

Desfachatez inaudita sobre contaminación del aire

El “**Informe Técnico del Desarrollo de la Industria Minera en Chubut**”, respaldado por 27 asociaciones técnicas profesionales de dicha industria, refiriéndose a “**La calidad del aire y su cuidado en la industria minera**”, aseguraba que *“el riesgo que podría existir en la contaminación del aire debido a partículas que se generan en la extracción, acarreo y tratamiento del mineral es mitigado y **reducido a la nada** cuando se aplican tecnologías que utiliza el sector” (1).*

En respuesta a semejante afirmación, desde **Noalamina.org**, consideramos que de ninguna manera se puede presentar un informe técnico profesional sobre un tema tan importante como la contaminación del aire con metales y metaloides, asegurando que el riesgo es mitigado y “reducido a la nada”.

Todos los procesos que se dan durante la etapa de explotación de un emprendimiento minero metalífero generan liberación de polvo y partículas, pero las únicas medidas de reducción y mitigación que se prevén en el Proyecto Navidad, en cuanto a la generación de polvo, son el riego de los caminos donde transitan los camiones hasta la planta de procesos y la contención del proceso de descarga de los camiones en la trituradora y molienda de esa roca en una edificación cerrada. La fracturación de la roca con explosivos, la carga del material fracturado a camiones mediante palas mecánicas y las descargas de material de desecho en relaves y escombreras se realizarían a cielo abierto y sin medidas de contención de polvo y partículas previstas (ni posibles) (2).

Los distintos pasos en el proceso de explotación de una mina producen gran cantidad de partículas que pueden ser clasificadas en tres categorías por sus tamaños. Las partículas de tamaño intermedio (polvo y arena fina), son las más propensas a acumularse en la atmósfera por mayores lapsos de tiempo y por lo tanto las más susceptibles de ser transportadas por el viento. El tiempo medio de permanencia en la atmósfera de estas partículas varía con las condiciones de humedad del ambiente, siendo las regiones áridas y semiáridas aquellas en las que dichos tiempos son más extensos (alrededor de 10 días). Durante su larga presencia en la atmósfera, en regiones de climas áridos y semiáridos pueden ser transportadas por el viento decenas o cientos de kilómetros (3).

Las características climáticas de la meseta central, estudiadas a través de los Informes de Impacto Ambiental anuales de la fase exploratoria del Proyecto Navidad realizados por distintas consultoras, afirman que se trata de un clima semiárido, con limitadas precipitaciones y de escasa vegetación, con vientos predominantes del sector oeste (que corren desde la meseta hacia la costa) con ráfagas registradas de hasta 116,9 km/h (a 3 metros del suelo) y

145,8 km/h (a 10 metros del suelo) **(2, 6, 10, 12, 13, 14)**. En este entorno se ha planificado un proyecto minero a gran escala que tiene previsto enormes diques de relaves (o colas) y escombreras a cielo abierto que estarían expuestos a la erosión eólica.

La formación geológica del Proyecto Navidad consiste en una roca muy abundante en sulfuros con presencia de metales pesados y metaloides **(4)**, algunos de interés económico para recuperación y exportación, y otros no. Si esta roca se fragmenta y tritura (en caso de explotación del proyecto), los sulfuros, en contacto con agua, darían lugar al drenaje ácido de minas, que movilizará los metales pesados y metaloides (importantes contaminantes ambientales, peligrosos para la salud humana, cancerígenos, neurotóxicos, etc.), dejándolos disponibles para su transporte por distintos agentes, como agua, viento, seres vivos, etc **(5)**.

Estos metales pesados, como el plomo, y metaloides, como el arsénico, formarían parte de relaves y escombreras, en concentraciones elevadas, independientemente de si son de interés económico o no para el proyecto, porque las técnicas de recuperación de los metales de interés no son totalmente eficientes. Según las previsiones publicadas por la misma Panamerican Silver Corp. en su estudio preliminar del año 2010, los porcentajes de recuperación de plomo en el Proyecto Navidad variarán entre 38-80% en promedio **(2)**. Se constituiría así, un pasivo ambiental con dimensiones de cientos de millones de toneladas (418.083.000 Tn) quedando a merced de la erosión eólica.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el plomo es una sustancia tóxica para los seres humanos que se acumula en el organismo, sin posibilidad de eliminarse, y ocasiona el deterioro de distintos sistemas (cerebro, hígado, riñones, huesos, dientes) con consecuencias especialmente dañinas sobre el desarrollo del sistema nervioso en los niños. Los efectos neurológicos son irreversibles, afectando negativamente la inteligencia, el comportamiento y la capacidad de aprendizaje. Cualquier nivel de plomo presente en la sangre acarrea serios riesgos, lo que llevó a que la OMS lo incluya en la lista de las 10 sustancias químicas (el arsénico también está incluido) más preocupantes para la salud pública **(6)**.

Considerando la dirección de los vientos predominantes en la zona, que corren de oeste a este y su intensidad, que alcanza ráfagas de entre 115-145 km/h, el sector más perjudicado sería la comunidad de Gan Gan, ubicada a 42 km del Proyecto hacia el este en línea recta. Es importante destacar, que Gan Gan ya presenta, de por sí, valores de polvo en suspensión más altos de lo recomendable en la actualidad, por encima de los estándares normados, según los mismos datos relevados en el informe REHUNA de Impacto Ambiental del Proyecto Navidad **(7)**. Otro sector que se vería afectado por el transporte de

partículas por el viento, sería la costa de la Provincia, con ciudades como Puerto Madryn y Trelew ubicadas a 300 km del Proyecto. Las partículas producidas por la actividad minera, pueden ser transportadas por el viento cientos de kilómetros según afirma el equipo de Ciencias Atmosféricas, Química e Ingeniería Ambiental de la Universidad de Arizona en su investigación del año 2012 **(3)**. En la Provincia de Chubut, ya existen antecedentes que documentan el transporte por medio de los vientos, de grandes cantidades de sedimentos desde el sector de la meseta hacia la costa y el océano atlántico, formando plumas de polvo de hasta 50 km de ancho y 400 km de largo, transportando partículas desde el sector de los lagos Musters y Colhué Huapi hacia la ciudad de Comodoro Rivadavia y bien entrado el Golfo San Jorge (ver figura 1) **(8,9)**.



Figura 1. Tormentas de polvo y arena registradas mediante imágenes satelitales en el año 2020 (izquierda) y 2015 (derecha). Se observa la distribución de la pluma desde la region adyacente al Lago Musters en la meseta de Chubut, hacia la ciudad costera de Comodoro Rivadavia y el Golfo San Jorge. Imagen ISS062-E-85589 cortesía de Earth Science and Remote Sensing Unit, NASA Johnson Space Center (7,8).

A tal punto es relevante la contaminación del aire mediante partículas en la actividad minera que, por ejemplo, el 60% del arsénico atmosférico en el mundo, según estimaciones de Chilvers y Peterson, fue liberado durante operaciones mineras y luego transportado y dispersado en todo el globo por medio del viento **(10)**.

Por todo lo expuesto acerca de la importancia de la contaminación con metales y metaloides en el polvo atmosférico y aerosoles generados por la actividad minera, que los profesionales y técnicos de las empresas responsables de realizar éstas operaciones afirmen que sería mitigado y reducido a la nada resulta de una desfachatez inaudita.

FUNDAMENTOS:

1) El contenido del ***“Informe Técnico del Desarrollo de la Industria Minera en Chubut”*** **(1)**, asegura que:

“El riesgo que podría existir en la contaminación del aire debido a partículas que se generan en la extracción, acarreo y tratamiento del mineral es mitigado y ‘reducido a la nada’ cuando se aplican tecnologías que utiliza el sector.

Existen varios sistemas supresores de polvo que evitan la dispersión de partículas en suspensión cuando se realiza el acarreo de mineral desde la zona de extracción a la planta o cuando es triturado y tratado en la Planta de procesos.

