo medio de US\$ 3,392 por ton/año y US\$ 6,546 respectivamente, seguida luego por el tratamiento de los caminos de Andacollo con una reducción de 61 toneladas y un costo de US\$ 4,082 por ton/año.

Una medida interesante corresponde al retiro de relaves y posterior mejoramiento del terreno. Teóricamente, de acuerdo al inventario de emisiones de CENMA (2011a) tiene un potencial de reducción de 168 ton MP10/año, además de presentar otros beneficios paisajísticos y potencial para áreas de esparcimiento de uso público.

Por otra parte, el control de las emisiones de los chancadores resulta ser una medida de poco potencial de reducción de emisiones y a su vez la más costosa en términos de toneladas reducidas.

Tabla 5: Costos medios principales medidas implementadas

Medida	Reducción MP10 [ton/año]	Costos [USD/año]	CMe [US\$/ton/año]
Aplicación bischofita en caminos no pavimentados de ciudad de Andacollo	61	\$ 250,000	\$ 4,082
Tratamiento de caminos de tierra minera Dayton	386	\$ 1,310,000	\$ 3,392
Control emisión en chancadores minera Dayton	4	\$ 266,234	\$ 65,253
Tratamiento de caminos de tierra minera Teck - C.D.A	422	\$ 2,760,000	\$ 6,546
Control emisión en chancadores minera Teck - C.D.A	17	\$ 1,228,338	\$ 71,457
Retiro relaves U y V minera Teck - C.D.A*	8	\$ 35,746	\$ 4,479

Fuente: Elaboración propia en base a datos CENMA (2011a) y a costos proporcionados por mineras. Supuestos: tasa de descuento de 6%, vida útil del proyecto de 20 años. (*)La reducción calculada asume emisiones de 2.66 tonMP10/año/ha de relave, de acuerdo a Estudios Ambientales SGS Chile (2013). Los costos se estiman en base a información contenida en carta de presentación DIA “Recuperación de Suelos Contaminados por Relaves Abandonados”, 2013.

Nótese que los costos medios calculados permiten estimar el costo de reducción 898 tonMP10/año.

Estimación de Reducción de Concentración y Riesgo

Dentro del MP10 se puede distinguir una fracción gruesa, compuesta por partículas de entre 2,5 y 10 micrones de diámetro y una fracción fina, que considera las partículas de tamaño menor o igual a 2,5 micrones, denominado MP2,5. La fracción gruesa del MP10 está constituida por partículas inhalables que pueden penetrar en las vías respiratorias llegando sólo hasta la región torácica, ya que por su tamaño quedan retenidas en la parte superior del sistema respiratorio. La fracción fina está compuesta por partículas suficientemente pequeñas que pueden penetrar en las vías respiratorias hasta llegar a los pulmones y los alvéolos.

Si bien el Anteproyecto atiende contaminación por MP10, los efectos en salud derivan de cambios en concentraciones de Material Particulado fino (MP2.5). Para estimar el cambio en la concentración de MP2.5 con respecto a un cambio en la emisión de un determinado contaminante (NO_x, COVs, SO_x, y MP), se debe estimar el factor de emisión-concentración o FEC para cada zona geográfica. El FEC indica las toneladas necesarias de contaminante para aumentar en 1 µg/m³ el promedio anual de concentración de MP. Los FEC utilizados en la evaluación fueron determinados usando modelos del tipo *roll back* simple (Noel de Nevers 1975; T. Y. Chang 1975), relacionando emisiones con concentraciones:

$$FEC_p = \left(\frac{\partial C_p}{\partial E_p} \right)^{-1} \approx \frac{E_p}{C_p}$$

Donde:

FEC_p: Factor emisión concentración para contaminante p, [(ton/año)/(µg/m3)].

C_p: Concentración ambiental del contaminante p, [µg/m3].

E_p: Emisión del contaminante p [ton].

