

Agosto de 2010

Gasificación, pirólisis y plasma

Nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos urbanos: viejos riesgos y ninguna solución



**BASURA
CER** 
GREENPEACE

Greenpeace Argentina
Campaña contra la Contaminación
Zabala 3873 - Ciudad de Buenos Aires
(54 11) 4551-8811 www.greenpeace.org.ar

INDICE

RESUMEN	3
Generación de energía a partir de residuos	5
Gasificación, pirólisis y plasma para el tratamiento de residuos urbanos	9
Emisiones tóxicas que afectan a la salud	16
Ni energía “verde” ni “renovable”	20
La solución: reciclado y recuperación de materiales	25
ANEXO 1: Incineradoras en problemas	27
Ejemplos de fracasos de plantas de gasificación, pirólisis y plasma de residuos urbanos.	
ANEXO 2: Efectos sobre la salud	33

Greenpeace es una organización ecologista internacional, económica y políticamente independiente, que no acepta donaciones ni presiones de gobiernos, partidos políticos o empresas y se financia con la contribución de 3 millones de individuos en todo el mundo.

RESUMEN

Frente a la crítica situación que viven las ciudades por la creciente cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) que generan, y por consiguiente, una demanda incesante en materia de nuevos sitios para su disposición final (basurales o rellenos sanitarios), comienzan a evaluarse diferentes tecnologías para el tratamiento de dichos residuos. En lugar de concentrarse en políticas tendientes a la reducción en la generación, el reciclado y la recuperación de los materiales que componen los RSU, se presentan falsas soluciones que sólo agravan el problema.

Una de ellas, quizás la más conocida, es la incineración o combustión de los RSU. Esta opción ha sido sistemáticamente rechazada por las comunidades debido a sus emisiones tóxicas y porque representa la antítesis del manejo racional de los residuos, ya que ignora el valor existente en su composición. Esta tecnología opta por destruir los RSU dejando como resultado emisiones tóxicas y cenizas que requieren de una disposición segura.

Para otorgarle un valor añadido esta tecnología, comenzó a promoverse la incineración “con recuperación de energía”, es decir, utilizar el calor producido en las calderas para generar vapor y así mover una turbina generadora de electricidad. Este sistema, además de los problemas ya mencionados, implica la necesidad de asegurar un flujo permanente de residuos, que va en contra de toda política de minimización de RSU y su balance energético es negativo en la mayoría de los casos.

En los últimos años surgieron una serie de tecnologías que prometen superar los problemas ya conocidos de la incineración convencional y, a su vez, generar energía, a la que califican como “renovable”. Tales tecnologías incluyen la “gasificación”, la “pirólisis” y el “arco de plasma”.

Estas nuevas propuestas prometen solucionar la gestión de los RSU. Sin embargo, han estado probándose sin alcanzar un grado de madurez tal que las convierta en opciones realistas. Por el contrario, subsisten grandes interrogantes debido a los problemas que aún deben superar.

Si bien algunas de estas tecnologías se han utilizado desde hace años para obtener gases combustibles a partir de carbón o petróleo, es muy poco lo que se ha logrado en materia de RSU. También son tecnologías que están siendo aplicadas al tratamiento de residuos lignocelulósicos, como desechos forestales, para obtener diferentes tipos de biocombustibles.

Para el caso de los RSU, son pocas las plantas que operan comercialmente a escalas significativas, por las dificultades que plantea la composición física heterogénea de los RSU. A diferencia de los residuos homogéneos u orgánicos, esta variabilidad complejiza y obstaculiza el buen funcionamiento del proceso.

Aunque estas tecnologías tienen hoy mucha publicidad, lo cierto es que en los últimos años muchas plantas no lograron superar la etapa de prueba o debieron cerrar por diversos problemas operativos tales como explosiones e interrupciones en el funcionamiento. Se pueden mencionar, además, las emisiones de sustancias

tóxicas por encima de los valores prometidos por las empresas o de los niveles permitidos por la legislación, por ejemplo como sucedió en Alemania, Australia, Estados Unidos, Canadá y el Reino Unido. Muchos anuncios y proyectos no prosperaron y fueron rechazados en ciudades de Estados Unidos y Europa por falta de evidencias de las supuestas ventajas, básicamente, en lo referido a la reducción de emisiones de sustancias tóxicas, su mayor eficiencia energética frente a la incineración convencional y la reducción de gases de efecto invernadero (GEI).

En Argentina se han rechazado, en los últimos años, numerosos proyectos de incineración en base a las evidencias de sus impactos ambientales, sociales y en la salud. Recientemente, comenzaron a ofertarse plantas de gasificación presentada como la solución a la gestión de los RSU y a las necesidades energéticas.

