

Impacto sobre la salud y el ambiente de las empresas cementeras que incineran residuos

Por

Prof. Dr. Raúl A. Montenegro, Biólogo

Introducción

El cemento es uno de los materiales más consumidos por la humanidad junto al agua [WBCSD, 2002] y su producción demanda 10 veces más energía que otras actividades industriales. Una sola planta cementera, como la operada por Holcim en la provincia de Mendoza, consume tanto gas natural por día como una ciudad de 80.000 habitantes [González Carletto, 2007]. Los principales combustibles utilizados por las cementeras en distintos países incluyen carbón, coque de petróleo, hidrocarburos líquidos pesados, gas natural y gas de refinerías de petróleo [Peray, 1998]. Pero los elevados requerimientos de combustible y su incidencia en la rentabilidad hicieron que las cementeras buscaran nuevas fuentes de calor.

Al mismo tiempo otras actividades generadoras de residuos estaban dispuestas a pagar por servicios de destino final. Esto hizo que numerosas cementeras en varios países iniciaran ensayos de quema para poder incorporarlos como combustibles. Además de ahorrar combustibles tradicionales las cementeras pudieron incorporar empresas dedicadas al comercio de residuos. Esto implicó una doble reducción de costos, si bien el mayor negocio continúa siendo –después de la venta de cemento- el cobro de tarifas por hacerse cargo del destino final de residuos producidos por otras industrias.

La existencia de plantas específicamente diseñadas para la recepción y gestión de residuos peligrosos –incluidos almacenamiento, tratamiento y destino final- le quita a las industrias que los generan la necesidad de contar con sistemas propios de tratamiento. Simplemente pagan por desembarazarse legalmente de los residuos. Al mismo tiempo este modelo –predominante en Argentina- facilita la concentración de residuos y sus derivados en un reducido número de plantas con amplia capacidad cualitativa y cuantitativa de recepción. Independientemente de los procedimientos de abordaje que practiquen, su almacenamiento genera "zonas de sacrificio" como San Lorenzo-Puerto General San Martín en la provincia de Santa Fe (caso IDM, caso Termosan, caso Bravo Energy) o Yocsina en Córdoba (caso Holcim). Está claro que las industrias cuyos procesos generan residuos peligrosos son las mejor capacitadas para conocer la naturaleza de sus descartes y disponer sistemas propios de tratamiento. Pero el modelo vigente desalienta esta modalidad y favorece –en cambio- la concentración y mezcla de distintos flujos de residuos en plantas que brindan el servicio de tratamiento, almacenaje y destino final.

En las "zonas de sacrificio" la cantidad y calidad de los residuos aumenta con el tiempo (caso Taym en Córdoba), los contiene en el clinker con que se fabrica el cemento luego comercializado (caso Holcim en Córdoba) y los libera parcialmente al ambiente desde cada planta como contaminantes. Esto último ocurre en todos los sistemas de incineración de residuos. Cuando esos contaminantes se depositan en suelo, agua, construcciones, sedimentos de tanques de agua y superficie de la vegetación, o ingresan al organismo de las personas y otros seres vivos, generan en esas localizaciones depósitos secundarios de compuestos orgánicos persistentes, metales y otras sustancias tóxicas. Los cementos contaminados –a su vez- trasladan

los contaminantes originalmente contenidos en el clinker a aquellos sitios donde se usará el producto.

En el caso de Argentina dos circunstancias crearon condiciones favorables para la concentración de residuos en determinados ámbitos geográficos: el número relativamente pequeño de empresas dedicadas a tratar residuos peligrosos (57 compañías inscriptas en la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2011) y la existencia de solamente 5 provincias que permiten tratar residuos procedentes de otras jurisdicciones (Córdoba, Corrientes, Mendoza, Santa Fe y Chaco). Las mejor posicionadas para captar clientes industriales son las cementeras localizadas en provincias con fronteras abiertas (Minetti/Holcim en Córdoba y Mendoza) o con fronteras cerradas pero donde se registra una elevada producción de residuos industriales (Cementos Avellaneda y Loma Negra en Buenos Aires, por ejemplo).

Este modelo y la escasa cantidad de provincias con fronteras abiertas ha provocado un intenso flujo de transportes de residuos peligrosos. Los camiones recorren así largas distancias y atraviesan numerosas jurisdicciones provinciales. Muchos residuos peligrosos generados en el sur de Patagonia por ejemplo son enviados a las plantas de Taym, Ecoblend/Holcim o IBS que se localizan en la provincia de Córdoba. Este riesgo adicional –el transporte y su concentración en los lugares de recepción- genera impactos propios que no han sido suficientemente evaluados, y que aumentan aún más el riesgo atribuible al modelo actual de gestión.

La producción de bienes y la generación de residuos

Dos de las características emblemáticas del ser humano actual son el creciente consumo de materiales y la producción de residuos. Aunque nuestra especie tiene unos 150.000 años de antigüedad, la sociedad de consumo se fue consolidando en los últimos 10.000 años a partir de varias revoluciones culturales. Sus principales hitos fueron la invención de la agricultura en por lo menos 7 distintos lugares de la tierra ("revoluciones verdes"), los primeros fenómenos de generación de excedentes alimentarios y la consecuente generación de ciudades ("revoluciones urbanas"). Las sucesivas revoluciones tecnológicas –en particular las industriales ocurridas a partir del siglo XVIII- aceleraron dramáticamente este proceso [Montenegro, 1999].

En los ecosistemas naturales existen ciclos de materiales que son movilizados por la biodiversidad gracias a flujos unidireccionales de energía, principalmente solar. Las sustancias químicas con que están formados los seres vivos y sus residuos se degradan en el suelo, el agua y el aire. Las formas moleculares más complejas se transforman en estructuras moleculares simples y átomos, que el propio sistema viviente vuelve a captar para construir nuevamente moléculas complejas, células y tejidos. En estos procesos el mantenimiento de altos valores de biodiversidad es esencial. La vida mantiene "bombas" que hacen circular permanentemente los átomos y moléculas sin generar grandes depósitos inmóviles de sustancias. Mientras desplegamos estrategias de cadena alimenticia larga, como cazadores, pescadores y recolectores, fuimos parte de esta estrategia [Montenegro, 1999].

Los ciclos materiales relativamente cerrados y predecibles de los ecosistemas naturales contrastan con los "ciclos" abiertos e incompletos que desarrolló la especie humana para sus productos y residuos a partir de las revoluciones urbanas e industriales. Mientras los ecosistemas naturales se caracterizan por ciclos, nosotros consolidamos flujos crecientes de insumos y flujos terminales de residuos.

No solo nos transformamos en agentes de simplificación biológica y ecológica –pues los ecosistemas productivos han ido reemplazando ecosistemas naturales de alta biodiversidad por cadenas alimentarias cortas- sino que aumentamos exponencialmente la extracción de minerales, la creación de nuevas sustancias químicas y el desarrollo de productos cada vez más complejos. Solamente entre comienzos del siglo XIX y fines del siglo XX se incorporaron más de 10 millones de nuevas sustancias químicas, 100.000 de las cuales son utilizadas a escala comercial [PNUMA, 1992].

En este proceso exponencial las sustancias químicas y los productos se fueron incorporando a los ecosistemas sin que se previeran previamente los mecanismos de degradación y eventual reciclaje. Los residuos, como parte de flujos y no de ciclos, pasaron a formar depósitos en ambientes construidos, en ecosistemas naturales y en organismos vivos. Solamente el vertedero de Bouwer en Córdoba (Argentina), cerrado en abril de 2010 tras dos años de lucha, acumula más de 12 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos en sus nueve fosas [Azzinnari, 2010].

Residuos como los plaguicidas DDT, heptacloro, HCH y otros organoclorados están depositados en el tejido graso de personas y otros mamíferos, en campos agrícolas y en terrenos urbanos [Weber, 1972; Müller *et al.*, 1981; Jury *et al.*, 1987; Nash & Gish, 1989; Roy *et al.*, 1989; Miglioranza *et al.*, 2003; Loewy *et al.*, 2003; CEPROCOR, 2003; Montenegro, 2001, 2010; Simoniello, Scagnetti & Kleinsorge, 2007].

Muchos residuos son sustancias naturales que estaban mayoritariamente inmovilizadas en rocas y que ahora fluyen libremente por distintos ambientes (metales pesados como el mercurio y el plomo, metaloides como el arsénico y sustancias radiactivas como el uranio por ejemplo). Otros residuos son sustancias nuevas para la naturaleza que no encajan en ningún ciclo y que además de alterar el funcionamiento de los ecosistemas también afectan nuestra salud. Es el caso de los plásticos, los PCBs, los plaguicidas sintéticos y los residuos radiactivos de fisión producidos en las centrales nucleares de potencia [cf. Montenegro, 2007, 2009]. Ya no se trata solamente de "recursos fuera de lugar" [Odum, 1972] sino de sustancias para las cuales, ecológicamente, "no hay lugar previsto".

Lamentablemente, la mayoría de los gobiernos y empresas alientan el alargamiento de los flujos de uso y descarte en lugar de reducir los consumos excesivos, asegurar la degradación de los productos antes de su lanzamiento al mercado o intentar la integración de los residuos a ciclos cada vez más cerrados.

Esta nociva y efímera estrategia de flujo se mantiene en base al crecimiento de la minería extractiva, la producción de sustancias disipables, la fabricación de objetos con vida útil corta, la generación exponencial de residuos y la adopción de métodos de tratamiento coherentes con esos flujos (cf. Leonard, 2010). La industria cementera y el uso de residuos como combustible son un ejemplo paradigmático de flujo pero que pretenden presentarse, incorrectamente, como sustentables. Contrariamente a sus postulados, el uso combinado de combustibles fósiles y residuos no reduce la contaminación química sino que la concentra, diversifica y distribuye a través de nuevas rutas.

Cementerías: falsa sustentabilidad y prácticas clientelares

Aunque se considera que el uso de residuos en hornos de cemento ahorra combustibles tradicionales y reduce por lo tanto la emisión de gases de invernadero (principalmente CO₂), "*su uso no siempre se traduce en un ahorro de combustible tradicional*" pues "*requiere muchas veces un consumo mayor*" [González Carletto,

2007]. Aún así las cementeras argumentan que son sustentables pues al ahorrar combustibles fósiles reducen la descarga de dióxido de carbono y otros gases con efecto invernadero y contribuyen a tratar y aislar residuos.

La inconsistencia de esta argumentación no impidió que en 1999 tres líderes de la industria del cemento pertenecientes a las empresas CIMPOR, Holcim y Lafarge se acercaran al *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD) para requerirles una evaluación estructurada sobre los temas de desarrollo sustentable que enfrentaban sus compañías. Como resultado de estos encuentros comenzó un proyecto de dos años que estableció una agenda de 13 temas principales entre los cuales se incluyeron cambio climático, uso del suelo, biodiversidad, determinación de indicadores clave de logros en materia de desarrollo sustentable, ecología industrial, logros ambientales y política pública [Klee, 2001].

En mayo del 2000 el *World Business Council for Sustainable Development* encargó un estudio independiente al *Battelle Institute* de Estados Unidos y formó un grupo externo, el "*Assurance Group*", para que "*revisara la investigación y asegurara que el trabajo representaba múltiples puntos de vista*". Lo integraron Mostafa Tolba, ex Director General del PNUMA; William Reilly, ex administrador de la EPA; Corine Lepage, ex Ministro del Ambiente de Francia; Víctor Urquidi, profesor emérito del Colegio de México e Istvan Lang, ex presidente de la Academia de Ciencias de Hungría.

En marzo de 2002 se presentó públicamente el trabajo [Vigon *et al.*, 2002], donde el grupo evaluador tomó sus precauciones al incluir la siguiente advertencia: "*Nosotros hemos revisado este informe en detalle. Creemos que 'Towards a sustainable cement industry' proporciona una significativa y útil contribución para la implementación del desarrollo sustentable. Si bien coincidimos con el contenido general, hallazgos y conclusiones, este no es un aval de cada recomendación individual y potenciales acciones futuras*".

Cinco meses después, en julio de 2002, directivos del máximo nivel de diez empresas cementeras (CEMEX, CIMPOR, Heidelberg Cement, Holcim, Italcementi, Lafarge, RMC Group, Siam Cement Industry, Taiheiy Cement y Votorantim) crearon la *Cement Sustainability Initiative* (CSI) como parte del *World Business Council for Sustainable Development* (WBSCD) y presentaron su "*Agenda para la acción*".

Dicha agenda abordaba seis puntos: "*Protección del clima*", "*Combustibles y materias primas*", "*Salud laboral y seguridad*", "*Reducción de emisiones*", "*Impactos locales*" y "*Procesos internos de los negocios*". En la sección dedicada a la reducción de emisiones estableció proyectos conjuntos, entre ellos encontrar soluciones para la emisión de "*dioxinas y otros VOCs*" (compuestos orgánicos volátiles) y tres importantes "*acciones individuales*": [a] "*Cada empresa aplicará protocolos industriales para la medición, monitoreo e información de las emisiones (...)*"; [b] "*Cada empresa hará que los datos de las emisiones estén públicamente disponibles y accesibles a accionistas*" y [c] "*Para el año 2006 cada compañía establecerá metas de emisión para materiales relevantes y reportará públicamente los progresos relativos a esas metas*" [WBSCD, 2002].

Al presentar en Japón los avances de la iniciativa (2005), Michio Kimura, de Taiheiy Cement, recordó que comprendía tres fases: la del "*estudio independiente*" (1999-2002), la de "*planeamiento*" (2002) y la de "*acción*" (2002-2020). Hasta ese momento la iniciativa reunía a 17 grandes cementeras con operaciones en más de 70 países. Patrick Verhagen, de Holcim, resumió en ese mismo encuentro la "*agenda para la acción*" que incluía proyectos conjuntos entre empresas y actividades individuales de cada compañía "*en seis áreas clave: protección del clima, combustibles y uso de*

materia prima, salud de los empleados y seguridad, reducción de las emisiones, impactos locales sobre el suelo y las comunidades y comunicaciones e informes de progreso" [Kimura et al., 2005]. Entre los "ejemplos de progresos logrados en 2002-2005" figuraban "emisiones totales y específicas de CO₂, estimación de muertes y tiempo perdido por daños, porcentaje de sustitución de combustibles, eficiencia térmica, emisiones totales y específicas de NO_x, SO_x y particulados y porcentaje de lugares con planes comunitarios de compromiso". Un resumen de las presentaciones hechas en Japón menciona que también que se formó el Consejo Asesor (*Senior Advisory Board*) integrado por Mostafa Tolba, Claude Martin de *WWF International* y Jim MacNeill del *International Institute of Sustainable Development* (IIED).

El informe detalla asimismo las guías de buenas prácticas que se produjeron (seis en total) y el compromiso asumido por "cada miembro corporativo de definir y publicar sus logros en variables clave" y de informar anualmente sobre los progresos y objetivos alcanzados [Kimura et al., 2005].

Dos años más tarde la iniciativa presentó sus "5 años de progreso" donde destacó entre otros temas la adopción de una "Guía para la selección y uso de combustibles y materias primas en los procesos de manufactura del cemento" [WBCSD, 2007, 2011]. Si bien resulta difícil evaluar el derrame de la ambiciosa agenda para la acción en cementeras de distintos países del mundo, la realidad muestra grandes diferencias entre las plantas más controladas de los países del Norte y las plantas con escaso a nulo control en países del Sur. Los impactos ambientales producidos por plantas cementeras localizadas en China e India, los dos mayores productores de cemento del mundo, delatan situaciones inaceptables [cf. Hays, 2010].

Por otra parte los graves problemas de contaminación ambiental registrados en las filiales del Tercer Mundo que operan grandes grupos cementeros, como Holcim, muestran una contradictoria distancia entre las buenas intenciones de la Agenda para la Acción de 2002 y sus prácticas, irrespetuosas del ambiente y de la salud de las personas [Nacif, 2009; GAIA, 2011]. Lafarge, el grupo cementero de Francia, presentó por ejemplo un estudio de impacto ambiental distorsionado para lograr la autorización de construcción de una planta que produciría 3 millones de toneladas de cemento en Mandi, Himachal Pradesh (India). El falseamiento de datos hizo que la *National Environmental Appellate Authority* (NEAA) anulara la autorización que le otorgara el Ministerio de Ambiente de India [Kazim, 2010].

En Argentina y como parte de esta estrategia de sustentabilidad maquillada todas las plantas de Cemento Minetti/Holcim cuentan, desde al año 2006, con certificaciones ISO 9.001:2000 e ISO 14.001:2004. La empresa también presenta desde 2005 informes bianuales de sustentabilidad siguiendo la guía G3 de la *Global Reporting Initiative* (GRI) [Minetti, 2009].

En el informe de sustentabilidad 2007-2008, por ejemplo, Minetti/Holcim no analiza en ningún punto las descargas de dioxinas y furanos desde sus plantas de Malagueño, Yocsina, Capdeville y Puesto Viejo pese a haber quemado –según sus propios datos– 48.000 toneladas de residuos en 2007 y 54.400 toneladas en 2008 [Minetti, 2008]. Pero incluye al final del informe en papel, del cual se repartieron apenas 600 ejemplares, que fue impreso "con materias primas extraídas de bosques de reforestación certificada" y utilizó tintas "clasificadas como sustancias no peligrosas (Unión Europea 67/548/CEE o 1999/45/CE)".

Esta cooptación de temas ambientalmente sensibles se complementa con prácticas clientelares pues las compañías actúan como fuentes informales de apoyo económico y ayuda comunitaria. Cementos Minetti por ejemplo opera desde el año 1987 una

"*estrategia de involucramiento comunitario*" a través de la Fundación que lleva su nombre.

A partir del mes de agosto de 2011 Holcim, que mantenía el nombre de la empresa adquirida (Minetti) unificó su identidad corporativa bajo la denominación Holcim. Sin embargo, hasta septiembre de 2011 la fundación sostenida por esta empresa seguía manteniendo el nombre original Minetti.

Una de las características del trabajo clientelar consiste en asociar claramente la donación o aporte con el nombre de la empresa, lo que crea sutiles relaciones de compromiso. Se derraman así minúsculas contribuciones entre beneficiarios, los cuales –sumados- resultan insignificantes comparados con las ganancias corporativas y el costo no contabilizado de los daños producidos en la salud y el ambiente.

El siguiente párrafo, extraído del informe de sustentabilidad 2007-2008 de Cementos Minetti ejemplifica lo indicado: "*En el período [dos años] los proyectos PDL [de desarrollo local] implicaron una inversión de 973.882 pesos [unos 284.000 U\$S] que impactaron en forma directa a 23.583 beneficiarios en las comunidades vecinas a los centros productivos de la empresa. Asimismo en el marco del 'Fondo Construir' se destinaron 167.177 pesos [unos 49.000 U\$S] en donaciones de cemento para el desarrollo de infraestructura comunitaria y de proyectos, beneficiando a 77.923 personas*". Entre los destinatarios de estas ayudas figuran "*escuelas, asociaciones, cooperadoras, clubes, ONGs, empresas, otras fundaciones empresarias, municipios, centros comunitarios, centros comunitarios, comedores comunitarios*". Las cifras del derrame empresario totalizaron en este caso 166.500 dólares por año, cifra que contrasta dramáticamente con las cifras de ventas declaradas en ese mismo informe por la compañía, y que totalizaron más de 322 millones de dólares [Minetti, 2009]

Las cementeras suplen ocasionalmente la tradicional ausencia del Estado para satisfacer algunas demandas específicas, como la necesidad de materiales didácticos o el apoyo económico para fiestas populares. Alientan asimismo visitas escolares a las plantas. De este modo establecen vínculos de simpatía entre la empresa y los niños, y a través de ellos con sus familias. Agregan por lo tanto un cierto respaldo comunitario al previsible apoyo de la fuerza laboral (pues los obreros de las cementeras defienden su fuente de trabajo aún a costa de su propia salud). Recientemente, al hacerse público el malestar de los vecinos de Yocsina y las protestas de FUNAM por la contaminación del aire, la cementera encargó una encuesta a una consultora privada para conocer la opinión de los pobladores sobre las actividades de Minetti/Holcim y Ecoblend [Díaz, 2011].

Actualmente la Iniciativa sobre Sustentabilidad del Cemento (CSI) está integrada con representantes de 23 grandes corporaciones [WBSCD, 2011].

Impactos de las cementeras por extracción y por descarga

Las cementeras que no queman residuos –sobre todo las localizadas en el Tercer Mundo- también contaminan el aire, el agua, el suelo y los organismos vivos. El impacto es producido por dos fuentes principales, las actividades extractivas (minería de superficie) y la fabricación de cemento, en particular cuando se sitúan a escasa distancia una de otra.

Dados los cambios tecnológicos que se fueron incorporando a los procesos (hornos rotativos y procesos húmedos en 1895, los precalentadores de suspensión en la década de 1930, los precalentadores con cuatro etapas ciclónicas en la década de 1970) existe una gran variedad de plantas, incluidas las híbridas, que tienen diversos

potenciales de contaminación. Inadecuado mantenimiento, fallas técnicas, cortes en el suministro de combustible y fallas de procedimiento agregan mayor incertidumbre en sus procesos.

Una planta de cemento genera impactos por consumo (lo que necesita como insumos) e impactos por descarga y eventual agregado (lo que "sale" del sistema).

Entre los principales impactos por consumo se cuentan la demanda de materia prima (por ejemplo roca caliza, impacto minero de superficie) y aditivos; la demanda de combustibles convencionales; la demanda de aceites y otras sustancias para mantenimiento y operaciones; la demanda de agua y la demanda de energía eléctrica.

Una cementera con proceso seco y precalcinador que produzca 2,54 MTPA de cemento (millones de toneladas por año) puede consumir 3.000 m³/día de agua y 30 MW de electricidad [JAL, 2011].

Entre los principales impactos "por salida" del sistema se listan contaminantes sólidos masivos, contaminantes sólidos en partículas (sobre todo polvo de horno), agua contaminada (con alto pH, sólidos suspendidos, sólidos disueltos –por ejemplo potasio y sulfatos- y metales pesados), contaminantes líquidos complejos (restos de aceites y demás insumos), olores, ruidos molestos y los contaminantes contenidos en el cemento (orgánicos, inorgánicos).

Las operaciones en el tiempo de las plantas se acompañan de procesos de almacenamiento local de grandes masas de residuos, muchos de ellos enterrados legal o ilegalmente en el propio predio (volúmenes importantes de polvo de horno y de clinker no usado, restos de asbesto empleado en construcciones antiguas, otros residuos), o que se almacenan en edificios y a la intemperie (por ejemplo transformadores en desuso contaminados con PCBs, equipos obsoletos, etc.).

Los principales problemas son generados, sin embargo, por los microcontaminantes que disemina la cementera, por ejemplo partículas, pues generan depósitos secundarios dentro y fuera del predio. Dichos depósitos, con estructuras, superficies, volúmenes y contenidos muy variables, son fuentes secundarias extremadamente activas de contaminación. En algunos casos reflejan la historia misma de las emisiones, visible en las sucesivas capas depositadas sobre suelo o en los sedimentos de un tanque de agua. El viento y el agua, al actuar sobre ellos, recrean situaciones de contaminación y contribuyen a formar nuevos depósitos, o bien aumentan la carga de otros que ya existían.

En el caso de la vegetación expuesta, la deposición de partículas sobre las hojas interfiere su proceso de fotosíntesis y modifica incluso la eco-fisiología de las plantas verdes [Rahmana & Ibrahim, 2010].

La operación normal de una cementera genera a su vez otros impactos, en particular por el movimiento de vehículos que traen insumos y residuos, y trasladan cemento u otros productos, sobrecargando la infraestructura vial. En toda su zona de operaciones, dentro y fuera de la industria, esos vehículos descargan ruidos molestos, partículas y gases, pero también remueven los depósitos secundarios de partículas.

Las minas utilizadas para obtención de materia prima son otra fuente muy importante de impactos. Pueden pertenecer a la propia cementera o actuar como proveedoras externas independientes. Aunque más adelante se detallan sus impactos, alteran la topografía y contaminan el aire, el agua, el suelo y los seres vivos. Cuando se

desarrollan en cercanías de las cementeras –lo cual reduce los costos de flete- sus impactos se suman a los producidos por la planta.

Al incorporarse el uso de residuos como combustible los riesgos se diversificaron e incrementaron al quedar instaladas nuevas fuentes de contaminación, entre ellas las vías de traslado de los desechos, las tareas de transferencia intermedia, la existencia de depósitos transitorios, la trituración, la generación de nuevos cócteles de insumos (residuos + combustibles fósiles + materia prima), los procesos de pirólisis y oxidación de estas mezclas en distintos tramos del proceso (sobre todo en el horno) y la contaminación de los cementos terminados. Las empresas transportadoras de residuos peligrosos, por ejemplo, suelen generar sus propios depósitos secundarios en inmediaciones de las plantas.