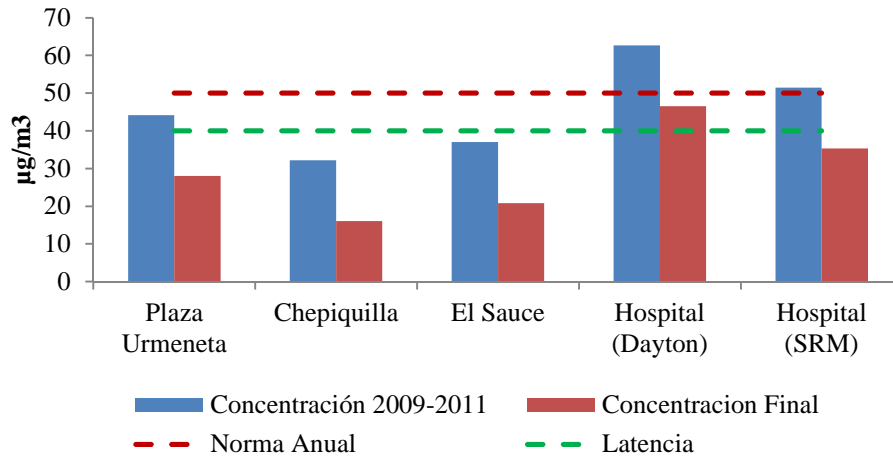
Una vez obtenidos los FEC, el cambio en la concentración de un contaminante p, en este caso MP2.5; se estima como:

$$\Delta C_{MP2.5} = \frac{\Delta E_{MP2.5}}{FEC_{MP2.5}}$$

Nótese que en el caso de Andacollo, se considera sólo la emisión directa de MP2.5 y no la formación secundaria de este, al tratarse de polvo resuspendido principalmente.

De manera análoga, se estima la reducción de concentración de MP10, que si bien no es la fracción más dañina del Material Particulado, es relevante en Andacollo, ya que la declaración de zona saturada se realizó a partir de este contaminante. En la Figura 3 se presenta la concentración estimada en las distintas estaciones de monitoreo para el escenario “Anteproyecto”. Se observa que incluso la estación en condiciones más críticas estaría cumpliendo la norma anual de concentración de MP10, mientras que las estaciones restantes se encontrarían bajo situación de latencia.

Figura 3: Comparación concentración anual de MP10, promedio 2009-2011 y escenario “Anteproyecto”



Fuente: Elaboración propia

Por último, el cambio en concentraciones ambientales se relaciona con el cambio en el número de eventos a través de la utilización de funciones dosis respuesta:

$$\Delta \text{Efecto}_{pj} = \sum_{i=1}^n (e^{(\beta_{pj} \Delta C_{pi})} - 1) \cdot P_{ijp} \cdot y_{0j}$$

Dónde:

- $\Delta \text{Efecto}_{pj}$: Cambio en efecto en salud j debido al delta de emisión del contaminante p [(ug/m³)⁻¹].
- β_{pj} : Coeficiente de riesgo unitario del efecto en salud j y contaminante p [(ug/m³)⁻¹].
- ΔC_{pi} : Cambio en concentración de contaminante p en ubicación i [ug/m³].
- P_{ijp} : Población i expuesta al contaminante p que puede sufrir efecto en salud j [habitantes]
- y_{0j} : Tasa de incidencia base [casos / (habitantes- año)]

Al linealizar⁴ la expresión anterior se obtiene:

$$\Delta\text{Efecto}_{pj} \approx \sum_{i=1}^n \beta_{pj} \cdot \Delta C_{pi} \cdot P_{ijp} \cdot Y_{0j}$$

Esto implica que para la evaluación se asume una relación lineal entre los niveles de concentración y daños en la salud. El detalle de la metodología utilizada se encuentra en “Guía Metodológica para la elaboración de un Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) para Instrumentos de Gestión de Calidad del Aire” (MMA 2011a).

Los resultados de la aplicación de la metodología descrita se presenta en la Tabla 6 para el escenario “Anteproyecto”, evaluándose la reducción porcentual en el riesgo de eventos de mortalidad, morbilidad y productividad perdida con respecto al escenario “Actual”.

En ambos escenarios se observa que la reducción en el número de eventos debido a la menor concentración de MP2.5 varía de acuerdo al grupo etario y al tipo de evento, observándose que adultos mayores de 30 años y adultos mayores son quienes se verían beneficiados con mayores reducciones de mortalidad de largo plazo.

En el caso de reducción de admisiones hospitalarias, todos los tramos etarios presentarían reducción en el número de eventos, mientras que la productividad perdida disminuye en adultos en edad laboral, de 18 a 64 años.