“También se aplican sistemas de biodiversidad y donde se examinan las características de la flora y fauna local, muy a menudo usando los servicios de universidades locales, con el único fin de evaluar la efectividad de estos sistemas supresores.

*“Para completar los controles, medidores de partículas en suspensión son instalados en una red de puntos notables. El registro y análisis posterior son estudiados y analizados por los científicos antes mencionados. Estos registros y resultados forman parte normalmente de las actualizaciones de los **Estudios** de impacto ambiental que se entregan periódicamente a las autoridades de aplicación y que revisten de estado público”.*

Los “sistemas supresores” para mitigar la contaminación del aire con partículas con metales y metaloides que están previstos en el Proyecto Navidad y han sido difundidos públicamente son: a) la supresión del polvo regando con agua los caminos dentro de la zona del emprendimiento y b) contención del polvo en la zona de descarga de camiones y en la zona de descarga de la trituradora dentro de la Planta de procesos.

- a) En el estudio de requerimiento de abastecimiento de agua para Loma de la Plata** (1 de los 8 depósitos que constituyen el distrito minero Navidad), **John Wells, un consultor metalúrgico y de procesos independiente de Aquiline**, preparó un balance preliminar de aguas de proceso para Loma de la Plata. *El balance supone la recuperación de 204 l/s de agua desde el circuito de agua de proceso y un aporte de 86,4 l/s de agua fresca de reemplazo del agua que se pierde en el concentrado y los relaves y el agua para el abastecimiento del campamento. **La adición de 6 l/s para la supresión del polvo arroja un requerimiento de agua de 92,4 l/s.** Esta cifra se ha redondeado, obteniéndose una estimación del requerimiento de recursos hídricos equivalente a 95 l/s. (11)*

Resumiendo, un consumo de 6 litros de agua por segundo se ha determinado para el riego de los caminos que deben transitar los camiones desde el lugar donde se fractura la roca hasta la Planta de procesos. El objetivo es atenuar el polvo generado por el tránsito de 100 camiones diarios (fragmentarían 15.000 Tn de roca y se transportaría en 100 camiones con una capacidad de 15 Tn) tal como

lo detalla el **Reporte preliminar del Proyecto Navidad** que figura en el sitio web de Pan American Silver. (2)

- b) En el video promocional del Proyecto Navidad de Pan American Silver muestran que *“el mineral se vertería en un triturador primario ubicado en un edificio de acero de 23 metros de altura. El polvo sería contenido en la zona de descarga de camiones y en la zona de descarga de la trituradora. La molienda se realizaría en un circuito cerrado”* (12).

Los detalles se pueden observar en las siguientes imágenes.

2) Análisis de Noalamina.org sobre la publicación *“La calidad del aire y su cuidado en la industria minera”*.



Vertido del mineral transportado por camiones al triturador primario en el interior de un edificio (12).

En la actualidad, las operaciones de la minería a gran escala de minerales diseminados incluyen excavación, fracturación, trituración, molienda, separación, fundición, refinación y manejo de relaves. Este largo proceso hasta la obtención del metal de interés, cuyo destino en Argentina es la exportación, involucra diferentes etapas que generan grandes cantidades de polvos y aerosoles (3).

Más allá de que se lograra el control de los pasos descritos anteriormente, resulta imposible impedir la generación de polvo durante las voladuras de miles de toneladas de roca diaria con el uso de explosivos. Tampoco se puede contener durante la carga de la roca fragmentada a los camiones, ni durante las descargas de desechos en los diques de colas después de la extracción del metal en la planta de procesos, ni durante las descargas de mineral con escaso valor económico en las escombreras. Menos aún, evitar la erosión del viento

sobre diques de colas y escombreras (montañas de roca estéril fragmentada que no contiene minerales de valor recuperables).



