

Congreso Latinoamericano de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

CONTAMINACION POR RELAVES EN LA ZONA COSTERA DE CHAÑARAL: EFECTOS EN LA SALUD AMBIENTAL INFANTIL: Un estudio de Caso.

Dr. Dante Cáceres L.
Escuela de Salud Pública
Universidad de Chile
dcaceres@med.uchile.cl

INTRODUCCIÓN

La provincia de Chañaral de la III Región tiene una superficie de 24.660 kilómetros cuadrados y cuenta con una población de 42.805 habitantes. Está compuesta por dos comunas: la Capital costera Chañaral y Diego de Almagro, en la precordillera. La estimación del Instituto Nacional de Estadísticas para el año 2012 asciende a 23.730 habitantes los que se subdividen en 12.792 hombres y 10.936 mujeres los que se concentran en un alto porcentaje en la zona urbana (INE, 2010)¹. Geográficamente Chañaral presenta condiciones áridas de desierto, con muy escasa pluviosidad, que condiciona una escasa vegetación. La actividad minera es la principal actividad comercial seguida de la pesca, destacando la explotación y extracción del cobre en los minerales de Potrerillos y El Salvador.

Producto de la gran actividad minera de la región, se generaron una gran cantidad de relaves los cuales fueron vertidos al curso del Rio Salado sin ningún tratamiento previo (Astudillo 2008). Se estima que en el trascurso de unos 50 años unos 350 millones de toneladas fueron transportados hasta el mar y se depositaron en la cuenca de la bahía de la ciudad de Chañaral, formando una playa artificial de unos 10 kilómetros de largo por 1 km de ancho y con una profundidad estimada entre 10 y 15 metros (Lagos and Velasco 1999; Dold 2006). Esto llevó a que el Programa del Medioambiente de las Naciones Unidas (PNUD) calificara a la bahía de Chañaral en el año 1983 como unos de los problemas de contaminación marina más serios del mundo (Dold 2006). Esta situación se mantuvo sin modificación hasta el año 1975, en que producto de la presión de la comunidad y por recursos judiciales se prohibió el vertido en esta zona, cambiando el lugar de depósito a la Caleta Palito que se encuentra unos 15 kilómetros al norte de la bahía. Esto significó que se extendió la extensión de esta contaminación más allá de mitigar esta situación (Lagos and Velasco 1999).

Estos relaves con alto contenido de metales (polimetales) han producido un marcado efecto deletéreo sobre la flora y fauna marina del sector comparado con otros sectores del litoral donde no existen depósitos de relaves (Castilla and Nealler 1978; Vermeer and Castilla 1991; Correa, Castilla et al. 1999; Vásquez, Vega et al. 1999; Lee, Correa et al. 2002; Lee and Correa 2005; Medina, Andrade et al. 2005; Ramirez, Massolo et al. 2005; Stauber, Andrade et al. 2005; Andrade, Medina et al. 2006; Contreras, Medina et al. 2007). Por otra parte, adyacente a la bahía de Chañaral existen diversos asentamientos

¹ http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/compendio_estadistico/pdf/2010/1.2estdemograficas.pdf.

poblacionales que están directamente impactados por el material particulado (PM) que se levanta por acción eólica (EIA 1996; Aguirre 2005; Centrón 2005; Astudillo 2008), los que estarían afectando la calidad de vida y la salud de la comunidad, especialmente aquellos grupos etarios más vulnerables (Aguirre 2005; Centrón 2005; Dold 2006; Cortes 2009).

Los estudios de poblaciones humanas realizados en la Ciudad de Chañaral se han centrado en evaluar la exposición a PM10 y a utilizar biomarcadores de exposición a metales en orina. Desde 1995 en adelante se han determinado intermitentemente los niveles de PM10 por el CIMM, Codelco-Chile y IDICTEC, reportando que en diversas ocasiones se ha sobrepasado la norma nacional de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, estas mediciones han sido realizadas por periodos cortos y no informan claramente de la distribución estacional y anual de este elemento. De acuerdo a Astudillo el monitoreo realizado por CODELCO, específicamente la División Salvador estaría demostrando que esta zona se encuentra en “**estado de latencia**”, es decir, aquella en que la medición de la concentración de contaminantes en el aire, agua o suelo se sitúa entre el 80% y el 100% del valor de la respectiva norma de calidad ambiental (CONAMA 1994). Al analizar la composición del PM10, se determinó un alto contenido de Cu, Zi y As, estando el Pb, Hg y Cd en niveles muy bajos.