La gran capacidad de producción de muchas cementeras implica que a mayor producción mayor es la emisión de contaminantes sólidos, líquidos y gaseosos al ambiente, aún cuando existan sistemas de abatimiento. Otros dos factores agravan el impacto: la permanencia de la población expuesta en sus lugares tradicionales de residencia –usualmente cerca de la planta- y la existencia de depósitos secundarios de contaminantes "alimentados" con las descargas rutinarias y accidentales. Son emblemáticos los depósitos secundarios de partículas que "tiñen" con polvo las inmediaciones de las cementeras.

El sistema de riesgos se complica aún más cuando los cócteles contaminantes emitidos por las cementeras entran en contacto con los agentes procedentes de otras fuentes ubicadas en la misma zona (energías, materiales). Interaccionan entonces "n" fuentes, se producen "n" cócteles distintos con variables modelos de emisión y se definen "n" rutas que alcanzan -en el tiempo- "n" puntos o áreas de exposición. La existencia previa de contaminantes acumulados en el organismo de personas expuestas aumenta ese riesgo.

Lamentablemente la mayoría de las cementeras que pasaron a utilizar residuos como combustible no fueron diseñadas para dicha función. Esto implica que sobre tecnologías de producción a base de combustibles tradicionales, líquidos, gaseosos o sólidos, se superpusieron flujos y requerimientos especiales que necesitan pautas de manejo y precauciones muy distintas. La misma consideración es válida para los obreros y técnicos de las empresas de cemento, pues no fueron preparados para el manejo de residuos peligrosos. Lo anterior define sistemas productivos experimentales que funcionan por prueba y error. Incluso los esquemas de monitoreo ambiental y biológico aplicados a plantas convencionales y a plantas que usan residuos peligrosos son muy diferentes.

La extrema variación de los residuos utilizados, la ausencia de controles remesa por remesa (pues las declaraciones juradas pueden no ajustarse a la composición cuali-cuantitativa real) y las mezclas aleatorias que resultan refuerzan la naturaleza experimental de los procesos y sus efluentes. A diferencia de los combustibles tradicionales, menos variables, el uso de residuos crea contextos físico-químicos usualmente no evaluados y por lo tanto poco predecibles. Lamentablemente las empresas cementeras no asumen el riesgo de la variabilidad contaminante.

Es usual por otra parte que no se realicen monitoreos ambientales en forma continua e independiente, ni se tomen y analicen muestras biológicas de personas expuestas. En el caso específico de dioxinas y furanos no se han logrado tecnologías probadas para su monitoreo continuo en planta. Tampoco suelen efectuarse estudios epidemiológicos que permitan detectar cambios, en el tiempo, de los indicadores de morbilidad y mortalidad. Se generan así zonas de sacrificio donde las evaluaciones (incompletas)

son solamente realizadas por las empresas; el Estado suele estar ausente y las comunidades afectadas carecen de herramientas de control y de poder relativo dada su dependencia parcial de las fuentes de trabajo. Este ciclo de silencio y resignación suele romperse cuando las personas detectan los impactos y sus causas, y los sistemas coactivos de las empresas o el Estado son superados con organización y resistencia comunitaria. Las acciones de protesta iniciadas en distintos lugares de América Latina se inscriben en este proceso de silencios rotos [FUNAM, 1995; Nacif, 2009; GAIA, 2011a, 2011b; Díaz, 2011; Minor, 2011; Sunuc, 2001; Rodríguez Maldonado, 2011; AC-FOE, 2011].

Historia del cemento, características y procesos de fabricación

Durante los últimos 10.000 años las revoluciones urbanas consolidaron el sedentarismo, la noción de propiedad privada y los territorios construidos, públicos y particulares. En este proceso expansivo que todavía continúa los sistemas constructivos fueron clave. Se fue pasando de materiales fácilmente ciclables, como troncos, barro y paja, a materiales más duraderos y rígidos, como rocas combinadas con madera y metales. La invención del adobe (mezcla de barro y paja expuesto al Sol) y de los ladrillos de barro cocido aumentaron las posibilidades constructivas, en particular al desarrollarse las pastas y morteros elaborados con arcilla, yeso o cal para unir mampuestos en las edificaciones (incluidos cementos naturales, como las tobas volcánicas). Entre los primeros aglomerantes se mencionan algas calcinadas (huirio) mezcladas con agua de mar, usado al norte de Chile hace unos 5.000 años, y el mortero hecho de yeso calcinado impuro, arena y agua empleado para unir bloques de roca en las pirámides de Kefrén, Keops y Micerino, en Egipto [Camps Goset, 2009].

Existen básicamente dos tipos de cemento, los de origen arcilloso (obtenidos a partir de arcilla y roca caliza en proporciones de 1 a 4 aproximadamente) y los de origen puzolánico (volcánico o bien orgánico). Químicamente son mezclas de silicatos y aluminatos de calcio obtenidos mediante el cocido de calcáreos, arcilla y arena. El producto obtenido, finamente molido, se hidrata al ser mezclado con agua y solidifica en forma progresiva.

En 1824 Joseph Aspdin y James Parker patentaron el cemento Pórtland e Isaac Johnson, en 1854, obtuvo el prototipo del cemento actual con una mezcla de caliza y arcilla calcinada a altas temperaturas. El posterior desarrollo de cementos homogéneos a partir de los experimentos de L. J. Vicat, H. Le Chatelier y W. Michaelis, y la invención del horno rotativo para calcinación (1885) además del molino tubular y los métodos de transportar hormigón fresco ideados por Jürgen H. Magens (1903, año de la primera patente), sentaron las bases para la industria del cemento a gran escala [ERMCO, 2011]. Una cuidadosa revisión sobre el desarrollo histórico del cemento y del concreto puede encontrarse en la Tesina de Sergi Camps Goset, "*Los pioneros del hormigón estructural: de Europa a Cataluña*" [2009].

Actualmente el tipo de cemento más utilizado como aglomerante y para la preparación del hormigón es el cemento Pórtland. Se obtiene mediante el agregado de una o más formas de sulfato de calcio al clinker Pórtland. El producto, con agua agregada, solidifica en algunas horas y endurece progresivamente durante varias semanas. Con la adición de materiales calcáreos se obtiene el cemento plástico, de fraguado más rápido.

El cemento Portland está definido en las normas DIN (*Deutsches Institut für Normung*) como "*un aglomerado hidráulico con una cantidad de cal (CaO) no inferior a 1,7 en peso, una parte de silicato soluble (SiO₂), alúmina (Al₂O₃) y óxido férrico (Fe₂O₃), obtenido por medio de una enérgica trituración y mezcla íntima de los materiales, su*

cocción hasta la vitrificación y la molienda hasta reducirlos a polvos". De acuerdo a la resistencia a la compresión mínima en intervalos estandarizados de tiempo se categorizan en CP30, CP40 y CP50 [González Carletto, 2007].

El proceso de fabricación comprende las siguientes etapas principales: a) Extracción de minerales, eventual obtención externa de materiales (materia prima natural o primaria, materiales correctivos, materia prima secundaria) y depósito; b) Preparación del material, que incluye varias fases, entre ellas trituración, molienda del crudo y depósito; c) Secado y precalentamiento; d) Precalcinación, calcinación y clinkerización; e) Enfriamiento del clinker y eventual depósito; f) Agregado de aditivos, molienda del clinker y fabricación del cemento, y g) Fraccionamiento, depósito y despacho.

El ingreso, depósito y preparación del combustible para alimentar el horno (fósil o fósil + residuos); la preparación de los aditivos con destino a la fabricación del cemento (molienda, secado) y el sistema de captación y tratamiento de gases y partículas conforman tres procesos adicionales. El sector de horno, donde se ubica el quemador, es el que consume mayor energía química (del combustible) y térmica.

Existen cuatro rutas posibles para la producción de cemento: proceso seco, proceso semi-seco, proceso semi- húmedo y proceso húmedo. En el proceso seco el mineral finamente molido adquiere un aspecto de harina que le da su nombre (harina, harina cruda, crudo). El material seco (*dry raw meal*) es introducido en el precalentador, el horno de precalcinación o más raramente en los hornos largos [cf. Karstensen, 2004].

En el proceso semi-seco el material seco es pelletizado con agua e introducido en el precalentador de parrilla, antes del horno, o en un horno largo. En el semi-húmedo se le quita el agua al lodo mediante filtros de prensa. La torta del filtro es extrudida en pellets e introducida en un precalentador de parrilla o bien directamente en el secador de torta de filtros para la producción de material seco [cf. Karstensen, 2004; BID, 2010].

En el proceso húmedo se agrega agua a los minerales hasta que adquieren una consistencia de pintura o pasta (lodo) que tiene un contenido de agua del 40 al 45%. El lodo es introducido luego directamente en el horno o es sometido previamente a secado [cf. Karstensen, 2004; BID, 2010].

En Argentina del total de empresas reunidas en la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP) un total de 25 hornos usan vía seca y solamente 3 vía húmeda (PCR S.A. en Comodoro Rivadavia) [AFCP, 2011].

En la planta de Minetti/Holcim en la provincia de Mendoza, que utiliza la vía seca, su horno es rotativo y de proceso continuo, gira aproximadamente a 3 revoluciones por minuto y tiene una inclinación de 3° respecto de la horizontal. El material ingresa por la parte superior a una temperatura de aproximadamente de 800 °C y a medida que avanza por el horno la temperatura de la carga va aumentando hasta sobrepasar los 1.450 °C. Esta es la temperatura necesaria para que se produzca la cocción y se forme el clinker.

La capacidad de recepción del horno es de 3.200 ton/día de harina cruda, una mezcla compuesta por caliza ($\approx 85\%$), esquistos (sílice, $\approx 12\%$), fluorita ($\approx 0,24\%$) y óxido de hierro ($\approx 2,21\%$). La utilización de fluorita disminuye la temperatura necesaria para la clinkerización y aumenta la resistencia del producto, lo cual permite fabricar cementos con menos clinker (ahorro de energía, ahorro de clinker). Una vez concluida la calcinación de las 3.200 ton/día de crudo ingresadas al horno, quedan unas 2.000 ton/día de clinker [González Carletto, 2007].

En los sistemas de horno equipados con precalentadores los materiales atraviesan cuatro zonas principales: zona de precalentamiento (donde la temperatura asciende de $<100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $800\text{ }^{\circ}\text{C}$); la zona de calcinación, térmicamente más estable ($800\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $900\text{ }^{\circ}\text{C}$); la zona de transición ($900\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1.250\text{ }^{\circ}\text{C}$) y la zona de sinterización ($1.250\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1.450\text{ }^{\circ}\text{C}$) [cf. Karstensen, 2004].

En el interior de los hornos la temperatura es regulada principalmente por el quemador. Existen dos situaciones térmicas. La temperatura de la fase gaseosa, que alcanza los $2.000\text{ }^{\circ}\text{C}$, y la temperatura de los materiales sólidos, que llega hasta los $1.450\text{-}1.500\text{ }^{\circ}\text{C}$. El clinker necesita ser quemado bajo condiciones de oxidación, por lo cual la zona de sinterización necesita un exceso de aire [cf. Karstensen, 2004].

En el interior de los distintos tipos de hornos cementeros por vía seca se establece un gradiente térmico donde ocurren los siguientes procesos principales: a) Zona inicial de menor temperatura que concluye el proceso de evaporación de agua; b) Entre 600 y $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ los minerales arcillosos se descomponen en sus componentes óxidos, principalmente SiO_2 y Al_2O_3 , y la dolomita, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, en carbonato de calcio (CaCO_3), óxido de magnesio (MgO) y dióxido de carbono (CO_2); c) Entre 650 y $950\text{ }^{\circ}\text{C}$ el carbonato de calcio reacciona con SiO_2 para formar belita (Ca_2SiO_4); d) Entre 900 y $1.050\text{ }^{\circ}\text{C}$ el remanente de carbonato de calcio se descompone en óxido de calcio y dióxido de carbono, y e) Entre 1.300 y $1.450\text{ }^{\circ}\text{C}$ se registra una fusión parcial (20-30%), y la belita reacciona con el óxido de calcio para formar alita ($\text{Ca}_3\text{O}\cdot\text{SiO}_4$). Se produce así el agregado del material en nódulos que tienen 1 a 10 mm de diámetro, el clinker [cf. Davis, 1924; Blezard, 19988; Peray, 1986; Hewlett, 2004; Giraldo & Tobón, 2006].

Dependiendo de la composición de las materias primas usadas el clinker puede estar compuesto por un 66% de óxido de calcio (CaO), un 21% de dióxido de sílice (SiO_2), un 5% de trióxido de aluminio (Al_2O_3), un 3% de trióxido de hierro (Fe_2O_3) y un 5% de otros componentes [Karstensen, 2004]. El uso de combustibles a base de residuos aumenta su contenido en metales y demás sustancias aumentas. Tras la molienda del clinker el cemento resultante también queda contaminado [cf. Achternbosch *et al.*, 2003].

Para optimizar el uso del combustible se desarrollaron los precalentadores en la década de 1930 (en parrilla, en ciclones) y durante la década de 1970 los precalcineres. Japón fue pionero en el uso de los precalcineres. Adicionalmente operan otras instalaciones, entre ellos enfriadores, molinos de combustible, ventiladores y equipos para la depuración de gases [Peray, 1998; Hewlett, 2004].

Distribución de las plantas de cemento Portland y niveles de producción

Actualmente 156 países tienen plantas para la producción de cemento. En el año 2008 se registró una producción mundial de 2.872 millones de toneladas, de las cuales 1.400 millones de toneladas fueron producidas en China y 183 millones de toneladas en India. Le siguen en orden decreciente de producción Estados Unidos, Japón, Rusia, Brasil, Corea del Sur, Turquía, Irán y México. Regionalmente Asia contribuye con el 67% de la producción mundial e incluye 9 de los 20 países con mayor cantidad producida. En el 2008 los principales países exportadores de cemento fueron, en orden decreciente de ventas, Alemania, Bélgica, China, Italia, España, Canadá, Estados Unidos, Gran Bretaña, Holanda y Malasia. Ese mismo año los principales importadores fueron, también en orden decreciente, Estados Unidos, Holanda,

Francia, Alemania, Gran Bretaña, Suiza, Noruega, Canadá, Singapur y Bélgica [CII, 2011].

Para América Latina el Instituto Colombiano de Productores de Cemento identificó en 2007 un total de 155 plantas cementeras distribuidas de la siguiente forma, de mayor a menor producción: Brasil (58 plantas con $45,97 \times 10^6$ ton/año); México (32 plantas con $38,80 \times 10^6$ ton/año); Colombia (18 plantas con $11,06 \times 10^6$ ton/año); Argentina (14 plantas con $9,60 \times 10^6$ ton/año); Perú (6 plantas con $6,20 \times 10^6$ ton/año); Ecuador (5 plantas con $4,44 \times 10^6$ ton/año) y Chile (7 plantas con $4,40 \times 10^6$ ton/año). Venezuela tenía 10 plantas y Panamá 2, para los cuales no disponía de datos de producción. Los mayores exportadores en 2007 fueron México con 2,2 millones de toneladas y Colombia, con 1,7 millones de toneladas de cemento [Herrera, 2008].

Según la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland (AFCP) existen en Argentina cuatro principales grupos dedicados a la fabricación de cemento, Loma Negra, Minetti/Holcim, Cementos Avellaneda y PCR [AFCP, 2011].

En el siguiente listado están excluidas las plantas que solo se dedican a molienda y mezcla y no tienen hornos. Loma Negra CIASA tiene 6 plantas: Sierras Bayas en Olavarría (2 hornos con vía seca que usan 7% de combustible de residuos y 93% de gas); Barker en Benito Juárez (2 hornos largos con vía seca, 13% de combustible de residuos y 87% de gas); Olavarría (3 hornos con vía seca, 12% de combustibles de residuos y 88% de gas); L'Amali (1 horno con vía seca, 100% de gas), los cuatro en la provincia de Buenos Aires; San Juan en la provincia del mismo nombre (1 horno largo con vía seca, 60% de gas y 40% coque de petróleo) y El Alto en la provincia de Catamarca (2 hornos con vía seca, 100% gas) [Minetti, 2008; AFCP, 2011].

Cementos Avellaneda tiene 2 plantas: Olavarría en San Jacinto, provincia de Buenos Aires (2 hornos con vía seca; 20% combustible de residuos, 64% gas, 11% coque de petróleo y 5% fuel oil de alta viscosidad) y San Luis-El Gigante en la provincia de San Luis (1 horno con vía seca, 22% fuel oil y 78% gas) [AFCP, 2011].

Cementos Minetti/Holcim tiene 4 plantas: Yocsina en Malagueño (2 hornos con vía seca, 15% combustible de residuos y 85% gas); Malagueño en la localidad del mismo nombre (2 hornos con vía seca, combustible de residuos y gas), las dos en la provincia de Córdoba; Capdeville en la provincia de Mendoza (1 horno con vía seca, combustible de residuos y gas) y Puesto Viejo en la provincia de Jujuy (1 horno con vía seca, combustible de residuos y gas) [AFCP, 2011]. Minetti fue adquirida en 1999 por Holderbank, que se transformó en Holcim a partir de 2001.

PCR S.A. tiene 2 plantas: Comodoro Rivadavia en la provincia del Chubut (3 hornos con vía húmeda, 100% gas) y Pico Truncado en la provincia de Santa Cruz (1 horno con vía seca, 100% gas) [AFCP, 2011].

El negocio de producir cemento y el negocio complementario de ofrecer destino final para los residuos peligrosos

Además de combustibles fósiles -carbón, coque de petróleo, hidrocarburos líquidos pesados, gas natural y gas de refinerías de petróleo- las cementeras incorporaron el uso de residuos sólidos y líquidos, e incluso metano procedente de vertederos municipales [Peray, 1998]. También residuos cloacales [Conesa *et al.*, 2008].

El agregado de residuos se concreta durante la producción del clinker en los hornos rotatorios. Los insumos a base de residuos suelen ser denominados combustibles

alternativos o AFR (por su sigla en inglés, *Alternative Fuel Raw*) y el proceso general coprocesamiento o coincineración [cf. Gomes P. Junior & C. Bahia Braga, 2009].

Entre los primeros ensayos de quema de residuos en cementeras pueden mencionarse los realizados en la planta de Saint Lawrence en Canadá (mediados de la década de 1970) y las pruebas conducidas en la *Stora Vika Cement Plant* de Suecia en 1978 [Karstensen, 2004]. En ambos casos se quemaron partidas de residuos clorados. Durante las pruebas realizadas en Suecia se detectó cloroformo en los efluentes gaseosos [Mantus, 1992]. Las pruebas se multiplicaron en las décadas de 1980, 1990 y 2000. Incluyeron, entre otros complejos, la quema experimental de plaguicidas, PCBs, residuos industriales, aceites, solventes, plásticos y neumáticos. En 2007 se iniciaron en la India ensayos para la quema de residuos sólidos municipales en hornos de cemento [Seemann, 2007].

Al igual que para otros dispositivos tecnológicos, la adopción de residuos con poder calórico en los hornos de cemento se generalizó sin que existieran suficientes estudios de impacto. Se confió a rajatabla en los fenómenos de pirólisis y oxidación y en la capacidad del clinker para aislar residuos. En la mayoría de los casos, sobre todo en el Tercer Mundo, las plantas no fueron acondicionadas para los nuevos combustibles ni se mejoraron sustancialmente los sistemas de captación y tratamiento de gases y partículas.

En 1994 la cementera Minetti/Holderbank creó la empresa Ecoblend dedicada a la "selección, recolección, transporte y disposición final de residuos industriales" [Ricciutti & Cevasco, 2006] y en 1994-1995 inició la quema experimental de neumáticos y residuos plásticos en su planta de Yocsina, Córdoba. Tras descubrir que esas operaciones eran ilegales, pues no habían sido autorizadas por el Consejo Provincial del Ambiente, FUNAM denunció penalmente a la compañía en la Fiscalía Federal n° 3, a cargo de la Fiscal Graciela López de Filoñuk [FUNAM, 1995].

Hacia 1995-1996 también comenzó la quema de residuos en la cementera Loma Negra de Olavaria, en Buenos Aires. Las primeras remesas fueron incineradas en el horno 8 de Sierras Bayas [Minor, 2011].

Las distintas fases del funcionamiento de las cementeras y sus respectivos impactos

La producción de cemento implica una cadena de pasos, cada uno de los cuales genera "n" impactos negativos sobre el ambiente y la salud. Estos son los principales pasos y sus respectivos efectos:

1) Extracción. Es una típica actividad minera de superficie. Implica la realización de voladuras, para lo cual se utilizan explosivos (por ejemplo cartuchos de Gelamita y Nagolita granulada) y detonadores (por ejemplo Booster de Pentolita); extracción con perforadoras (hidráulicas, neumáticas) y maquinaria pesada (cargadoras, topadoras), y transporte del material a planta (camiones). Principales impactos por extracción: alteración geomorfológica, destrucción de suelo, destrucción de la vegetación y biota, distorsión de los mecanismos de infiltración y escorrentía superficial, distorsión de cuencas hídricas. Principales impactos por emisión: ruidos molestos, descarga de partículas, descarga de sustancias químicas (derivadas del uso de explosivos y detonadores), descarga de gases de combustión. Contaminación de aire, suelo, agua, cultivos, personas y otros organismos.

2) Descarga en planta sobre grilla de trituración, en un ambiente semicerrado. La grilla permite el paso de material que tiene menos de 40 centímetros de tamaño y deja

retenidas las de mayor dimensión. Una vez retirado el camión las rocas más grandes son partidas con martillo neumático o bien con maza manual. Principales impactos por emisión: ruidos molestos y emisión de partículas. Dispositivos de amortiguación: suelen colocarse cortinas de retención y sistemas de captación de polvo, generalmente muy ineficientes [cf. González Carletto, 2007]. Contaminación de aire, suelo, agua, vegetación, cultivos, personas y otros organismos.

3) Trituración. Es alimentada con los materiales que atravesaron la grilla. Suelen utilizarse una cinta de transporte, detectores de metal, zarandas vibratorias (que separan el material grueso del fino), trituradoras de martillos (para el material grueso) y apiladoras (pilas en el caso de calizas, conos en el caso de esquistos). Principales impactos por emisión: ruidos molestos y descarga de partículas [cf. González Carletto, 2007]. Contaminación de aire, suelo, agua, vegetación, cultivos, personas y otros organismos.

4) Molienda de crudo. Tiene por objeto producir la materia prima que ingresará al horno. Entre los dispositivos utilizados se encuentran rascador (que extrae el material de la pila para transportarlo hacia las tolvas de alimentación), básculas (que dosifican las distintas materias primas), molino, separador ciclónico, bombas y ciclóneta. Principales impactos por emisión: ruidos molestos y emisión de partículas [cf. González Carletto, 2007]. Contaminación de aire, suelo, agua, vegetación, cultivos, personas y otros organismos.

5) Pre calentamiento, precalcineración, calcineración y clinkerización (torre de ciclones, horno rotativo). Los residuos que son introducidos a través del quemador principal pueden ser descompuestos en la zona primaria de quema a temperaturas que superan los 2.000 °C. Los residuos que alimentan un quemador secundario, precalentadores o precalcineradores pueden ser quemados a temperaturas ligeramente más bajas, si bien en la zona de quema del precalcinerador los valores alcanzan un rango de 900-1.200 °C [cf. Karstensen, 2004]. Es la principal fuente de contaminantes gaseosos y de partículas ("*polvo de horno*"), orgánicos e inorgánicos. Pueden contaminar aire, suelo, agua, vegetación, cultivos, personas y otros organismos. Parte de los residuos quedan atrapados en los nódulos del clinker [cf. Achternbosch *et al.*, 2003].

Karstensen define la combustión como una combinación de pirólisis y oxidación. La pirólisis induce cambios químicos como resultado de la temperatura. La oxidación es la reacción de una sustancia química con el oxígeno, un proceso que requiere niveles relativamente bajos de energías de activación. La pirólisis produce con frecuencia la rotura de ligazones estables seguida de reordenamientos moleculares y la generación de sustancias de alto peso molecular. La pirólisis ocurre en una escala de tiempo de segundos mientras que la oxidación sucede en milisegundos. La combustión de residuos requiere que la pirólisis sea efectiva y completa antes de que se oxiden los subproductos químicos [Karstensen, 2004].

La temperatura de combustión y el tiempo de residencia de las sustancias problema resultan difíciles de calcular, por lo cual son frecuentemente determinados en forma empírica. Algunos solventes como alcoholes y tolueno son fácilmente destruidos a unos 1.000 °C de temperatura y un segundo de tiempo de residencia. Otros compuestos halógenos más complejos, como PCBs, requieren una temperatura de 1.200 °C y 2 segundos de tiempo de residencia [EPA,1976; Karstensen, 2004].