Voladuras



Fragmentación de la roca mediante explosivos



Carga del material fracturado en camiones para traslado a la planta de procesos



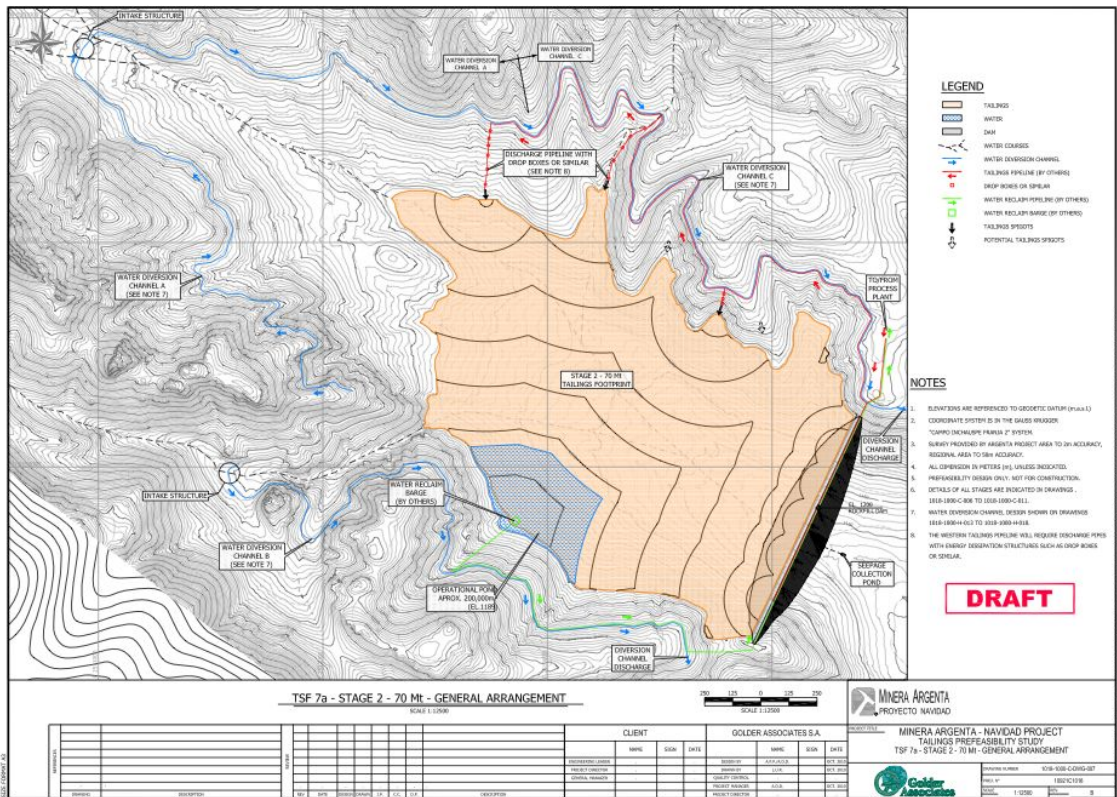
Transporte del mineral



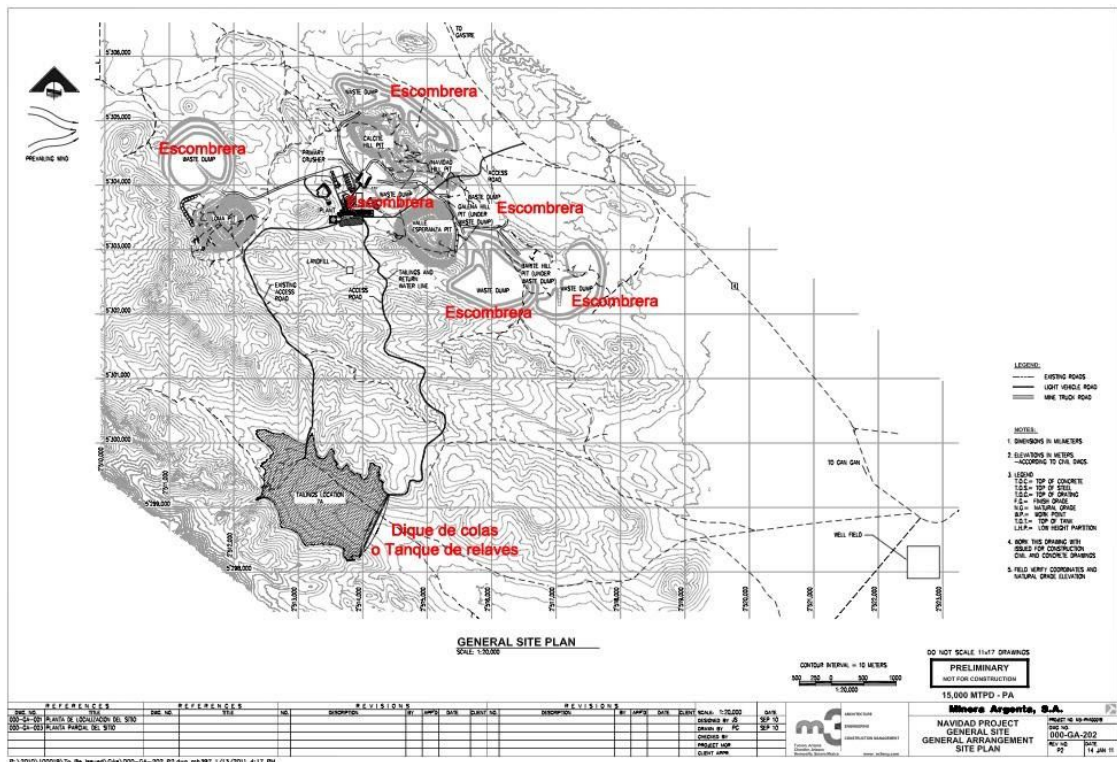
Tanque de relaves o
dique de colas



Diques de colas o tanques de relaves: sitio donde se arrojan los desechos industriales luego del proceso de obtención del metal. Está separado del ambiente en su base por una geomembrana, siendo su contenido los productos químicos de variada toxicidad utilizados en la extracción y los metales pesados que estaban contenidos en la roca.



Dique de colas del Proyecto Navidad (2)



Escombreras junto a cada uno de los 8 tajos (open pits) previstos en el Proyecto Navidad (2)

La producción del Proyecto Navidad después de 17 años de explotación estaría estipulada en **52.874.000 Tn de mineral cobre-plata** y **36.571.000 Tn de mineral plomo-plata**. Siendo además, cuantificados los pasivos ambientales del Proyecto en **418.083.000 Tn de material no mineralizado o sin valor económico** que permanecerían a perpetuidad en el sitio del emprendimiento (2).

**NAVIDAD PROJECT
PRELIMINARY ASSESSMENT**



Table 3-1: Navidad April 2009 Mineral Resources Reported Above a 50 g/t Ag Equivalent (AgEQ) Cut-off Grade

Classification	Tonnes (Mt)	AgEq (g/t)	Ag (g/t)	Pb (%)	Cu%	Contained Ag (Moz)	Contained Pb (Mlb)	Contained Cu (Mlb)
Measured	15.4	177	137	1.44	0.10	67	489	35
Indicated	139.8	147	126	0.79	0.04	565	2,425	127
Measured and Indicated	155.2	150	127	0.85	0.05	632	2,914	162
Inferred	45.9	97	81	0.57	0.02	119	580	22

Notes:

The most likely cut-off grade for Navidad is not known at this time and must be confirmed by the appropriate economic studies.

Silver equivalent grade values are calculated without consideration of variable metal recoveries for silver and lead. A silver price of US\$12.52/oz and lead price of US\$0.50/lb was used to derive an equivalence formula of AgEQ g/t = Ag g/t + (Pb% × 10,000/365). Silver prices were based on a three-year rolling average and lead prices were based on an approximate ten-year rolling average.

The estimated metal content does not include any consideration of mining, mineral processing, or metallurgical recoveries.

Tonnes, ounces, and pounds have been rounded and this may have resulted in minor discrepancies in the total.

Mineral Resources that are not Mineral Reserves do not have demonstrated economic viability. No Mineral Reserves have been estimated.

The estimate of Mineral Resources may be materially affected by environmental, permitting, legal, title, taxation, socio-political, marketing, or other relevant issues.

Estimates of Cu were updated by Pan American Silver Corp. for the purposes of this PA.

IMC has developed a 17 year mine production schedule which will produce:

- 52,874,000 tonnes of copper-silver Ore
- 36,571,000 tonnes of lead-silver Ore
- 418,083,000 tonnes of Non-Mineralised or Non-Economic Material

Según el estudio que realizó el Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) (que usa como base, estudios realizados por otros autores, incluyendo datos de Pan American Silver Corp.), la formación geológica del Proyecto Navidad está compuesta por pirita Argentífera (sulfuro de hierro y plata), galena (sulfuro de pb), calcopirita (sulfuro de hierro y cobre), plata nativa (que es el mineral que se quiere extraer), esfalerita (sulfuro de Zn), argentita–acantita (sulfuro de plata) y baritina (sulfato de bario), entre otros. Es decir, la roca que se sometería a explotación presenta un alto contenido de sulfuros (4). Cuando la roca es fragmentada (durante los procesos de explotación en la actividad minera) y entra en contacto con agua, estos sulfuros

producen lo que se conoce como drenaje ácido de minas, que tiene la capacidad de movilizar los metales pesados y metaloides que también están presentes en la misma roca: plomo, zinc, cobre, hierro, arsénico. Movilizar significa que se transportan o que quedan disponibles para ser transportados por otros agentes (viento, agua, seres vivos) (5).

Los metales pesados y metaloides formarían parte de los relaves y escombreras en concentraciones elevadas, dada la composición de la roca explotada y las limitaciones intrínsecas de las técnicas de recuperación de los metales de interés. Si bien el Proyecto Navidad prevé la extracción (es decir, el aprovechamiento económico) de cobre y plomo además de plata, la eficiencia de la técnica de flotación para recuperar el mineral desde la roca (que es una mezcla sólida de muchos minerales distintos) no es total y puede variar entre 38 y 80% en promedio según datos del informe preliminar de Panamerican Silver Corp. del año 2008 (2). Es decir, el plomo, que es un neurotóxico humano, estará presente en variadas concentraciones en relaves y escombreras (entre otros metales pesados y metaloides como el arsénico), disponible para ser dispersado en el espacio por agentes de transporte.

**NAVIDAD PROJECT
PRELIMINARY ASSESSMENT**



Standard open circuit rougher kinetic and batch cleaner flowsheets and test conditions were established (based on prior G&T testwork) for the variability test work. Results of the variability testing are as follows:

Table 18-4: Summary of 2010 Test Data

	Head Grade		% Recovery (open circuit cleaner)		Concentrate Grade	
	g/t	%	%	%	g/t	%
Deposit	Ag	Pb	Ag	Pb	Ag	Pb
Loma Pilot Plant	351	0.18	80	59	46185	17.8
Barite Hill	20-225	0.12-2.0	30-70	50-80	100-20,000	15-80
Galena Hill low grade	20-60	1.0-2.0	10	80-85	100 – 300	70
Galena Hill Pyrite comp	204	5.95	25	80	570	59
Calcite Hill variability	100 – 332	0.13-5.0	80-95	35-88	30,000-60,000	10-75
Navidad Hill variability	10-6,000	0.1-14.0	15-83	0-85	1000-200,000	1-70
Galena Hill variability	56-1682	0.08-6.10	23-87	2-92	700-53,000	2-58
Connector Zone variability	11-806	0.06-1.47	12-87	1-77	500-69,000	0.5-58

2) 1. Presencia de metales y metaloides en el polvo atmosférico y aerosoles producidos por operaciones mineras.

