

ANÁLISIS DE CASO: CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR AZUFRE A TRAVÉS DE UN RELEVAMIENTO EPIDEMIOLÓGICO

MARÍA DEL PILAR CIMATO¹ y E.B. GIARDINA²

RESUMEN

El análisis se centra en una empresa cuya actividad principal consiste en el tratamiento del azufre (tostado) de modo de generar, entre otros, compuestos de tipo sulfitos y bisulfitos de amonio. En caso de existir un funcionamiento inapropiado de los hornos, la actividad puede producir, como subproducto y con liberación al medio, dióxido de azufre o anhídrido sulfuroso. Las sustancias generadas son capaces de provocar problemas de salud en las personas expuestas, especialmente en las vías respiratorias. En un estudio epidemiológico exploratorio se evalúa el impacto de las fuentes fijas emisoras de compuestos azufrados sobre la salud de la población que habita en las inmediaciones de la empresa en estudio. Se detectaron efectos ambientales evidenciables a simple vista sobre superficies metálicas. El 70% de la población encuestada acusó problemas de salud relacionados con la presunta contaminación atmosférica de gases de azufre.

Palabras clave. Contaminación de aire, azufre, patología respiratoria.

CASE ANALYSIS: SULPHUR ATMOSPHERIC CONTAMINATION IN AN EPIDEMIOLOGICAL STUDY

SUMMARY

We analyzed the sulphur treatment principal in an industrial activity that generates different sulphur products. This process liberates sulphur dioxide, because of the inappropriate control from the industrial ovens. Those substances can develop much respiratory pathology to people living near the factory. This is an exploratory study of the diseases of the human population as a consequence of the sulphur emissions. The results showed that 70% of the population was affected by the atmospheric contamination.

Key words. Atmospheric contamination, sulphur, respiratory pathologies.

INTRODUCCIÓN

El deterioro de la calidad del aire es un problema de creciente importancia desde hace dos décadas en el país; pero es de hacer notar que la preocupación ciudadana y de las autoridades por el tema no siguen el mismo ritmo (Vega *et al.*, 1988). La reacción tardía en muchos casos implica, particularmente en algunas zonas, consecuencias alarmantes debido a la cantidad de casos y/o incidentes de salud registrados en adyacencias a plantas químicas y/o industriales. Hay que considerar que no sólo está en

juego la salud de la población, sino los mismos ecosistemas (Sandoval, 1993).

La creciente conciencia proteccionista desarrollada en el mundo genera poco a poco en los distintos medios, una actitud más razonable a la hora de evaluar la calidad del medio en el que se habita por su incidencia sobre la calidad de vida.

A los fines de un mejor entendimiento de la temática abordada, será necesario tener en cuenta el concepto de "alteración" de los diferentes medios

¹Departamento Delitos Ambientales PFA – Moreno 1417 C. Aut. de Buenos Aires (1409) pilcimato@hotmail.com

²Cátedra de Edafología F A UBA – Avda. San Martín 4453 C. Aut de Buenos Aires (1417) giardina@agro.uba.ar

en la naturaleza también llamados "matrices": agua, suelo y aire. Su afectación puede provocar un desequilibrio en los distintos ecosistemas, dando lugar a daños que influyen o impactan sobre las poblaciones e individuos.

Como principal factor de alteración medioambiental se considera a la actividad antropogénica, es decir aquella generada por el hombre en forma ilimitada y casi descontrolada.

En el caso particular de la industria mencionada se podría evaluar los impactos o daños generales actuando sobre el medioambiente y los que impactan sobre la salud de la población. El daño general sobre el ambiente contempla los efectos de la actividad industrial sobre cada una de las matrices ya mencionadas y su relación con los distintos componentes ambientales. Respecto de la salud de la población, los daños se traducirán en patologías de carácter crónico o agudo, en relación directa con los conceptos de exposición, sensibilidad y vulnerabilidad (Parker, 1981). En relación a las características del proceso, la planta industrial "azufre y derivados" se dedica a la fabricación de sustancias utilizando como materias primas azufre (S), oxígeno (O_2) del aire, hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de amonio (NH_4OH); produciendo dióxido de azufre (SO_2) como producto intermedio y tiosulfato de amonio ($(NH_4)_2S_2O_3$), tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) y sulfito de sodio (Na_2SO_3), como productos finales. Estas sustancias son utilizadas principalmente para el revelado del proceso fotográfico, así como para las industrias del cuero, papel y textil (Kirk y Othmer, 1978).