Greenpeace considera que la gestión de los residuos municipales debe diseñarse con una visión de largo plazo, adoptando criterios que no afecten el ambiente y la salud de la población, y permitan minimizar el despilfarro de valiosas materias primas que componen los residuos. La solución adecuada, en términos sociales, ambientales y económicos, es la implementación de programas denominados de “Basura Cero”, que tiendan a la minimización, reutilización y reciclado de residuos, con metas concretas en la reducción de la basura que se destina a rellenos o basurales.¹

Son diversas las políticas que deben desarrollarse para lograr los objetivos de Basura Cero,² entre ellas, la aplicación de normas que introduzcan el principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), haciendo responsables a quienes introducen al mercado ciertos productos hasta el final de la vida útil de los mismos, promoviendo mejores diseños, mayor vida útil y facilidad para su reciclado³.

No existen soluciones “mágicas” para los RSU. El peor camino es procurar su destrucción, por la contaminación que generan y por la pérdida del valor que existe en ellos. Basura Cero es el método para aprovechar al máximo el potencial valor de los residuos urbanos y generar energía limpia (biogás).

¹ Plan de Basura Cero para Buenos Aires. Agosto de 2004. Greenpeace Argentina. <http://www.greenpeace.org/argentina/contaminacion/basta-de-basura/plan-de-basura-cero-para-bueno>

² Residuos Sólidos Urbanos. Basura Cero. Greenpeace Argentina <http://www.greenpeace.org/argentina/contaminacion/basta-de-basura>

³ Informe: La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano. La gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Argentina. Thomas Lindhqvist. Universidad de Lund y Greenpeace Argentina. Octubre de 2008. <http://www.greenpeace.org/argentina/prensa-rss/greenpeace-presente-informe-so>

Generación de energía a partir de residuos

Frente a la crítica situación que viven las ciudades por la creciente cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU) que generan, y por consiguiente, la demanda incesante en materia de nuevos sitios para su disposición final (basurales o rellenos sanitarios), comienzan a evaluarse diferentes tecnologías para el tratamiento de dichos residuos. En lugar de concentrarse en políticas tendientes a la reducción en la generación, el reciclado y la recuperación de los materiales presentes en los RSU, se presentan falsas soluciones que sólo agravan el problema.

Una de ellas, quizás la más conocida, es la incineración o combustión de los RSU. Esta opción ha sido sistemáticamente rechazada por sus emisiones tóxicas y por representar la antítesis de un manejo racional de los residuos, ya que ignora el valor existente en su composición.

Uno de los argumentos con que la incineración busca obtener nuevos apoyos es mediante la generación de energía, que se presenta como energía “renovable”. Sin embargo, todos los impactos negativos de la incineración convencional se aplican a estas nuevas instalaciones.

Asimismo, una nueva serie de tecnologías, como la gasificación, pretenden instalarse como soluciones a la gestión de los RSU y como fuentes de energías limpias. Dado que existe hoy una verdadera ola de proyectos y propuestas en materia de tratamiento de residuos con recuperación de energía, resulta importante comprender qué significan algunas de estas tecnologías y cuáles son sus potenciales usos y riesgos.

Algunas de las características de las alternativas que se promocionan para obtener energía a partir de los residuos son:

● **Biodigestión**: Es una opción ambientalmente segura. Se obtiene a través del tratamiento de la fracción orgánica de los residuos, por medio de un proceso de digestión anaeróbico (sin presencia de oxígeno) mediante el cual diferentes grupos bacterianos utilizan la materia orgánica para alimentarse. Este proceso de descomposición de la materia genera una cantidad importante de gas metano, dióxido de carbono, algo de nitrógeno, hidrógeno y sulfuro de hidrógeno. Por otro lado, el residuo digerido puede también ser de mucha importancia como enmienda orgánica de suelos, dado que no tiene olor y presenta características similares al humus.⁴ El gas generado, biogás, puede ser utilizado para calefacción o bien en generadores eléctricos.

● **Incineración Convencional**: es el tratamiento térmico de los RSU mediante la utilización de altas temperaturas por oxidación completa, generalmente con exceso de oxígeno, reduciendo el volumen de los residuos. Los productos finales son gases de combustión, efluentes líquidos y cenizas. Las plantas que recuperan energía, conocidas como “waste to energy” o “energía de los residuos”, utilizan el calor producido en las calderas para generar vapor y así mover una turbina generadora de

⁴ Recomendaciones para un Tratamiento Ambientalmente Saludable de los Residuos Orgánicos. Greenpeace Argentina. Junio de 2005. <http://www.greenpeace.org/argentina/contaminacion/basta-de-basura/recomendaciones-para-un-tratam>

electricidad. Si bien en los últimos años la industria ha logrado “modernizar” estas plantas y disminuir sus impactos ambientales, no los han eliminado y siguen siendo importantes fuentes de contaminación. A su vez, son contrarias a cualquier sistema de recuperación y reciclado de los materiales presentes en los RSU.