Por último, visitas a salas de emergencia por bronquitis disminuirían para menores de 18 años.

Tabla 6: Reducción de riesgos por evento, escenario “anteproyecto”

Evento	Tipo	<18	18-29	30-64	65+
Mortalidad	Largo Plazo	0.0%	0.0%	4.2%	4.2%
	Asma	1.5%	1.5%	1.5%	0.0%
Admisiones Hospitalarias	Cardiovascular	0.0%	0.7%	0.7%	0.7%
	Neumonía	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%
Productividad Perdida	Días Laborales	0.0%	2.1%	2.1%	0.0%
	Días de Actividad Restringida	0.0%	2.2%	2.2%	0.0%
	Días de Actividad Restringida Menor	0.0%	3.4%	3.4%	0.0%
Salas de Emergencia	Bronquitis	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Fuente: Elaboración Propia, en base a CENMA (2011a) y MMA (2012).

Indicadores Económicos

En esta sección se presentan los costos en que incurrirían las mineras para dar cumplimiento a las medidas de reducción de emisiones.

⁴ Expansión de Taylor de primer orden de la función exponencial. La aproximación es razonable dado que el coeficiente de riesgo β es pequeño.

En la Tabla 7 se presentan las características de ambos escenarios, junto con la reducción de concentración que implicaría, el porcentaje de casos de mortalidad evitados, la concentración en la estación Hospital Dayton y estimaciones de costos de reducción de emisiones.

Se observa también que en el escenario “Anteproyecto”, la estación Hospital Dayton, que presenta las concentraciones máximas de MP10, lograría salir de la saturación.

Tabla 7: Delta de Emisiones y Concentración de MP2.5. Valor Presente de Costos y Beneficios

	Escenario Anteproyecto
Emisión Total MP10	840
Δ Emisiones MP10 [Ton/año]	1,215
Δ Concentración MP10 [μg/m3]	16.1
Δ Concentración MP2.5 [μg/m3]	4.6
Reducción Mortalidad*	4.2%
Concentración Estación Hospital Dayton	47
VP Costos [MM USD]	\$ 82.9

Fuente: Elaboración propia en base a datos CENMA (2011a) y a costos proporcionados mineras.

Supuestos: Tasa de descuento utilizada de 6%, horizonte de evaluación de 20 años, concentración de *Background* para MP2.5 corresponde al 6% de la concentración observada. Concentración inicial de MP2.5 de 15 μg/m3. *Reducción de mortalidad de largo plazo en adultos mayores de 30 años y en adultos mayores.

Con respecto a los costos asociados a la reducción de emisiones, estos fueron calculados utilizando los costos medios de la Tabla 5, en que a las reducciones asociadas a las compañías mineras por sobre 898 toneladas se les asignó el costo de \$4,479 USD/ton/año, correspondiente a retiro de relaves, mientras que el costo de reducir emisiones en calles sin pavimentar de Andacollo se les asigna el costo de aplicación de bischofita, de \$4,082 USD/ton/año.

Sin embargo, las medidas establecidas mediante las RCAs o implementadas por las mineras de forma voluntaria son consideradas de línea base para efectos de este plan, por lo que tanto sus costos como beneficios en calidad del aire no le son atribuibles.

Si suponemos que debido al cumplimiento de RCAs se reducen 898 toneladas y las restantes 316 toneladas son atribuibles al Plan de Descontaminación, tendríamos que los costos asociados a este plan son \$15.8 MM USD en valor presente y a 1.4 MM USD anuales, con una correspondiente reducción de concentración de 4.2 μgMP10/m3 y un 1.1% de casos de mortalidad de largo plazo evitados en adultos mayores de 30 años y en adultos mayores.