En cuanto a las características básicas de los materiales y su daño a la salud, es de destacar que los elementos utilizados en el proceso industrial descrito precedentemente, (plata, azufre sólido y dióxido de azufre), pueden tener efecto tóxico. Así, el dióxido de azufre es un gas tóxico, no inflamable, incoloro, de olor acre, que se almacena licuado bajo presión. Cuando entra en contacto con el agua se produce una disolución de tipo ácida y corrosiva, formando ácido sulfuroso. Reacciona violentamente con amoníaco, acroleína, acetileno, metales alcalinos, cloro, óxido de acetileno, aminas y butadieno, entre otros. Ataca a muchos metales como el aluminio en presencia de agua y bajo la forma líquida, puede atacar plásticos, caucho y algunos recubrimientos, siendo corrosivo para los tejidos corporales. En el caso que se produzcan derrames, se ori-

ginan grandes cantidades de gases más pesados que el aire por lo que, conforme a la dirección del viento, pueden persistir en depresiones geográficas, exponiendo a la población a concentraciones tóxicas.

En lo que respecta a los usos en la industria, el dióxido de azufre se destina para la producción de ácido sulfúrico, siendo utilizado en la industria del papel, la industria química, farmacéutica, petroquímica, textil, del cuero y alimenticia.

En lo que concierne al azufre, se lo encuentra sólido en forma de polvo de color amarillo, inoloro. Cuando se funde, forma un líquido de color pajizo que se oscurece con mayor temperatura, alcanzando finalmente su punto de ebullición. Se combina con hidrógeno y con elementos metálicos por calentamiento, formando sulfuros. El sulfuro más conocido es el sulfuro de hidrógeno: un gas venenoso e incoloro con olor a huevo podrido. También se combina con cloro para formar mono y di-cloruro de azufre. Al arder en presencia de aire se combina con oxígeno y forma dióxido de azufre, un gas pesado e incoloro con olor sofocante que con la humedad del aire se transforma en ácido sulfúrico.

Durante la utilización del azufre, las partículas "finamente dispersas" pueden formar mezclas explosivas con el aire, así como provocar daños a la salud; por ello se debe evitar la dispersión del polvo, humedeciéndolo y almacenándolo. La sustancia irrita la piel y los ojos y su inhalación puede producir inflamación de la nariz y del tracto respiratorio, aun por exposiciones cortas. El contacto prolongado puede producir dermatitis o bronquitis crónica.

En lo que respecta al hidróxido de amonio es una disolución de gas amoníaco en agua generalmente al 25%, incolora, muy volátil, de olor acre y no combustible. El líquido y sus vapores son irritantes y corrosivos para los tejidos corporales. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede producir edema de laringe, inflamación del tracto respiratorio y neumonía.

Respecto del hidróxido de sodio es una sustancia sólida blanca, delicuescente en varias formas e inodora. Es altamente corrosiva para los tejidos corporales; la inhalación del aerosol puede producir edema pulmonar por exposición corta, y el contacto prolongado con la piel puede producir dermatitis.

Respecto de los impactos ambientales y particularmente en lo que hace a la "contaminación at-

mosférica", la industria cuenta con un horno donde se realiza la quema de azufre elemental para la obtención de sulfitos y bisulfitos.

Cabe destacar que en los últimos años, las emisiones de SO_2 de las grandes industrias han ido disminuyendo continuamente debido a la instalación de plantas de desulfurización de gases de chimenea; y se ha propiciado el uso de combustibles con bajo contenido de azufre merced a la creciente aplicación de políticas de protección ambiental.

Las condiciones medioambientales actuales de la zona, las existentes previo a la instalación de la industria, la relación de los distintos factores de afectación con la población circundante, la identificación de la etiología y los factores de riesgo para la aparición y desarrollo de las enfermedades, la identificación de las distintas patologías presentes en la población, su descripción, frecuencia y tendencias y finalmente la evaluación de riesgo y exposición de la población circundante son elementos a tener en cuenta para efectuar un diagnóstico preciso.

El objetivo del presente trabajo ha sido describir la distribución de las patologías en el área de influencia de la empresa en cuestión, con observación de los factores que influyen en esas condiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La planta de la empresa ocupa una superficie en el orden de los 10.000 m² y se encuentra ubicada en el partido de Lomas de Zamora, en el sur del conurbano de la provincia de Buenos Aires (República Argentina). Insertada en la Región Pampeana, la zona se caracteriza por presentar un clima templado cálido, con régimen de lluvias durante todo el año, con mayor intensidad en las estaciones de otoño y primavera y escasa en verano e invierno (Cabrera, 1976). Los vientos predominantes en la zona son de dirección noroeste. La zona en la cual se efectuó el estudio puede describirse como un barrio de clase media de tipo residencial, con un grado de urbanidad medio, ya que es posible apreciar movimiento vehicular comercial.