Por otra parte, Cortés (2009) en un estudio de prevalencia en 204 adultos determinó que los niveles en orina de As total, Cu, Ni, Hg y Pb y se compararon en base a estándares y opinión de expertos que establecieron puntos de corte de normalidad para cada metal. Los resultados mostraron que los niveles medios de As total (As-t) y As inorgánico (As-i) fueron mayores a lo reportado en poblaciones no expuestas ambientalmente a As en agua. La prevalencia de individuos muestreados que superaron los estándares y opinión de expertos fue de 44.8% Cu, 29.4% As-t, 21.1% Ni, 16.9% As-i, 9.3% Hg y 8.3% para Pb. Además su estudio reveló que el 71% de los encuestados piensan según su percepción de riesgo que los problemas ambientales están dados por la contaminación química del aire, agua y suelos, siendo la exposición por metales muy importante para ellos.

De acuerdo al Servicio de Salud de Atacama, en un informe realizado en Octubre de 2009, concluye que las principales causas de mortalidad en el periodo 1990-2007 en la comuna de Chañaral, son los tumores (24%), enfermedades circulatorias (21%), respiratorias (13%) y traumatismos (11%), siendo las circulatorias las que ocupan el primer lugar a nivel Regional. En cuanto al perfil de salud de Chañaral (2003-2005) las primeras causas de egresos, excluyendo las causas reproductivas predominan las respiratorias, circulatorias, genitourinarias y traumatismos (SEREMI 2009).

Efectos en la Salud por exposición a material particulado.

Muchos estudios epidemiológicos longitudinales reportado el impacto *agudo* del material particulado sobre el sistema pulmonar, incluyendo el efecto reversible sobre la función respiratoria y el incremento en la reactividad bronquial (Sharma, Kumar et al. 2004; Ward and Ayres 2004). Sin embargo, el mecanismo biológico asociado aun no está claro, algunos investigadores proponen que la formación de especies reactivas de oxígeno (ROS) estarían causando los daños de las vías áreas. Elementos tales como **metales**, sulfatos, endotoxinas y constituyentes orgánicos estarían involucrados en el proceso de daño celular y la posterior

respuesta inflamatoria a nivel pulmonar (Roemer, Hoek et al. 2000; Bergamaschi, De Palma et al. 2001; Ghio and Cohen 2005; Hong, Pan et al. 2010). Por otra parte, diversos estudios han demostrado que la función respiratoria es más afectada con el material particulado PM_{2.5} y que este efecto se potencia cuando estas partículas llevan adsorbidos metales (Ward and Ayres 2004; Hong, Hwang et al. 2007; Hong, Pan et al. 2010). Respecto a los efectos *crónicos* por exposición repetida PM, ha sido asociado a incrementos en las tasas de mortalidad en estudios poblacionales, así como mayor riesgo de muerte en estudios de cohorte en adultos, probablemente a una mayor susceptibilidad al efecto acumulativo por la exposición a PM. Indicadores usados para evaluar efectos de exposición a material particulado sobre morbilidad respiratoria han sido: porcentaje de cambio en hospitalización debido a enfermedades respiratorias (iras altas y bajas, asma, COPD, neumonía, bronquitis y función respiratoria) y cardíacas en adultos mayores y en niños. Por otra parte, el embrión, el feto y los niños constituyen una población altamente vulnerable a los contaminantes ambientales comparados con los adultos por sus propias características.