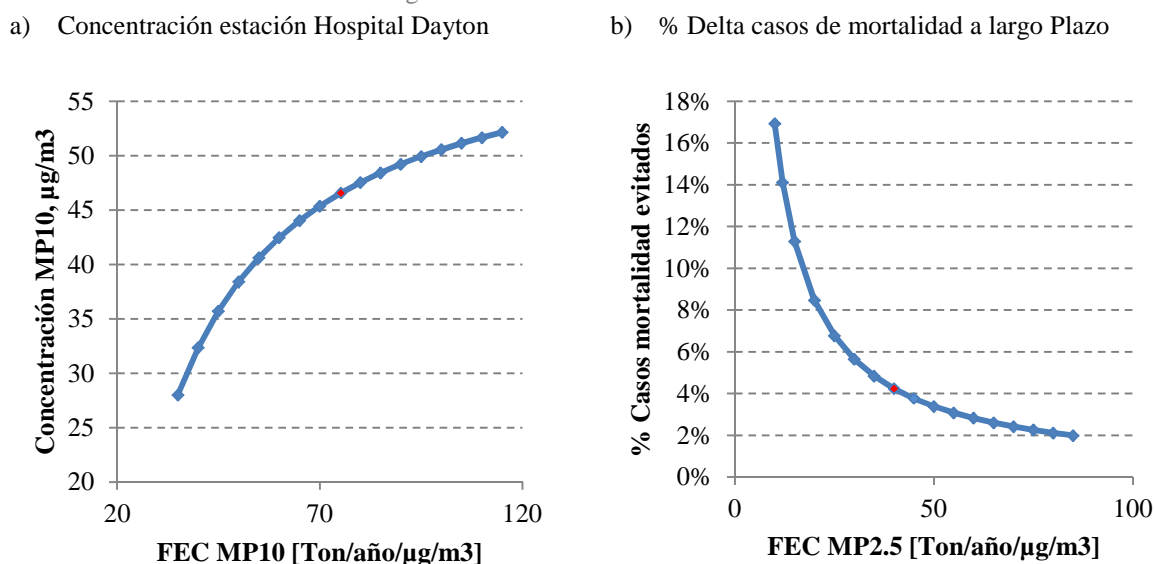
Considerando los significativos costos de reducción de emisiones, una alternativa al problema pudiese ser la relocalización de la comunidad afectada, como ha ocurrido en casos anteriores con otras localidades mineras, como Sewell tras la “Operación Valle” en 1967 o Chuquicamata tras el “Proyecto Traslado” iniciado en 1996. No obstante, ésta no se ha considerado como una medida factible para el caso de Andacollo debido principalmente a factores propios de la ciudad, compuesta por una población tanto urbana como rural, cuyo pilar fundamental de la economía comunal es la actividad minera, pero además se observa una serie de actividades de servicios y un significativo desarrollo de la artesanía, ambas vinculadas principalmente a la explotación de los recursos turísticos relacionados con la riqueza histórica y cultural de la localidad. Así mismo. La ciudad de Andacollo es una localidad altamente religiosa, con un 89% de la población declarando ser parte de la religión católica, y apenas un 2% que se declara ateo, agnóstico o sin religión, frente al 8% a

nivel nacional.⁵ La devoción de la comunidad hacia la Virgen de Andacollo, cuya imagen se venera en el Santuario de Nuestra Señora de Andacollo (monumento nacional) y que lleva a la celebración anual de la fiesta religiosa más importante del Norte Chico, haría muy difícil una posible aprobación de esta medida por parte de la ciudadanía.

Análisis de sensibilidad FEC

Uno de los parámetros más sensibles para los resultados de este tipo de análisis es el Factor Emisión Concentración o FEC, por lo que un análisis de sensibilidad sobre este nos permite hacernos una idea del rango de valores que podrían tener los resultados del análisis frente a distintos valores de éste.

Figura 4: Análisis de sensibilidad FEC



Fuente: Elaboración propia.

El punto rojo de las series corresponde al valor de FEC obtenido para la concentración anual promedio de todas las estaciones monitoras. Supuestos: concentración de *background* corresponde al 40% del total para MP10 y al 5% para MP2.5. Fracción fina del material particulado corresponde al 15% de MP10, al tratarse de emisiones de polvo resuspendido.

La Figura 4 muestra los resultados obtenidos ante variaciones del FEC para concentración de MP10 en la estación Hospital Dayton y para la variación porcentual en casos evitados de mortalidad de largo en adultos mayores de 30 años y adultos mayores. La reducción de emisiones considerada en el análisis corresponde a 1,215 toneladas, correspondiente al escenario “Anteproyecto”.