Dado que la incineración de residuos en cementeras se alimenta con flujos continuos y altamente variables de sustancias, es necesario ajustar las condiciones de quema de los residuos ingresados. Para ello deben tenerse en cuenta de qué sustancias se trata y conocer sus respectivas propiedades físicas y químicas. Para cada sustancia a tratar

es necesario conocer su análisis químico; la presencia de metales y halógenos (cloruros, bromuros, fluoruros por ejemplo); valor calórico; tamaño, forma y cantidad si se trata de sólidos; viscosidad e impurezas cuando son líquidos; densidad e impurezas en los gases; porcentaje de componentes orgánicas; características especiales (corrosividad, reactividad, inflamabilidad) y toxicidad (por ejemplo sustancias carcinógenas, disrruptoras endocrinas, depresoras del sistema inmune etc.) [cf. Karstensen, 2004; Montenegro, 2010].

Lamentablemente las cementeras que operan con flujos continuos y variables de residuos, en su mayoría peligrosos, suelen desconocer la naturaleza de las sustancias a ser quemadas o se guían por las declaraciones de quienes envían las remesas. En lugar de programar las actividades conforme a las partidas de residuos es frecuente que confíen irresponsablemente en la capacidad pirolítica y oxidativa de los hornos. De este modo el proceso de quema se transforma en un experimento permanente y abierto. La ausencia de monitoreos continuos y de monitoreos externos independientes facilita esta experimentación, pues no quedan testigos (excepto las acumulaciones secundarias de subproductos de la incineración en suelo y otros medios).

En el caso de Minetti-Holderbank en Yocsina la ausencia de controles sobre dioxinas, furanos y otras sustancias tóxicas en los efluentes motivó una denuncia de FUNAM contra la cementera. Presentada en la Fiscalía Anticorrupción, motivó una dura recriminación del organismo contra la autoridad gubernamental de control [FUNAM, 2001; Fiscalía Anticorrupción, 2002]. Contrariamente a lo acordado por Holcim en la *Cement Sustainability Initiative*, que estableció un mecanismo de publicidad de los datos obtenidos, tal difusión no se cumple [2011]. El ocultamiento de datos sobre las descargas de dioxinas desde la planta de Minetti/Holcim en Yocsina se inscribe en esta estrategia [FUNAM, 2011; SIQUA, 2009; SIQUA, 2010].

6) Enfriamiento y trituración del clinker. La molienda suele ser producida por un molino de bolas accionado con motor eléctrico. Cuenta con cámaras a través de las cuales pasa el cemento mientras disminuye su granulometría. Además de los materiales se inyecta una corriente de agua para hidratar el yeso y evitar que la temperatura suba por encima de los 125 °C (temperatura de quemado del yeso) [cf. González Carletto, 2007]. Principales impactos por emisión: ruidos molestos, emisión de gases, emisión de partículas [cf. González Carletto, 2007]. Contaminación de aire, suelo, agua, vegetación, cultivos, personas y otros organismos.

7) Sistema del combustible. Cuando se utiliza combustible mixto (fósil + residuos) operan dos componentes bien diferenciadas, el subsistema de combustible fósil y el subsistema de combustible a base de residuos, generalmente residuos peligrosos.

En el subsistema de los combustibles fósiles hay transporte (por vehículos en el caso de combustibles líquidos y sólidos, red de provisión en el caso de gas natural), depósitos a granel, eventual preparación de los combustibles, y transferencia a los quemadores. Principales impactos por emisión rutinaria: derrame de líquidos combustibles, escapes de gas natural, emisión de partículas desde depósitos de carbón y coque de petróleo [cf. González Carletto, 2007]. Pueden contaminar aire, suelo, agua, vegetación, cultivos, personas y otros organismos. Los depósitos son susceptibles de sufrir incendio y explosión.

En el subsistema de los combustibles a base de residuos la organización y operación es más compleja y la cementera puede estar asociada a una empresa dedicada a la captación y tratamiento de residuos peligrosos. En el caso de Minetti/Holcim esa compañía específica, Ecoblend, está localizada junto a la planta de Yocsina en

Córdoba (Argentina). Las operaciones de este subsistema incluyen: a) Transporte desde los generadores hasta la planta (con riesgo de accidente y derrame o descarga en el trayecto); b) Acumulaciones residuales involuntarias producidas en el recorrido por incorrecto aislamiento del material transportado; c) Acumulaciones residuales involuntarias en vehículos, equipos y bases operativas de la empresa responsable del transporte; d) Depósito a granel de residuos (en contenedores, en sistemas abiertos); e) Preparación de los residuos para su uso como combustible (por ejemplo trituración y realización de mezclas); f) Depósito y g) Transferencia. El sistema se conecta con el horno. Principales impactos por emisión rutinaria: ruidos molestos, emisión de gases tóxicos, emisión de partículas contaminadas, descarga de líquidos y sólidos tóxicos. Pueden contaminar aire, suelo, agua, vegetación, cultivos, personas y otros organismos. Los depósitos son susceptibles de sufrir incendio y explosión con descarga masiva de contaminantes tóxicos, primarios y secundarios.

La falta de control riguroso con que operan estas empresas quedó demostrada en la planta Ecoblend del grupo Minetti/Holcim (Córdoba). A la planta llegaban para su quema paquetes precintados procedentes de fábricas de golosinas (chicles, chocolates) que eran colocados en depósito junto a residuos peligrosos. Parte de esos productos fueron retirados por niños que accedían al predio e incluso por operarios inescrupulosos que vendían las golosinas vencidas a pequeños negocios (2004). Los chicles y chocolates terminaron siendo consumidos en distintos establecimientos educativos, entre ellos la Escuela Manuel Belgrano de Malagueño. Tras investigar los hechos FUNAM presentó una denuncia penal contra la empresa Minetti/Holcim y Ecoblend en la Justicia Provincial de Córdoba [FUNAM, 2004].

8) Sistema de aditivos para la fabricación de cemento. Implica transporte de materias primas para adición, depósito, triturado y secado, preparación de las mezclas y depósito. El sistema se conecta con la trituración del clinker. Principales impactos por emisión: ruidos molestos, emisión de gases, emisión de partículas [cf. González Carletto, 2007]. Contaminación de aire, suelo, agua, vegetación, cultivos, personas y otros organismos.

9) Sistema de captura y tratamiento de gases y partículas. Es un sistema complejo donde se asocian mecanismos de recirculación interna para disminuir los costos de producción, y dispositivos para la conducción de masas contaminadas hacia filtros, precipitadores electrostáticos y otros elementos de control. Las masas de aire tratado se descargan desde chimeneas. Aún bajo condiciones de operación óptima se descargan contaminantes. Principales impactos: contaminación crónica de aire, suelo, agua, vegetación, cultivos, personas y otros organismos; contaminación masiva cuando deja de operar el sistema interno de captación y tratamiento de gases y partículas. El sistema genera acumulados de residuos en sus dispositivos de control que deben ser manejados, transportados y dispuestos como residuo peligroso ("*polvo de horno*").

En los hornos cementeros modernos se producen unas 2 toneladas de gases residuales por tonelada de clinker producido pero esta cantidad aumenta en instalaciones antiguas. Dicha masa gaseosa lleva además una importante carga de partículas, usualmente unos 30 gramos por metro cúbico [Hewlett, 2004] o más. En China se estima que la industria del cemento descargó en el año 2000 unas 10-12 millones de toneladas de polvo "*equivalente a lo generado por 8 líneas de producción con una capacidad de 4.000 toneladas por día*" [WBCSD, 2002].

La mayor parte de los combustibles líquidos, sólidos y gaseosos que se utilizan en las cementeras son consumidos para sostener temperaturas adecuadas en los hornos rotativos. En el caso de la planta de Minetti/Holcim en Mendoza (Argentina) su horno

consume 220.000 m³ de gas natural por día, el equivalente al consumo por día de una ciudad de 80.000 habitantes. Los molinos y los extractores de gases, en tanto, consumen en conjunto más del 80% del consumo eléctrico total [BID, 2010].

Como parte de los proyectos de sustentabilidad la principal variable que se aborda son las emisiones de dióxido de carbono [ver BID, 2010]. Esto no debe llamar la atención, pues las empresas disminuyen los costos de operación al reducir las emisiones de gases de invernadero (adoptando por ejemplo el proceso seco e incrementando la eficiencia energética). En los países del Tercer Mundo las cementeras no suelen mostrar esta misma preocupación por la emisión de otros gases, muchos de ellos tóxicos y cancerígenos, ni por la descarga de partículas.

En este contexto cualquier aumento en la eficiencia para retener gases y partículas incrementa los gastos en energía eléctrica. Esto último, a su vez, hace crecer indirectamente las descargas de dióxido de carbono que producen en sus plantas los proveedores de energía eléctrica. Entre 2000 y 2006 la producción mundial de clinker aumentó un 54% y las emisiones de CO₂ conexas se incrementaron un 57% [BID, 2010].

En América Latina los cócteles de contaminantes que se producen en las plantas y los cócteles que se descargan al ambiente no son suficientemente evaluados y el Estado mantiene sistemas muy endeblés y discontinuos de control. En la mayor parte de los casos los organismos gubernamentales asumen una posición pasiva y solo analizan la información provista por las empresas. Sus auditorías ambientales sorpresivas son infrecuentes o nunca se realizan.

Para realizar los monitoreos y disponer de datos –los exigidos por la normativa vigente, las autoridades de aplicación y algún eventual objetivo interno de la compañía- las cementeras suelen contratar a consultoras no siempre independientes. Es usual que las fechas de medición e incluso las estaciones de toma de muestras sean concertadas entre la empresa y los equipos encargados del monitoreo. Todo sugiere que esta práctica evita grandes sorpresas en los resultados.

10) La totalidad de los procesos anteriores genera además otros impactos, como el excesivo consumo de agua (crítico en ambientes semiáridos y carentes de políticas de manejo de cuencas hídricas) y el consumo de energía eléctrica. La operación de las plantas de cemento es usualmente incompatible con las actividades turísticas, granjas y huertas familiares.

Por otra parte las canteras proveedoras de materia prima crean conflictos ambientales adicionales cuando se completa su ciclo de producción y no se las remedia. Sin embargo, rellenar las canteras abandonadas con "*polvo de horno*" y demás residuos de la planta agrega nuevas fuentes de contaminación, pues suelen estar contaminados con PCDDs, PCDFs, otros COPs y metales pesados.

Naturaleza de los insumos utilizados por las cementeras que incineran residuos

Los principales ingresos de materiales a las cementeras que queman residuos son los siguientes: a) Materias primas para la elaboración del cemento; b) Aditivos para los procesos; c) Combustibles convencionales (líquidos, sólidos, gaseosos); d) Residuos orgánicos e inorgánicos y e) Materiales varios para el mantenimiento de la planta, sus equipos e instalaciones.

Materias primas y aditivos

La materia prima usada en la fabricación del cemento suele tener una relativa homogeneidad aunque también puede variar en función del origen y naturaleza de las remesas.

Según Tanna & Schipholt [2011] del 60 al 95% de los metales procesados en los hornos de las cementeras ingresa en la materia prima con que se hace el cemento (caliza, arcilla, esquisto, arena, bauxita, hierro colado, hulla, etc.). Entre los metales que contiene la materia prima se mencionan aluminio, bario, berilio, cadmio, cromo, cobalto, cobre, hierro, plomo, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, potasio, rubidio, plata, sodio, talio, estroncio, estaño, titanio, vanadio y zinc [Tanna & Schipholt, 2011]. Incluye asimismo metaloides como arsénico, antimonio, selenio y boro además de los no metales fósforo, bromo, cloro, yodo y flúor.

En general las sustancias no volátiles tienden a ser incorporadas en el clinker y las semivolátiles en proporciones similares en el clinker y en el "*polvo de horno*" (CKD). En cuanto a las sustancias volátiles suelen evaporarse en la zona de flama y se condensan en las zonas de menor temperatura, donde pueden ser incorporadas al clinker [Tanna & Schipholt, 2011].

En cuanto a los aditivos -que participan de la fabricación del cemento y le otorgan distintas propiedades- se clasifican básicamente en dos grandes grupos, los que modifican propiedades en el cemento fresco, y aquellos que lo hacen en el cemento endurecido. Entre los aditivos usados se encuentran ácido lignosulfonado modificado, ácido hidroxicarboxílico, formaldehído-melamina sulfónico, formaldehído naftaleno sulfónico, óxido de polietileno, polímeros acrílicos, floculantes orgánicos solubles en agua, emulsiones de materiales orgánicos (como parafina, acrílicos y demás polímeros), aluminato de sodio, hidróxido de sodio y potasio, fluoruro de sodio, cloruro de calcio, nitrito de calcio, sales de litio y sales de bario (1% y 2-7% en relación a la masa de cemento respectivamente) [De la Cotera, 1998]. De acuerdo al tipo o mezcla de aditivos y cantidad, de la etapa en que son incorporados, de las temperaturas que actúan en el proceso y de las interacciones químicas resultantes dependerá la generación de contaminantes (gases, partículas).

Combustibles no residuales

Los principales combustibles convencionales utilizados por las cementeras en distintos países incluyen carbón, coque de petróleo, hidrocarburos líquidos pesados, gas natural y gas de refinerías de petróleo [Peray, 1998]. Cada uno de ellos tiene sus propios rangos de características físico-químicas y su propia variación en función del origen de las remesas.

Fuel oil y gas de refinería derivan de la destilación fraccionada del petróleo crudo. El fuel oil es una mezcla compleja y variable de hidrocarburos alifáticos y cíclicos (cicloalcanos o cicloparafinas-naftenos; hidrocarburos aromáticos como el benceno y sus homólogos; alquenos u olefinas, como estireno e indeno). También contiene sulfuros orgánicos, compuestos de nitrógeno y oxígeno y trazas de metales (sodio, hierro, níquel, vanadio y plomo entre otros). El coque de petróleo -otro de los combustibles usados en las cementeras- deriva de las unidades de coquización de las refinerías, donde el crudo reducido contiene la mayor parte del azufre, nitrógeno, metales pesados y moléculas pesadas del petróleo (asfaltenos, resinas etc.). La quema de estos complejos químicos genera una cantidad importante de contaminantes, entre ellos COPs y metales pesados.

En agosto de 2010 la cementera Villemi, perteneciente a la Industria Nacional del

Cemento de Paraguay (INC), enfrentó problemas de producción de clinker debido al uso de un fuel-oil más liviano que se habría estado elaborando en ese país mezclando fuel-oil y aceites usados. Basándose en fuentes de la empresa estatal el diario ABC indicó que se desconocía "*el impacto ambiental que podría generar el uso de este combustible y si afectaría a la población*". Audaldo Maíz, técnico de Villami, sostuvo: "*Nosotros no sabemos qué es lo que estamos usando*" [ABC, 2011].

Cada uno de los combustibles fósiles que se usa en los quemadores de las cementeras –desde derivados del petróleo a carbón mineral- tiene su propia diversidad química. Esto genera una alta variedad y cantidad de contaminantes que pese a los sistemas de filtrado contaminan el aire, el suelo, las personas y otros seres vivos además de incorporarse como residuos al cemento.

Residuos orgánicos e inorgánicos

Una de las características fundamentales de los residuos que se queman en las plantas de cemento es su alta variabilidad física y química. Cada remesa para incineración tiene una composición cuali-cuantitativa propia, por lo que es muy difícil encontrar coincidencias entre "n" partidas. Cada quema es un experimento químico impredecible. Las remesas suelen ingresar a los hornos incineradores en recipientes de variada constitución y formato que no indican externamente la naturaleza precisa de su contenido. Ni siquiera la existencia previa de acuerdos ni la presentación de declaraciones juradas puede evitar esta incertidumbre. La realización de controles físico-químicos es por otra parte inviable, pues no pueden coincidir los requerimientos de toma de muestras y de análisis con la velocidad requerida por el funcionamiento del horno y la producción de clinker.

El universo incluye sustancias en estado líquido, sólido y gaseoso. En términos cualitativos comprende sustancias químicas elementales, complejos moleculares relativamente homogéneos; sustancias químicas heterogéneas (por ejemplo hidrocarburos, residuos intermedios y finales de la industria química, líquidos cloacales) y elementos diversos que tienen, cada uno, su propia diversidad físico-química (entre ellos golosinas vencidas, perfumes, neumáticos, envases de plaguicidas, recipientes de todo tipo). En términos de estabilidad de los átomos y moléculas la mayor parte son materiales estables, pero también ingresan materiales radiactivos.

En Argentina cada planta de cemento solo puede quemar –en principio- los residuos que le permiten las autoridades de aplicación de la Nación en base a la Ley nacional de Residuos Peligrosos 24051/1992 y del Decreto Reglamentario 831/1993, y las autoridades provinciales que adhieren a esa norma (dos autorizaciones).

En el caso de la Planta Norte de Yocsina que opera Minetti/Holcim en Córdoba, la Secretaría de Ambiente de la nación le autoriza –mediante el certificado 4.581- la quema, como "*combustible de sustitución*", de los siguientes residuos: "Y2 [Desechos resultantes de la producción y preparación de productos farmacéuticos], Y3 [Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos], Y4 [Desechos resultantes de la producción, la preparación y utilización de biocidas y productos fitosanitarios], Y6 [Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos], Y8 [Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados], Y9 [Mezclas y emulsiones de desechos de aceites y agua o hidrocarburos y agua], Y11 [Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destinación o cualquier otro tratamiento pirolítico], Y12 [Desechos de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, tinturas lacas, o barnices], Y18 [Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales] (*lodos y*

cenizas de procesos de tratamiento conteniendo los constituyentes y corrientes otorgadas), Y39 (resinas fenólicas, contenido de cloro menor del 2%), Y42 [Disolventes orgánicos, con exclusión de disolventes halogenados], Y48 (materiales sólidos incinerables tales como trapos, bidones, barros, tierras, materiales absorbentes, contaminados con Y2, Y3, Y4, Y6, Y8, Y9, Y11, Y12, Y39 e Y42)". En total 12 categorías de corrientes de desechos y 10 para Y48.

Curiosamente la empresa Ecoblend, que capta y gestiona los residuos a ser quemados en los hornos cementeros de Minetti/Holcim, en Yocsina y Malagueño, está autorizada a manejar –por certificado 4643- los mismos residuos listados anteriormente (12 en total) a los cuales se agrega un conjunto importante de otros desechos: "Y5 [Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera], Y13 [Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes, o colas y adhesivos], Y16 [Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos], Y17 [Desechos resultantes del tratamiento de superficies de metales y plásticos], Y22 [Compuestos de cobre], Y23 [Compuestos de zinc], Y 24 [Arsénico, compuestos de arsénico], Y27 [Antimonio, compuestos de antimonio], Y38 [Cianuros orgánicos]" e Y48 sobre "*materiales sólidos contaminados con las categorías...*" para la cual se permiten las mismas 21 categorías mencionadas antes. También agrega "*y residuos peligrosos con las características de Peligrosidad H6.1 (compuestos de vanadio)*" [SAyDS, 2011]. En total 22 categorías de "corrientes" de desechos y 21 para Y48.

Finalmente, la autorización para la planta Norte de Yocsina que tiene la página Web de la Secretaría de Ambiente del Gobierno de Córdoba –que adhirió por Ley 8.973/2002 a la norma federal- lista sin mayores explicaciones 26 categorías de residuos. Tras indicar "*certificado en trámite*" le autoriza a incinerar los residuos Y2, Y3, Y4, Y6, Y8, Y9, Y11, Y12, Y13, Y14, Y16, Y17, Y18, Y20, Y22, Y23, Y24, Y25, Y26, Y27, Y30, Y 31, Y34, Y37, Y39 e Y42 pero sin mencionar Y48 [SAC, 2011].

El ejemplo anterior muestra, en primer lugar, el amplio espectro de residuos peligrosos que puede ingresar por unidad de tiempo a una planta cementera. Al ser mezclados con combustibles convencionales, materia prima y aditivos la quema conjunta genera cócteles contaminantes de composición extremadamente variada e impredecible. En segundo lugar, delata -para Holcim/Minetti en Yocsina- falta de coincidencia entre las autorizaciones de la nación y la provincia, y una situación por lo menos imprecisa con la empresa captadora de residuos de esa empresa (Ecoblend). Todo lo anterior –sumado a graves violaciones de normativa vigente en ésta y otras cementeras- deja con escasa a nula protección gubernamental la salud de poblaciones enteras.

Además de sustancias químicamente acotadas las distintas cementeras utilizan para incineración productos en desuso o descartados cuya estructura y composición son muy complejas, por ejemplo objetos a base de plástico PVC y otros polímeros, alimentos vencidos, envases de plaguicidas, neumáticos y líquidos cloacales.

Los neumáticos usados como combustible por las cementeras proporcionan un buen ejemplo de diversidad química. Las cubiertas de vehículos particulares contienen 47% de caucho (elastómeros), 21,5% de negro de carbón, 16,5% de metales, 7,5% de aditivos, 5,5% de textiles, 1% de óxido de zinc y 1% de azufre. Aproximadamente >1,5% en peso de un neumático posee 6 de los grupos de residuos listados en el Anexo 1 de la Convención de Basilea: Y22 (compuestos de cobre), Y23 (compuestos de zinc), Y26 (cadmio), Y31 (plomo y compuestos de plomo), Y34 (ácidos) e Y45 (compuestos organohalogenados) [SBC, 1999]. En Argentina la empresa Minetti/Holcim acordó que la Municipalidad de Gody Cruz, en Mendoza, recolectaría

cubiertas en desuso descartadas por gomerías, talleres, estaciones de servicios y otros generadores para su quema en la cementera. El convenio se firmó el 7 de junio de 2010 [Amadeo, 2010]. Un trabajo publicado por Conesa *et al.* [2008] demostró que la descarga de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) y dioxinas desde plantas de cemento parecía aumentar cuando se utilizaban neumáticos usados como combustible. Carrasco, Bredin & Heitz [2002] describen los efectos de la quema de neumáticos en hornos de cemento sobre la contaminación del aire.

Cuando en los hornos de cemento se queman simultáneamente residuos, materia prima, ciertos agregados y combustibles convencionales, se genera un experimento químico extremadamente variable que diversifica la generación de contaminantes. Los siguientes casos ejemplifican la naturaleza compleja de los procesos que ocurren en los hornos.

El caso del cloro. Los límites del ingreso de cloro en los hornos cementeros es tan dependiente del proceso y de las reacciones químicas que las concentraciones extremas de cloro en combustibles a base de residuos peligrosos pueden variar de <0,1% a 5% e incluso más dependiendo de la tasa de alimentación del horno. Uno de los factores primarios que influyen la capacidad de los hornos cementeros para manejar el cloro es la cantidad presente de sodio y potasio en la materia prima, dos materiales indeseados del clinker. Usualmente el cloro reacciona con potasio y sodio para formar las respectivas sales. De allí que muchas plantas agreguen cloruro de calcio al proceso [Tanna & Schipholt, 2011].

El caso del azufre. El azufre es una sustancia que puede contribuir a la formación de óxidos de azufre (SO_x). Usualmente ingresa en los residuos peligrosos (sobre todo cuando contienen hidrocarburos), en los combustibles líquidos y en la materia prima.

Los casos de iodo, bromo y flúor. Cuando el residuo contiene iodo, en el horno esta sustancia es altamente volátil y puede ser emitida como iodo elemental. De allí que las cementeras traten de usar combustibles de residuos con <0,1% de iodo. En cuanto al bromo tiene, en los hornos cementeros la misma limitación del cloro. El flúor –dentro de este grupo de tres halógenos- es la sustancia de mayor riesgo potencial. Históricamente el flúor se agrega en los hornos de cemento para que actúe como un agente fundente, donde es altamente reactivo y forma el fluorosilicato de calcio [Tanna & Schipholt, 2011].

Puede ocurrir que los responsables de la operación de incineradores amplíen legal o bien ilegalmente el listado de los productos que queman. De este modo el listado creciente de residuos incinerables aumenta la oferta comercial. Crece por lo tanto el número potencial de clientes al atraerse generadores cuyos residuos no eran recibidos, aumenta la diversidad físico-química de las mezclas incineradas (en categorías, en cantidad por categoría) y se incrementa, inevitablemente, la complejidad de los residuos que libera la cementera al ambiente.

Las interacciones físico-químicas y la generación de nuevas sustancias

La diversidad química de la mezcla de combustible convencional, residuos, materia prima y agregados no solo depende de la composición química original de cada aporte al sistema. También se registran variaciones de composición durante las fases de transporte y almacenamiento de los residuos, en los procesos fríos de mezcla e interacción y finalmente en el gradiente térmico del horno. Las reacciones físico-químicas, usualmente impredecibles, pueden generar sustancias nuevas que quedan fuera de cualquier registro.

Principales grupos de descargas desde cementeras que incineran residuos

Todos los sistemas de quema de residuos producen emisiones contaminantes.

La operación "*normal*" de una cementera genera seis tipos principales de "*outputs*" o salidas de riesgo: a) Efluentes dispersados al aire desde las chimeneas; b) Efluentes gaseosos y partículas por pérdidas en los procesos dentro de la planta; c) Cenizas no incorporadas dentro de la estructura del clinker; d) Polvo de los hornos cementeros captadas por los distintos sistemas de filtrado; e) Efluentes dispersados desde depósitos secundarios de contaminantes, tanto dentro como fuera de la planta, y f) Cemento contaminado con residuos peligrosos. En este último caso sus efectos potenciales pueden registrarse en aquellos sitios donde se consume el producto en tanto el uso favorezca la liberación de las sustancias contenidas en las partículas de cemento.