Los niños desde su concepción y durante la gestación son altamente vulnerables a la exposición a tóxicos ambientales, los que actuarán según la ventana de desarrollo en que se encuentren. El tiempo entre la concepción y el nacimiento es quizás una de las etapas más vulnerables de la vida, durante la cual los xenobióticos ambientales pueden tener efectos agudos y a largo plazo muy significativos sobre la salud. El feto tiene un crecimiento muy rápido y sus órganos están en constante y acelerado desarrollo, en esta etapa puede haber abortos, nacimientos prematuros, malformaciones congénitas, entre otros. La infancia también es un periodo crítico, ya que continúa el desarrollo y maduración de diversos sistemas biológicos como en cerebro, pulmones, sistema inmune, por lo tanto, los contaminantes del aire pueden afectar en desarrollo pulmonar, nervioso y exacerbar condiciones como el asma, los niños prematuros serán altamente vulnerables (Ritz and Wilhelm 2008). El desarrollo pulmonar se extiende en promedio hasta los 18 años, durante este periodo el estar expuesto crónicamente a PM puede conducir a cuadros de bronquitis crónica, capacidad pulmonar reducida, sibilancias, ataques de asma, enfermedades respiratorias y ausencia escolar entre otros efectos. Por otra parte, los niños se encuentran la mayor parte del tiempo en espacios exteriores, son altamente activos durante el día cuando los niveles de material particulado son elevados, poseen un mayor demanda de oxígeno con una alta tasa de respiración, inhalando más aire por unidad de peso que los adultos, por su menor estatura están expuestos a inhalar mayor concentración de partículas del aire, el diámetro de sus vías aéreas es más pequeño y por lo tanto más probable de ser afectados por procesos inflamatorios pulmonares. Sus pulmones se están desarrollando y por lo tanto son más susceptibles a las noxas ambientales, el desarrollo de la eficiencia de los procesos de detoxificación es tiempo-dependiente y sus sistema inmune no está lo suficiente maduro para hacer frente a los patógenos inhalados, esto hace a los niños el subgrupo poblacional más susceptible a los efectos de la contaminación del aire (Gilliland, McConnell et al. 1999; Dockery, Skerrett et al. 2005.). El daño sobre el sistema respiratorio de los niños puede ser devastador y permanente y los efectos adversos de la contaminación del aire se pueden expresar en la vida adulta a través de fenómenos respiratorios crónicos. *Éstos* estarían asociados a un estrés oxidativo crónico, alterando la regulación del sistema inmune, dando como respuesta procesos inflamatorios que sobrepasan las defensas pulmonares y alteran los procesos normales de reparación (Peters 2004).

Diversos estudios epidemiológicos indican que viviendo cerca de desechos de minería es un factor de riesgo para la exposición de metales como Pb, Cd, Mn y As (Moreno, Acosta-Saavedra et al. 2010). Por otra parte, a niveles bajos, elementos esenciales como Co, Cu y Mn no son tóxicos pero pueden producir efectos adversos en la salud a niveles altos. Los estudios realizados en la playa de Chañaral han determinado presencia en el material particulado de un alto contenido de Cu, Zn y As y por otra parte, en un porcentaje significativo de la población adulta, se determinó que los niveles de Cu, Hg y Pb excedieron los estándares y valores de normalidad. Existe mucha evidencia epidemiológica que la concentración másica de PM puede no ser la medida más relevante como un estándares de PM para proteger la salud respiratoria. En general, las partículas relativamente grandes y pesadas contribuyen más que las pequeñas partículas a la concentración de PM ambiental. Sin embargo, las partículas más pequeñas, como PM_{2.5} y la ultrafinas se considera más perjudicial que las partículas más grandes (Schwartz J and LM. 2000; Diociaiuti, Balduzzi et al. 2001; Li, Hao et al. 2003). Además del tamaño, la composición química de la PM puede determinar su peligrosidad. Varios componentes de PM, como metales de transición como el Fe, Cu, Ni y Cr son conocidos de producir severa toxicidad sobre los tejidos expuestos (Campen, Nolan et al. 2001; Aust, Ball et al. 2002; Gavett, Haykal-Coates et al. 2003; Okeson, Riley et al. 2003). Todos estos antecedentes nos llevan a formular la siguiente pregunta de investigación: *¿Existe asociación entre la exposición continua a PM_{10/2.5} (con contenidos metálicos) proveniente de los relaves mineros y los efectos en la salud respiratoria de los escolares de la ciudad de Chañaral?*

Este estudio aportará evidencia científica sobre el efecto agudo en la salud respiratoria por exposición a PM_{10/2.5} con contenido metálico en los niño(a)s que habitan en este sector y que pueda ser extrapolado a situaciones donde la población este expuesta a **pasivos ambientales** del tipo relaves mineros. Desde el punto de vista de la evaluación de riesgo se espera que ésta sea de utilidad para el manejo del riesgo y la toma de decisiones por parte de las autoridades pertinentes en política sectoriales de gestión y salud ambiental. Este es un problema que afecta gran parte del territorio nacional, a la fecha a la fecha a lo largo de Chile se ha catastrado alrededor de 350 pasivos ambientales mineros, muchos de los cuales han afectado a asentamientos poblacionales urbanizados.²

REFERENCIAS

Aguirre, O. (2005). Exposición a arsénico en población urbana cercana a una fuente de contaminación de relaves en la ciudad de Chañaral. Epidemiología, Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina. Santiago, Universidad de Chile: 105.