•**Gasificación, pirólisis y arco de plasma:** A diferencia de las plantas de incineración convencionales, las tecnologías de incineración por etapas o ATT (Tratamientos Térmicos Avanzados, por sus siglas en inglés) como la pirólisis, la gasificación y el arco de plasma, calientan los residuos a altas temperaturas en ambientes con baja presencia de oxígeno, creando residuos gaseosos, sólidos y líquidos que luego se someten a combustión.

Es importante señalar que estas tecnologías utilizan diversos tipos de insumos (petróleo, carbón, gas, biomasa, etc.)

Las principales diferencias entre estas tecnologías son los distintos niveles de temperatura que se utilizan en los procesos y la cantidad de aire u oxígeno presente en el proceso. Se considera que la **gasificación** es la rápida descomposición térmica de un material por oxidación parcial por medio del agregado de cantidades limitadas de aire u oxígeno. Las temperaturas moderadas generalmente se encuentran por encima de los 750°C. Normalmente, se trabaja con un 25-30 % del oxígeno necesario para la oxidación completa.⁵ Se obtiene así un gas de síntesis, o **syngas**, junto con residuos líquidos y sólidos.

La **gasificación** es un proceso termoquímico en el que un sustrato carbonoso (carbón, biomasa, plástico) es transformado en un gas combustible mediante una serie de reacciones que ocurren en presencia de un agente gasificante (aire, oxígeno, vapor de agua o hidrógeno).

La composición del gas es muy dependiente de las condiciones en las que se realiza la gasificación. El sustrato carbonoso de origen y el agente gasificante son los parámetros que determinan el mayor o menor contenido en energía (poder calorífico) del gas.

La gasificación de hidrocarburos es bastante frecuente y se aplica desde hace tiempo. Se gasifican todo tipo de carbones para poder obtener a partir del gas de síntesis diferentes subproductos, como el sulfato amónico, alquitrán de hulla, coque metalúrgico, hidrógeno, etc.

También se gasifican los líquidos residuales de la refinación del petróleo (incluyendo asfalto y bitumen) y también el coque de petróleo de bajo valor para obtener un gas de síntesis.

El gas natural se gasifica cuando no es accesible su transporte ya sea en estado gaseoso (gasoducto) o líquido (GNL), siendo utilizado este gas de síntesis por la industria química.

Por su parte, la **pirólisis** trabaja sin aire u oxígeno y a temperaturas que oscilan entre 250 y 700° C, aunque es difícil de alcanzar en el caso de los RSU, ya que el oxígeno está presente en los residuos. En muchos casos, se agrega a estas opciones la tecnología de un arco de plasma para alcanzar mayores temperaturas y así lograr no solo un gas de mejor calidad sino también una reducción de las sustancias tóxicas. Algunos procesos de gasificación operados a temperaturas elevadas hacen que la ceniza inorgánica sea vitrificada, comúnmente denominada escoria.⁶