Si se utilizan filtros húmedos también suele generarse agua contaminada con PICs además de otros contaminantes. La lluvia, al actuar sobre las cementeras, puede lixiviar sustancias o arrastrar residuos generando áreas de contaminación interna y externa. Esta es una variable usualmente descuidada.

Gases y partículas. Las descargas gaseosas y de partículas resultan de las operaciones de carga, descarga, manipulado y almacenamiento, y de la alimentación y funcionamiento de los hornos. Involucra insumos no combustibles, aditivos de los procesos, combustibles líquidos convencionales, residuos peligrosos para quema, manejo de las cenizas, manejo del polvo de horno, manejo del clinker y manejo del cemento (entre otros).

Según EPA "*Las emisiones fugitivas y vertidos accidentales pueden liberar tanto o más material tóxico al entorno como las emisiones directas de incineraciones incompletas de residuos. Existe un riesgo potencial de exposición, del ambiente y los seres humanos, al extraerse estos productos de sus contenedores*" [EPA, 1985a]. Tales emisiones pueden incluir moléculas orgánicas y metales pesados que transportan las masas de aire. Se generan asimismo depósitos secundarios que pueden reactivarse de acuerdo al movimiento del aire.

Cenizas. Usualmente se considera que los hornos de cemento no producen cenizas pues quedan incorporadas estructuralmente al clinker. Incluso las partículas de proceso capturadas por el sistema de filtros suelen ser reingresadas al horno ("*polvo de horno*"). Sin embargo la eficiencia no es total y pueden quedar cenizas residuales que contengan dioxinas, furanos, otros compuestos orgánicos, metales pesados y variados complejos químicos. En los incineradores convencionales (no cementeros) las cenizas suelen tener cantidades variables de titanio, cromo, manganeso, hierro, bario, cobre, zinc, estroncio, estaño y plomo.

Polvo de los hornos de cemento (CKD). Este subproducto de la industria del cemento no ha tenido un manejo debidamente regulado. Ha sido vendido a agricultores para el tratamiento del suelo, almacenado en pilas e incluso enterrado dentro de las propias cementeras. En Estados Unidos, en 1992, sus cementeras generaban unas 6 millones de toneladas de polvo, de las cuales $5,1 \times 10^6$ ton eran enterradas en la propia planta y $0,9 \times 10^6$ ton se enviaban para "*estabilizar*" otros residuos [Lowrance, 1992; Montague, 1992]. El "*polvo de horno*" contiene dioxinas e incluso materiales radiactivos [Lowrance, 1992; Montague, 1992] además de metales pesados y otros contaminantes.

Las cenizas de las cementeras y las partículas retenidas por los sistemas de filtro

("polvo de horno") son residuos peligrosos regulados en Argentina por la Ley nacional n° 24051 y su Decreto Reglamentario n° 831. No pueden ser enterradas *in situ* ni descargadas al ambiente.

Contaminantes incorporados al cemento. Tanto en los cementos producidos sin combustible alternativo como en las plantas que si lo utilizan el producto final tenía metales. Un estudio realizado por la EPA en cementos procedentes de 97 plantas que queman y no queman residuos peligrosos demostró que los cementos producidos en las primeras tenían, a nivel estadísticamente significativo, un mayor contenido de cromo [Federal Register, 1995].

La *Environment Science & Engineering* de Estados Unidos calculó las concentraciones de metales que a su criterio son aceptables en los cementos, asumiendo que su biodisponibilidad está limitada a un 10% [1991]. Estas son las concentraciones que ese organismo considera "aceptables":

Concentraciones aceptables de metales y metaloide en cementos

| Metal/metaloide | Nivel aceptable (mg/kg) |
|-----------------|-------------------------|
| Antimonio | 50.000 |
| Bario | 50.000 |
| Berilio | 50 |
| Cadmio | 1.000 |
| Cromo III | 50.000 |
| Cromo VI | 100 |
| Plomo | 5.000 |
| Mercurio | 5.000 |
| Plata | 1.000 |
| Arsénico (1) | 200 |

Fuente: *Environmental Science & Engineering* [1991]

Nota: (1) El arsénico es un metaloide

Hacemos la advertencia que estos valores se refieren a metales y un metaloide, pero no incluye límites aceptables para dioxinas y furanos, ni para la dioxina TCDD (2,3,7,8 tetracloro dibenzo-*p*-dioxina). Tampoco determinó niveles aceptables para distintos materiales radiactivos. Recordemos –sobre este último grupo de contaminantes- que a nivel de radiactividad, para efectos estocásticos, no existe ningún umbral de seguridad [cf. Montenegro, 2007].

El cemento, el clinker y el polvo de los hornos cementeros contienen dioxinas, furanos e incluso materiales radiactivos [Lowrance, 1992; EPA, 1992; Montague, 1992].

En la bibliografía que consultamos para Argentina no encontramos estudios sobre la presencia de dioxinas, dioxina TCDD y furanos y materiales radiactivos en clinker, cemento y otras fracciones residuales de las plantas en operación. Siguiendo su modalidad de evaluación de calidad en productos, el Instituto Nacional de Tecnología Nacional (INTI) debería medir el contenido de dioxinas, furanos, metales, materiales radiactivos y demás sustancias en los cementos comercializados, cualquiera haya sido el sistema con que se los fabricó.

Gleis [2003] condujo una profunda revisión sobre el contenido de metales en los cementos producidos por plantas que queman residuos como combustible secundario. Dos de sus conclusiones son relevantes. Primero, que los cementos así producidos muestran "*un ligero aumento en la concentración de elementos traza*". Segundo, que las regulaciones actuales sobre producción y uso del cemento "*no contienen ningún tipo de requerimiento en término de concentración permisible de contaminantes*" [Gleis, 2003]. Como consecuencia de este vacío los consumidores no están informados y tampoco se los protege de las eventuales consecuencias que pudieran provocar sobre su salud y el ambiente la liberación de dioxinas, furanos, metales pesados y demás contaminantes desde objetos y obras elaborados con esos cementos.

Yang *et al.* [2011] indican que es necesario establecer estándares de calidad para los cementos producidos en plantas que queman residuos. Estos autores analizaron un escenario de exposición que incluía, como fuentes, cañería para la conducción de agua y pavimentos. Los metales analizados fueron cadmio, cromo, plomo y cobre y el metaloide arsénico. A fin de evaluar el posible impacto sobre la salud –por liberación de sustancias desde los concretos- derivaron límites aceptables en base a los estándares para agua potable y agua subterránea que rigen en China. Los concretos elaborados en plantas convencionales registraron valores siempre por debajo de esos límites aceptables. Los fabricados en plantas que usaban residuos como combustible parcial, en cambio, mostraron no solo contenidos más altos, sino valores superiores a los aceptados. A nivel de cadmio, cromo y cobre los máximos hallados en 5 plantas convencionales fueron 0,71 mg/kg, 8,9 mg/kg y 8,6 mg/kg respectivamente. En 3 plantas que quemaban residuos, en cambio, los máximos observados fueron –respectivamente- 24 mg/kg, 25 mg/kg y 118 mg/kg, todos ellos por encima de los límites aceptados [Yang *et al.*, 2011].

En Argentina los cementos comercializados no indican en sus envases el proceso usado para su fabricación, ni el contenido de contaminantes.

Principales contaminantes producidos por cementeras que incineran residuos

Los distintos hornos –cementeros y no cementeros- emiten más de 400 compuestos orgánicos distintos, sustancias inorgánicas, metales pesados e incluso materiales, radiactivos, todos ellos resultado de los distintos procesos y sus insumos. Mientras "n" sustancias conservan las características químicas con que ingresaron al sistema, otras "n" sustancias son el resultado de interacciones en frío y a las altas temperaturas del horno.

PCDDs, PCDFs y demás compuestos orgánicos

Sucesivas pruebas han demostrado que la totalidad de los incineradores de residuos, independientemente del tipo de tecnología, son susceptibles de producir compuestos orgánicos, principalmente PCDDs (policloro dibenzodioxinas), PCDFs (policloro dibenzofuranos), PCBs (bifenilos policlorados) e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs, en inglés PAHs) [DOE, 1989; Mansfield & Mansfield [2002]. Los incineradores también descargan polibromo dibenzodioxinas (PBDDs), polibromo dibenzofuranos (PBDFs), polibromo difeniléteres (PBDEs) y polibromobifenilos (PBBs] [cf. Wang *et al.*, 2010].

Los PCDDs y PCDFs pueden contener entre 1 y 8 átomos de cloro. Las dioxinas y los furanos tienen –respectivamente- 75 y 135 posibles isómeros posicionales. Se caracterizan por su lipofilia, semivolatilidad, resistencia a la degradación (la vida media

de la dioxina TCDD en agua y sedimentos es de 30 a 200 años y en suelos de 10 a 12 años) y transporte a grandes distancias [UNEP, 2002; Sinnkkonen, 1998]. De los 210 compuestos conocidos de PCDDs y PCDFs, 17 son extremadamente tóxicos [Connett, 1996].

Durante por lo menos dos años la planta Yocsina propiedad de Minetti/Holcim (Argentina) descargó valores de dioxinas por encima de lo permitido. En 2009 el estudio realizado por SIQUA midió, en salida de chimenea, 0,152 ng/Nm³ (corregido a gas seco y 10% de CO₂ de referencia) y en 2010 -también en salida de chimenea- 0,303 ng/Nm³ (10% CO₂) [SIQUA, 2009, 2010]. Estos valores superaron en 52 y 203% respectivamente el nivel guía establecido por el Decreto 831/1993, reglamentario de la Ley nacional de Residuos Peligrosos 24051/1992.

Karstensen [2004] cita los siguientes valores de emisión de PCDDs y PCDFs para 244 hornos de la cementera Holcim instalados en distintos países (2001-2003):

| Año | Cantidad Hornos | Producción clinker x10 ⁶ ton | Promedio PCDD/F ngTEQ/Nm ³ | Mínimo PCDD/F ngTEQ/Nm ³ | Máximo PCDD/F ngTEQ/Nm ³ | Factor emision µgTEQ/ ton clinker |
|------|-----------------|---|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 2001 | 71 | 35,1 | 0,041 | 0,0001 | 0,2395 | 0,104 |
| 2002 | 82 | 46,7 | 0,030 | 0,0001 | 0,2920 | 0,073 |
| 2003 | 91 | 57,6 | 0,025 | 0,0003 | 0,1690 | 0,058 |

Fuente: Karstensen [2004]. Los valores están referidos a 10% O₂

En una lista que incluye los rangos de mediciones de PCDDs y PCDFs para 22 países, 6 corporaciones cementeras y una región, los valores máximos de descarga corresponden a Estados Unidos (25,8 ng TEQ/Nm³, con mediciones de la década de 1990 para ≈ 265 hornos), Heidelberg (0,440 ng TEQ/Nm³, >170 hornos), Reino Unido (0,423 ng TEQ/Nm³, 14 hornos), Holcim 2002 (0,292 ng TEQ/Nm³, 82 hornos), Lafargue (0,231 ng TEQ/Nm³, 64 hornos), Holcim 2001 (0,239 ng TEQ/Nm³, 71 hornos), Holcim 2003 (0,169 ng TEQ/Nm³, 91 hornos), Europa (0,163 ng TEQ/Nm³, 230 hornos), Noruega (0,130 ng TEQ/Nm³, >20 hornos) y Japón (0,126 ng TEQ/Nm³, 164 hornos) [Karstensen, 2004]. Estos datos dan una magnitud, indirecta, de los depósitos secundarios de PCDDs y PCDFs que pudieron formarse en los alrededores de estas cementeras.

Cabe señalar que no existe tecnología disponible en Argentina para medir directa y continuamente en chimenea las descargas de dioxinas y furanos. Solo es posible la toma de muestras en chimenea y su posterior remisión a laboratorios especializados para que realicen el análisis cuali-cuantitativo. Los procedimientos de muestreo más utilizados son el método 23 de la EPA y el EN 1948-1 [Karstensen, 2004]. Dado que estos análisis se efectúan usualmente en otros países, como Canadá y Estados Unidos, existe un tiempo significativo entre el momento de la toma de muestra y el arribo de los resultados. Si el resultado marca una descarga de dioxinas por encima de lo permitido, el inicio de correcciones para reducir las descargas se produce tardíamente. Durante todo ese tiempo –entre la toma de muestras y el ajuste de las descargas- las personas y el ambiente pueden quedar expuestos a valores altos e ilegales, como ocurrió en 2009-2010 con la planta de Holcim en Yocsina [SIQUA, 2009, 2010]. A este tiempo lo denominamos "*tiempo de sacrificio*". Cuanto mayor es la demora para un resultado que finalmente confirmó descargas por encima de lo permitido, mayor el tiempo de impacto ambiental y comunitario. Lamentablemente las

multas y otras penalidades –cuando se aplican- carecen de efecto práctico sobre la contaminación ya producida. Esto solo puede evitarse mediante monitoreos que reduzcan al mínimo los tiempos entre toma de muestras.

Además de PCDDs, PCDFs y sustancias relacionadas los incineradores también producen otros PICs. Entre los más frecuentes se hallan: benceno, tolueno, tetracloruro de carbono, cloruro de metileno, tricloroetileno, tetracloroetileno, 1,1,1-tricloroetano, clorobenceno, cloroformo, naftaleno, fenol, bis (2-etilhexil) ftalato, dietilftalato, butilbenzilftalato y dibutilftalato [Trenholm, Gorman & Sunclaus, 1984].

La quema de plásticos PVC a 900 °C produce cloronaftalenos (CNS), fenantrenos y antracenos. De registrarse la presencia de iones metálicos, como hierro, cobre o aluminio, se incrementa la producción de cloronaftalenos [Wang *et al.*, 2006].

Según el Comité Científico Asesor de la EPA hasta un 1% de la masa total de residuos incinerados puede ser emitido como compuestos distintos de CO₂, H₂O, CO y ClH. Una incineradora que procese 90.000 ton/año de residuos con un eficiencia de destrucción (ED) del 99,99% liberaría 9 ton/año de PICs y COPs [cf. EPA, 1985b; Gruber, 1990; Greenpeace, 1991].

La emisión de dioxinas se incrementa notablemente durante las operaciones de puesta en funcionamiento y apagado de cada incinerador de residuos. Normalmente los hornos no son testeados durante dichas fases [cf. EPA, 1989b]. Por otra parte, existe una gran variación en las emisiones del mismo incinerador [Connett, 1996].

En los incineradores convencionales el exceso de aire puede provocar sobreproducción de PICs. Entre las perturbaciones a gran escala que alteran el funcionamiento interno de los incineradores –lo cual se traduce en mayor producción de contaminantes- se mencionan: fallo para responder a condiciones de perturbación (fallas en el sistema de control de la contaminación, pérdida del aire de combustión, pérdida de combustible, falta de atomización, falta de llama); fallo para evitar emisiones durante condiciones de sobrealimentación y fallos durante el proceso de parada. Se originan así explosiones de combustible y pérdidas externas de combustible, lo cual origina explosiones fuera de la cámara de combustión [Holton, 1989].

También suelen ocurrir perturbaciones de la combustión a pequeña escala con iguales resultados (contaminación del aire). Los desvíos de las condiciones de combustión deseada son normalmente consecuencia *"de una rápida variación en el funcionamiento de la incineradora debida a una brusca alteración de la velocidad o composición de la alimentación, insuficiente atomización de combustibles líquidos, alteraciones de la temperatura, casos en los que la fracción de mezcla del combustible está fuera del intervalo conveniente, o debido a una mezcla insuficiente entre el combustible y el oxidante (...)* La cantidad y composición de los PICs depende, de forma compleja e impredecible, de la naturaleza de la perturbación" [EPA, 1989a].

Otra causa de emisiones tóxicas, aún bajo condiciones óptimas del incinerador, es el *"fenómeno de las gotas vagabundas"* controlado por procesos físicos más que por la oxidación química. Cuando se pulveriza un residuo líquido en la zona de combustión, algunas pequeñas gotas pueden ser arrastradas por convección a través de la zona de alta temperatura, produciéndose una combustión incompleta.

Según Mulholland *et al.* [1986] la combustión incompleta de unas pocas gotas puede causar el fallo de los incineradores. El paso de una gota de 300 micrómetros en una cantidad total de 10 millones de gotas que tengan un diámetro medio de 30 µm puede

provocar una ED inferior al 99,99% [Mulholland, Srivastava & Ryan, 1986].

Sustancias inorgánicas, excluidos metales y metaloides

En este grupo se incluyen los principales gases emitidos por las cementeras, entre ellos óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x), y dos gases ácidos, cloruro de hidrógeno (HCl) y fluoruro de hidrógeno (HF). También descargan partículas inorgánicas con un diámetro mayor a $10\ \mu\text{m}$, igual o menor a $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}), igual o menor a $2,5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) e igual o menor a $0,1\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{0,1}$).

Las $\text{PM}_{2,5}$ y $\text{PM}_{0,1}$ pueden ingresar a las zonas más profundas del pulmón (alvéolos). El sistema respiratorio actúa entonces como una "trampa" ciega de partículas finas. A diferencia del sistema digestivo –asociado a una estructura que permite el ingreso y egreso de sustancias– los pulmones suelen ser destino final de importantes ingresos de partículas.

En la década de 1950 el total de partículas emitidas por la industria del cemento en Europa era muy alto, equivalente al 3,5-8,0% del volumen de producción [Mansfield & Mansfield, 2002]. Posteriormente estos valores han ido disminuyendo. También en Europa, en plantas relativamente modernas, las emisiones se ubican alrededor de los $50\ \text{mg}/\text{m}^3$ de aire. En Alemania la descarga media para 55 hornos de cemento se situó recientemente por debajo de los $20\ \text{mg}/\text{m}^3$ (2001) [VDZ, 2002]. Lamentablemente muchas cementeras localizadas en países del Tercer Mundo suelen tener cifras de descarga de partículas considerablemente más altas, aún cuando pertenezcan a corporaciones que en Europa mantienen bajos niveles de emisión. Las plumas de contaminación de cementeras mal controladas son responsables de los paradigmáticos barrios y pueblos "*teñidos de blanco*".

Metales y metaloides

En las cementeras que queman residuos concurren cuatro fuentes principales de metales: la materia prima, los aditivos, los combustibles fósiles y los residuos. Entre los metales y metaloides que suelen descargarse al ambiente se encuentran aluminio, bario, berilio, cadmio, cromo (cromo III, cromo VI), cobalto, cobre, hierro, plomo, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, potasio, rubidio, plata, sodio, talio, estroncio, estaño, titanio, vanadio y zinc además de los metaloides arsénico, selenio, antimonio y otros [cf. Costner & Thornton, 1993; Mansfield & Mansfield, 2002]. Se ha comprobado que el "*polvo de horno*" (CKD) puede contener 200 a 2.000 ppm de plomo y trazas de otros metales pesados (Ash Grove, 2000). Una de las fuentes significativas de mercurio es la roca caliza, materia prima para la producción de cementos [cf. Sikkema *et al.*, 2011]. Las cementeras son consideradas una fuente principal en la contaminación por mercurio [Shapley, 2006].

Los efectos sobre personas expuestas, otros seres vivos y ecosistemas dependen de las dosis recibidas, de los procesos de acumulación y de las interacciones que se registran entre los metales y entre los metales y las demás sustancias presentes en los sistemas receptores (organismos, ecosistemas). Nuevamente las mezclas (cócteles) incrementan los riesgos.

Bermudez *et al.* [2010] analizaron muestras de suelo tomadas cada 350 metros en un radio de 3,5 a 7,0 km alrededor de la planta Minetti/Holcin de Yocsina. En las muestras hallaron arsénico, bario, calcio, cerio, cobalto, cromo, cesio, cobre, europio, hierro, hafnio, lantano, lutecio, manganeso, sodio, níquel, plomo, rubidio, antimonio, escandio, samario, tantalio, terbio, torio, uranio, iterbio y zinc. Al comparar los valores obtenidos con los niveles guía del Decreto 831/1993, reglamentario de la Ley nacional de

Residuos Peligrosos 24051, uno solo de los metales contemplados en la norma superó los estándares, el bario. Este metal –que midieron por absorción atómica- registró una media de 580 mg/kg, un mínimo 390 mg/kg y un máximo 803 mg/kg. Para uso residencial el decreto establece un nivel guía (máximo) de 500 mg/kg y para uso agrícola 750 mg/kg. La media medida (580 mg/kg) supera el nivel guía de bario para suelo de uso residencial y el máximo observado (pues el trabajo no indica todos los valores obtenidos) supera los niveles guía para suelo de uso residencial y agrícola. El cromo por su parte se encontraba por encima de los valores permitidos en la legislación de Canadá para salud ambiental y los tres usos considerados en esa norma, agrícola residencial e industrial. Los valores hallados de plomo fueron una media de 50,2 mg/kg, un mínimo de 37,7 mg/kg y un máximo de 91,5 mg/kg [Bermúdez *et al.*, 2010].

Materiales radiactivos

En las cementeras las principales fuentes potenciales de radioisótopos naturales y artificiales son las materias primas, los combustibles convencionales y los residuos, sobre todo industriales. En clinker y en polvo de horno (CDK) se identificaron los radioisótopos potasio-40, radio-226, radio-228, torio-227, plomo-212, plomo-214, cesio-137, plutonio-238 y plutonio-239 [cf. Lowrance, 1992; Montague, 1992]. Se ha señalado con insistencia el riesgo que representa incinerar radioisótopos naturales y artificiales [Montenegro, 2004c].

Los residuos industriales pueden contener radioisótopos naturales en sus matrices orgánicas e inorgánicas (por ejemplo residuos de petróleo, residuos de carbón mineral) y restos de radioisótopos naturales y artificiales que se usaron para finalidades específicas (determinación de espesores, densidad, nivel y concentración de materiales; radiografía industrial; edad de masas de agua; fuentes de cloro; edad de capas de arena; esterilización; radiotrazado y otras aplicaciones). Entre los radioisótopos naturales más empleados se encuentran carbono-14, cloro-36, plomo-210 y tritio-3. La lista de radioisótopos artificiales es más extensa: americio-141, cesio-137, cromo-57, cobalto-60, lantano-140, escandio-46, plata-110m, oro-198, tecnecio-99m, iridio-192, kriptón-85, manganeso-54, níquel-63, selenio-75, estroncio-90, talio-204, iterbio-169 y zinc-65. Muchos pararrayos y medidores de humo descartados también contienen radioisótopos (principalmente americio-141).

Si bien la Autoridad Regulatoria Nuclear de Argentina tiene por ley el Poder de Policía para controlar a los operadores de radioisótopos, en la práctica la multiplicidad de operadores y de fuentes radiactivas torna poco efectiva y hasta imposible su accionar. Cuando se produce alguna emergencia, la ARN dispone del SIER (Sistema de Intervención en Emergencias radiológicas). Este sistema se componen de dos grupos: el Grupo de Intervención Primaria (GIP) y el Grupo de Apoyo [ARN, 1999].

El 5 de junio de 1998 personal de la empresa de incineración Pelco S.A., del partido de Tigre en la ciudad de Buenos Aires, alertó sobre el hallazgo de material radiactivo en un cargamento que había sido retirado por sus vehículos del depósito de Ecdassa sector rezago (ubicado en el Aeropuerto Internacional de Ezeiza). La intervención del GIP permitió determinar que se trataba de tres fuentes de cesio-137 de 2,78 GBq (75 mCi) cada una y de una fuente de estroncio-90 de 2,04 GBq (55 mCi) en sus respectivos blindajes y bultos de transporte. Cabe acotar que estas fuentes son utilizadas habitualmente en braquiterapia y tratamiento de tumores superficiales. Si la empresa Pelco S.A. no hubiese detectado estos contenedores, los mismos habrían sido incinerados, y sus radioisótopos, altamente peligrosos, eliminados al aire y las cenizas sin que nadie lo perciba.

Al reconstruirse los hechos la ARN pudo determinar que las fuentes radiactivas se encontraban en un depósito de la empresa Edcadassa. Esta las había remitido para su gestión como residuo convencional por orden de la Dirección General de Aduanas, que lo asumía como material de rezago. Las fuentes habían sido importadas por la empresa Balasz S.A., que posee permiso emitido por la ARN, y que no habían sido retiradas "por motivos comerciales" (ARN no indica cuáles fueron estos motivos). Afortunadamente los contenedores no habían sido abiertos [cf. ARN, 1999].

Otro caso similar pero con final abierto se registró en diciembre de 1998. El 21 de diciembre personal del Hospital Raffo alertó a la ARN sobre el extravío de dos fuentes radiactivas de cesio-137 de 0,9 GBq (25 mCi) cada una, ya que no se hallaban en su lugar habitual. La GIP intervino y condujo una búsqueda minuciosa que incluyó, entre otros lugares, los desagües cloacales y pluviales. Lamentablemente las fuentes no se hallaron. En su informe de 1998 la Autoridad Regulatoria Nuclear indica textualmente que "previendo la posibilidad de que las fuentes se hayan podido incluir en alguna carga de material biológico (= residuos) también se inspeccionaron las instalaciones de la empresa Trieco, encargada de la gestión de los residuos biológicos (= incineración?) (...) No fue posible encontrar las fuentes radiactivas" [ARN, 1999]. Estos dos casos, Edcadassa y Hospital Raffo, muestran para un solo año y dos casos efectivamente detectados los riesgos de la incineración. Es muy posible que en Argentina se hayan incinerado fuentes y piezas contaminadas radiactivamente sin que sus responsables lo supieran.