Andrade, S., M. H. Medina, et al. (2006). "Cadmium--copper antagonism in seaweeds inhabiting coastal areas affected by copper mine waste disposals." Environ Sci Technol **40**(14): 4382-4387.

² Pasivos minerales en Chile. <http://siit2.bcn.cl/actualidad-territorial/pasivos-ambientales-minero-en-chile> visitada en agosto de 2011

Astudillo, F. (2008). Análisis y propuesta de acción de la problemática ambiental en la Bahía de Chañaral - 2008. Departamento de Metalurgia. COPIAPO, Universidad de Atacama, Facultad de Ingeniería. .

Aust, A. E., J. C. Ball, et al. (2002). "Particle characteristics responsible for effects on human lung epithelial cells." Res Rep Health Eff Inst(110): 1-65; discussion 67-76.

Bergamaschi, E., G. De Palma, et al. (2001). "Polymorphism of quinone-metabolizing enzymes and susceptibility to ozone-induced acute effects." Am J Respir Crit Care Med **163**(6): 1426-1431.

Campen, M. J., J. P. Nolan, et al. (2001). "Cardiovascular and thermoregulatory effects of inhaled PM-associated transition metals: a potential interaction between nickel and vanadium sulfate." Toxicol Sci **64**(2): 243-252.

Castilla, J. C. and E. Nealler (1978). "Marine environmental impact due to mining activities of El Salvador Copper Mine, Chile." Marine Pollution Bulletin **9**(67-70).

Centrón, L. A. (2005). Niveles de plomo en niños expuestos a relaves mineros en Chañaral. Epidemiología. Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina. Santiago, Universidad de Chile 63.

CONAMA (1994). Ley sobre bases generales del medio ambiente 19.300. M. S. G. D. L. P. C. N. d. M. Ambiente. Chile.

Contreras, L., M. H. Medina, et al. (2007). "Effects of copper on early developmental stages of *Lessonia nigrescens* Bory (Phaeophyceae)." Environ Pollut **145**(1): 75-83.

Correa, J. A., J. C. Castilla, et al. (1999). "Copper, copper mine tailing an their effect on marine algae in Northern Chile." Journal of Applied Phycology **11**: 57-67.

Cortes, S. (2009). Percepción y medición del riesgo a metales en una población expuesta a residuos mineros. Epidemiología, Escuela de Salud Pública, Facultad de Medicina. Santiago, Universidad de Chile: 201.

Diociaiuti, M., M. Balduzzi, et al. (2001). "The two PM(2.5) (fine) and PM(2.5-10) (coarse) fractions: evidence of different biological activity." Environ Res **86**(3): 254-262.

Dockery, D., P. Skerrett, et al. (2005.). Development of lung function. . Effects of air pollution on children's health and development : A review of the evidence. . Bonn, , World Health Organization Special Programme on Health and Environment . European Centre for Environment and Health. : 108-133.

Dold, B. (2006). "Element flows associated with marine shore mine tailings deposits." Environ Sci Technol **40**(3): 752-758.

EIA (1996). Evaluacion de Impacto Ambiental en la zona costera de Chañaral: evaluación de impacto ambiental de la depositación de relaves en la zona costera de Chañaral y proposición y evaluación de plan de descontaminación y medidas de mitigación, , pag 38 Volumen I, 1996.

Gavett, S. H., N. Haykal-Coates, et al. (2003). "Metal composition of ambient PM_{2.5} influences severity of allergic airways disease in mice." Environ Health Perspect **111**(12): 1471-1477.

Ghio, A. J. and M. D. Cohen (2005). "Disruption of iron homeostasis as a mechanism of biologic effect by ambient air pollution particles." Inhal Toxicol **17**(13): 709-716.