De la Figura 4 a) se observa que para valores de FEC por sobre 95, la estación Hospital Dayton se encontraría por sobre la norma de concentración anual, mientras que para valores entre 95 y 55 la condición de la estación sería de latencia. Por otra parte, en la Figura 4b) se observa una mayor variación del porcentaje de casos de mortalidad evitados para menores valores de FEC, donde los casos evitados crecerían en a una mayor tasa.

⁵ Biblioteca del Congreso Nacional de Chile – Reportes Estadísticos Comunales 2012: <http://reportescomunales.bcn.cl/index.php/Andacollo>

3. Conclusiones

La declaración de zona saturada por MP10 fue hecha el año 2009, por concentración anual y de 24 horas. Al año 2012, la concentración de 24 horas se encuentra en condición de latencia, mientras que la concentración anual permanece en condición de saturación.

Con respecto a las emisiones de MP10, en la zona saturada de Andacollo la mayor parte deriva de las actividades de las Empresas Mineras Dayton y Teck - C.D.A, con un 78% de las emisiones de tipo antropogénico. En menor grado, aportan las emisiones de flujo vehicular en la ciudad de Andacollo y las emisiones por efecto del viento sobre los relaves.

No obstante, el problema de calidad del aire ha sido abordado con anticipación al Plan de Descontaminación mediante Resoluciones de Calificación Ambiental para las compañías mineras, considerando no solo las actividades dentro de las faenas mineras, sino que también haciéndose cargo de emisiones producto del flujo vehicular dentro de la ciudad de Andacollo e incorporando el retiro de relaves mineros.

Los costos de estas medidas implementadas por las mineras ascienden a alrededor de 67 millones de dólares en valor presente. Sin embargo éstos, por considerarse de línea base, no son atribuibles al Plan de Descontaminación de Andacollo.

El presente plan de descontaminación propone una meta de emisión total de 840 ton/año, lo que resulta un escenario más ambicioso que el mero cumplimiento de las RCAs y que implicaría un costo adicional para las mineras de 661 mil dólares anuales, equivalentes a 7.5 millones de dólares en valor presente y costos de 714 mil dólares anuales, equivalentes a 8.2 millones de dólares en valor presente, por concepto tratamiento a las calles no pavimentadas de Andacollo.

Con respecto a los beneficios, debido a la baja población afectada, la metodología tradicional de análisis costo- beneficio no resulta suficientemente informativa. Es por esto que se presentan reducciones de riesgo, medido como porcentaje de eventos de mortalidad, morbilidad y productividad perdida asociados a la reducción de emisiones.

Dado la baja población de la zona y los significativos costos de reducción de emisiones, una alternativa podría ser la relocalización de la comunidad afectada, no obstante, como se mencionó anteriormente, ésta no se ha considerado como una medida factible para el caso de Andacollo debido principalmente a factores propios de la ciudad como la identidad cultural y religiosa. Además, se debe tener en cuenta que el presente Anteproyecto se trata del cumplimiento de una norma primaria de calidad y que nuestra constitución establece el derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación.

Por último, es importante destacar que el aporte del Plan de Descontaminación para la zona consiste en la incorporación de medidas que mejoraran la supervisión interna en la aplicación de las medidas de control de emisiones por parte de las mineras, aumentarán los canales de comunicación entre la ciudadanía, municipalidad y regulados, contemplándose además medidas precautorias para el futuro. A su vez se otorgará flexibilidad a las empresas para el cumplimiento de sus límites máximos de emisión mediante proyectos que reduzcan emisiones.