La bibliografía sobre contaminación por aire generada por la actividad minera es escasa comparándose con otras vías como el agua o el suelo. Uno de los trabajos más completos que estudiamos para este artículo es una publicación

científica titulada ***“Revisión sobre la importancia de la presencia de metales y metaloides en el polvo atmosférico y aerosoles producido por operaciones mineras”*** en la que intervinieron investigadores de la Universidad de Arizona – North Ryde, Sydney – Nova Southeastern, Ft Lauderdale. (3)

El resumen del trabajo expresa:

“Los contaminantes pueden ser transportados rápidamente y a distancias relativamente largas por el polvo atmosférico y el aerosol en comparación con otros medios como el agua, el suelo y la biota; sin embargo, pocos estudios han evaluado explícitamente las implicaciones ambientales de esta vía, lo que la convierte en un mecanismo de transporte fundamental pero poco estudiado”.

“Si bien existen numerosas actividades naturales y antropogénicas que pueden incrementar las emisiones de polvo y aerosoles y los niveles de contaminantes en el medio ambiente, las operaciones mineras son notables con respecto a la cantidad de partículas generadas, la extensión global del área impactada y la toxicidad de los contaminantes asociados con las emisiones”.

“La revisión evalúa las prioridades de investigación futuras basadas en la literatura disponible y sugiere que existe una necesidad particular de medir y comprender la generación, el destino y el transporte de partículas en el aire de las operaciones mineras, específicamente la fracción de partículas más finas. De manera más general, nuestros hallazgos sugieren que las operaciones mineras juegan un papel importante pero subestimado en la generación de polvo y aerosoles atmosféricos contaminados y el transporte de contaminantes metálicos y metaloides, y destacan la necesidad de más investigación en esta área. El papel de las actividades mineras en el destino y el transporte de contaminantes ambientales puede volverse cada vez más importante en las próximas décadas, ya que se prevé que el cambio climático y el uso de la tierra se intensifiquen, lo que puede aumentar sustancialmente el potencial de emisiones de polvo y transporte”.

Fundamentos:

Las operaciones mineras modernas incluyen excavación, trituración, molienda, separación, fundición, refinación y manejo de relaves. Todos los procesos producen grandes cantidades de polvo y aerosoles, incluido el transporte de mineral con camiones de transporte y trenes. Las partículas de polvo y aerosoles emitidas por las operaciones mineras pueden movilizar niveles peligrosamente altos de metales y metaloides, incluidos los elementos neurotóxicos Pb (plomo) y As (arsénico), que luego pueden acumularse en los suelos, las aguas naturales y la vegetación. Los contaminantes acumulados en los suelos locales y los

relaves de las minas pueden dispersarse aún más por la erosión eólica. Los altos niveles atmosféricos de partículas atmosféricas que contienen metales y metaloides pueden tener un impacto sustancial en el medio ambiente y la salud humana. La **magnitud de este impacto** depende tanto de la **concentración de contaminantes** como del **tamaño de la partícula**.

Tamaño de las partículas:

El polvo y los aerosoles atmosféricos se presentan en tres rangos principales de tamaño: los modos ultrafino, acumulativo y grueso, como se analiza en detalle por Seinfeld y Pandis (2006) (Figura 6).

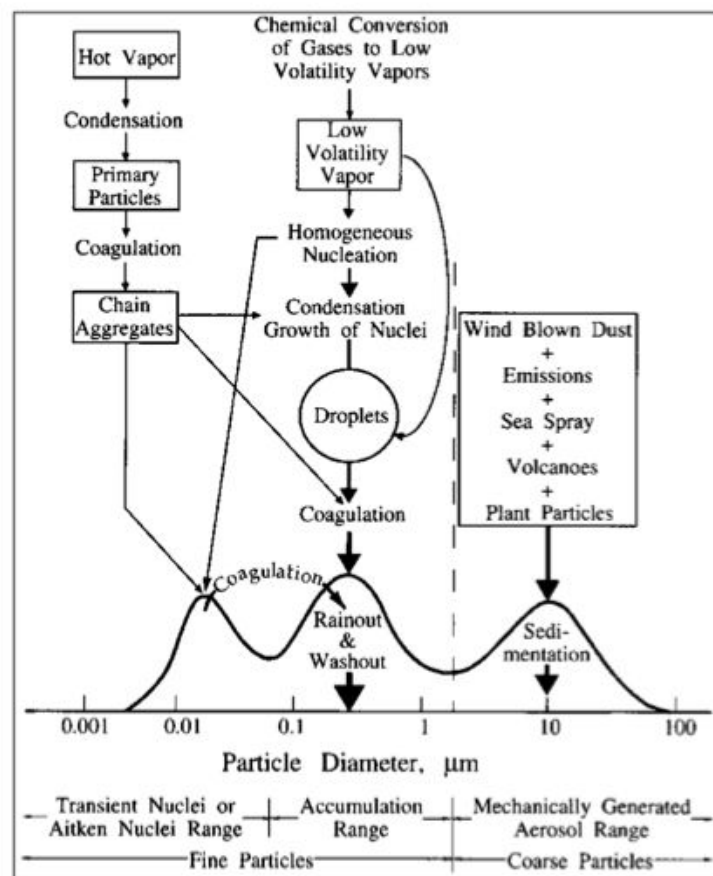


Figure 6. Idealized description of processes that affect atmospheric aerosol formation in three size ranges or modes – ultrafine (or Aitken), accumulation, and coarse (reprinted from Seinfeld and Pandis, 2006).

Las tres categorías de granulometría son importantes para las emisiones relacionadas con la minería: las **partículas ultrafinas** se generan mayormente durante la fundición o en los diques de cola (Figura 5b y 5c), y son tan pequeñas que se difunden,

coagulan y/o flocculan acumulándose y sedimentando, de manera que su tiempo medio en la atmósfera es de minutos a horas. En el otro extremo del espectro, las **partículas gruesas** se generan por acción mecánica, incluida la trituración y molienda de minerales y la erosión eólica de los relaves de la mina (Figura 5a y 5d), y son lo suficientemente grandes como para **sedimentar rápidamente fuera de la atmósfera en minutos u horas**. Las **partículas emitidas por los relaves de la mina** debido a la **erosión eólica** suelen estar en el rango grueso. Sin embargo, **potencialmente pueden tener una amplia distribución de tamaños**, así como **un rango de concentraciones de metales y metaloides**.

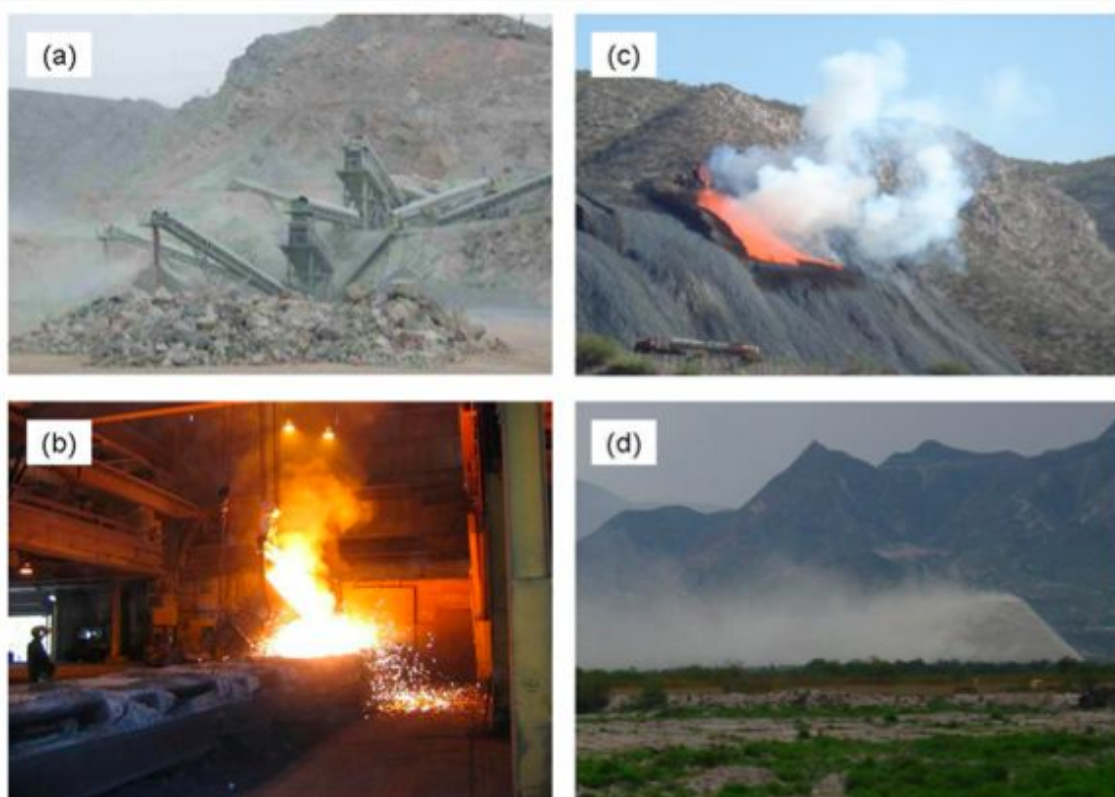


Figura 5:

Emisiones de partículas gruesas de (a) trituración y molienda y (d) erosión eólica de relaves mineros; Emisiones de partículas finas de polvo de b) fundición y c) vertederos de escoria. a. (Maquinaria SBM, 2010) b. (Listavia International, 2011) d. (Cortesía de Blenda Machado, México).

En particular, los **depósitos eflorescentes**, generados por la **evaporación del agua que fluye a la superficie de los relaves** por capilaridad, pueden contener **concentraciones de metales y metaloides** que son mucho **más altas** que la capa superior del suelo de los relaves circundantes debido a la presencia de sales contaminantes solubles cristalizadas. Las **partículas secas y eflorescentes** son

particularmente **susceptibles a la erosión eólica**. En el medio del espectro de tamaño, las partículas en modo de acumulación son demasiado grandes para difundirse / coagularse a una velocidad significativa y, sin embargo, son demasiado pequeñas para sedimentar por gravedad, por lo que se acumulan en la atmósfera. Las partículas en modo de acumulación dependen en gran medida del ciclo del agua para la lluvia / lavado de las partículas y, por lo tanto, pueden tener un impacto global, con **un tiempo de residencia promedio de 10 días en la atmósfera**. Los climas áridos y semiáridos pueden tener tormentas de polvo que **pueden transportar incluso partículas gruesas decenas o incluso cientos de millas** como se discutió anteriormente. Los climas más secos también **tienden a prolongar el transporte de partículas**.

El tamaño de las partículas también afecta la eficiencia de la deposición de polvo y aerosoles en el sistema respiratorio humano tras la inhalación. Las partículas gruesas, como las que resultan de la trituración y molienda de minerales, se depositan en el sistema respiratorio superior y se tragan y pasan por el sistema digestivo donde los contaminantes pueden ser absorbidos, según su biodisponibilidad. Por el contrario, las partículas finas, como las que se originan en las operaciones de fundición, respiran profundamente en los pulmones donde pueden transportarse directamente al torrente sanguíneo. Además, la deposición dérmica y la ingestión incidental son mecanismos de exposición relacionados con el tamaño de las partículas. Por lo tanto, determinar la composición química en el polvo de las operaciones mineras en función del tamaño de las partículas es crucial para cuantificar los posibles efectos nocivos sobre la salud humana y el medio ambiente.

Las principales vías de transporte de contaminantes en el medio ambiente son: aire, agua, suelos y biota. El transporte de contaminantes por aire puede ocurrir por transferencia directa de especies volatilizadas o por partículas. Las partículas en suspensión atmosférica (generalmente en el rango de tamaño de partícula $<60\ \mu\text{m}$), incluidos los aerosoles y el polvo (denominados colectivamente aquí como partículas atmosféricas), pueden desempeñar un papel importante en el transporte de contaminantes ambientales, particularmente aquellos que tienen baja volatilidad y baja solubilidad en agua. y permanecer adheridos a las partículas del suelo. El transporte de partículas atmosféricas es una vía importante por la cual los contaminantes pueden redistribuirse en el medio ambiente ya sea desde fuentes puntuales, como fundiciones de minas, o por fuentes distribuidas, como grandes centros industriales o entornos urbanos.

Es probable que este mecanismo de transporte se vuelva más importante con el aumento de la actividad de uso de la tierra y el cambio climático proyectado. Por ejemplo, la frecuencia e intensidad de las tormentas de polvo han aumentado en las últimas décadas en muchas partes del mundo, como África, Australia y China, en gran parte debido al aumento de las actividades humanas y el clima. Los grandes eventos de polvo, como el que se muestra en la Figura 1, tienen el potencial de transportar grandes cantidades de contaminantes rápidamente a largas distancias y una gran extensión aérea en relación con otras vías de transporte (agua, suelo y biota) y, por lo tanto, representan un riesgo único para los humanos. salud y medio ambiente.

El transporte de contaminantes por partículas atmosféricas es motivo de preocupación mundial porque las masas de aire que contienen grandes cantidades de polvo y aerosoles cruzan con frecuencia fronteras continentales e internacionales y, a menudo, tienen consecuencias ambientales adversas en las zonas de depósito a favor del viento.

En relación con las otras vías de transporte principales (agua, suelo y biota), este mecanismo tiene el mayor potencial para transportar contaminantes no volátiles a escalas regionales y globales porque las masas de aire generalmente no están confinadas en un grado apreciable por límites topográficos u otras barreras que puedan impedir el transporte, como es el caso del agua, el suelo y la biota. Además, las partículas atmosféricas tienen el mayor potencial para transportar contaminantes rápidamente (de horas a días) a través del medio ambiente, ya que las masas de aire se mueven a una velocidad mucho mayor que el agua superficial, el agua subterránea y la mayoría de los vectores biológicos.

La mayoría de las fuentes naturales y antropogénicas de polvo atmosférico se encuentran en regiones áridas y semiáridas, que representan aproximadamente el 40% de la superficie terrestre mundial y están habitadas por un tercio de la población mundial. Estos entornos son particularmente susceptibles a la erosión eólica y las emisiones de polvo porque la cubierta vegetal es típicamente escasa, el contenido de humedad superficial es generalmente bajo y la cohesión de las partículas del suelo es a menudo inherentemente débil debido a su humedad y bajo contenido de materia orgánica.

Al considerar las fuentes antropogénicas de partículas minerales atmosféricas, las operaciones mineras presentan potencialmente el mayor riesgo para la salud humana y el medio ambiente porque estas fuentes son globalmente extensas, generan grandes cantidades de partículas casi continuamente y tienen un alto potencial de

contaminantes tóxicos asociados con las emisiones.

Aunque existen numerosas fuentes naturales y antropogénicas de partículas atmosféricas, las operaciones mineras presentan el mayor riesgo potencial para la salud humana y el medio ambiente (Figura 3).