Gilliland, F. D., R. McConnell, et al. (1999). "A theoretical basis for investigating ambient air pollution and children's respiratory health." Environ Health Perspect **107 Suppl 3**: 403-407.

Hong, Y. C., S. S. Hwang, et al. (2007). "Metals in particulate pollutants affect peak expiratory flow of schoolchildren." Environ Health Perspect **115**(3): 430-434.

Hong, Y. C., X. C. Pan, et al. (2010). "Asian Dust Storm and pulmonary function of school children in Seoul." Sci Total Environ **408**(4): 754-759.

Lagos, G. and P. Velasco (1999). Environmental Policies and Practices in Chilean Mining. Mining and the environments. Cases studies from the Americas. I. D. R. Centre. Canada, National Library of Canada.

Lee, M. R. and J. A. Correa (2005). "Effects of copper mine tailings disposal on littoral meiofaunal assemblages in the Atacama region of northern Chile." Mar Environ Res **59**(1): 1-18.

Lee, M. R., J. A. Correa, et al. (2002). "Effective metal concentrations in porewater and seawater labile metal concentrations associated with copper mine tailings disposal into the coastal waters of the Atacama region of northern Chile." Mar Pollut Bull **44**(9): 956-961.

Li, N., M. Hao, et al. (2003). "Particulate air pollutants and asthma. A paradigm for the role of oxidative stress in PM-induced adverse health effects." Clin Immunol **109**(3): 250-265.

Medina, M., S. Andrade, et al. (2005). "Biodiversity of rocky intertidal benthic communities associated with copper mine tailing discharges in northern Chile." Mar Pollut Bull **50**(4): 396-409.

Moreno, M. E., L. C. Acosta-Saavedra, et al. (2010). "Biomonitoring of metal in children living in a mine tailings zone in Southern Mexico: A pilot study." Int J Hyg Environ Health.

Okeson, C. D., M. R. Riley, et al. (2003). "Impact of the composition of combustion generated fine particles on epithelial cell toxicity: influences of metals on metabolism." Chemosphere **51**(10): 1121-1128.

Peters, J. (2004). EPIDEMIOLOGIC INVESTIGATION TO IDENTIFY CHRONIC EFFECTS OF AMBIENT AIR POLLUTANTS IN SOUTHERN CALIFORNIA. E. P. Agency, California Air Resources Board and the California

Ramirez, M., S. Massolo, et al. (2005). "Metal speciation and environmental impact on sandy beaches due to El Salvador copper mine, Chile." Mar Pollut Bull **50**(1): 62-72.

Ritz, B. and N. Wilhelm (2008). Air pollution impact on infant and children. Southern California Environmental Report Card. U. o. C. L. Angeles. California, Institute of Environment, UCLA.

Roemer, W., G. Hoek, et al. (2000). "Pollution effects on asthmatic children in Europe, the PEACE study." Clin Exp Allergy **30**(8): 1067-1075.

Schwartz J and N. LM. (2000). "Fine particles are more strongly associated than coarse particles with acute respiratory health effects in school children. ." Epidemiol **11**: 6-10.

SEREMI (2009). Situación de Salud en Chañaral. Informe Preliminar. Región de Atacama, Seremi de Salud de Atacama.

Sharma, M., V. N. Kumar, et al. (2004). "Effects of particulate air pollution on the respiratory health of subjects who live in three areas in Kanpur, India." Arch Environ Health **59**(7): 348-358.

Stauber, J. L., S. Andrade, et al. (2005). "Copper bioavailability in a coastal environment of Northern Chile: comparison of bioassay and analytical speciation approaches." Mar Pollut Bull **50**(11): 1363-1372.

Vásquez, J., J. Vega, et al. (1999). "The ecological effects of mining discharges on subtidal habitats dominated by macroalgae in northern Chile: population and community level studies." Hydrobiologia **398/399**: 217-229.

Vermeer, K. and J. C. Castilla (1991). "High cadmium residues observed during a pilot study in shorebirds and their prey downstream from the El Salvador Copper Mine, Chile." Bull Environ Contam Toxicol **46**(2): 242-248.

Ward, D. J. and J. G. Ayres (2004). "Particulate air pollution and panel studies in children: a systematic review." Occup Environ Med **61**(4): e13.