Mezcla de COPs, metales estables y materiales radiactivos

La EPA tomó muestras en 15 cementeras al azar sobre un total de 114, de las cuales 8 quemaban residuos. Se evaluaron metales, cloro, cianuro, flúor, sulfatos totales, carbón orgánico total y materiales radiactivos. En muestras procedentes de 6 cementeras -4 que quemaban residuos y 2 que solamente utilizaban combustible convencional- se analizaron dioxinas, furanos, compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos semivolátiles y plaguicidas. La *National Air and Radiation Environmental Laboratory* (NAREL) de la EPA tuvo a su cargo los análisis.

La totalidad de las muestras de clinker y de polvo analizados mostró presencia de dioxinas y furanos. Sin embargo, la dioxina TCDD –cancerígena para humanos- solamente se halló en muestras de clinker y polvo de cementeras que quemaban residuos. También en estas últimas las muestras de polvo contenían benceno y acetonitrilo a valores que excedían los límites del RCRA.

El estudio realizado por la EPA en las 15 cementeras detectó además materiales radiactivos. En la mayoría de las muestras se encontraron uno o más de los siguientes radioisótopos, radio-226 (natural) y cesio-137, plutonio-238 y plutonio-239 (artificiales) [Lowrance, 1992; Montague, 1992].

En un segundo informe realizado por la EPA [1992] se analizaron dos escenarios de riesgo, uno en el cual las plumas de contaminación de la pila activa de residuos de una cementera afectaban a una persona ubicada a 228,6 m de distancia (750 pies), y un segundo en el cual la persona se encontraba viviendo sobre una pila abandonada. Basado en estos dos escenarios el documento listó 22 instancias en las cuales uno o más de los tests de la EPA sobre "polvo de horno" excedían los criterios de riesgo. Los criterios excedidos en una o más de las muestras incluyeron: dioxina TCDD, dioxinas y furanos totales, hexacloro dioxinas totales, arsénico, berilio, cadmio, cromo, plomo y talio, más los siguientes materiales radiactivos: bismuto-214, cesio-137, potasio-40, plomo-212, plomo-214, radio-226, radio-228 y torio-227 [EPA, 1992; Montague, 1992].

Las rutas que siguen los contaminantes emitidos por las cementeras Depósitos secundarios, mezclas y concentración biológica

Los distintos procesos de una cementera generan "n" cócteles de residuos. Entre sus fuentes principales pueden mencionarse los procesos no térmicos (gestión de insumos, gestión de combustibles líquidos fósiles, gestión de residuos peligrosos, gestión de clinker y cemento), el horno en que se quema el combustible mixto (emisiones fugitivas, emisiones captadas), las cenizas, y el propio clinker.

La fuente cementera " F_c " está compuesta por fuentes parciales $F_{c1}, F_{c2} \dots F_{cn}$. La fuente parcial con mayor potencial contaminante es el horno, cuyo cóctel de gases y partículas se descarga principalmente desde chimeneas y secundariamente desde otros sectores de la planta [Montenegro 2004a, 2004b].

Las partículas generan depósitos secundarios en suelo, en construcciones, en agua, en sedimentos de ríos y lagos y en organismos vivos (incluidas personas expuestas), a partir de los cuales se consolidan nuevas rutas de diseminación. En símbolos, $D_{c1}, D_{c2} \dots D_{cn}$. El viento y los movimientos vehiculares pueden movilizar los depósitos secundarios de partículas que tienen los suelos y las construcciones, lo cual genera depósitos terciarios y así sucesivamente.

Las fuentes de contaminación F_c de la cementera ($F_{c1}, F_{c2} \dots F_{cn}$), que incluyen a los depósitos D_c afectados por vientos o agua en movimiento, generan "n" agentes o contaminantes A_c , esto es $A_{c1}, A_{c2} \dots A_{cn}$. Dichos agentes conforman a la salida de cada fuente un cóctel de residuos "C". Como la empresa tiene distintas fuentes que generan esas diferentes mezclas (F_c), los cócteles producidos son $C_{c1}, C_{c2} \dots C_{cn}$.

Tales agentes " A_c " y cócteles " C_c " siguen rutas " R " a través de una o más matrices (aire, agua, suelo, organismos vivos, cementos) hasta alcanzar ámbitos "E" (lugares de trabajo distintos de la cementera, espacios verdes, espacios sin vegetación, escuelas, sitios de esparcimiento, hogares). Usualmente existe un gran número de rutas cuya identificación es muy importante [cf. Montenegro, 2004b]. En símbolos, $R_1, R_2 \dots R_n$.

Cada uno de esos ámbitos impactados tiene –a su vez- cócteles o mezclas de contaminantes propios "A". Es el caso por ejemplo de una vivienda familiar ("h") donde actúan "n" fuentes F_h ($F_{h1}, F_{h2} \dots F_{hn}$) que generan por ejemplo humo de tabaco, gases generados por los sistemas de combustión y restos de plaguicidas domésticos (cócteles $C_{h1}, C_{h2} \dots C_{hn}$). Las personas allí expuestas reciben por lo tanto el impacto de las mezclas procedentes de la cementera (C_c) y de las mezclas de origen interno (C_h) además de mezclas procedentes de otras fuentes externas a la vivienda (contaminantes industriales, campos magnéticos producidos por líneas de alta tensión, etc.) [Montenegro, 2008].

La totalidad de estos procesos ocurre sobre un mosaico de ecosistemas donde interactúan ecosistemas naturales o balanceados (con relaciones $P/R \approx 1$), agroecosistemas o ecosistemas productivos (con relaciones $P/R > 1$) y ecosistemas urbanos o consumidores (con relaciones $P/R < 1$). También operan sus respectivas zonas de borde o ecotonos [Montenegro, 1999]. En forma superpuesta a esta organización ecológica en mosaico –donde los ecosistemas naturales terrestres y acuáticos ocupan cada vez menos superficie y pierden progresivamente mayor biodiversidad- existen distintas categorías de ocupación humana que repiten a escala las modalidades de funcionamiento de los ecosistemas urbanos.

Las plumas de contaminación de las cementeras y sus procesos conexos se extienden

sobre determinadas superficies de uno o más mosaicos (cada uno de los cuales puede ser predominantemente urbano, agrícola-ganadero o "natural") y sobre sus respectivos asentamientos humanos. Más raramente se trata de mosaicos con usos del suelo relativamente equilibrados entre sí. El análisis de los impactos sobre el ambiente y la salud no pueden disociarse de las relaciones que existen entre las descargas contaminantes y la organización ecológica y humana del territorio problema. Las características de las cadenas alimentarias por ejemplo –largas o cortas- pueden generar distintos procesos de acumulación biológica de COPs, sobre todo PCDDs y PCDFs, metales e incluso metaloides.

Son ya clásicos los estudios sobre acumulación en tejido graso de metabolitos del DDT y de PCBs (bifenilos policlorados) [Odum, 1972; Turk *et al.*, 1976].

Woodwell, Wurster e Isaacson determinaron por ejemplo la concentración de residuos totales de DDT + DDD + DDE -todos tóxicos y disruptores endócrinos, como los PCDDs y PCDFs- a lo largo de una cadena alimentaria en los Estados Unidos. Estos son los resultados:

| Ambiente o especie muestreada | Residuos de DDT (ppm) |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Agua | 0.00005 |
| Plancton | 0.04 |
| Sargo plateado | 0.23 |
| Sargo cabeza de carnero | 0.94 |
| Lucio americano (pez predator) | 1.33 |
| Aguja (pez predator) | 2.07 |
| Garza (ingiere pequeños animales) | 3.57 |
| Golondrina de mar (<i>ibidem</i>) | 3.91 |
| Gaviota-arenque (ingiere carroña) | 6.00 |
| Huevo de halieto | 13.8 |
| Mergo (pato comedor de peces) | 22.8 |
| Cormorán (ingiere peces mayores) | 26.4 |

Fuente: Woodwell, Wurster & Isaacson [1967]

En este caso de magnificación biológica el DDT y sus metabolitos se hallaban a 0,00005 ppm en agua, pero la cadena "*del comer y ser comido*" determinó que individuos de una especie situada al final de esa cadena, como la del cormorán, que se alimenta de peces mayores, llegase a tener 26,4 ppm. La cadena aumentó así en 528.000 veces la concentración de DDT que se registraba originalmente en el agua. Este hecho, también investigado en otros compuestos clorados igualmente solubles en tejido graso, muestra que aún valores pequeños de descarga, como los usualmente admitidos para dioxinas, pueden bioacumularse hasta valores extremadamente altos. Los organismos vivos quedan sometidos por lo tanto a diferentes concentraciones, muy distintas de las concentraciones iniciales de descarga.

Numerosos trabajos han evaluado la concentración de dioxinas en distintas especies y niveles tróficos para reconstruir los procesos de concentración biológica. Un estudio hecho sobre la biota nativa de Japón para el período 1998-2007 encontró que sus órganos internos y huevos almacenaban un rango de 0,21 a 41.000 pgTEQ/g grasa (peces, anfibios, aves, mamíferos terrestres y mamíferos acuáticos). A título comparativo, la concentración de dioxinas en humanos, en Japón, varía entre aproximadamente 1 y 100 pgTEQ/g grasa [Iguchi *et al.*, 2009].

Uno de los indicadores usualmente utilizados para medir la concentración biológica en redes alimentarias es la dioxina TCDD. En la década de 1990 se consideraba que el Factor de Bioconcentración (FBC, *BCF* en inglés) o factor de bioacumulación (FBA, *BAF* en inglés) variaba, para ambientes acuáticos, entre menos de 1.000 y 189.000 L/kg [Sherman, Keenan & Gunster, 1993]. El FBC deriva de dividir la concentración del contaminante en el organismo evaluado por la concentración medida en agua (usualmente >1.000 es un factor alto y <250 un factor bajo). Los mismos autores, al analizar los Factores de Bioconcentración calculados por otros colegas para 6 especies de peces, hallaron que las cifras variaban entre un mínimo de 1.430 y un máximo de 128.000 L/kg [Sherman, Keenan & Gunster, 1993].

En ambientes acuáticos los metales también pueden ser acumulados biológicamente por peces. Para seis metales y un metaloide estos son los FBC: berilio, 19; cadmio, 81; cromo, 16; plomo, 49; mercurio, 63.000 y zinc, 85 a 16.700. Para el metaloide arsénico es de 44 [Greenpeace, 1991].

En muchos casos, cada una de las concentraciones observadas de COPs y metales pesados tiene su propio espectro de efectos (desde efectos por bajas dosis a efectos por muy altas dosis).

A los depósitos abióticos de residuos generados por las cementeras se agrega por lo tanto una amplia variedad de depósitos vivos. Queda claro que el respeto de normas vigentes de descarga no evita la generación de bolsones ecológicos y biológicos de alta concentración de PCDDs, PCDFs, otros COPs, metales y materiales radiactivos. Los contaminantes de estos depósitos secundarios pueden eventualmente alcanzar personas y poblaciones expuestas.

En Brasil por ejemplo, un estudio sobre presencia de PCDDs y PCDFs en suelos de 8 ciudades identificó el mayor rango de valores para Duque de Caxias en el Estado de Río de Janeiro, 13 a 900 pgI-TEQ/kg [Krauss, 2000; UNEP, 2002].

Las propias personas actúan como depósitos biológicos de muchos contaminantes, en particular de compuestos orgánicos liposolubles [*cf.* Odum, 1972; Turk *et al.*, 1976; Montenegro, 2010].

En Brasil el análisis de leche materna en 10 ciudades arrojó una media y mediana, respectivamente, de 4,07 y 3,93 pgI-TEQ/g lípidos (2001). Las ciudades con valores más altos fueron Cubatao, Curitiba, Belo Horizonte y Río de Janeiro [Braga, 2003]. Tales valores contrastan por ejemplo con los contenidos medios de PCDDs y PCDFs en leche materna determinados en mujeres de 3 países europeos -Bélgica, España y Países Bajos- donde superaban los 22 pgI-TEQ/g lípidos, 1992-1993 [Braga, 2003].

Los niveles de contaminación observados en suelo y leche materna indican la existencia de depósitos secundarios vivientes. Cuanto mayor es el contenido de contaminantes que tiene una persona dentro de su organismo, y mayor el tiempo que está expuesta a las descargas de una cementera, mayor el riesgo de morbilidad y mortalidad. En Brasil se ha llegado a medir 0,6 ngI-TEQ/N m³ a 7% O₂ en las descargas de una cementera, valor muy por encima de la mayor parte de los estándares vigentes para PCDDs y PCDFs [Busato, 2010].

Los huevos de aves han sido utilizados como indicadores de la mayor deposición de dioxinas en proximidades de cementeras en Minas, Uruguay [IPEN *et al.* 2004].

Impactos sobre la salud provocados por cementeras que incineran residuos

Cuando se analiza el caso de una cementera en una localización determinada interactúan como mínimo cuatro universos: a) Las distintas fuentes propias de la cementera y sus actividades (minería de superficie, fabricación de cemento, tratamiento de residuos); b) Las otras fuentes de contaminación, independientes de la cementera, que actúan sobre la población de esa zona (fuentes activas, fuentes pasivas); c) El estado sanitario de las poblaciones que viven en el área de impacto de todas esas fuentes (incluidas evaluaciones de la morbilidad y mortalidad locales antes y después de operar la cementera, y contenidos de contaminantes en tejidos y órganos de personas y animales expuestos) y d) Estado y funcionamiento del ambiente (tipos y niveles de contaminación antes y después de empezar sus operaciones la planta; interacción con suelos, aguas superficiales y superficiales y biota; biodiversidad; incidencia de inversiones térmicas de superficie y otros factores meteorológicos, etc.).

Los impactos sobre la salud se registran tanto a nivel de trabajadores de las plantas y minas dedicadas a la producción de materia prima como en la población general expuesta [Meo *et al.*, 2002a, 2002b; Yang *et al.*, 2003; Meo, 2003; Smalyte, Kurtinautis & Andersen, 2004; Dietz *et al.*, 2004; Ewall & Nicholson, 2006; Shapley, 2006].

Parte de esta información –de existir los datos o ser posible su medición y eventual reconstrucción- permite determinar tanto la resistencia biológica y cultural de las personas como la resistencia de los ambientes locales a los impactos negativos de la cementera. Lamentablemente la mayoría de los proyectos de plantas ya instaladas en el Tercer Mundo no se sometieron a procesos previos de evaluación de impacto ambiental (EIA), no realizaron Estudios de Impacto Ambiental independientes y rigurosos dedicados a analizar los riesgos que definieran además líneas de base (EsIA) ni se sometieron a Audiencias Públicas de debate. Tampoco ha habido en esos casos Auditorías Ambientales de revisión general. Es usual por otra parte que los grandes grupos cementeros compren una empresa ya instalada donde la resistencia social es menor y la legislación no prevé nueva Evaluación de Impacto Ambiental (aunque jamás se hubiera realizado). En muchos casos hasta mantienen el nombre original, por lo menos hasta manejar aceptablemente la mayoría de las situaciones críticas que pudieran comprometer seriamente la imagen del grupo comprador.

La crónica ausencia del Estado o su predisposición para lograr acuerdos con sectores económicos muy poderosos en detrimento de comunidades locales es un fenómeno muy extendido en América Latina y otras regiones del Tercer Mundo. La reciente derrota de Lafarge en India es una saludable reacción gubernamental contra las arbitrariedades de una empresa y del propio gobierno. Cuando la *National Environmental Appellate Authority* anuló la autorización dada por el Ministerio del Ambiente para la construcción de una cementera en el distrito de Mani, y lo basó en las graves omisiones y errores del estudio de impacto ambiental, también envió un mensaje social muy claro fuera de India. No se trata solamente de cumplir la ley, sino también de respetar la decisión de las comunidades locales y de utilizar buena ciencia para elaborar estudios. Lamentablemente casos como el citado son extremadamente raros. Se generan además falsas opciones entre la oferta de puestos de trabajo y la protección del ambiente y la salud.

La quema en cementeras de residuos químicamente variables genera cócteles contaminantes también variables que agravan potencialmente los efectos negativos sobre la salud de las personas, ya expuestas a otras mezclas propias de hogares, escuelas y demás ámbitos, públicos y privados.

Desafortunadamente las normas vigentes dedicadas a regular la descarga de contaminantes y los criterios de calidad para medios testigos (aire, suelo, agua, organismos) tratan separadamente cada contaminante y no consideran cócteles (mezclas). Por otra parte no suelen realizarse estudios epidemiológicos continuos en las áreas de impacto, lo cual dificulta la detección de anomalías en la morbi-mortalidad.

Las regulaciones solamente basadas en limitaciones de descarga son incapaces de proteger a la población de estos fenómenos de acumulación biológica, y de la multiplicación de fuentes industriales con similares tipos de emisión (por ejemplo incremento en el número de hornos de una misma planta cementera). Es necesario desarrollar por lo tanto no solamente regulaciones que consideren contaminantes aislados y cócteles de contaminantes, sino también estándares sujetos a la suma de descargas desde distintas fuentes y a la existencia de depósitos secundarios.

Dioxinas y furanos

En los PCDDs y PCDFs se han registrado efectos toxicológicos de los compuestos sustituidos 2,3,7,8 (17 congéneres), los cuales son agonistas para el receptor aril-hidrocarburo. Todas las PCDDs y PCDFs 2,3,7,8-sustituidas muestran el mismo tipo de respuesta biológica y tóxica [UNEP, 2002]. Entre sus efectos se mencionan toxicidad dérmica, inmunotoxicidad, daño hepático, efectos en la reproducción, alteraciones durante el desarrollo embriológico, perturbación endócrina y propiedades oncogénicas. Leijts *et al.* [2008] encontraron que adolescentes expuestas durante su desarrollo prenatal a las dioxinas tenían un desarrollo tardío de sus senos. El cloracné, resultado de la exposición a dioxinas, es uno de los efectos persistentes en seres humanos. Los grupos más vulnerables son los embriones, fetos y neonatos [UNEP, 2002; Health Canada, 2006].

Las dioxinas y furanos son reconocidas por su efecto teratógeno. Pueden producir distintos tipos de malformación a nivel de blastocisto, embrión y feto humanos en mujeres embarazadas [*cf.* Dean *et al.*, 1987; Costner & Tornton, 1993; UNEP, 2002].

Se han detectado efectos en el sistema inmunológico de ratones con dosis de 10 ng/kg pc/día y en monos *Rhesus* con dosis de 1-2 ng/kg pc/día. En ratas se han observado efectos bioquímicos con dosis de 0,1 ng/kg pc/día [UNEP, 2002].

Las dioxinas y furanos son químicamente persistentes y liposolubles. La más tóxica es la TCDD [Karstensen, 2004]. Al ser descargadas a bajas dosis producen efecto directo por acumulación simple en alimentos (cereales, oleaginosas, hortalizas, frutas, agua) o partículas de suelo (luego transportadas por el viento e inhaladas) y efecto indirecto por acumulación biológica a lo largo de cadenas alimentarias. Esto ocurre en las cadenas cortas tipo pasto-vaca-hombre y en las cadenas alimentarias largas de ecosistemas naturales contaminados [*cf.* Montenegro, 1994]. Olie *et al.* [1977] fueron los primeros en descubrir que los incineradores de residuos producían dioxinas.

Dioxinas y furanos ingresan a las personas en los alimentos y el agua contaminadas, pero también cuando inhalan partículas que las contienen. Dada su alta persistencia en el ambiente adquieren particular relevancia los depósitos secundarios en suelo y agua, que se suman a las fuentes activas de descarga permanente o semipermanente. La sola vigilancia de las emisiones es insuficiente para proteger la salud de las personas, sobre todo en aquellos lugares donde las cementeras operaron durante muchos años sin controles efectivos de dioxinas y furanos (es el caso Minetti/Holcim en Córdoba).

Cuatro importantes trabajos han analizado la relación existente entre dioxinas y cáncer [Manz *et al.*, 1991; Fingerhut *et al.*, 1991; Kogevinas *et al.*, 1993; Thies, Frentzel-Beyme & Link, 1982]. La investigación realizada por Elliott *et al.* [1996] mostró claramente que sobre 14 millones de personas residentes cerca de 72 incineradores de residuos municipales en Gran Bretaña existe "*una declinación estadísticamente significativa del riesgo de cáncer*" a medida que las personas viven más alejadas de los incineradores "*ello para todos los cánceres combinados, estomacal, colo-rectal, hepático y pulmonar*" [cf. Elliott *et al.*, 2000]. Recientemente Zambo *et al.* [2007] demostraron que la exposición a dioxinas procedentes de incineradores y plantas industriales aumenta en Italia el riesgo de sarcoma.

Según la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, IARC, la dioxina TCDD es un cancerígeno para humanos (Grupo 1 del IARC). Esto fue formalmente establecido por la *International Agency for Research on Cancer* (IARC) durante su reunión realizada en Lyon del 4 al 11 de febrero de 1997 y publicado en la Monografía n° 69 [IARC, 1997].

Partículas

Se acepta que tanto la exposición de corto y largo plazo a partículas puede afectar la salud [WHO, 2006] y que la exposición crónica aumenta la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón [COMEAP, 2009]. No se han definido valores sin riesgo, por lo cual todo aumento del contenido de partículas en aire puede traducirse en efectos negativos sobre la salud [HPA, 2010]. En el caso de las cementeras –grandes productoras de partículas- se genera un doble riesgo: la emisión rutinaria desde las plantas, y la reactivación ocasional de los depósitos secundarios de partículas creados en el tiempo por esas descargas rutinarias, y que se ubican a distintas distancias y en diferentes ambientes.

Metales pesados y metaloides

En los lugares donde operan cementeras que queman residuos es importante determinar el espectro de metales y metaloides descargados por chimenea y otras fuentes de la planta, y la existencia de depósitos secundarios que los contengan. Estos últimos pueden ser movilizados por el viento, el movimiento de vehículos y el desplazamiento de personas. Posteriormente y en función de las concentraciones y mezclas halladas es conveniente actualizar sus respectivas fichas toxicológicas para construir potenciales "redes de efectos" (que también incluyan contaminantes no metálicos). He aquí algunos ejemplos de efectos:

El cromo hexavalente (VI) es un cancerígeno para humanos conforme al IARC (Grupo 1) y a la EPA (Grupo A). En los alrededores de Holcim, en Yocsina (Córdoba) el valor máximo de cromo hallado en suelo fue 91,5 mg/kg [Bermúdez *et al.*, 2010].

El manganeso produce la "*fiebre de los humos metálicos*" cuando ingresa por vía respiratoria; también ocasiona la "*psicosis por manganeso*", una enfermedad del sistema nervioso [cf. Dean *et al.*, 1987]. La exposición crónica a valores elevados ocasiona trastornos neurológicos, lentitud en los movimientos y baja coordinación motora (manganismo), además de problemas respiratorios y sexuales [ATSDR, 2006f]. En los alrededores de Holcim, en Yocsina, el valor máximo de manganeso hallado en suelo fue 399 mg/kg [Bermúdez *et al.*, 2010].

El mercurio orgánico e inorgánico puede provocar daño permanente del sistema renal y sistema nervioso central en personas expuestas a dosis altas, además de efectos sistémicos e irreversibles en embriones y fetos. Los trastornos del sistema nervioso

por mercurio se acompañan de irritabilidad, timidez, temblores, disfunción visual y auditiva y pérdida de la memoria [ATSDR, 2006a]. Para el IARC es un posible cancerígeno humano (grupo 2 B).

El bario es un tóxico crónico. Sus formas más tóxicas son aquellas con capacidad para disolverse en agua, entre ellas acetato de bario, cloruro de bario, hidróxido de bario, nitrato de bario y sulfuro de bario. La concentración normal de bario en aire es de 0,0015 ppb y el aire alrededor de industrias que lo liberan alcanza concentraciones de 0,33 ppb [ATSDR, 2006a, 2008]. En los alrededores de Holcim, en Yocsina, el valor máximo de bario hallado en suelo fue 803 mg/kg [Bermúdez *et al.*, 2010].

El cadmio inhalado a altas dosis produce graves lesiones en pulmones y puede producir la muerte. Ingerido a valores elevados ocasiona severa irritación gástrica además de inducir vómitos y diarreas. Una exposición crónica a bajas dosis puede provocar su concentración en riñones, lesiones pulmonares y fragilidad ósea [ATSDR, 2006b].