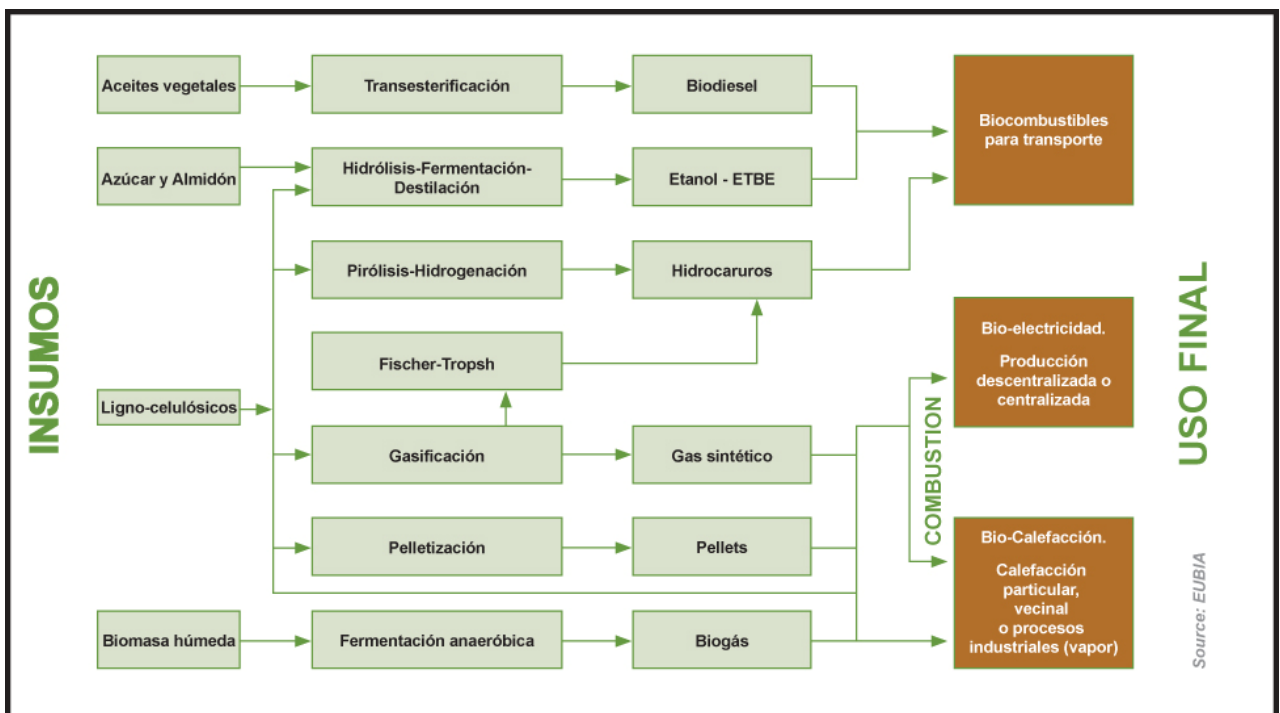
⁵ Una industria que vende humo. 10 razones por las cuales los incineradores por gasificación, pirólisis y plasma no son “soluciones verdes”. GAIA, Alianza Global por Alternativas a la Incineración. Alianza Global Anti-Incineración. Junio de 2009.

⁶ El arco de plasma consiste en la generación de una antorcha o columna de calor a una temperatura entre 1.600°C y 25.000°C dependiendo de la aplicación. Para conseguir esas temperaturas se pasa un gas inerte a través de dos electrodos donde circula una corriente eléctrica con el voltaje necesario para producir un arco eléctrico. Dicho arco eleva la temperatura del gas transformándolo en lo que se llama el cuarto estado de la materia, es decir, el plasma. Podría definirse al plasma como materia en estado gaseoso ionizado, formado por

Estas últimas tecnologías están siendo consideradas para la elaboración de biocombustibles a partir de residuos de la biomasa, abriendo un abanico muy importante de opciones para obtener energía a partir de residuos. Algunas de estas opciones ya están siendo utilizadas, mientras que otras aún no han alcanzado un nivel de madurez suficiente para ser aplicadas comercialmente.

Procesos como la gasificación o la pirólisis se emplean para la obtención de biocombustibles de “Segunda Generación”, en los que se utilizan residuos lignocelulósicos, residuos provenientes de actividades agrícolas y forestales.

El siguiente cuadro resume las diversas tecnologías para la obtención de biocombustibles.



Los aceites vegetales, el azúcar y el almidón provienen de cultivos. En cambio, los insumos ligno-celulósicos y la biomasa húmeda provienen de residuos. Como puede verse en el cuadro, en la generación de bioenergía, la “biomasa húmeda” (por ejemplo, la porción orgánica de los RSU) interviene únicamente a través de la generación de biogás. Para el resto de las tecnologías se utilizan residuos lignocelulósicos (forestales, agrícolas, etc.) que resultan apropiados para los procesos de gasificación y pirólisis para producir biocombustibles⁷.

cantidades casi iguales de electrones e iones positivos. Se lo denomina plasma ya que posee características diferentes a los otros estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso).

⁷ “Bioenergía: Oportunidades y Riesgos. ¿Qué debe hacer la Argentina en materia de biocombustibles?”, Greenpeace Argentina, junio 2007. <http://www.greenpeace.org/raw/content/argentina/bosques/bioenerg-a-opportunidades-y-ri.pdf>



Planta de biogás de las empresas Thöni/Kompostgas en Passau, Hellersberg, Alemania.

Las posibilidades de obtener energía a partir de residuos son muy diversas. La multiplicidad de insumos y de tecnologías ofrece resultados completamente distintos. La utilización de biomasa húmeda para la generación de biogás es una tecnología que puede calificarse como “renovable” y “limpia”. La producción de biocombustibles de segunda generación, bajo ciertas condiciones, puede resultar en un suministro energético valioso. La obtención de energía a partir de insumos en base a hidrocarburos (por ejemplo: plásticos) de ningún modo puede ser considerada una opción renovable ni limpia.