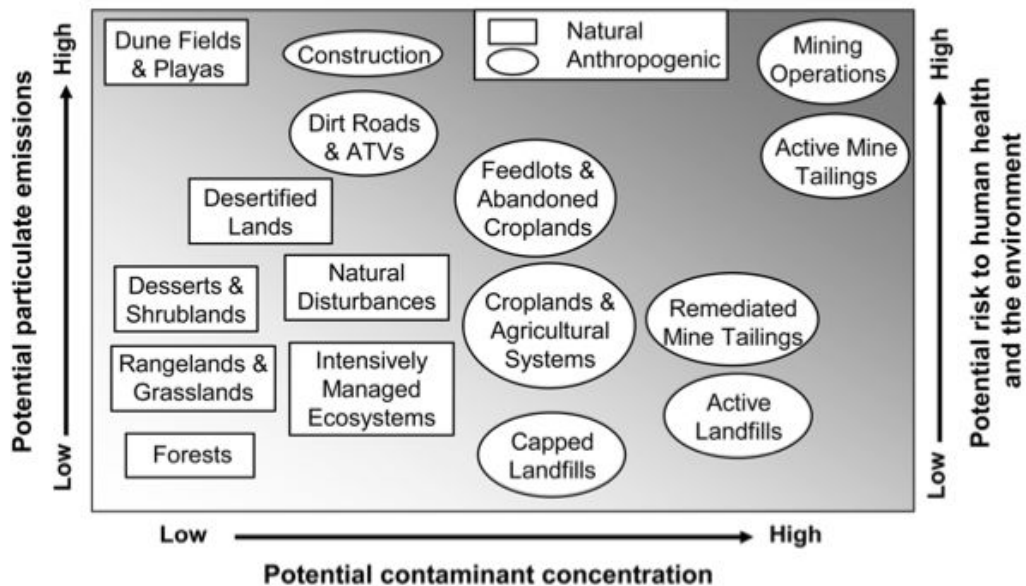


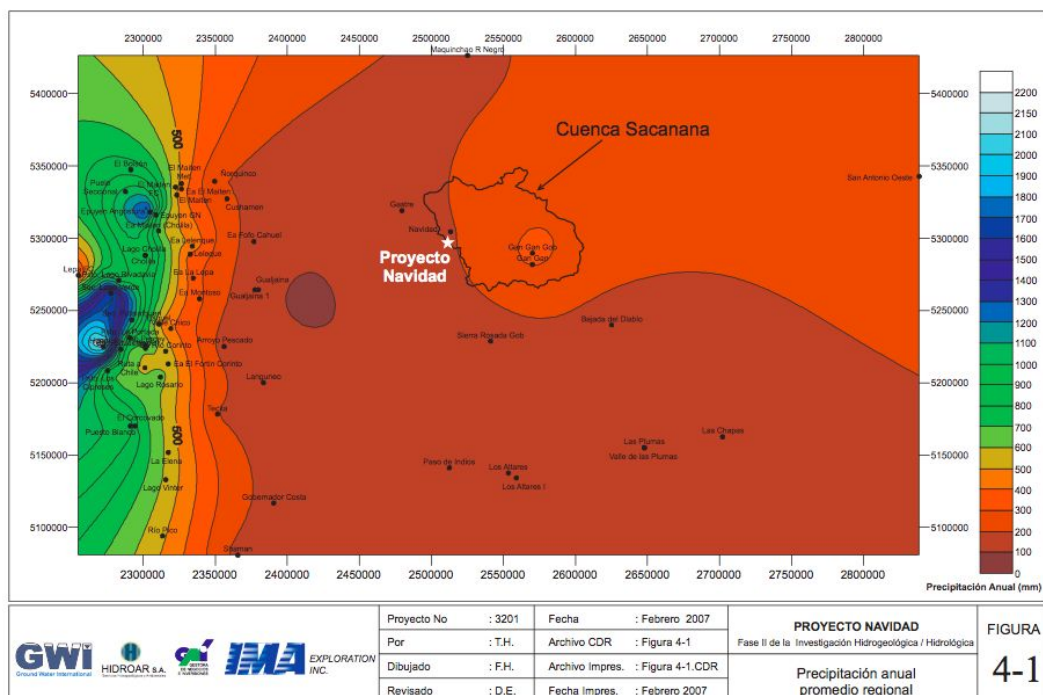
Figure 3. Natural and anthropogenic sources of dust associated with relative amounts of emissions, contaminant concentration, and risk to human health and the environment.

En una reciente evaluación integral de los peores problemas de contaminación ambiental, las actividades asociadas con las operaciones mineras, incluida la extracción de oro artesanal; fundición y procesamiento de metales; minería industrial; y la minería de uranio, se identificaron como cuatro de los diez principales problemas de contaminación del mundo. Además, una evaluación reciente sobre los impactos en la salud global de los contaminantes en el medio ambiente identificó al mercurio (Hg), plomo (Pb), arsénico (As), cromo (Cr), pesticidas y radionúclidos como los seis contaminantes más tóxicos que amenazan la salud humana. Las emisiones de polvo y aerosoles asociadas con las operaciones mineras se asocian comúnmente con niveles significativamente elevados de uno o más de estos contaminantes. Además, los contaminantes comúnmente asociados con las partículas de las operaciones mineras suelen estar más concentrados en la fracción de tamaño de partícula más fina ($<2\ \mu\text{m}$), que recorre una mayor distancia en el medio ambiente y presenta mayores riesgos potenciales para la salud humana que las partículas más gruesas. A medida que se prevé que el clima se vuelva más cálido y seco y que la población y la intensidad del uso de la tierra aumenten

en muchas regiones áridas y semiáridas en todo el mundo, el potencial para las emisiones atmosféricas de partículas y el transporte de contaminantes asociados de fuentes naturales y antropogénicas probablemente aumentará en muchas partes del mundo.

2) 2. Características del clima y los vientos en la meseta central de Chubut

El clima es de tipo semiárido con una precipitación anual promedio de 208 mm como lluvia y de hasta 305 mm de precipitación total con el agregado de nieve (datos obtenidos de dos estaciones meteorológicas de Minera Argenta dentro de la cuenca y estaciones regionales). La distribución de la precipitación media mensual (sin considerar nieve) en el área del proyecto, muestra una variación estacional (entre 7 y 9 mm), con el período más lluvioso en Abril-Julio, mientras que la temporada seca se extiende de Noviembre a Enero. Se ha llevado a cabo un análisis detallado de las precipitaciones regionales y locales definiéndose las Leyes I-D-R (Intensidad-Duración-Recurrencia) y los hietogramas de diseño para diferentes períodos de retorno; de dicho análisis surge que prácticamente todas las tormentas registradas en las estaciones Navidad y Sacanana resultan de corta duración, con tiempos de respuesta inferiores a las 24 horas y umbrales mayores a 10 mm para recurrencias de 1 año. Asimismo, se ha podido ver que la mayor parte del volumen precipitado se concentra en las 12 horas centrales (distribución clásica de las precipitaciones de corta duración), con un eje central de máxima intensidad, y simetría respecto de ese eje (13).



2.3.3.5 Viento

La descripción del viento y su distribución por frecuencias se realizó por separado en dos sistemas.

En uno de los sistemas (A) se determinó el viento a 3 m de altura y en el segundo sistema (B) se lo hizo a 10 m, tal como estipula la norma de la Organización Meteorológica Mundial (OMN) para estas mediciones. No obstante ello, para graficar cualitativamente el comportamiento de los vientos en la zona de Proyecto se muestran los resultados conjuntos de las observaciones.

Los principales resultados obtenidos son los siguientes:

- Para el sistema A (vientos a 3 m del suelo) la velocidad media del viento resultó de 22,4 km/h y para el sistema B (vientos a 10 m del suelo) la velocidad media fue de 29,5 km/h.
- La velocidad máxima media del viento a 3 m del suelo fue de 35,2 km/h, y a 10 m del suelo de 45,3 km/h.
- Los máximos absolutos fueron de 116,9 km/h y 145,8 km/h para 3 y 10 m del suelo respectivamente.

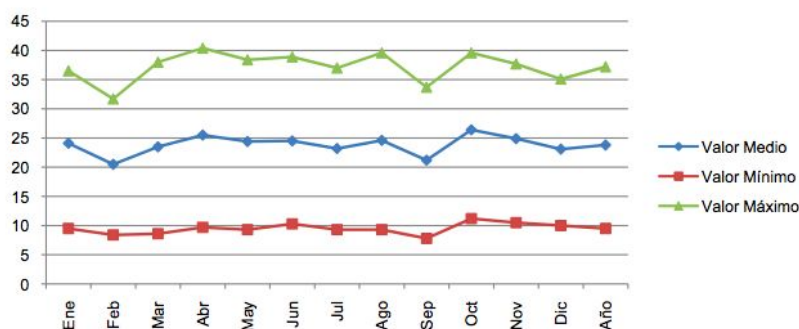


Figura 4: Ciclo anual de la velocidad del viento integrada de los sistemas A y B (en km/h) en el Proyecto Navidad. Fuente: Oscar Frumuto (CENPAT) para MWH a partir de los datos de la estación meteorológica Navidad, serie 2004-2009.