El cobre a dosis altas puede provocar daños hepáticos y renales. En animales de laboratorio produce retardo en el crecimiento fetal. La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de Estados Unidos (OSHA) estableció un límite para vapores de cobre en aire de 0,1 mg/m³ y 1 mg/m³ para polvo de cobre [ATSDR, 2006g]. Por su capacidad para acumularse biológicamente puede "moverse" lo largo de cadenas alimentarias y ocasionar efectos toxicológicos incluso a distancias considerables del sitio de descarga [*cf.* Dean *et al.*, 1987].

El plomo produce efectos similares cuando se lo ingiere o inhala. Puede afectar la mayor parte de los órganos y sistemas, en particular el nervioso. Exposiciones prolongadas generan debilidad en los dedos, las muñecas o los tobillos. Se lo asocia a aumento de la presión sanguínea y anemia. En ambos sexos niveles altos de plomo pueden dañar seriamente el sistema nervioso central y los riñones e incluso provocar la muerte. En los hombres dosis altas suelen provocar trastornos en la espermiogénesis. La exposición al plomo es más grave en embriones, fetos, bebés y niños que en adultos. La exposición de la madre embarazada puede provocar nacimientos prematuros y menor peso de los bebés al nacer, además de disminución de las capacidades mentales, dificultades de aprendizaje y retardo del crecimiento en los niños pequeños [ATSDR, 2006d].

El selenio es un metaloide que a altas dosis produce náuseas, vómitos y diarrea. Si la exposición a valores elevados se vuelve crónica ocasiona selenosis. Sus síntomas principales son pérdida del cabello, uñas quebradizas y alteraciones neurológicas. Exposiciones breves a altos niveles de selenio elemental o dióxido de selenio puede producir irritación de las vías respiratorias, bronquitis, dificultades respiratorias y gastralgias [ATSDR, 2006e]. La ingesta diaria de este metaloide no debe superar los 5 mg por kilogramo de peso durante toda la vida de una persona [ATSDR, 2006e].

Materiales radiactivos

Los criterios BEIR VII Fase 2 reconocen explícitamente que no hay ningún nivel de radiación ionizante inocuo para la salud humana. Por otra parte los "valores aceptables" (que no significan valores seguros) derivan de analizar, sobre todo, bajas dosis de Bajo LET (= baja Transferencia Lineal de Energía) correspondiente a materiales radiactivos emisores de radiación Gamma. Solo tangencialmente abordan los Alto LET, esto es, de Alta Transferencia Lineal de Energía, característico de radioisótopos que liberan partículas Alfa y Beta, con mayor contenido de energía que la radiación Gamma.

Lo anterior implica que cualquier valor de radiación ionizante, por pequeño que sea, representa un riesgo y puede producir efectos estocásticos. El mayor riesgo deriva de la emisión de radioisótopos que emiten partículas Alfa y Beta, pues dentro del organismo su alto contenido de energía (Alfa>Beta>Gamma) podría afectar el ADN de las células vivas expuestas.

Las cementeras que incineran residuos pueden sufrir accidentes y liberación masiva de dioxinas, furanos y demás sustancias

Los hornos cementeros y otros tipos de incineradores de residuos son susceptibles de sufrir accidentes que liberen los materiales contenidos en la zona de reacciones térmicas. También pueden ocurrir en las empresas asociadas dedicadas a la gestión de residuos peligrosos. De allí la importancia de considerar la alta diversidad de sustancias químicas y materiales que están siendo procesados al momento del accidente, y los sistemas específicos de prevención, control y neutralización.

El 22 de mayo de 2011 se produjo en Albox, Andalucía (España) un incendio en la planta de la empresa *Geocycle*, del grupo Holcim, que trata residuos industriales peligrosos –desde gasoil a pinturas y plásticos- para utilizarlos como combustible en sus cementeras. Las llamas alcanzaron 15 metros de altura y produjeron una elevada y densa columna de humo negro. En las tareas de extinción participaron bomberos de Albox, Turre y Baza (Granada) además de aviones del Infoca y el Grupo de Emergencias de Andalucía (GRA). Como medida de precaución las autoridades solicitaron a la población que no saliera de sus hogares y mantuviera cerradas sus aberturas. La planta, que ya lleva procesadas más de 40.000 toneladas de residuos peligrosos en 8 años de operación, aprovisiona de sólidos y líquidos combustibles a las cementeras de Carboneras y Gádor, ambas del grupo Holcim [Soler, 2001].

En la planta de Ecoltec en Apaxco (México), la empresa del grupo Holcim dedicada a la gestión de residuos peligrosos, ocurrieron graves incidentes químicos en 2004, 2007 y 2009. En todos los casos el agente involucrado fue acrilato, un derivado de la industria química y de la fabricación de pinturas. En mayo de 2009 la liberación de acrilato –asociada a la percepción de un fuerte olor- afectó a 11 comunidades y sus 30.000 habitantes en un área de 4 km². Arturo de León, docente de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de México indicó: "*Las condiciones de salud en las poblaciones rodeadas por las plantas de cemento es lamentable y seria. Todos los niveles de gobiernos deben concretar acciones para regular la industria. Ecoltec es una compañía que repetidamente provocó episodios agudos de intoxicación en la población, cuyas demandas son justificadas. El acrilato emitido por Ecoltec es una toxina que afecta el sistema nervioso. Es asimismo un contaminante orgánico persistente que afecta las capacidades mentales superiores de los niños expuestos. Esto representa un costo invisible y para toda la vida en los niños*" [AC-FOE, 2011].

La ruptura accidental del horno, tanto por causas internas como externas, puede producir la liberación masiva de PICs y otras sustancias. Dicha ruptura y la subsiguiente contaminación podrían afectar la salud y las actividades de la zona recreando, a escala, el accidente de Seveso, una localidad situada 30 kilómetros al norte de Milán en Italia (1976). El 10 de julio de ese año se produjo un escape accidental de 2-3 minutos de duración en la fábrica de productos químicos ICMESA, una filial de Givaudan-Hoffman-LaRoche. El accidente se produjo cuando el reactor químico, al superar los 200 °C de temperatura, promovió la formación de dioxinas a partir de un intermediario químico, el 2,4,5 triclorofenol, que se empleaba allí para la producción del antiséptico hexaclorofeno. La válvula de seguridad del reactor no funcionó debido a la suba de la presión interna, y explotó liberando una nube con 20 a

50 metros de altura que se desplazó lentamente hacia el sur. Se estima que la nube dispersó unos 2 kilogramos de dioxinas. Además de los efectos agudos como quemaduras por el contacto con sustancias altamente caústicas, en la zona de mayor contaminación (Zona A) se registraron 193 casos de cloracné, de los cuales 164 fueron padecidos por niños menores de 15 años [Fara *et al.*, 1980].

También hubo evidencia de daño clínico neurológico así como casos de polineuropatía detectable clínicamente y un limitado porcentaje de casos con aumento del tamaño hepático. Los niños expuestos sufrieron, en comparación con grupos de control, un número significativamente mayor de síntomas de náuseas, falta de apetito, vómitos, dolor abdominal, neuralgias e irritación ocular. Se registraron también cambios bioquímicos, principalmente alteraciones de las enzimas hepáticas. También se presentaron casos de neuropatía periférica que superaron en cinco veces el promedio para la zona [Bertazzi & Di Domenico, 1994].

En la Zona A y durante los cinco años posteriores al accidente hubo un significativo incremento de muerte en la población masculina ocasionada por isquemia cardíaca crónica, y en las mujeres por enfermedad reumática tardía [Bertazzi *et al.*, 1989].

Entre los efectos de largo plazo registrados en los primeros años de monitoreo, tras el accidente, se observó un aumento en la incidencia de ciertos tipos de tumores en los habitantes de la Zona B (donde hubo evacuación selectiva y temporal) y de la Zona R (zona de respeto). Hasta 1986 se había registrado un aumento de la incidencia del mieloma múltiple entre los adultos de la zona B, además de cáncer de tracto hepatobiliar y de los tejidos hematopoyéticos. También se incrementaron los casos de sarcoma de tejido blando en la Zona B [Bertazzi *et al.*, 1993].

Hacia finales de la década de 1990 logró determinarse que una mujer expuesta en 1976 a las dioxinas en Seveso, y que murió de cáncer, tenía altas concentraciones de PCDDs en estómago y tejido graso [Fabri, 1997].

Se estima que unas 37.000 personas estuvieron afectadas por la contaminación del suelo. Como consecuencia del accidente se impusieron severas restricciones habitacionales y productivas sobre 1.800 hectáreas. El accidente significó un costo directo superior a los 250 millones de dólares [PNUMA, 1992].

En general las municipalidades y comunas de Argentina donde operan cementeras que queman residuos no han implementado planes ciudadanos para actuar ante accidentes con liberación masiva de contaminantes. Esta situación torna aún más vulnerables las comunidades expuestas. Los planes comunitarios son tan necesarios como los planes para contingencias que debe tener cada empresa. Algunas guías ya desarrolladas para otros sectores de problema (planes ciudadanos para enfrentar accidentes en industrias químicas y planes ciudadanos para actuar ante la precipitación de cenizas volcánicas) pueden servir de guía [cf. Montenegro, 2011].

Impacto de la incineración de residuos sobre comunidades, áreas agropecuarias y otros usos del suelo. Condiciones de la atmósfera y contaminación

El área de impacto de una cementera que quema residuos es fuertemente influenciada por una serie de variables, entre ellas:

a) Modelo de operación de la fuente. A diferencia de otras actividades industriales donde existe un patrón de calidad resultado de la estandarización de insumos y productos, en la fabricación de cemento con quema de combustibles fósiles y residuos las descargas son químicamente variables en el tiempo. Esto dificulta la predicción de

sus descargas y torna riesgosas sus actividades.

b) Organización ecológica del territorio. Los impactos que puede provocar una cementera varían de acuerdo a la organización ecológica del territorio donde se ubica y la fisonomía de la región. Los mosaicos de ecosistemas eventualmente afectados pueden estar dominados por ambientes naturales, productivos o urbanos, en cuyo caso los receptores de impactos varían sensiblemente. La ubicación en fondo de valle, por ejemplo, disminuye la ventilación lateral y puede agravar los fenómenos de contaminación. Si los ecosistemas afectados son naturales o balanceados, con cadenas alimentarias largas y complejas, es posible prever importantes fenómenos de acumulación biológica de residuos.

c) Vientos. Los vientos que se registran a lo largo del año captan y transportan los contaminantes descargados por la cementera. Sus direcciones, velocidades e intensidades definen plumas de contaminación y superficies barridas. Los lugares más afectados son aquellos que por su ubicación quedan más expuestos a los vientos dominantes, y que carecen de barreras naturales y antrópicas entre la planta y el asentamiento. El viento también moviliza los residuos que se encuentran en depósitos secundarios.

d) Inversiones térmicas de superficie. Estas inversiones, que se distinguen de las sucesivas inversiones registradas en altura, pueden producirse por pérdida de radiación infrarroja de onda larga durante las horas sin insolación (con capa de inversión y capa de mezcla confundidas), o por subsidencia debido a la presión ejercida por anticiclones estancados (con capas de inversión y de mezcla bien diferenciadas). Ambas instalan un "*tapón de aire caliente*" que impide la dispersión vertical de contaminantes.

Los fenómenos de inversión térmica se asocian con días en calma o sin viento. El peor caso posible se registra cuando: i) La capa de inversión térmica superficial tiene poca altura (en cuyo caso es muy estrecha, lo cual reduce la posibilidad de dilución); ii) Cuando esta inversión se mantiene en el tiempo (por ejemplo más de un día, situación frecuente cuando la temperatura diurna no alcanza para "*romper*" la inversión); iii) Cuando coincide con "*calmas*", y iv) Cuando durante estas situaciones muy desfavorables los incineradores emiten gran cantidad de contaminantes a la atmósfera [Montenegro, 1999]. Las estaciones con mayor ocurrencia y gravedad de las inversiones térmicas de superficie en la zona centro del país son, en orden decreciente, invierno, otoño, primavera y verano. En la ciudad de Córdoba, por ejemplo, ocurren estimativamente unas 200 por 1.000 calmas al año.

e) El juego entre factores de dispersión, receptores de la contaminación y cadenas alimentarias. La afectación debe asumirse como circular, independientemente de las plumas de contaminación de mayor frecuencia. Entre las condiciones de agravamiento pueden mencionarse:

Caso 1. Elevada descarga de contaminantes en un área urbana densamente poblada que sufre inversiones térmicas de superficie durante dos o más días. La presencia de calmas torna más serio el cuadro. Al disminuir la capa de inversión + capa de mezcla, y al registrarse calmas, crece la concentración de los contaminantes. En el centro del país esta capa alcanza su mayor altura (y menor estado crítico) durante las horas de Sol del mediodía. En sistemas urbanos las cadenas alimentarias son simples y discontinuadas, lo que reduce los fenómenos de concentración biológica de residuos liposolubles.

Caso 2. Elevada descarga de contaminantes en un área de producción agropecuaria

que sufre inversiones térmicas de superficie durante dos o más días. Al igual que en las ciudades, la presencia de calmas torna más serio el cuadro. Esta prolongación aumenta la exposición de los organismos vivos a los contaminantes. Aunque las cadenas alimentarias suelen ser cortas, los sistemas tipo pasto-vaca-hombre aumentan la concentración de residuos liposolubles entre los consumidores finales (por ejemplo dioxinas). Estos residuos pueden llegar a lugares muy distantes a través de la leche, quesos, huevos y otros productos.

Caso 3. Elevada descarga de contaminantes en un área de ecosistema natural cuyas inversiones térmicas de superficie duran dos o más días. Al igual que en las ciudades y ambientes agropecuarios la ocurrencia de calmas torna más serio el cuadro. Esta prolongación aumenta la exposición de los organismos vivos a los contaminantes. En los ecosistemas naturales o balanceados las redes alimentarias son mucho más complejas. De allí que las vías de concentración biológica de dioxinas, otros residuos liposolubles e incluso metales tengan variadas alternativas. Usualmente las especies más afectadas son aquellas ubicadas al final de las cadenas (por ejemplo algunas especies de aves y peces).

f) Agua en movimiento que traslada contaminantes. Ocurre cuando las descargas de una cementera se vuelcan en masas de agua superficial o subterránea, y cuando por efecto de lluvias intensas el agua que ha circulado por la planta se derrama en forma laminar fuera del predio, contaminando el suelo y masas de agua receptoras. También pueden ocurrir fenómenos de lixiviación en depósitos de materiales ubicados en la cementera –por ejemplo depósitos expuestos de residuos peligrosos- e infiltración posterior del agua contaminada, o escorrentía superficial de esos líquidos.

La operación de cementeras que queman residuos en cercanías de asentamientos humanos genera una clara situación de conflicto. Esta situación hace que la distancia entre las fuentes de descarga y las personas expuestas resulte mínima, y se generen sectores con mayor y menor vulnerabilidad. El comportamiento de los vientos a lo largo del año puede distribuir el impacto o concentrarlo en determinadas áreas. Por otra parte, el potencial impacto de las plumas rutinarias de contaminación se suma a los que pueden provocar los depósitos secundarios ya existentes en la trama urbana (depósitos en jardines, en espacios verdes públicos, en superficies planas e inclinadas de edificios y estructuras, en reservorios de agua potable y sus sedimentos, en piletas de natación públicas y privadas, en la superficie foliar de la vegetación etc.). Estos depósitos secundarios son un resultado directo de procesos de deposición.

Entre los sitios más vulnerables se encuentran las escuelas, centros de salud, lugares para práctica de deportes (pues la actividad física aumenta el metabolismo y la actividad respiratoria) y reservorios abiertos para el almacenamiento de agua potable.

Es frecuente que las zonas pobladas ubicadas en la zona de impacto de las plumas de contaminación de las cementeras, sobre todo de aquellas que queman residuos, sufran depreciación del valor de la tierra y de las propiedades. Cuando la contaminación genera conflictos socialmente visibles y muy prolongados en el tiempo pueden generarse –desde los asentamientos humanos no afectados- mecanismos de discriminación ambiental. Las zonas "no contaminadas" discriminan a las "contaminadas". Este proceso ya fue registrado en otras situaciones comparables. Bouwer y Potrero del Estado, dos comunidades situadas en cercanías del vertedero de residuos de la Municipalidad de Córdoba, que operó durante más de 28 años y almacenó >12 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, denunciaron reiteradamente que eran discriminados "*por vivir junto a la basura*". Tras dos años de lucha, el 1 de abril de 2010 los vecinos organizados en "Bouwer sin basura", la comuna y FUNAM lograron que ese vertedero cerrara definitivamente [Azzinnari,

2009].

Las distintas descargas contaminantes de las cementeras también pueden afectar en forma directa e indirecta la calidad de los cultivos y pasturas, donde –por otra parte– suelen existir depósitos secundarios de contaminantes que se formaron con anterioridad. Por ejemplo en suelos, en los propios cultivos y animales de cría, en los ambientes acuáticos (ríos, lagos) y en los depósitos artificiales de agua (incluidos sus sedimentos).

La emisión rutinaria de dioxinas y su acumulación en porciones terminales de las cadenas de alimento ha provocado trastornos en la producción agropecuaria del norte de Francia. La metrópolis de Lille, situada al norte de ese país, dispuso cerrar sus tres incineradores de residuos municipales (urbanos) después que se hallara una alta concentración de dioxinas en la leche producida por granjas cercanas a los hornos. A fines de enero de 1998 el Intendente de Lille, Pierre Mauroy, anunció la clausura de los incineradores de Halluin, Seqerdin y Wasquehal para fines de febrero de ese año. Análisis llevados adelante por el Ministerio de Agricultura midieron valores de hasta 15 picogramos de dioxinas por gramo de grasa en la leche que producían dos granjas cercanas al incinerador de Halluin. Estos altos niveles de contaminación hicieron que el estado prohibiese la comercialización de los productos generados en ambos establecimientos. Esta prohibición se aplica cuando los alimentos tienen un valor superior a los 6 picogramos de dioxinas por gramo de grasa [FP, 1998].

Dada la existencia de abundante bibliografía sobre los efectos de la incineración sobre los ecosistemas y la salud humana, en particular la concentración de PCDDs y PCDFs en las cadenas alimentarias (vía los “puentes lipídicos” del ecosistema), la sola presencia de incineradores actúa como un elemento de depreciación del valor de las tierras y de la calidad de los productos agropecuarios. Esto se observó por ejemplo en Santa Rosa (Mendoza), y en la localidad de Pinzón, en Pergamino (provincia de Buenos Aires).

En Santa Rosa los viñateros y bodegueros se unieron a otras fuerzas vivas para resistir la puesta en funcionamiento de un incinerador para residuos industriales de la empresa Eco-Clines. El principal argumento era que los efluentes gaseosos y particulados del horno, pero muy particularmente las dioxinas, iban a afectar irremediablemente la calidad e imagen de sus productos. La cancelación de compra de algunos productos y la amenaza de suspensión de ciertos proyectos de agricultura orgánica acentuaron la movilización. Las pruebas productivas de albahaca que efectuaba el establecimiento Rana Argentina S.R.L. estuvieron a punto de interrumpirse (5 de junio de 1997). También peligraron las inversiones realizadas por "Finca del Oeste" S.A. en el distrito de La Dormida para el cultivo de hortalizas miniatura [Vecinos del Departamento Santa Rosa, 1997]. Como resultado de presentaciones hechas por FUNAM y la fuerte presión vecinal se suspendió la Audiencia Pública, y el Gobernador ordenó el desmantelamiento del incinerador [Montenegro, 1997].

En Pinzón, dentro del Ejido Municipal de Pergamino, en Buenos Aires, se repitió este tipo de reacción pública. La empresa "Ecología Industrial S.A." intentó instalar un horno para residuos peligrosos tras lograr que el Concejo Deliberante librara una prefactibilidad de radicación, con cambio de uso de una zona rural por uso industrial. Los vecinos de la zona, Federación Agraria Argentina, Sociedad Rural y varias cooperativas nucleadas en CONINAGRO se pronunciaron contra el proyecto por su impacto negativo en la salud de las personas e incompatibilidad con actividades agrícolas y ganaderas. A ello se sumó la posición también contraria de SENASA (SAGPyA, Ministerio de Economía de la Nación). Este organismo indicó que el

incinerador desalentaría el desarrollo de producciones orgánicas (agrícola y ganadera) o de cultivares originales (caso del maíz y soja) en el área [Acuña & Latrubesse, 1998].

Aspectos normativos relacionados con plantas de cemento que incineran residuos. Incumplimientos y vacíos

Regulación de contaminantes

En Argentina el Artículo 33 del decreto nacional 831/1993 expresa claramente que "*la incineración es un proceso para la eliminación de residuos peligrosos que no pueden ser reciclados, reutilizados o dispuestos por otra tecnología*". Esta definición es permanente violada por la mayor parte de las plantas de incineración.

Ese mismo artículo establece que la concentración máxima de equivalentes de TCDD para incineradoras es de 0,1 ng/Nm³. Fija además los límites referidos a material particulado (29 ng/Nm³), gas clorhídrico (100 ng/Nm³) y mercurio (30 ng/Nm³), todos para gas seco a 10% de CO₂.

Si se repasan las once tablas y los respectivos criterios de calidad que integran el Anexo II del decreto 831/1993, solamente la Tabla 9 alude específicamente a las PCDDs y PCDFs. Se establecen allí los niveles guía para calidad de suelo, de 0,00001 µg/g en peso seco (para uso agrícola) y de 0,001 µg/g (para uso residencial). La Tabla 1 ("*Niveles guía de calidad de agua para fuentes de bebida humana con tratamiento convencional*") incluye organoclorados totales, pero sin hacer referencia a dioxinas y furanos. La Tabla 2 en tanto ("*Niveles guía de calidad de agua para protección de vida acuática, agua dulce superficial*") menciona los PCBs totales únicamente.

La Tabla 11 del Anexo II del decreto 831 establece estándares de emisión desde chimeneas de 30 metros de altura para acetaldehído, acetato de vinilo, amoníaco, anilina, arsénico, benceno, cadmio, cianuro de hidrógeno, ciclohexano, cloro, clorobenceno, cloruro de hidrógeno, cresoles, cromo, dicloroetano, di-isocianato de tolueno, estireno, fenol, fluoruros, formaldehído, hidrocarburos polinucleares, manganeso, metil-paratión (plaguicida prohibido en Argentina), naftaleno, niebla ácida de ácido sulfúrico, óxidos de nitrógeno, ozono y otros oxidantes fotoquímicos, plomo, sulfuro de carbono, sulfuro de hidrógeno, tetracloruro de carbono, tolueno, tricloroetileno y xilenos. Pero tampoco incluye PCDDs ni PCDFs [Jacobó & Rougés, 1994].

La norma deja sin cubrir gran cantidad de compuestos orgánicos, metales y metaloides.

En lo que respecta específicamente a las dioxinas y furanos el límite vigente en Argentina no necesariamente protege la salud de las personas, sobre todo en organismos expuestos con muy pequeña biomasa (como cigotos, blastocistos, embriones, fetos, bebés recién nacidos y niños).

Por otra parte, aunque una planta de incineración respete lo establecido por el Decreto 831 para dioxinas –considerado por muchos operadores de cementeras como "bajo"- la quema de grandes cantidades de residuos se traduce en emisión real de importantes cantidades de dioxinas (además de otros compuestos orgánicos y metales). Cuanto más desechos queme una cementera, mayor será la descarga de dioxinas y otras sustancias tóxicas al ambiente.

Existen además factores que acrecientan la liberación de contaminantes, como la calidad de los residuos y las operaciones de encendido y apagado. Es usual que las

mediciones, pese a lo establecido legalmente, no contemplen estas fases extremas del funcionamiento.

El Artículo 33 del decreto 831 establece que "*las emisiones de las siguientes sustancias: oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, ácido clorhídrico, compuestos organoclorados totales, bifenilos policlorados, furanos, dioxinas y material particulado deberán ser medidas: a) Cuando el incinerador es utilizado por primera vez para la combustión de bifenilos policlorados; b) Cuando el incinerador es utilizado por primera vez para la combustión de bifenilos policlorados luego de una alteración de los parámetros de proceso o del proceso mismo que puedan alterar las emisiones, y c) Al menos en forma semestral*". Esta periodicidad es insuficiente, en particular para dioxinas y furanos, dado que los modelos de descarga varían notablemente con el tipo de carga y las variaciones de funcionamiento del horno [cf. Connett, 1996].

El Artículo 34 del decreto –por su parte- establece las características que debe tener el Manual de Higiene y Seguridad, y los "*requerimientos mínimos de los planes de monitoreo*".

A nivel internacional la Convención de Estocolmo sobre Compuestos Orgánicos Persistentes busca reducir la "*emisión inintencionada*" de PCDDs, PCDFs, PCBs y hexaclorobenceno (HCB) desde todas las categorías de fuentes (Anexo C). La quema de residuos peligrosos en hornos cementeros está explícitamente mencionada en la Convención (Anexo C, Parte II). La norma también incluye sustancias a ser eliminadas (Anexo A) y sustancias prohibidas (Anexo B). Firmado en 2001 entró en vigencia el 17 de mayo de 2004. Argentina adhirió mediante ley nacional 26.011, promulgada el 10 de enero de 2005.