Gasificación, pirólisis y plasma para el tratamiento de residuos urbanos

Cuando la gasificación, la pirólisis o el arco de plasma utilizan como insumo a los RSU, tanto la normativa de la Unión Europea como de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés)⁸ establecen que son asimilables a la incineración y están obligadas a cumplir las regulaciones establecidas en la normativa.

Si bien existen diferentes diseños de plantas que pueden englobarse bajo los nombres de gasificación, pirólisis y plasma (en muchos casos funcionan en combinados entre sí), la mayoría de estos procesos comprende varios pasos:^{9 10}

1) Preparación del insumo. Si se reciben residuos mezclados o no homogéneos, es necesaria una primera etapa de separación de materiales, para eliminar aquellos que pueden afectar el funcionamiento del proceso. Se excluyen vidrios, metales y restos de escombros, entre otros. En el caso de los residuos urbanos, deben atravesar una etapa de secado para reducir los niveles de humedad y luego, a través de un tratamiento mecánico, se forman pellets o fardos. Se obtiene lo que se denomina Combustible Derivado de Residuos o RDF (Refuse-Derived Fuel), que posteriormente es cargado en las cámaras de gasificación o pirólisis.

2) Generación de syngas. Se calientan los residuos en una atmósfera con reducida presencia de oxígeno (gasificación) o sin oxígeno (pirólisis) y se produce el gas de síntesis o syngas, líquidos residuales y cenizas de fondo.

3) Depuración de syngas. Este gas debe ser depurado para eliminar los contaminantes sólidos y gaseosos (material particulado, hidrocarburos, etc.). Luego, este gas purificado o depurado es sometido a combustión para obtener electricidad o vapor. En la gasificación, la energía química contenida en el sólido se convierte en energía química contenida en un gas. En este caso, se podría utilizar de forma mucho más flexible que el producto de la incineración convencional, como materia prima de procesos químicos o como combustible en calderas, motores, turbinas o pilas de combustible.

El syngas creado en estos procesos está compuesto principalmente por monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), hidrógeno (H₂), metano (CH₄), y pequeñas cantidades de otros hidrocarburos más pesados (etano y etileno). El contenido carbonoso del insumo y el agente gasificante son los parámetros que determinan el mayor o menor contenido en energía del gas. Es decir, el poder

⁸ Pyrolysis, gasification and plasma. Briefing. Friends of the Earth, Septiembre de 2009. http://www.foe.co.uk/resource/briefings/gasification_pyrolysis.pdf y Greenaction Comments in Opposition to Sun Energy Group's Permit Application for a Plasma Arc Facility in New Orleans, Greenaction for Health and Environmental Justice, Junio de 2009. http://europa.eu/legislation_summaries/environment/waste_management/ev0010_es.htm#KEY

⁹ Muchos proyectos comerciales proponen pirólisis seguida de gasificación, gasificación con plasma, etc. Por este motivo, suelen ser analizadas en conjunto.

¹⁰ Pyrolysis, gasification and plasma. Briefing. Friends of the Earth, Septiembre de 2009. http://www.foe.co.uk/resource/briefings/gasification_pyrolysis.pdf

calorífico depende de la composición del tipo de insumo o residuos que se esté tratando (biomasa, carbón, etc.).

Según sus promotores, estas tecnologías para el tratamiento de los RSU tienen las ventajas de reducir las emisiones de sustancias tóxicas al ambiente a través del manejo controlado de temperatura y oxígeno; son más eficientes desde el punto de vista energético ya que, a diferencia de las incineradoras convencionales, generan subproductos gaseosos o líquidos que permiten su almacenamiento, transporte y uso posterior; sostienen además que se promueve el reciclado, ya que estas tecnologías se proponen en muchos casos para tratar desechos descartados de programas de separación en origen.

Sin embargo estas afirmaciones no se confirman en los hechos en el caso de los RSU.¹¹ Aunque la gasificación y la pirólisis tienen gran publicidad, la Comisión Europea afirma que existen riesgos tecnológicos para el tratamiento de diversos desechos con estas tecnologías¹²; son consideradas “en experimentación” en el Reino Unido y no recomendables para el tratamiento de residuos urbanos en Holanda.¹³ El Departamento de Energía de Estados Unidos sostiene que es necesaria mayor experiencia de la gasificación por plasma de residuos urbanos para que sea considerada una opción viable.¹⁴

Diversos estudios que evaluaron el funcionamiento y viabilidad de la gasificación y la pirólisis confirman los riesgos tecnológicos de procesar RSU. Sostienen que muchos de los sistemas propuestos sólo han operado con plantas piloto a baja escala y que muchos de los procesos más activamente promovidos nunca han operado comercialmente con RSU en una escala significativa. Destacan los problemas surgidos en los últimos años con varias plantas, hecho que “despierta preocupaciones sobre la fiabilidad del funcionamiento operativo de estas plantas.”¹⁵ (Ver Anexo 1: Incineradoras en problemas).