El porcentaje de calma en el área del Proyecto es muy baja, con registros para el sistema A de 3,85 % y para el sistema B de 1,43 %, considerando calma a eventos con velocidad de viento menores a 3,6 km/h.

La Figura 5 muestra la rosa del viento estacional para el conjunto de observaciones de velocidad y dirección del viento de los sistemas A y B integrados. En la misma puede observarse que aproximadamente entre el 18 % y 24 % de los casos las velocidades son mayores a 30 km/h. La frecuencia de los vientos es mayor en el cuadrante NO en verano, SO en otoño, NO y SO en invierno y N y O en primavera.

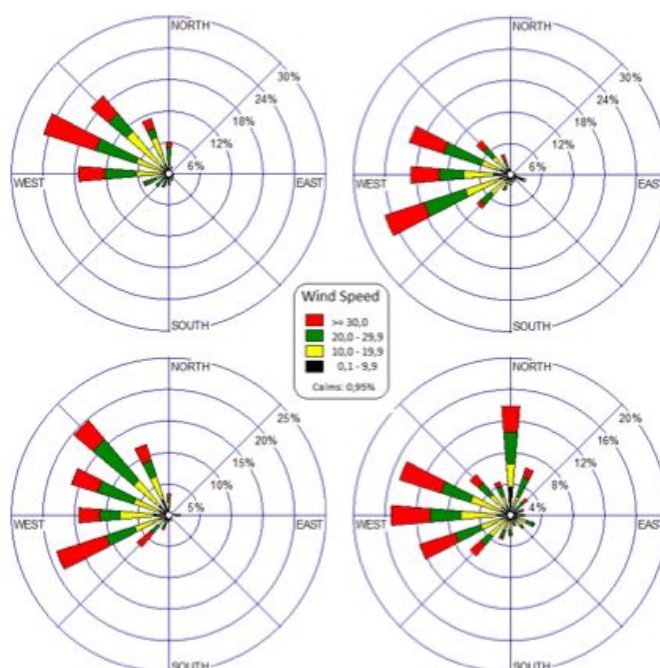


Figura 5: Rosa del viento en 16 direcciones estacional para las observaciones conjuntas de velocidad y dirección del viento, integrados (sistema A y sistema B) en el área del Proyecto Navidad. Velocidades expresadas en km/h. Arriba izquierda: verano; arriba derecha: otoño; abajo derecha: invierno; abajo izquierda: primavera. Fuente: Oscar Frumento (CENPAT) para MWH a partir de los datos de la estación meteorológica Navidad para el periodo 2004-2009.

MWH – IIA – Proyecto Navidad - Enero 2011 (15)

Los datos sobre velocidad del viento registrados por **MWH** son coincidentes con las mediciones de ráfagas de viento del Informe de Impacto Ambiental del año 2008 realizado por la Consultora Rehuna para Minera Argenta S.A. (7).

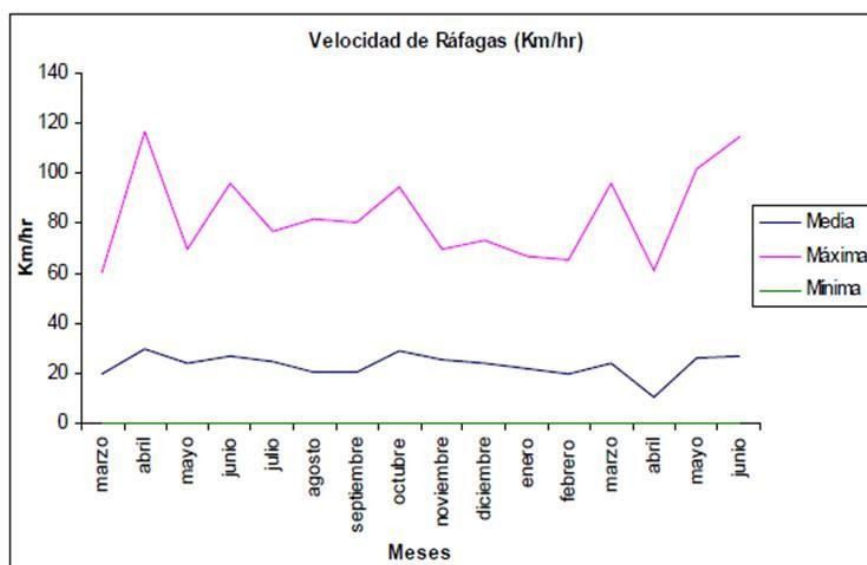


Figura 6 y 7: vientos desde marzo de 2007 a junio de 2008. Se observan los vientos promedios, ráfagas mínimas y ráfagas máximas.

2) 3. Monitoreo de calidad del aire

En el IIA del año 2008, realizado por Rehuna, se detallan los monitoreos de calidad de aire en el área del Proyecto Navidad y las comunidades más cercanas durante la etapa de exploración. El monitoreo incluye Material Particulado en Suspensión Total (**TSP**), Partículas Menores a 10 micrones (**PM10**) y Material Particulado Sedimentable (**PS**) (7).

La siguiente tabla indica los niveles guía de calidad de aire según la legislación nacional.

Tabla 3: Niveles Guía de Calidad de Aire – Principales Contaminantes del Aire

Jurisdicción	Contaminantes y Período Promedio					
	PM ₁₀	PM ₁₀	TSP	Plomo en TSP	Plomo en TSP	Mat. Part. Sedimentable
	24 horas	1 año	1 mes	3 Mes	Anual	1 mes
Ley Nacional 24.585	150 µg/m ³	50 µg/m ³		1,5 µg/m ³	No reglamentado	
Ley Nacional 20.284			150 µg/m ³		No reglamentado	10 g/m ² . 30 días

Los resultados más destacables del monitoreo de 110 muestras de TSP promedio de 24 horas muestran marcadas diferencias entre la calidad del aire en los sitios de monitoreo alrededor del área del proyecto, y los sitios en Gan Gan y Gastre. La situación más desfavorable se registra en Gan Gan donde el TSP promedió 179,6 µg/m³ con un máximo de 365,4 µg/m³.

El informe atribuye estas concentraciones de particulado significativamente altas en los pueblos, a los movimientos de vehículos en calles sin asfaltar y a actividades humanas puntuales, mayor porcentaje de suelo erosionado por presencia de trazado de calles. Sin embargo, no existe ningún estudio que pudiera verificar esta teoría.

Los valores más altos de material particulado sedimentable fueron observados en Gan Gan, Gastre y Blancuntre.

Los resultados de plomo en suspensión indican la presencia de plomo en 63 de los 110 filtros de TSP. En todos los casos los resultados demostraron muy bajos niveles de plomo presente en el material particulado suspendido en todos los puntos monitoreados, siendo éstos registros una línea de base previa a la explotación de un yacimiento de plomo donde pretenden extraer **3.095 toneladas mensuales de plomo durante 17 años**.

Considerando la dirección de los vientos predominantes en la zona, que corren de oeste a este y su intensidad, que alcanza ráfagas de entre 115-145 km/h, el sector más perjudicado sería la comunidad de Gan Gan, ubicada a 42 km del Proyecto hacia el este en línea recta. Es importante destacar, que Gan Gan ya presenta, de por sí, valores de polvo en suspensión más altos de lo recomendable en la actualidad, por encima de los estándares normados.