Si bien nuestro país prohibió por Constitución el ingreso de residuos "*actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos*" (Artículo 41, 1994) no tiene en cambio prohibido el egreso. En este caso se aplica la Convención de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, suscrita en 1989 y que entró en vigor en 1992. Tiene aplicación práctica cuando se decide, por ejemplo, el envío para tratamiento en otros países de determinados residuos peligrosos. Argentina adhirió a la Convención de Basilea mediante ley nacional 23.922 promulgada el 15 de abril de 1991.

Evaluación de Impacto Ambiental

A nivel de instalación de nuevas cementeras, son fundamentales en Argentina las normas provinciales sobre Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y lo dispuesto sobre EIAs y audiencias públicas en la ley nacional de ambiente 25.675/2002. Esta última norma incluye el Principio de Precaución (Artículo 4°), aplicable al caso de las cementeras que queman residuos dada la aleatoriedad de su composición, la variabilidad de los contaminantes producidos y la dificultad para alcanzar controles efectivos.

En general la normativa de la nación y las distintas provincias no prevén el posible impacto sumado del proyecto a ser instalado y de las fuentes que ya existen. De allí que el Estudio de Impacto Ambiental referido a un incinerador dado (EsIA) no suela tener en cuenta la existencia de otros incineradores localizados en la zona, ni la posible suma, sinergismo y neutralización entre contaminantes procedentes de fuentes que superponen sus plumas.

El Inciso "c" bis del Artículo 34 del decreto nacional 831 fija los "*Términos de*

referencia" para la evaluación del impacto ambiental de nuevas plantas de incineración. Esta exigencia es concurrente y administrativamente aislada de lo que exigen las otras jurisdicciones (normativas municipales y provinciales sobre EIA).

Los cementos contaminados y la Ley nacional de Defensa del Consumidor

Ya indicamos que los cementos producidos en plantas que incineran residuos contienen Compuestos Orgánicos Persistentes, en particular PCDDs y PCDFs, además de metales y otras sustancias de riesgo. Una situación similar se registra en el resto de las cementeras que solo utilizan combustibles fósiles. Esos cementos pueden ser utilizados para la construcción de elementos y estructuras dedicadas a contener y conducir agua, o estar en contacto con personas. Eventualmente cualquier fenómeno abrasivo podría liberar parte de las sustancias químicas que ellos contienen. Al existir un riesgo potencial de los consumidores, dicho riesgo debe ser previsto por los fabricantes e indicado en el envase o manual del producto.

En Argentina la defensa de los derechos de los consumidores está contenida en un sistema de normas que comprenden –principalmente- la ley nacional 24.240 publicada en el Boletín Oficial el 15 de octubre de 1993; las modificaciones a esa ley contenidas en las leyes nacionales 24.568, 24.787 y 24.999, y en el decreto reglamentario 1.798/94. Lo relativo a riesgos es abordado en los Artículos 4, 5 y 6.

El Artículo 5 de la ley nacional 24.240 establece claramente que quienes *"produzcan, importen, distribuyan o comercialicen cosas o presten servicios, deben suministrar a los consumidores o usuarios, en forma cierta y objetiva, información veraz, detallada, eficaz y suficiente sobre las características esenciales de los mismos"*.

Al tratar sobre las "Cosas y Servicios Riesgosos" el Artículo 6 establece que *"las cosas y servicios, incluidos los servicios públicos domiciliarios, cuya utilización pueda suponer un riesgo para la salud o la integridad física de los consumidores o usuarios, deben comercializarse observando los mecanismos, instrucciones y normas establecidos o razonables para garantizar la seguridad de los mismos. En tales casos debe entregarse un manual en idioma nacional sobre el uso, la instalación y mantenimiento de la cosa o servicio de que se trate y brindarle adecuado asesoramiento. Igual obligación regirá en todos los casos en que se trate de artículos importados (...)"*.

Las compañías omiten incluir -dentro de esa información- los eventuales riesgos que podría implicar el uso de cementos contaminados para la construcción de elementos y estructuras, sobre todo cuando vayan a ser destinadas al acopio de agua potable, alimentos líquidos o alimentos sólidos, y pudieran sufrir fenómenos abrasivos y fuertes reacciones químicas.

Las empresas proveedoras de cemento envasado y a granel deben brindar a sus clientes la información prevista en el Artículo 6 ("*Cosas y servicios riesgosos*"), indicando los riesgos y precauciones.

Prohibiciones para la instalación de incineradores

En Argentina un conjunto de Municipalidades prohibió la incineración de residuos, entre ellas las de Laguna Paiva (2009), Rosario (2005, 2008), Totoras (solo patógenos), Granadero Baigorria (solo patógenos, 2003), Villa Constitución (2002), Coronel Bogado (2002), Casilda (2002, 2003) y Capitán Bermúdez (2002) en la provincia de Santa Fé; Zárate (prohibición temporal, 2008), General Pueyrredón (2006) y Tres Arroyos (2003) en la provincia de Buenos Aires; Villa Allende (2004), Villa

Nueva (en área urbana, 2004) y Marcos Juárez (2002) en la provincia de Córdoba; Crespo (2004) en la provincia de Entre Ríos; Palpalá (2002) en la provincia de Jujuy y Esquel (2004) en la provincia de Chubut [Coalición Anti Incineración, 2011].

A nivel provincial Santa Fé prohibió la eliminación de residuos sólidos y asimilables por el método de incineración, con o sin recuperación de energía, y la contratación de empresas incineradoras de residuos fuera de la provincia (2009). Mantiene sin embargo en San Lorenzo un conjunto de plantas de tratamiento de residuos peligrosos e incineración que generan elevados niveles de contaminación. En la provincia de Tierra del Fuego, en tanto, se prohibió por ley la instalación de hornos pirolíticos en las ciudades de Río Grande, Ushuaia y Tolhuin (2005) y la provincia de San Juan prohibió la construcción de crematorios en áreas urbanas y periurbanas (2001). El gobierno de la ciudad de Buenos Aires –por su parte- sancionó una Ley de Basura Cero que incluye la prohibición de incinerar residuos sólidos urbanos (2005), y [Coalición Anti Incineración, 2011]. En todas las jurisdicciones donde se prohibió la incineración de cualquier tipo de residuos la norma se aplica implícitamente a los hornos de cemento, que en esos lugares solo pueden utilizar combustibles no residuales.

Cementerías que incineran residuos y conflictos socio-ambientales

Ya indicamos que las cementerías convencionales que usan combustibles fósiles líquidos, sólidos y gaseosos son fuentes importantes de contaminación, y que la incorporación de residuos –especialmente los peligrosos- aumentó no solamente la diversidad de contaminantes producidos sino también el riesgo sanitario y ambiental. Además de los problemas inherentes a las plantas de cemento se suman los riesgos derivados del transporte, almacenamiento y gestión de los residuos, y de la actividad minera.

El cuadro anterior puede agravarse cuando las cementerías tienen deficientes sistemas de gerenciamiento (fallas atribuibles al personal directivo y a los trabajadores) y control inexistente o inadecuado por parte de los gobiernos. Las cementerías hacen en general lo que las autoridades les permiten [Giesen, 2011]. Otras situaciones empeoran el sistema, como incorrectas evaluaciones de impacto ambiental para nuevas plantas y grupos externos de monitoreo que por responder a las empresas pierden independencia. Estas situaciones se vuelven aún más complejas cuando los proveedores de insumos en general y las empresas externas que captan y aportan residuos para la incineración muestran deficiencias similares y el Estado no los fiscaliza.

Lo descrito en este y otros trabajos permiten visualizar la naturaleza esencialmente contaminante de las cementerías, en particular aquellas localizadas en países del Tercer Mundo. Esto desencadena innumerables conflictos socio-ambientales, sobre todo en países cuyos sistemas políticos permiten la protesta.

Cuanto mayor es la dimensión de la cementería y menor la distancia que existe entre la planta y la comunidad expuesta, mayor la posibilidad de reacciones y de resistencia social. Los factores que dificultan la resistencia y lucha de los barrios y comunidades más afectados incluyen –entre otros- la coexistencia de vecinos que trabajan y no trabajan en las plantas, las prácticas clientelares, la connivencia entre autoridades locales y directivos de las empresas, la corrupción, el uso de fuerzas de seguridad privadas, la criminalización de la protesta y las limitaciones técnicas de las comunidades para demostrar los daños que producen las cementerías sobre la salud y el ambiente.

En América Latina son numerosos los focos de conflicto, en su mayoría contra

corporaciones cementeras internacionales. Las luchas se dirigen contra la quema de residuos en hornos, pero también contra las minas de superficie donde las empresas obtienen sus materias primas. Pobladores de Ciudad Bolívar, Usme y Tunjuelito en Colombia sostienen una enérgica lucha contra las actividades mineras de Holcim, Cemex y Fundación San Antonio. En 2010 las autoridades administrativas de Bogotá ordenaron la suspensión temporal de las actividades de estas tres empresas en Río Tunjuelos por reiteradas violaciones a normas ambientales [Rodríguez Maldonado, 2011]. Una situación similar se vive en Guatemala, donde 12 comunidades Maya Kaqchikeles resisten en San Juan Sacatepequez la instalación de Cementos Progreso, una subsidiaria del grupo Holcim. En este caso se ha registrado una fuerte criminalización de la protesta y abiertas violaciones a la Convención 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre derechos indígenas [Sunuc, 2011].

En México la lucha se concentra contra la cementera Apasco de Holcim, una compañía que el propio Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT) ubicó en el cuarto lugar entre las compañías más contaminadoras del país, con una emisión de >5 millones de toneladas de CO₂ por año. Esta descarga solo es superada por Petróleos Mexicanos (PEMEX), Cementos de México (CEMEX) y Altos Hornos de México [AC-FOE, 2011]. En México la incineración de residuos para la producción de cemento en la planta de Apasco es acompañada por las actividades de una subsidiaria de Holcim, Ecoltec. Creada en 1993, sus actividades en la Municipalidad de Apaxco comenzaron hacia 1998. La planta se incorporó al corredor Tula-Tepeji-Apaxco ubicado entre los estados de Hidalgo y Mexico, una de las zonas más contaminadas del planeta, con 115 industrias. Ecoltec ya sufrió en 2004, 2007 y 2009 incidentes con la sustancia química acrilato [AC-FOE, 2011]. Al igual que en otros lugares afectados por la incineración de residuos peligrosos en las plantas de Holcim, como Yocsina en Córdoba (Argentina), los olores nauseabundos delatan la presencia de contaminantes de alto riesgo. Continúa asimismo, en Brasil, la lucha comunitaria contra la cementera Barroso del Holcim localizada en Minas Gerais [Nacif, 2009].

Del 2 al 9 de mayo de 2011 comunidades campesinas, indígenas y urbanas de México, Guatemala, Colombia e incluso de Suiza, el país donde tiene su sede Holcim, protestaron contra los atropellos de la cementera [GAIA, 2011a].

En Argentina se registran protestas contra las actividades contaminantes de Holcim en Yocsina y Malagueño en la provincia de Córdoba, donde crece la resistencia vecinal contra la incineración de residuos peligrosos y ya hubo denuncias judiciales [FUNAM, 2001, 2004, 2011] y contra la cementera Loma Negra y su compañía de residuos peligrosos Recycomb en Olavarría, provincia de Buenos Aires [Minor, 2011].

Los movimientos populares contra las cementeras que incineran residuos son acompañados por GAIA, una organización no gubernamental, internacional, formada por la Alianza Global para Alternativas a la Incineración y la Alianza Global Anti Incineración. GAIA mantiene además una fuerte presencia en foros y negociaciones internacionales para erradicar la práctica de la incineración y asegurar el cumplimiento y actualización de la Convención de Estocolmo [GAIA, 2011b]. En Argentina y en coordinación con GAIA actúa en tanto la Coalición Ciudadana Anti Incineración, que agrupa a ONGs y movimientos ciudadanos de todo el país [CCCI, 2011].

Referencias

ABC. 2010. "INC compra fueloil de menor calidad y perjudica la producción de clinker". ABC, Asunción, Paraguay, 17 de agosto de 2010, 2 p.

AC-FOE. 2011. "*Holcim Apasco: power, smoke and death in Mexico*". En: "Holcim in Latin America: Case studies". Friends of the Earth International, Amsterdam, The Netherlands, pp. 23-27.

Achternbosch, M. *et al.* 2003. "*Heavy metals in cement and concrete resulting from the co-incineration of wastes in cement kilns with regard to the legitimacy of waste utilization*". Wissenschaftliche Berichte FZKA 6923, Karlsruhe, Germany, 200 p. Ver: http://www.coprocem.com/documents/uba_karlsruhe.pdf

Acuña, J.C. & S. Latrubesse. 1998. "La resistencia en Pinzón". Mimeo, Buenos Aires, 2 p.

AFCP. 2011. "Asociación de Fabricantes de Cemento Portland". Buenos Aires, Argentina. Ver: <http://www.afcp.org.ar>

Amadeo, C. 2010. "Inédito uso para cubiertas viejas. La Comuna de Godoy Cruz y Minetti acordaron que aquella retire de gomerías y talleres los neumáticos en desuso para alimentar los hornos de esta cementera". Diario Uno, Mendoza, 8 de junio de 2010, 2 p.

Appel, M. 2010. "Proveedores de la construcción. Cemento bajo fuego. El mercado del cemento podría tener un futuro promisorio y duplicar su producción hacia 2030, pero en México se verá afectado por el alza de la violencia". Obras, México, 4 p. Ver: http://www.obrasweb.com/art_view.asp?seccion=Secci%F3n+Especial&cont_id=5398

ARN. 1999. "Informe Anual 1998 de la Autoridad Regulatoria Nuclear". Ed. ARN, Buenos Aires, 420 p.

Ash Grove. 2000. "*Material safety data sheet for cement kiln dust*". Ash Grove Cement Company, August 2000. Citado por Mansfield & Mansfield [2002].

ATSDR. 2006a. "Mercurio". Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Department of Health and Human Services, Washington, 4 p.

ATSDR. 2006b. "Cadmio". Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Department of Health and Human Services, Washington, 4 p.

ATSDR. 2006c. "Bario". Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Department of Health and Human Services, Washington, 4 p.

ATSDR. 2006d. "Plomo". Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Department of Health and Human Services, Washington, 5 p.

ATSDR. 2006e. "Selenio". Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Department of Health and Human Services, Washington, 4 p.

ATSDR. 2006f. "Manganeso". Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Department of Health and Human Services, Washington, 4 p.

ATSDR. 2006g. "Cobre". Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Department of Health and Human Services, Washington, 4 p.

Azzinnari, N. 2009. "Basura en Bouwer. Los padecimientos de una población residual". Revista Matices, Córdoba, Vol. 18, n° 214, pp. 39-43.

Basel. 2011. "*Draft Technical Guidelines on Environmentally Sound Co-Processing of Hazardous Waste in cement Kilns*". Ver: http://www.basel.int/techmatters/cement-kilns/guidelines/Draft-TG_31Mar2011.doc

Bermúdez, G.M.A. et al. 2010. "*Heavy metal pollution in topsoils near a cement plant: the role of organic matter and distance to the source to predict total and CIH-extracted heavy metals concentration*", Chemosphere, Vol. 78, pp. 375-381.

Bertazzi, P.A. et al. 1989. "*Ten year mortality study of the population involved in the Seveso accident in 1976*". Am. J. Epid., Vol. 126, n° 6, pp. 1187-1200.

Bertazzi, P.A. et al. 1993. "*Cancer incidence in a population accidentally exposed to 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-dioxin*". Epidemiology, Vol. 4, n°. 3, pp. 398-406.

Bertazzi, P.A. & A. Di Domenico. 1994. "*Chemical, environmental and health aspects of the Seveso, Italy accident*". En: "Dioxins and Health", A. Schecter Ed., Plenum, pp. 587-632.

Bleazard, R.G. 1998. "*The history of calcareous cements*". En: "Lea's Chemistry of cement and Concrete", P.C. Hewlett (Ed.), Ed. Arnold, pp. 1-19.

Busato, L.C. 2010. "*Dioxins and furans in Brazil: the formation and emission in cement kilns within the framework of the Stockholm Convention*". World Business Council for Sustainable Development, <http://www.wbcscement.org/pdf/Chapter-Brazil.pdf>

Braga, A.M.C.B. 2003. "*Dioxinas, furanos e PCBs em leite humano no Brasil*". Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Ciências Médicas, Campinas, São Paulo, 231 p.

Camps Goset, S. 2009. "*Los pioneros del hormigón estructural: de Europa a Cataluña*". Universitat Politècnica de Catalunya, Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, Tesina d'Especialitat, Barcelona, 166 p.

Carrasco, F.; N. Bredin & M. Heitz. 2002. "*Atmospheric pollutants and trace gases. Gaseous contaminant emissions as affected by burning scrap tires in cement manufacturing*". Journal of Environmental Quality, Vol. 31, pp. 1484-1490.

CEPROCOR. 2003. "Protocolos de análisis efectuados sobre muestras obtenidas en barrio Ituzaingó Anexo de la ciudad de Córdoba (Argentina)". CEPROCOR, 20 p.

CHE. 2011. "*CHE Toxicants and Disease Database*". The Collaborative on Health and the Environment (CHE), Bolinas, California, 12 p. Ver: <http://www.healthandenvironment.org/tddb/disease/751>

Chennoufi, L. et al. 2010. "*Directrices para fábricas de cemento. Enfoque para la reconciliación del financiamiento de fábricas de cemento con objetivos referentes al cambio climático*". Documento del Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, 15 p. Ver: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=35596012>

CII. 2011. "*Cement industry in India: trade perspectives*". Confederation of Indian Industry (CII), Newsletter, 40 p. Ver: http://newsletters.cii.in/newsletters/mailler/trade_talk/pdf/Cement%20Industry%20in%20India-%20Trade%20Perspectives.pdf

CCCI. 2011. "Coalición Ciudadana Contra la Incineración". Página Web de la Coalición Ciudadana Contra la Incineración, Argentina, <http://noalaincineracion.org/>

COMEAP. 2006. "*Cardiovascular disease and air pollution*". Committee on the Medical Effects of Air Pollution, Department of Health, London. Citado por HPA [2010].

Conesa, J. *et al.* 2008. "*Organic and inorganic pollutants from cement kiln stack feeding alternative fuels*". Journal of Hazardous Materials, Vol. 158, pp. 585-592.

Connet P. 1996. "*Medical waste incineration. A mismatch between problem and solution*". Waste Not, The Weekly Reporter for Rational Resource Management, Canton, NY, USA, n° 372, 6 p.

Costner, P. & J. Thornton. 1993. "Jugando con fuego. Incineración de residuos peligrosos". Ed. Greenpeace, España y Argentina, 53 p.

CNW. 2011. "*Global cement consumption set to reach new highs*". Wired In, Connectinf the Canadian Construction Industry, Canada, April 6, 2011, 2 p. Ver: <http://dconl.com/nw/25627/en>

Crespo Ramírez, M. 2001. "Coincineración de residuos en cementeras: una aproximación al problema". ISTAS, "16 Encuentro Estatales de Amantes de la Basura", Valladolid, 11 al 14 de octubre de 2001. ISTAS, Valladolid, España, 11 p. Ver: <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/coincineracion-en-cementeras1.doc>

Davis, A.C. 1924. "*A hundred years of Portland cement, 1824-1924*". Concrete Publications Ltd., London, United Kingdom. Fue publicado en 1924 en el centenario de la invención del cemento Portland a pedido de la *Portland Cement Association of America*.

Dean, N. *et al.* 1987. "*The 500 Largest releases of Toxic Chemicals in the United states*", National Wildlife Federation, Washington, 90 p.

De la Cotera, M.G. 1998. "Aditivos del concreto". Conferencia inicial del Seminario "Aditivos y adiciones en el concreto" organizado por el Capítulo de Ingenieros Civiles, Asocem e Indecopi, Asocem, Perú, 7 p. Ver la Página Web: http://www.asocem.org.pe/SCMRoot/bvaf_doc/concreto/aditivos/MGC19_aditivos_concreto.pdf

Díaz, A.G. 2011. Comunicación personal.

Dietz, A.; H. Ramroth; T. Urban; W. Ahrens & H. Becher. 2004. "*Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: results of a population based case-control study*". International Journal of Cancer, Vol. 108, n° 6, p. 907.

DOE. 1989. "*Dioxins in the environment*". UK Department of the Environment, HSMO London, Paper n° 27. Citado por Greenpeace [1991].

Elliott P.; G. Shaddick; I. Kleinschmidt; D. Jolley; P. Walls; J. Beresford & C. Grundy. 1996. "*Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain*". Br. J. of Cancer, Vol. 73, pp. 702-710.

Elliott, P.; N. Eaton; G. Shaddick & R.Carter. 2000. "*Cancer incidence near municipal solid waste incinerators in Great Britain. Part 2: histopathological and case-note review of primary liver cancer cases*". British Journal of Cancer, Vol. 82, pp. 1103-1106.

El Nuevo Diario. 2011. "Perspectivas de crecimiento del mercado de cemento en América Latina y el Caribe". El Nuevo Diario, Santo Domingo, 1 p. Citado por ADOCEM, ver:

<http://www.adocem.org/sala-de-prensa/noticias/303-perspectiva-de-crecimiento-mercado-de-cemento-en-america-latina-y-el-caribe>

Elwell, C. & E. MadDonald. 2006. "[Sierra Legal Defence Fund's (Sierra Legal) submissions regarding a proposal by Lafarge Canada to burn tires, animal meals, plastics, shredded tires, solid shredded materials and pelletized municipal waste in its cement facility at Bath, Ontario]". Sierra Legal Defence Fund, Toronto, Canada, 25 p. Ver: http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/lafarge_ebr_comments.pdf

Environmental Science & Engineering. 1991. "Evaluation of acceptable levels of trace elements in Portland cement". Environmental Science & Engineering, Document prepared for the Cement Kiln Recycling Coalition, October 1991.

EPA. 1976. "Toxic Substances Control Act (TSCA)". Environmental Protection Agency (EPA), Estados Unidos. Ver: <http://www.epa.gov/oecaagct/lasca.html>

EPA. 1985a. "Report on the Incineration of Liquid Hazardous waste by the Environmental Effects, Transport and fate Committee". Science Advisory Board, Washington.

EPA. 1985b. "Health Assessment Document for Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins". US Environmental Protection Agency (EPA), Office of Health and Environmental Assessment, Washington, DC, EPA/600/8-84-014F.

EPA. 1989a. "Review of OSW's Proposed Controls for Hazardous Waste Incinerators: Products of Incomplete Combustion". EPA Advisory Board, Washington, DC, October 1989. Citado por Greenpeace [1991].

EPA. 1989b. "Municipal Waste Combustors. Background Information for Proposed Standards: Post-Combustion Technology Performance". Environmental Protection Agency, EPA-450/3-89-27c, August 1989.

EPA. 1992. "OSW Office Briefing on cement kiln dust risk screening". EPA Communications and Budget Division, Regulatory Analysis Branch, Office of Solid Waste, November 24, 1992. Citado por Montague [1992].

Fabri, F. 1997. "Seveso Woman Dying of Cancer Presents Dramatic Concentration of Dioxin in Her Stomach". Greenpeace Report, Rome, 2 p.

Fara, G.M. et al. 1980. "Chloracne after release of TCDD at Seveso, Italy". Resúmenes, Workshop realizado en el Instituto Superiore di Sanita, Roma , Italia, 22-24 de octubre de 1980.

ERMCO. 2011. "Ready mixed concrete. A natural choice". European Ready Mixed Concrete Organization (ERMCO), Egham Surrey, United Kingdom, 12 p. Ver: http://www.ermco.eu/documents/ermco-documents/ermco_natural_choice_2000.pdf

Ewall, M. & K. Nicholson. 2006. "Incineración de residuos peligrosos y llantas en Estados Unidos. Industria cementera: problemas ambientales y en la salud". Energy Justice, 49 p. Ver: <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/cementkiln-es.ppt>

Federal Register. 1995. "TSCA Section 21 Petition: Response to Citizens Petition". Federal Register, USA, August 1, 1995, Vol. 60, n° 147.

Fingerhut, M. *et al.* 1991. "Cancer mortality in workers exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin". The New England Journal of Medicine, 24 January 1991, p. 212.

Fiscalía Anticorrupción. 2002. "Resolución 007/2002. Informe: denuncia contra Agencia Córdoba Ambiente. Expediente n° 0002266/2001 y su acumulado (Competencia de la Fiscalía Anticorrupción)". Fiscalía Anticorrupción, Gobierno de Córdoba, Expediente n° 0002266/2001, 25 de marzo de 2002, 18 p.

FP. 1998. "Cable de la Agencia France Presse". Agencia France Presse, Enero 27 de 1998, 1 p.

FUNAM. 1995. "Denuncia penal contra la empresa Minetti-Holderbank presentada por la Fundación para la defensa del ambiente (FUNAM) en la Fiscalía Federal n° 3". FUNAM, 29 de septiembre de 1995, 3 p.