Uno de los principales escollos que se señala son las características propias de los RSU. A diferencia de los residuos agrícolas o forestales, los residuos sólidos urbanos son una materia prima muy variable y heterogénea y suponen una mezcla de plásticos, papel, restos de alimentos, metales, vidrios, residuos peligrosos domiciliarios, material electrónico, entre otros, con distintos compuestos químicos, niveles de humedad, poder calorífico, etc. La composición física varía además, no sólo entre ciudades y países, sino también estacionalmente. El siguiente gráfico, correspondiente a la Ciudad de Buenos Aires, es un ejemplo demostrativo de la

¹¹ Tampoco han resultado viables para el tratamiento de otros residuos, como por ejemplo, los desechos patogénicos. Ver Informe: Incineradores disfrazados, Estudios de casos sobre el funcionamiento de las tecnologías de gasificación, pirólisis y plasma en Europa, Asia y Estados Unidos. Greenaction for Health and Environmental Justice. Alianza Global para Alternativas a la Incineración, GAIA. www.no-laincineracion.org. Abril de 2006. <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/incineradoresdisfrazadosestudiosdecaso.pdf>

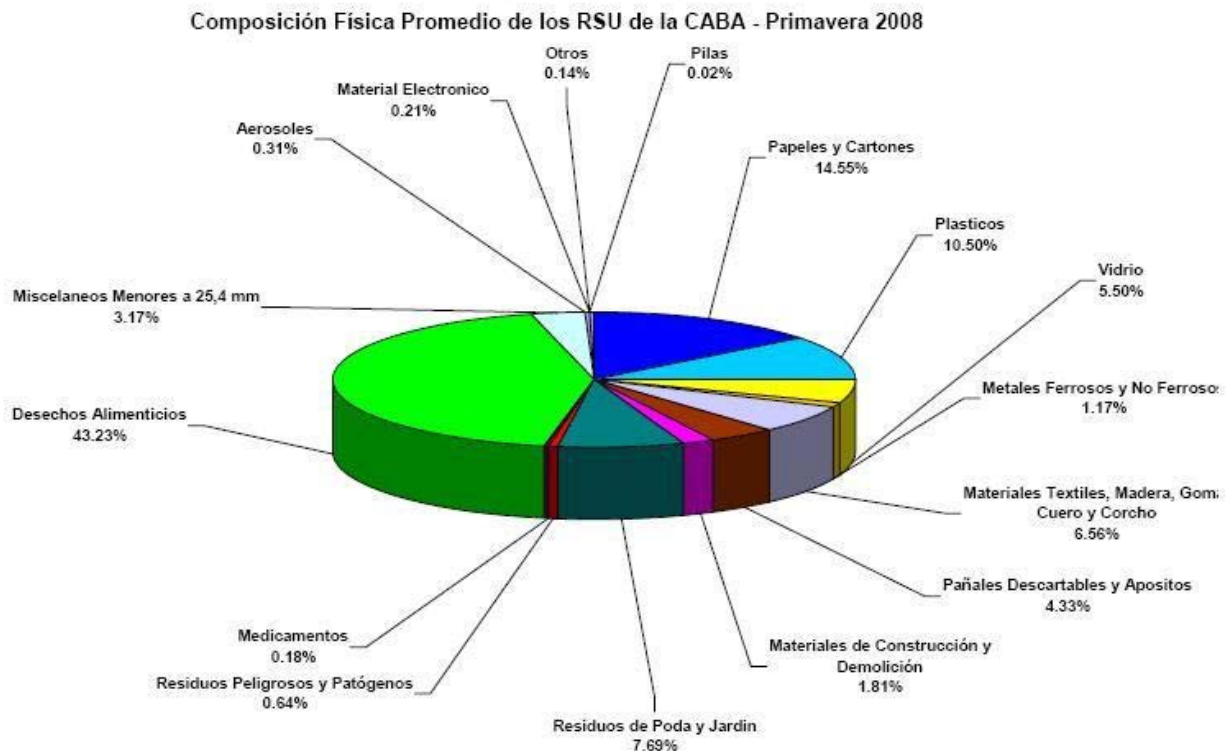
¹² Una industria que vende humo. Alianza Global por Alternativas a la Incineración, GAIA. Junio de 2009. <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/unaindustriaquevendehumofinal.pdf>