El área específica donde se encuentra la planta está rodeada por murallones de material. Las viviendas se encuentran a unos seis metros de distancia.

Es de destacar que en el presente estudio se hará referencia sólo al impacto de las fuentes fijas.

Los técnicos que estuvieron a cargo de las encuestas y recopilación de datos, hicieron un primer análisis exploratorio del área (300 m² a la redonda desde la planta), consultando a todas las personas que pudieran o no estar afectadas por la actividad de la industria mencionada; utilizando diferentes días y horarios, de modo de encuestar a la mayor cantidad de personas conforme el grupo etario, a partir de la actividad propia del encuestado. Se utilizaron planillas en las que se introdujeron los datos necesarios para la recopilación de la información. Conforme al tipo de contaminante y cualidades físico climáticas, se decidió realizar un ensayo exploratorio para la realización de la evaluación epidemiológica. Los resultados obtenidos pueden observarse en la Figura 1.

En la Figura 1, se llama "positivos" a los casos detectados que señalan alguna patología, particularmente de tipo respiratoria y que derivaría de la inhalación del tóxico de referencia; aquellas personas encuestadas sin ninguna sintomatología al respecto fueron mencionadas como casos "negativos", frente al total de las personas encuestadas.

Al momento del estudio ambiental, el horno en el que se realizaba la quema del azufre elemental se encontraba funcionando a temperaturas ineficientes para la realización del proceso en forma adecuada: con temperatura de régimen del orden de los 300 °C, sabiéndose que para el caso la temperatura óptima es de 500 °C.

La mayor problemática que se registraría durante el trabajo sería que, al suministrar una deficiente cantidad de azufre al horno, y producirse un aumento del aire ambiental (cantidad de oxígeno para realizar la reacción química), el proceso culmina con la formación de "dióxido de azufre", el que se oxida en la atmósfera bajo la forma de ácido sulfúrico, dando lugar a la formación de lluvia ácida, a partir de su solubilidad en agua y siendo captado por pequeñas gotas que conforman las nubes. Dicha oxidación es mucho más eficiente cuando el SO_2 se deposita sobre la superficie de las partículas, especialmente cuando sobre ellas se condensa agua. Este fenómeno se acentúa en climas húmedos.

Es de destacar que la vegetación que se hallaba en el interior de la planta industrial no presentaba alteraciones. Al respecto, es común ver que las precipitaciones de lluvia ácida no se producen en la zona de origen de los contaminantes, sino que ésta se dispersa, por lo tanto los inconvenientes que se desarrollarán a continuación, se observaban fuera de la industria.

El estudio se centró en la zona de posible influencia (300 metros a la redonda de la fábrica), donde los productos contaminantes podrían producir efectos sobre las poblaciones circundantes. Asimismo, se mencionan los e-

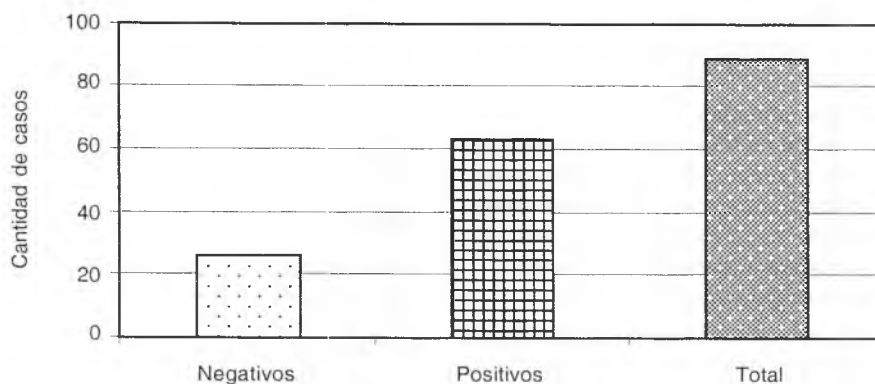


FIGURA 1. Cantidad de casos positivos y negativos en las inmediaciones de la planta industrial; señalándose como casos positivos aquellos que manifestaron a través de la encuesta realizada en el lugar alguna patología relacionada con el tóxico.

fectos en forma general que se presentaron en la población circundante a la industria.