4. Ficha del AGIES

ÍTEM	GLOSA	DESCRIPCIÓN
Identificación	Nombre AGIES	Anteproyecto del Plan de Descontaminación Atmosférica para la Localidad de Andacollo y Sectores Aledaños
	Nombre instrumento normativo que da origen al AGIES	Declaración de zona saturada: Decreto Supremo N° 8 de 2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia
	Tipo de regulación	Plan de Descontaminación Atmosférica
	Fecha de término del AGIES	Agosto de 2013
	Alcance geográfico	Polígono definido en el Decreto Supremo N° 8 de 2009, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia
	Instrumento nuevo o revisión	Instrumento Nuevo
	Área de aplicación	Asuntos Atmosféricos
Metodología	Metodología	Análisis Costo-Efectividad
	Normativas consideradas de línea base	RCA 74/2007, RCA 155/2005, RCA 360/2008, RCA 16 /2013, RCA 73/1995, RCA 193/2001, RCA 67/2003, RCA 7/2006, RCA 104/2008, RCA 13/2010, RCA 97/2012.
	Nivel de evaluación de beneficios	Reducción de casos de mortalidad prematura en adultos mayores de 30 años y adultos mayores.
	Tasa de descuento	6%
	Beta	(MMA 2011b)
	Tasas de incidencia	(MMA 2011b)
	Valor de la vida estadística	No aplica (no se valorizan beneficios en salud)
	Modelo de dispersión	Roll Back simple
	Beneficios marginales por concentración de MP2.5	No aplica (no se valorizan beneficios en salud)
	Reducción de concentraciones por parámetro	MP10: 4.2 [µg/m3], MP2.5: 1.2 [µg/m3]
	Reducción de emisiones por parámetro	MP10: 316 ton/año, MP2.5: 47 ton/año
	Años de evaluación	2013-2032
Otros parámetros	Valor del dólar	Información de costos fue recibida en dólares, por lo que no se aplicó ningún tipo de cambio.
	Valor de la UF	
Resultados	Costos estimados en USD (valor presente)	15.8 MMUSD
	Beneficios estimados en USD (valor presente)	No aplica
	Valor actual neto en USD	No aplica
	Costo anual equivalente en USD	1.38 MMUSD
	Beneficio anual equivalente en USD	No aplica
	Valor Neto Anual Equivalente	No aplica

5. Anexo: Tasas de Incidencia Base

En esta sección se presentan las tasas de incidencia base para los efectos en salud considerados en el análisis para Andacollo, además de las tasas promedio a nivel nacional.

Tabla 8: Tasas de Incidencia Base, Andacollo, casos cada 100 mil habitantes

Evento	<18	18-29	30-64	65+
Bronquitis	51,760	0	0	0
Asma	13	72	52	115
Cardiovascular	39	72	496	3,431
Neumonía	1,192	103	258	4,063
Mortalidad Largo Plazo	5	0	99	2,466
Días de Actividad Restringida Menor	780,005	780,005	780,005	780,005
Días de Actividad Restringida	0	646,050	646,050	0
Días Laborales	0	110,383	107,694	0

Fuente: (MMA 2011b)

Tabla 9: Tasa de Incidencia Base, Promedio Nacional, casos cada 100 mil habitantes

Evento	<18	18-29	30-64	65+
Bronquitis	51,760	0	0	0
Asma	43	8	21	53
Cardiovascular	27	45	480	2,909
Neumonía	799	51	140	1,427
Mortalidad Largo Plazo	4	6	88	2,181
Días de Actividad Restringida Menor	780,005	780,005	780,005	780,005
Días de Actividad Restringida	0	646,050	646,050	0
Días Laborales	0	149,285	143,713	0

Fuente: (MMA 2011b)

Referencias

CENMA (2011a). Diagnostico de Calidad de Aire y Medidas de Descontaminación para Andacollo, Solicitado por Ilustre Municipalidad de Andacollo.

CENMA (2011b). Evaluación de Riesgos a la Salud en la Comuna de Andacollo, Preparado para MMA.

MMA (2011a). Guía Metodológica Inventario de Emisiones Atmosféricas M11 Metodología SINCA 2011. Elaborado por AMBIOSIS., Ministerio del Medio Ambiente.

MMA (2011b). Valores Recomendados a Utilizar en la Realización de un AGIES que incorpore un Análisis Costo Beneficio - Salud -. Santiago, Preparado por DICTUC.

MMA (2012). Guía metodológica para la elaboración de un análisis general de impacto económico y social (AGIES) para instrumentos de gestión de calidad del aire. Santiago, Ministerio del Medio Ambiente.

Noel de Nevers, J. R. M. (1975). "Rollback Modeling: Basic and Modified." Journal of the Air Pollution Control Association **25**(9): 943-947.

T. Y. Chang, B. W. (1975). "Generalized Rollback Modeling for Urban Air Pollution Control." Journal of the Air Pollution Control Association **25**(10): 1033-1037.