2) 4. Consecuencias para la salud de la contaminación por plomo

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el plomo es una sustancia tóxica para los seres humanos que se acumula en el organismo, sin posibilidad de eliminarse, y su acumulación ocasiona el deterioro de distintos sistemas (cerebro, hígado, riñones, huesos, dientes) con consecuencias especialmente dañinas sobre el desarrollo del sistema nervioso en los niños. Los efectos neurológicos son irreversibles, afectando negativamente la inteligencia, el comportamiento y la capacidad de aprendizaje. Cualquier nivel de plomo presente en la sangre acarrea serios riesgos, lo que llevó a que la OMS lo incluya en la lista de las 10 sustancias químicas (el arsénico también está incluido) más preocupantes para la salud pública **(6)**.

Dentro de los ecosistemas los metales pesados (entre ellos el plomo) afectan en mayor medida a los humanos debido a la bioconcentración y

bioacumulación, que es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las presentes en el medio ambiente o en los alimentos. Esto se observa a medida que se avanza en el nivel trófico de la cadena alimentaria.

La población pediátrica es la más vulnerable, por su inmadurez anatomofisiológica y dependencia psicosocial, lo que se fundamenta en tres razones: 1) Son más susceptibles a las amenazas medioambientales porque los sistemas corporales aún se están desarrollando y presentan cambios rápidos en el crecimiento, con inmadurez orgánica y tisular; y déficit cuantitativos y cualitativos en su sistema Inmunológico; 2) Están más expuestos a los peligros medioambientales porque, proporcionalmente, comen más alimentos por kilogramo de peso, beben más líquidos y respiran más aire que los adultos; 3) Son más vulnerables por su inexperiencia en autoprotegerse, especialmente en los primeros años de vida donde pasan mucho tiempo a nivel del suelo **(16)**.

Los antecedentes en nuestro país de intoxicación por plomo producido por operaciones mineras fueron citados en una publicación sobre “Saturnismo” del Dr. Fernando Urbano, pediatra y médico especialista universitario en Medicina Sanitaria, actual Presidente de la Fundación FUSSO.

*CONTAMINACIÓN EN LA ARGENTINA. Respecto a la manipulación del plomo, en Argentina, tenemos varios antecedentes nefastos, uno de ellos es en **Abra Pampa**, un pueblo de 14000 habitantes de Jujuy, en donde después de haber concluido con la industria fundidora de plomo, la empresa dejó una montaña de escombros que siguieron contaminado. En 2007 un estudio de la Universidad de Jujuy reveló que el 81% de los niños de esa localidad tienen plomo en sangre en cantidades dañinas para su edad.*

*EN RÍO NEGRO. Algo parecido ocurrió en un lugar más cercano a nuestra provincia, en la ciudad de **San Antonio Oeste**, en donde la empresa Geotécnica S.A., explotaba una mina de plomo y plata llamada **Gonzalito**. Los desechos del proceso de la fundición del plomo los arrojaba a 2 Km. de la zona urbana, en donde dejó a pocos metros de la costa, millones de kilos de material cargado de plomo y otros metales pesados que siguieron afectando a la población. Al día de hoy aún no se ha podido terminar de remediar este foco contaminante.*

MARISCOS CON PLOMO. Hace pocos años se descubrió que los mejillones de las costas de San Antonio Oeste se encontraban contaminados con plomo. A raíz de este hallazgo se inició una investigación más profunda. En el 2012 los datos arrojados son contundentes y alarmantes... más del 40% de los chicos de San Antonio Oeste poseían niveles de plomo en sangre por encima de lo tolerable.

LEGADO QUE NOS DEJARÍA EL PROYECTO NAVIDAD. Este es otro triste ejemplo de las huellas que nos está dejando este tipo de minería en nuestro país y que podría dejarnos a los chubutenses, de concretarse la explotación del proyecto "Navidad" en nuestra provincia, uno de los yacimientos de plomo y plata más grande del mundo (17)

OPINIÓN DE LA OMS. Por último queremos que se conozca la Declaración de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Ginebra, Suiza, 18 de octubre de 2013: "El envenenamiento por plomo tiene consecuencias devastadoras para la salud, en particular para los niños, cuya exposición a este mineral, se estima, contribuye a 600.000 nuevos casos de niños con discapacidad intelectual cada año".

La organización Panamericana de la Salud (OPS) y la OMS nos alertan de que hay que «Detener la intoxicación por plomo en los niños» (18)

Bibliografía:

1. Asociaciones Técnicas de la Argentina. "Informe Técnico del Desarrollo de la Industria Minera en Chubut". Mesa de Entradas de la Honorable Legislatura de la Provincia de Chubut. Rawson, 17 de febrero de 2021
2. Pan American Silver Corp. Navidad Project. Chubut Province, Argentina: Preliminary Assessment. 2010.
3. Csavina, J., Field, J., Taylor, M. P., Gao, S., Landázuri, A., Betterton, E. A., & Sáez, A. E. (2012). A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. *Science of the Total Environment*, 433, 58-73.
4. Márquez, M.J., Zubia, M.A., Giacosa, R.E., Trevisiol, S.A. y Fernández, M.I. 2016. Características geológicas y metalogenéticas del Depósito Navidad (Ag-Pb-Zn-Cu) Macizo Somún Curá. Chubut. Argentina. Instituto de Recursos Geológico Mineros, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín N° 40, 50pp. Buenos Aires
5. Thisani, S. K., Kallon, D. V. V., & Byrne, P. (2020). Geochemical Classification of Global Mine Water Drainage. *Sustainability*, 12(24), 10244.
6. Organización Mundial de la Salud. intoxicación por plomo y salud. Agosto de 2019. URL:
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=La%20exposici%C3%B3n%20al%20plomo%20tambi%C3%A9n,pueda%20considerarse%20exento%20de%20riesgo>
7. REHUNA. Actualización IIA – Etapa exploración – Proyecto Navidad – Julio 2008.
8. Earth Science and Remote Sensing Unit, NASA Johnson Space Center. URL:
<https://eol.jsc.nasa.gov/SearchPhotos/photo.pl?mission=ISS062&roll=E&frame=85589&fbclid=IwAR3EblvG0q9cYZsZLq00Z7-Vc945lYgqKi7adJ8mwbenXumuGEZEQ7sZ4t0>
9. El Patagónico. "Comodoro quedará cubierta de arena en suspensión cuando haya viento". Comodoro Rivadavia. 19 mayo 2015 - URL:

<https://www.elpatagonico.com/comodoro-quedara-cubierta-arena-suspension-cuando-haya-viento-n780131?fbclid=IwAR2YpDoZfiP3YeRAYp33Ualqngi-FFJUUV4ycJXnYTRREUjdZlnJLx5M6A?fbclid=IwAR2YpDoZfiP3YeRAYp33Ualqngi-FFJUUV4ycJXnYTRREUjdZlnJLx5M6A>

10. Chilvers DC, Peterson PJ. Global cycling of arsenic. In: Hutchinson TC, Meema KM, editors. Lead, mercury, cadmium, and arsenic in the environment. Chichester: Wiley; 1987. p. 279–302.
11. Water Management Consultants. Resumen ejecutivo - 3-688/R1 Aquiline Resources Inc.
12. Pan American Silver Corp. Video Promocional del Proyecto Navidad PAS Argentina
13. Hidroar S.A. – Proyecto Navidad (Minera Argenta S.A.) – Estudio de línea de base ambiental – Hidrología de la Cuenca Sacanana y áreas de influencia – Diciembre 2010.
14. Group Water International Consulting Hydrogeologist – Proyecto Navidad - 2007.
15. MWH Argentina S.A. – IIA – Proyecto Navidad - Años 2011 – 2012.
16. Manual Hablemos de Megaminería - Unión de Asambleas de Comunidades Chubutenses - Noviembre 2018.
17. Dr. Fernando Urbano. Pediatra y Médico Especialista Universitario en Medicina Sanitaria. Presidente de la Fundación FUSO.
<https://www.facebook.com/fundacionfusso/posts/2766129420338031/>
18. OPS/OMS “Detener la intoxicación por plomo en los niños”
https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=9092:2013-s-top-lead-poisoning-children&Itemid=135&lang=es