¹³ Residuos por energía: qué se hace en Europa. E-Renova, INTI, Agosto de 2010. <http://www.inti.gob.ar/e-renova/erBI/er14.php>

¹⁴ Departamento de Energía de Estados Unidos. http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/gasifipedia/7-advantages/7-3-2_waste.html

¹⁵ Briefing document on the pyrolysis and gasification of MSW. Juniper Consultancy, Octubre 2008. The Viability of advanced thermal treatment of MSW in the UK. Fichtcher Consulting Engineers Lt. <http://www.esauk.org/publications/reports/thermal%20treatment%20report.pdf>

variedad de ítems que suelen componer los residuos domiciliarios, generalmente de forma mezclada sin la existencia de programas rigurosos de separación en origen.



Fuente: Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires, 2008.

Esta variabilidad, que afecta el funcionamiento y rendimiento de estos procesos por la necesidad de optimizar las condiciones del gasificador para un insumo específico, implica que una planta operando exitosamente en algún lugar del mundo podría no funcionar en otra región o ciudad.¹⁶ Cuanto más mezclados lleguen los residuos a la plata de tratamiento, mayores son las dificultades que pueden esperarse.

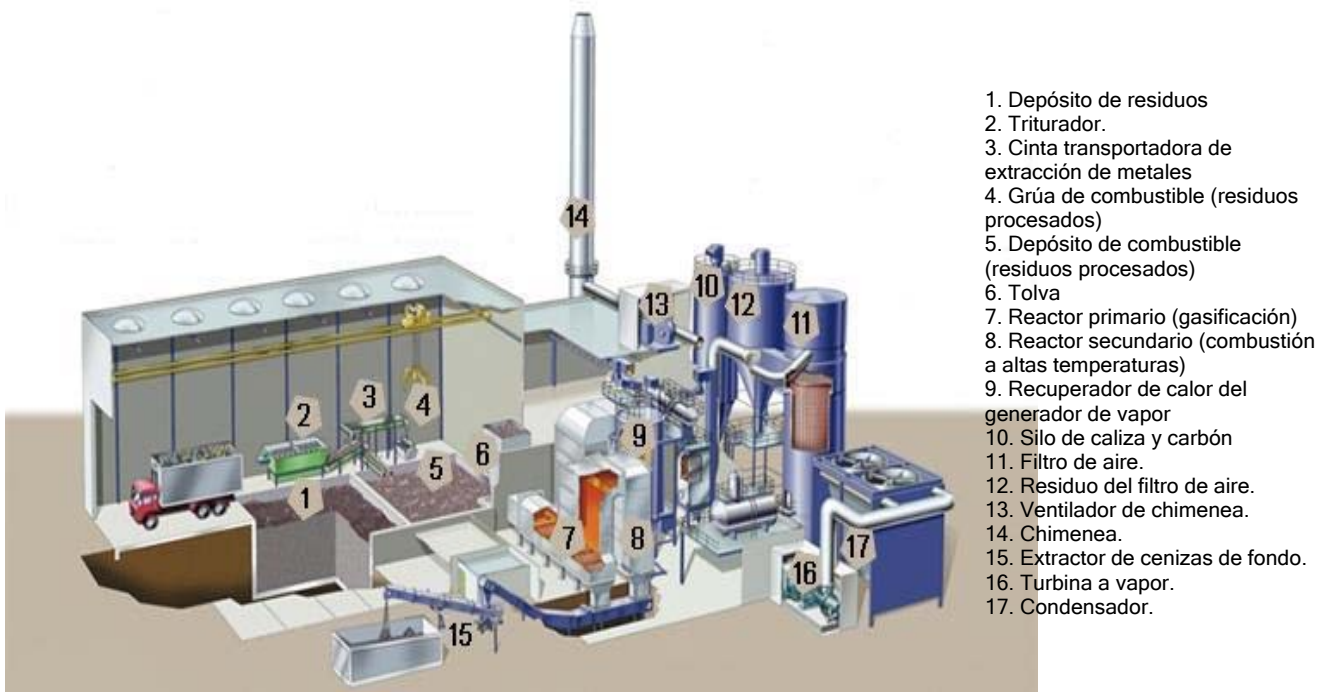
Los procesos pirolíticos, que operan a menores temperaturas, tienen más problemas para tratar materias primas heterogéneas. Según la consultora Juniper Consulting, que analiza estas tecnologías desde hace varias décadas, “es muy difícil optimizar el proceso operativo para un insumo que puede variar en cada lote, entre lotes y estacionalmente. De esta manera, el rendimiento y las composiciones de los subproductos de estos procesos es esperable que sean también altamente variables e indeseables en la gestión posterior de los resultados del proceso.”¹⁷