Daños sobre las viviendas y demás componentes del ambiente

Conforme a lo explicado en los puntos anteriores, el tipo de alteración ambiental a nivel atmósfera que pudo observarse en las inmediaciones de la industria, fue el "deterioro de elementos de metal", como por ejemplo rejas, techos, partes de puertas, cerraduras, entre otros; quienes se encontraron corroidos. La corrosión en los elementos mencionados, se presume consecuencia de la presencia constante de una "atmósfera ácida" en las inmediaciones de la planta

En varias viviendas sobre zócalos de ventanas se observó un particulado color blanco, que también se visualizaba sobre hojas de plantas de diferentes jardines de la zona. De las mismas se extrajeron las hojas que se encontraban dañadas, siendo la sustancia muestreada y analizada por un laboratorio químico oficial, comprobándose la presencia de sulfatos, coincidentes con la actividad de la industria. La consecuencia de formación de esta sal es parte de las transformaciones que se producen a nivel atmosférico: dióxido de azufre que pasa a ácido sulfuroso y éste a ácido sulfúrico, el que luego se puede combinar con varios materiales, tanto bá-

sicos como neutros para formar sulfatos. Esta última sustancia es la detectada en los análisis realizados por el laboratorio de referencia.

Los óxidos de azufre pueden inhibir el crecimiento de las plantas y ser letales para algunas de ellas. Cuando las plantas están expuestas a concentraciones subletales de dióxido de azufre durante largos períodos, el follaje muere y se seca. Los vegetales se ven afectados cuando se sobrepasan las $0,3-0,5 \mu\text{g g}^{-1}$, siendo suficientes para dañar el tejido y finalmente producir necrosis, probablemente, debido al impedimento para realizar la fotosíntesis.

Daños a la salud de la población

De acuerdo al tipo de industria, en lo que concierne a las alteraciones a nivel de salud se procederá a comentar las afecciones que fueron encontradas a través de un Ensayo Exploratorio realizado en la zona.

El grado de impacto de la agresión sobre la salud de la población expuesta, ya sea de manera crónica o aguda, dependerá del grado de exposición. La significación del término "agudo", implica aquellas alteraciones en la salud que sean de desarrollo rápido y extremo, llevando generalmente a la fatalidad al individuo y/o bien algún daño irreversible. En el caso de las enfermedades "crónicas", las manifes-

taciones de estas patologías se describen en forma tardía y, generalmente, con ciertas deficiencias que provocan un detrimento, desgaste o defunción de algún órgano, o su función.

Cuando se habla de exposición se refiere al tiempo o grado de contacto con las distintas vías de contaminación (asimilación). Asimismo, aquí se debería introducir los términos "riesgo" y "peligro", definiendo este último como la capacidad de una sustancia de producir efectos adversos en los organismos. En el caso de riesgo, el mismo describe la probabilidad de que en una situación dada una sustancia produzca daño dependiendo de los factores enunciados, además de la susceptibilidad del individuo expuesto y su vulnerabilidad para infectarse y así enfermarse.

Los efectos sobre el medio son variados, incluyendo al hombre, sobre quien se esperan distintas afecciones a nivel salud. Los sistemas de órganos afectados son varios, resultando el más aquejado el respiratorio, provocando afecciones de tipo crónicas; todas ellas relacionadas con diferentes alteraciones en pulmones y bronquios, desencadenando dificultades para la respiración, inflamación de las vías respiratorias, edema pulmonar, asma y bronquitis crónica.

En lo que concierne a los sistemas más afectados, la visión ocuparía el primer lugar; a través de patologías como conjuntivitis, queratitis e irritación ocular garantizada entre otras.

La problemática principal que se plantea frente a este tipo de afecciones es que muchas de ellas son de carácter crónico a consecuencia de exposiciones

reiteradas y, por lo tanto, no pocas terminan manifestándose en forma aguda. En el Cuadro 1 se resumen algunos aspectos críticos del gas SO_2 .

Es de mencionar que durante el ensayo exploratorio vecinos de la zona manifestaron haberse atendido en los hospitales zonales donde fueron diagnosticados con "Intoxicación de azufre" y siendo su diagnóstico presuntivo: "Fibrosis Pulmonar". Entre otros, también se registraron cuadros de alergias generalizadas, broncoespasmos y rinitis.

La Figura 2 surge del relevamiento realizado a través de encuestas donde se observan las principales patologías. La arteria que da al frente y al fondo de la industria química contó con la mayor densidad de patologías; las que se centraron especialmente sobre aquellas de tipo respiratorio; mientras que en segundo lugar en importancia se encontraron las patologías de tipo oftálmicas y dermatológicas.