FUNAM. 2001. "Denuncia sobre falta de control público en horno rotativo de Minetti, incinerador de residuos peligrosos de CIVA de Villa Allende, incinerador de residuos peligrosos Vicarb de la empresa Atanor y otros". Presentación de FUNAM ante la Fiscalía Anticorrupción de la provincia de Córdoba, 20 de noviembre de 2001, Córdoba, 6 p.

FUNAM. 2004. "Presentación hecha ante el Fuero Penal de la Justicia Provincial de Córdoba. FUNAM solicita se investiguen las denuncias hechas por vecinos de Yocsina y Malagueño y por maestras de la Escuela Manuel Belgrano. Tanto los niños de la escuela como otros menores consumieron chiclets, chocolates y otras golosinas vencidas procedentes de la planta Ecoblend de Minetti". FUNAM, presentación hecha el 27 de julio de 2004 ante la Fiscalía del Distrito 5 Turno 3, a cargo de Hebe Flores, Córdoba, 12 p.

FUNAM. 2011. "*Holcim-Minetti Cement Company Releases Cancerous Dioxins. The Foundation for the Defense of the Environment (FUNAM) has published two reports conducted by Universidad Tecnológica Nacional that show that Holcim-Minetti released dioxins at levels higher than those allowed under the National Law on Hazardous Waste in 2009 and 2010*". FUNAM, Cordoba, July 10, 2011, 3 p.

GAIA. 2011a. "En México se realizó encuentro por la justicia ambiental y en repudio a Holcim". Global Alliance for Incinerator Alternatives & Global Anti-Incinerator Alliance, GAIA, 2 p. Ver: <http://www.no-burn.org/section.php?id=101>

GAIA. 2011b. "GAIA, Global Alliance for Incinerators Alternatives and Global Alliance Anti Incineration". GAIA Web Page, Philipines, <http://www.no-burn.org/>

Giesen, E. 2011. Comunicación personal.

Giraldo, M.A. & J.I. Tobón. 2006. "Evolución mineralógica del cemento Portland durante el proceso de hidratación". Dyna, Revista de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Vol. 73, n° 148, pp. 69-81. Ver: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/496/49614807.pdf>

Gleis, N. 2003. "*Heavy metals in cement and concrete resulting from the incineration of wastes in cement kilns with regard to the legitimacy of waste utilisation*". Forschungszentrum Karlsruhe in der Helmholtz-Gemeinschaft, Wissenschaftliche Berichte FZKA 6923, Umwelt Bundes Amt, Karlsruhe, 187 p.

Gómes Pinto Junior, A. & A.M. Cheble Bahia Braga. 2009. "*Trabalho e saúde: a atividades da queima de residuos tóxicos em fornos de cimenteiras de Cantagalo, Rio de Janeiro*". Ciência e Saúde Coletiva, Vol. 14, nº 6, 12 p. Ver: <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/Microsoft-Word-cement.pdf>

González Carletto, S.V. 2007. "La empresa cementos Minetti". Práctica Profesional Supervisada, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, 57 p.

Greenpeace. 1991. "*A report on the hazardous waste incineration crisis. Incineration can seriously damage your health*". Greenpeace International, Lisa Lark Ed., Amsterdam, 75 p. Ver la página Web: <http://archive.greenpeace.org/toxics/reports/gopher-reports/inciner.txt>

Gruber, W. 1990. "*Siting efforts for hazardous waste incinerators: a summary of progress, capacity and location*". E1 Digest, May 1990, pp. 18-24.

Harley, J. 2007. "*The impact of cement kilns on the environment*". Netherlands Institute for Southern Africa (NIZA), Briefing Paper, 12 p. Ver: <http://www.groundwork.org.za/Publications/Cement.pdf>

Hays, J. 2008. "*Cement plants and pollution in China*". En: "Air pollution in China". Ver: <http://factsanddetails.com/china.php?itemid=392&catid=10&subcatid=66>

Health Canada. 2006. "*Dioxins and furans*". Health Canada, Ministry of Health, 4 p. Ver la página Web: <http://www.hc-sc.gc.ca/hl-vs/iyh-vsv/environ/dioxin-eng.php>

Herrera, E.R. 2008. "Industria cementera, sólida a pesar de la crisis". Construcción Panamericana, Sirviendo al Mercado Latinoamericano desde 1972, Bogotá, 4 p. Ver: <http://www.cpampa.com/web/cpa/tag/cemento/>

Hewlett, P.C. (Ed.). 2004. "*Lea's Chemistry of cement and concrete*". Ed. Butterworth-Heinemann, 1092 p.

Holton, G.A. 1989. "*Economic Risk Assessment of facilities Burning Hazardous Materials*". Proceedings of the 81st APCA Annual Meeting Exhibition, June 20-24, Dallas, Texas. Citado por Greenpeace [1991].

HPA. 2010. "*The impact on health of emissions to air from Municipal waste incinerators*". Health Protection Agency, United Kingdom, 17 p.

IARC. 1997. "*Polychlorinated Dibenzo-para-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans. Summary of Data Reported and Evaluation*". IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Lyon, France, Monograph nº 69, 15 p. Ver: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol69/volume69.pdf>

ICPC. 2008. "Reciente evolución del sector cementero en América Latina". Boletín ICPC, Jefatura de Investigaciones, nº 114, 7 p. Ver: http://www.construdata.com/BancoConocimiento/E/evolucion_del_sector_cementero_en_america_latina/evolucion_del_sector_cementero_en_america_latina.asp

Iguchi, T. *et al.* 2009. "*The accumulation of dioxins in the Japanese wildlife*". Committee for the Survey on the state of Dioxins Accumulation in Wildlife, Environmental Risk Assessment, Environmental Health Department, Ministry of the Environment, Japan, 20 p.

Jacobo, G. & C. Rougés. 1994. "Regimen legal de los residuos peligrosos, Ley 24.051". Ed. Depalma, Buenos Aires, 225 p.

IPEN *et al.* 2004. "Contaminación de huevos de gallinas con dioxinas, PCBs y hexaclorobenceno cerca de plantas de cemento en Minas, Uruguay". Grupo de Trabajo sobre Dioxinas, PCBs y Residuos de la Secretaría de la Red Internacional para la Eliminación de COPs (IPEN), Redes-AT (Uruguay), Rap-AI (Uruguay) y Amika Association (República Checa), Uruguay, 24 p.

JAL. 2011. "*Executive Summary of proposed cement plant at Baga Village, Arki Tahsil, Solan District, Himachal Pradesh*". Jaiprakash Associates Ltd., India, 7 p. Ver la página Web: <http://www.ercindia.org/files/1%20Baga%20Cement%20plant.pdf>

Jury, W.A.; A. Winer; W.F. Spencer & D.D. Focht. 1987. "*Transport and transformation of organic chemicals in a soil-air-water ecosystem*". Rev. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 99, pp. 164-199.

Karstensen, K.H. 2004. "*[Draft] Formation and release of POP's in the cement industry*". World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Cement Sustainability Initiative, SINTEF, 168 p. Ver: http://www.pops.int/documents/meetings/bat_bep/2nd_session/egb2_followup/DraftReport.pdf

Kazmin, A. 2010. "India watchdog blocks Lafarge plant plan". Financial Times, September 14, 2010. Ver: <http://www.ft.com/cms/s/0/2bd825ee-c000-11df-9628-00144feab49a.html#axzz1NN69sF97>

Kimura, M. *et al.* 2005. "*The Cement Sustainability Initiative. Progress Promised. Progress made*". World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 19 p. Ver: <http://www.wbcd.org/DocRoot/16x6htie9cFU6pCtCJCa/21presentation.pdf>

Klee, H. 2001. "*Towards a sustainable cement industry*". Sustainable Development International, pp. 65-67. Ver la página Web: <http://www.wbcdcement.org/pdf/sdi.pdf>

Kogevinas, M. *et al.* 1993. "*Cancer incidence and mortality in women occupationally exposed to chlorophenoxy herbicides, chlorphenols, and dioxin*". Cancer Causes and Control, Vol. 4, pp. 457-553.

Krauss, T. 2000. "*[Chemicals]*". United Nations Environment Programme, Proceedings, UNEP Workshop on the Management of Polychlorinated Biphenyls (PCBs) and Dioxins/Furans, Montevideo, Uruguay, 19-22 Septiembre. Citado por UNEP [2002].

Laserre, P. 2007. "*The global cement industry*". En: "Global strategic management Mini cases Series", 6 p. Ver la página Web: http://www.philippelasserre.net/contenu/Download/Global_Cement_industry.pdf

Leijds, M. *et al.* 2008. "*Delayed initiation of breast development in girls with higher prenatal dioxin exposure; a longitudinal cohort study*". Chemosphere, Vol. 73, pp. 999-1004.

Leonard, A. 2010. "Historia de las cosas". Ed. Fondo de Cultura Económica, Buenos Aires, 390 p.

Loewy, R.M.; G. Carvajal; P. Ohaco; V. Emiliani & A.M. Pechén de D'Angelo. 2003. "Adsorción de plaguicidas sobre arcillas". En "Salud Ambiental y Humana", J. Herkovitz Ed., SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Florida, pp. 19-21.

Lowrance, S. 1992. "Report to Congress on cement kilns". EPA Briefing Document, 8 October 1992. Citado por Montague [1992].

Mansfield, I. & D. Mansfield. 2001. "Towards a Sustainable Cement Industry: Substudy 10: Environment, health and safety performance improvement". Independent Study Commissioned by World Business Council for Sustainable Development, AEA Technology, 46 p.

Mantus, E.K. 1992. "All fired up. Burning hazardous waste in cement kilns". Environmental Toxicology International, Seattle, USA [citado por Karstensen, 2004].

Meo, S. 2003. "Chest radiological findings in Pakistan cement mill workers". Saudi Medical Journal, Vol. 4, pp. 287-190.

Meo, S.; M. Azeem; S. Arian & M. Subhan. 2002a. "Hematological changes in cement mill workers". Saudi Medical Journal, Vol. 23, pp. 1386-1389.

Meo, S.; M. Azeem; M. Ghori & M. Subhan. 2002b. "Lung function and surface electromyography of intercostals muscles in cement mill workers". International Journal of Occupational and Environmental Health, Vol. 15, pp. 279-287.

Manz et al. 1991. "Cancer mortality among workers in chemical plant contaminated with dioxin". The Lancet, Vol. 338, pp. 959-964.

Miglioranza, K.S.B. et al. 2003. "Dynamics of organochlorine pesticides in soils from a Southeastern region of Argentina". Env. Toxicol. and Chemistry, vol. 22, n° 99, pp. 712-717.

Minetti. 2009. "Construyendo juntos. Informe de desarrollo sostenible 2007-2008". Cementos Minetti S.A., Córdoba, 59 p.

Minor, W. 2011. "Cáncer en Olavarría. La quema de combustibles alternativos en las empresas cementeras ¿Puede ser una de las causas del incremento desmedido de esta enfermedad?". La Voz de Olavarría, Olavarría, Provincia de Buenos Aires, 15 p. Ver: <http://historiasdeolavarria.blogspot.com/2011/04/cancer-en-olavarria.html>

Montague, P. 1992. "Cement and kiln dust contain dioxins". Rachel's Hazardous Waste News n° 314, News and Resources for Environmental Justice, December 2, 1992, 3 p. Ver: <http://www.ejnet.org/rachel/rhwn314a.htm>

Montenegro, R.A. 1997. "Informe para los Vecinos del departamento Santa Rosa, Provincia de Mendoza". Cátedra de Biología Evolutiva Humana, UNC, y FUNAM, 17 p.

Montenegro, R. 1999. "Introducción a la ecología urbana". Ed. Maestría GADU, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, 189 p.

Montenegro, R.A. 2001. "Informe sobre los riesgos sanitarios y ambientales del Malathión". Ed. Cátedra de Biología Humana, Universidad Nacional de Córdoba, 46 p.

Montenegro, R.A. 2004a "*Latin American experiences in community based assessments. Joint works with Ituzaingo Anexo neighbors in Cordoba*". Proceedings, 3rd. International Conference on Children's Health and the Environment. London School of Hygiene and Tropical Medicine, University of London (Gran Bretaña), p. 31.

Montenegro, R.A. 2004b. "*The Cocktail of Pollutants principle could help the explaining of complex health effects over large exposed populations*". Abstracts, International Conference on Children's Health and Environment, London School of Hygiene and Tropical Medicine, University of London (Gran Bretaña), p. 14.

Montenegro, R. 2004c. "Informe sobre el impacto ambiental y sanitario de los hornos incineradores. El caso Villa Allende". Ed. Fundación para la defensa del ambiente (FUNAM) y Cátedra de Biología Evolutiva Humana, Córdoba, 27 p.

Montenegro, R.A. 2007. "*The nuclear programme of Argentina and the creation of nuclear-free zones for reducing risks of nuclear facilities*". In: "Updating International Nuclear Law", Eds. H. Stockinger, J. Van Dyke, M. Geistlinger, S. K. Fussek y P. Marchart, Ed. NW Verlag, BMW Berliner Wissenschaftsverlag & Intersentia, Wien-Graz, pp. 259-284.

Montenegro, R.A. 2008. "Efectos de la radiación de microondas y radiofrecuencias sobre la salud y el ambiente". En: "Contaminación por antenas de telefonía celular", Eds. N.A. Capparelli; N.H. Mata; R. Montenegro y B. Aliciardi, Ed. del País, Buenos Aires, pp. 85-182.

Montenegro, R.A. 2009. "*Argentina's irrational Nuclear Programme and Citizens' Opposition*". En: "International Perspectives of Energy Policy and the Role of Nuclear Power", Ed. Mycle Schneider. Multi-Science Publishers, Gran Bretaña, pp. 407-420.

Montenegro, R.A. 2010. "Informe sobre los efectos de los plaguicidas en la salud humana y el ambiente. Necesidad de prohibir el uso de plaguicidas agropecuarios en áreas urbanas y periurbanas". Ed. FUNAM y Cátedra de Biología Evolutiva Humana, Córdoba, 58 p.

Montenegro, R.A. 2011. "Las cenizas volcánicas no son inofensivas. Informe sobre los efectos de las cenizas volcánicas sobre la salud y el ambiente con sugerencias para que las personas y gobiernos actúen en forma preventiva". Ed. FUNAM, Cátedra de Biología Evolutiva y Right Livelihood College, Córdoba, 52 p.

Mulholland, J.; R. Srivastava & J. Ryan. 1986. "*The Role of Rogue Droplet Combustion in Hazardous Waste Incineration*". En: "Land Disposal, Remedial Action, Incineration and Treatment of Hazardous Waste", Proc. Twelfth Annual Research Symposium, US EPA Hazardous Waste Engineering Laboratory, EPA 600/9-86/022, August 1986.

Müller, M. et al. 1981. "*Fate of glyphosate and its influence on nitrogen-cycling in two Finnish agricultural soils*". Bull. Environ. Contam. Toxicol., Vol. 27, pp. 724-730

Nacif, V. 2009. "*Holcim S.A.: brincando de Deus*". Mimeo, Septiembre de 2009, 60 p. Ver:<http://noalaincineracion.org/wpcontent/uploads/HOLCIM%20SA%20brincando%20de%20Deus.pdf>

Nash, R.G. & T.J. Gish. 1989. "*Halogenated pesticide volatilisation and dissipation from soil under controlled conditions*". *Chemosphere*, Vol. 18, pp. 2353-2362.

Odum, E. 1972. "Ecología". Ed. Interamericana, México, 639 p.

Olie, K. *et al.* 1977. "*Chlorodibenzo-p-dioxins and Related Compounds are Trace Components of Fly Ash and Flue Gas of Some Municipal Incinerators in the Netherlands*". *Chemosphere*, vol. 8, pp. 455-459.

Peray, K.E. 1986. "*The rotary cement kiln*". CHS Press, Second Edition, 396 p.

PNUMA. 1992. "Salvemos el planeta. Problemas y esperanzas". El estado del medio ambiente 1972-1992. Ed. PNUMA, Kenya, 218 p.

Rahmana, A.A. & M.M. Ibrahim. 2010. "*Effect of cement particulate deposition on eco-physiological behaviors of some halophytes in the salt marshes of Red Sea, Saudi Arabia*". 25th Meeting of Saudi Biological Society, King Fasel University, Saudi Biological Society, 11 May 2010, 2 p.

Ricciutti, R.R. & R.G. Cevasco. 2006. "Tecnología de hornos de cemento en la eliminación de residuos industriales". *Desarrollo Sostenible*, Buenos Aires, 7 p. Ver: <http://www.dsostenible.com.ar/empresas/cedas/grupeminet.html>

Rodríguez Maldonado, T. 2011. "*Holcim in Colombia: the case of the river Tunjuelo*". En: "*Holcim in Latin America: Case studies*". Friends of the Earth International, Amsterdam, The Netherlands, pp. 19-22.

Roy, D.N. *et al.* 1989. "*Persistence, movement, and degradation of glyphosate in selected Canadian boreal forest soils*". *J. Agric. Food. Chem.*, Vol. 37, pp. 437-440.

SAC. 2011. "Registro de Generadores y Operadores de residuos peligrosos". Secretaría de Ambiente, gobierno de Córdoba, Registro de Generadores y Operadores de Residuos Peligrosos, Sistema de Listado de Empresas. Ver: <http://www.secretariadeambiente.cba.gov.ar/registroListado/listado.aspx>

SayDS. 2011. "Dirección de Residuos Peligrosos. Nóminas. Operadores de Residuos Industriales". Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Dirección de Residuos Peligrosos, Buenos Aires, 22 p. Ver: http://www2.medioambiente.gov.ar/residuos_peligrosos/nominas/NomOpelnd.asp

SBC. 1999. "*Technical guidelines on hazardous wastes: identification and management of used tyres*". Secretariat of the Basel Convention, Basel Convention Series/SBC, n° 99/008, Geneva, 41 p.

Seemann, A. 2007. "*Co-incineration of Municipal solid waste in cement industry*". Proceedings of the International Conference on Sustainable Solid waste Management, 5-7 September 2007, Chennai, India, pp. 348-355.

Shapley, D. 2006. "*Cement plants are state's top mercury pollution source*". *Ploughkeepsie Journal*, July 16, 2006.

Sherman, R.W.; R.E. Keenan & D.G. Gunster. 1993. "*A re-evaluation of bioconcentration and bioaccumulation factor for 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD)*". 1993 Environmental Conference, TAPPI Proceedings, pp. 325-333,

Simoniello, M.F.; J.A. Scagnetti & E.C. Kleinsorge. 2007. "Biomonitoreo de población rural expuesta a plaguicidas". Revista FACIBI, Vol. 11, pp. 73-85.

Sikkema, J. *et al.* 2011. "Mercury regulations, fate, transport, transformation and abatement within cement manufacturing facilities". Review, Science of the Total Environment [en prensa].

Sinkkonen, S. & J. Paasivirta. 1998. "*Estimation of degradation half-life times of PCDDs, PCDFs and PCBs for environmental fate modelling*". Organohalogen Compounds, Vol. 36, n° 509. Citado por Karstensen [2004].

SIQUA. 2009. "Monitoreo Ambiental Programa de Combustibles y Materiales Alternativos (MA). Determinación de dioxinas y furanos. Cementos Minetti [Holcim], Planta Córdoba Norte, Córdoba". SIQUA, Servicios de Ingeniería Química y Ambiental, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Informe M44, 25 p.

SIQUA. 2010. "Monitoreo Ambiental Programa de Combustibles y Materiales Alternativos (MA). Determinación de dioxinas y furanos. Cementos Minetti [Holcim], Planta Córdoba Norte, Córdoba". SIQUA, Servicios de Ingeniería Química y Ambiental, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Informe M56, 26 p.

Smailyte, G.; J. Kurtinaitis & A. Andersen. 2004. "*Mortality and cancer incidence among Lithuanian cement producing workers*". Occup. Environ. Med., Vol. 61, pp. 529-534.

Soler, M. 2011. "Sofocado el incendio de la planta de residuos industriales en Almería". El País, España, 23 de mayo de 2011. Ver: http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Sofocado/incendio/planta/residuos/industriales/Almeria/elpepusoc/20110523elpepusoc_6/

Sunuc, N.A. 2011. "*San Juan Sacatepequez, Guatemala: communities fighting cement mining*". En: "Holcim in Latin America: Case studies". Friends of the Earth International, Amsterdam, The Netherlands, pp. 15- 18.

Tanna, B. & B. Schipholt. 2004. "*Waste-Derived Fuel Use in Cement Kilns*". ERAtech Group, LLC, 12 p. Ver: <http://www.eratech.com/papers/wdf.htm>

Thies, A.M.; R. Frentzel-Beyme & R. Link. 1982. "*Mortality study of persons exposed to dioxin in a trichlorophenol-process accident that occurred in the BASF AG on 17 November 1953*". American Journal of Industrial Medicine, Vol. 3, n° 2, pp. 173-189.

Trenholm, A.; P. Gorman & G. Sunclaus. 1984. "*Performance Evaluation of Full-Scale Hazardous Waste Incinerators*". US EPA, EPA-600/2-84-181a, vol. 1.

Turk, A. *et al.* 1976. "Tratado de ecología". Ed. Interamericana, Mexico, 453 p.

UNEP. 2002. "Evaluación regional sobre sustancias tóxicas persistentes". Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Sudamérica Oriental y Occidental, Informe Regional. Ed. Fondo para el Medio Ambiente Mundial, Chatelaine, Suiza, 104 p.

Unsworth, J.B. *et al.* 1999. "*Significance of long range transport of pesticides*

in the atmosphere". Pure Appl. Chem., Vol. 71, pp. 1359-1383.

VDZ. 2002. "*Environmental data of the German cement industry, 2001*". Verein Deutscher Zementwerke, e. V, Dusseldorf, Germany, August 2002. Citado por Mansfield & Mansfield [2002].

Vecinos del Departamento Santa Rosa. 1997. "Presentación efectuada ante el Ministro de Economía de la provincia de Mendoza, Ing. Carlos Jorge Rodríguez". Comunicación personal.

Vigon, B. (Project Leader) *et al.* 2002. "*Towards a sustainable cement industry*". Battelle. The Business of Innovation & Business Council for Sustainable Development (WBCSD), March 2002, 314 p. Ver:
<http://www.aitecambiente.org/Portals/2/docs/publici/Documenti/Raccolta%20bibliografica/Sustainable%20Cement%20Industry%20Batelle%20WBCSD%202002.pdf>

Wang, D. *et al.* 2006. "*Polychlorinated naphthalene and other chlorinated tricyclic aromatic hydrocarbons emitted from combustion of polyvinylchloride*". Journal of Hazardous Materials, Vol. B138, pp. 273-277.

Wang, M.S. *et al.* 2010. "*Determination of levels of persistent organic pollutants (PCDD/Fs, PBDD/Fs, PBDEs, PCBs and PBBs) in atmosphere near a municipal solid waste incinerator*". Chemosphere, Vol. 80, pp. 1220-1226.

WBCSD. 2002. "*The cement sustainability initiative. Our agenda for action*". World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), July 2002, 40 p. Ver:
<http://www.wbcd.org/DocRoot/1IBetslPgkEie83rTa0J/cement-action-plan.pdf>

WBCSD. 2005. "*Guidelines for emissions monitoring in the cement industry*" World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), March 2005, 18. p. Ver:
<http://www.groundwork.org.za/Cement/cement-tf4.pdf>

WBCSD. 2007. "*The Cement Sustainability Initiative. Five years of progress*". World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2007, 2 p. Ver:
http://www.csiprogress2007.org/index.php?option=com_frontpage&Itemid=1

WBCSD. 2011. "*The Cement Sustainability Initiative*". World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2011, 1 p. Ver:
<http://www.wbcd.org/templates/TemplateWBCSD1/layout.asp?type=p&MenuId=MTI2&doOpen=1&ClickMenu=LeftMenu>

Weber, J.B. 1972. "[Interaction of Organic Pesticides with Particulate Matter in Aquatic and Soil Systems](#)". En: "Fate of Organic Pesticides in the Aquatic Environment", Chapter 4, pp 55-120.

WHO. 2006. "*Air Quality Guidelines. Global Update 2005. Particulate matter, Ozone, Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide*". World Health Organization, Copenhagen. Citado por HPS [2010].

Woodwell, G.M.; C.F. Wurster & P. Isaacson. 1967. "*DDT residues in an east coast estuary: a case of biological concentration of a persistent pesticide*". Science, Vol. 156, pp. 821-824.

Yang, C.; C. Chang; S. Tsai; H. Chuang; C. Ho; T. Wu & F. Sung. 2003. "*Preterm delivery among people living around Portland cement plants*". Environmental Research, Vol. 92, pp. 64-68.

Yang, Y. et al. 2011. "*Formulation of criteria for pollution control on cement products produced from solid waste in China*". Journal of Environmental Management, Vol. 92, pp. 1931-1937.

Zambon, P. et al. 2007. "*Sarcoma risk and dioxin emissions from incinerators and industrial plants: a population-based case-control study (Italy)*". Environmental Health, Vol. 6, p. 19.