Sobre dos calles en particular, las patologías de mayor densidad registradas fueron las respiratorias, encontrando en segundo lugar las llamadas "otros", donde se detectaron potenciales degeneraciones celulares, como posibles cánceres de pulmón o de otros sistemas. Quedó demostrada la existencia de mayor cantidad de casos en calles adyacentes, más próximas a planta química.

Al analizar la incidencia de enfermedades respecto de la diferencia de grupos etarios, siempre a través de la cuadrícula seleccionada de 300m^2 , surgió que si bien la patología de mayor importancia es la respiratoria, los grupos más afectados se encuentran por encima de los 30 años; observándose tam-

CUADRO 1. Concentración en ppm (partes por millón) del gas SO_2 , su toxicidad y efectos en el hombre (Manahan, 1991).

CONCENTRACIÓN de SO_2 (ppm)	EFFECTOS
1-6	Broncoconstricción
3-5	Concentración mínima detectable por el olfato
8-12-20	Irritación de garganta/irritación en los ojos y tos
50-100	Concentración máxima para una exposición crónica
400-500	Puede ser mortal, incluso en una exposición breve

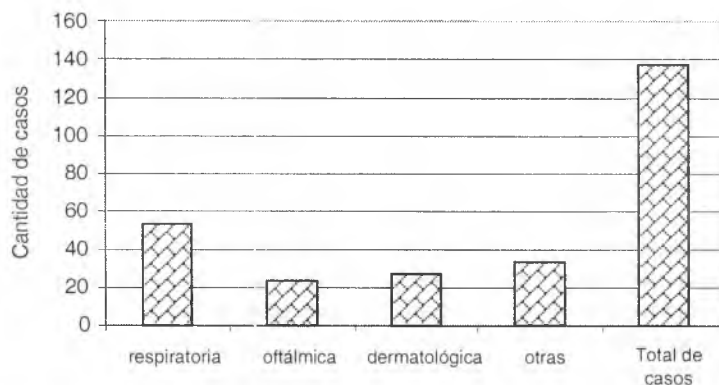


FIGURA 2. Cantidad de casos por cada patología relevada en la zona de estudio.

bién la mayor incidencia en dicho grupo etario, por las llamadas “otros” en la que se encuentra distinto tipo de patologías.

En lo que respecta a la relación total de casos sobre las calles y manzanas estudiadas, es de destacar que la localización de las manzanas con mayor cantidad de afectados coincide con la dirección que tienen los vientos predominantes en la zona, encontrándose una correlación casi lineal respecto de la pluma del contaminante estudiado.

Los autores dejan especial constancia que el relevamiento epidemiológico, ha estado supervisado por personal idóneo y los resultados han sido revisados por profesionales de la salud, especialistas en la materia, y estaría mostrando una primera aproximación a la problemática planteada en la zona, teniendo en cuenta especialmente los daños sobre la salud que se habrían producido.

Como consecuencia de lo expuesto, es de mencionar que los datos obtenidos estadísticamente han tenido como objeto otorgar un panorama de la situación sanitaria en las inmediaciones de la industria en cuestión, lo cual posibilitaría el inferir la causal de las patologías que se presentan en la zona.

CONCLUSIONES

Del análisis pormenorizado de aspectos ya comentados precedentemente surge que sobre un total de 89 casos estudiados en el área más crítica, resultaron 62 de carácter positivo y 26 negativos de patología referida con el tóxico, llamando la atención a las autoridades sobre la necesidad perentoria de evaluar estos casos para proceder a la mitigación de los impactos en la población y atender al cuidado del ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

- CABRERA, A.L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. - Enciclopedia. Arg. Agric. y Jard. II. 1.2ª Ed. Buenos Aires. Pag. 85.
- KIRK R.E. and D.F. OTHMER. 1978. Encyclopedia of Chemical Technology. 4º Edition New York. Wiley USA.
- MANAHAN, STANLEY E. 1991. Environmental Chemistry. 5th Edition. Ed. Lewis Publishers Co. USA 23:676-700.
- PARKER, R.E. 1981. Estadística para biólogos: Segunda edición. Ediciones Omega S.A. España.
- SANDOVAL, H. 1993. Vigilancia epidemiológica de la contaminación química del ambiente. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. CEPAL. Santiago, L 20p. Chile.
- VEGA, S.; M.C. GAVAROTTO; M.H. IRIGOYEN; T. PETCHENESHKY y E. GIMÉNEZ. 1988. Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales: generalidades y toxicología. Ministerio de Salud y Acción Social. Dirección Nacional de Calidad Ambiental. Buenos Aires. Organización Panamericana de la Salud. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. 213p.