La limpieza o depuración del gas de síntesis proveniente de los RSU es uno de los principales obstáculos para lograr un mayor desarrollo de estas tecnologías. “Los motores a gas y las turbinas suelen tener baja tolerancia a las impurezas en el gas de síntesis y por lo tanto, el depurado del gas es un desafío cuando se procesa un

¹⁶ Briefing document on the pyrolysis and gasification of MSW. Juniper Consultancy, Octubre de 2008.

¹⁷ Briefing document on the pyrolysis and gasification of MSW. Juniper Consultancy, Octubre de 2008.

insumo tan heterogéneo como los RSU. Se considera que la limpieza del gas de síntesis de este tipo de materias primas es difícil de alcanzar y constituye un importante factor de riesgo en la integración de técnicas de gasificación de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía con alta eficiencia" concluye la Consultora Juniper.¹⁸



Modelo de planta de gasificación.

El tratamiento de los diferentes subproductos de la gasificación y la pirólisis y la reducción de emisiones de sustancias tóxicas se traduce en muchos casos en un aumento de la inversión de capital y de los costos operativos necesarios para poner en funcionamiento una planta, gastos que se trasladan a los municipios o ciudades, señala el informe de la Consultora Juniper. La reducción de las emisiones al aire se logra, en algunas oportunidades, a expensas de una disminución de la eficiencia energética, un mayor uso de otros recursos como el agua y mayores costos, por lo que es necesario sopesar los verdaderos beneficios ambientales y económicos de estas tecnologías, agrega la Consultora Fitchner.

Según esta Consultora, “no hay razón para creer que estas tecnologías [gasificación y pirólisis] sean más baratas que la combustión y es probable, de acuerdo con la información disponible, que, a medida que los procesos sean más complejos, se vuelvan más costosos”.¹⁹

Además de los altos costos del pre-tratamiento de los residuos, se señalan los asociados a la depuración del syngas y al tratamiento de aguas residuales del proceso. Por otro lado, estas plantas requieren constantes pruebas hasta que se logra la “puesta a punto” para alcanzar un buen funcionamiento, proceso que genera aún mayores gastos.

¹⁸ Briefing document on the pyrolysis and gasification of MSW. Juniper Consultancy, Octubre de 2008.

¹⁹ The Viability of advanced thermal treatment of MSW in the UK. Fichtcher Consulting Engineers Lt. <http://www.esauk.org/publications/reports/thermal%20treatment%20report.pdf>

Las dificultades de estas tecnologías provocan que los proyectos se demoren en el tiempo, con largos períodos desde la planificación de una planta, su construcción, demostración y habilitación antes de pasar a etapa comercial. A pesar de ello, no hay garantías de éxito, impactando fuertemente en los costos y reduciendo las posibilidades de financiamiento. Al igual que las plantas de incineración convencional, las empresas que promocionan estas tecnologías dependen de contratos a largo plazo (20 años o más), del financiamiento o subsidios públicos, de un precio especial por la venta de la energía producida o pagos fijos por tonelada de residuos, a pesar de eventuales variaciones en la generación de residuos con el paso del tiempo.

Un buen ejemplo es la planta de demostración de gasificación por plasma de la ciudad de Ottawa. El gobierno de la ciudad donó los terrenos para la instalación de la planta y le aseguró a la empresa operadora Plasco Energy un ingreso anual fijo. Por su parte, la empresa recibió préstamos para la ejecución del proyecto por parte del Ministerio de Medio Ambiente de Ontario y del gobierno Federal.

Las incineradoras convencionales son de por sí muy costosas para el presupuesto de una ciudad. Las mejoras tecnológicas introducidas en los últimos años tendientes a reducir las emisiones de sustancias tóxicas representan una mayor carga financiera. La gasificación y la pirólisis son una opción aún más riesgosa en términos económicos.

Las recurrentes fallas técnicas de estos procesos también son un problema de consideración, especialmente los agrietamientos del recubrimiento del reactor debido a las altas temperaturas y a la corrosión. También hubo casos en donde se experimentaron problemas de operación debido a que la caldera quedó contaminada con alquitrán condensado y depósitos de cenizas volátiles. Suelen producirse además explosiones por la filtración de gases inflamables en las cámaras de tratamiento.



Protesta de vecinos realizada en junio de 2010 en la Ciudad de Detroit, Estados Unidos, exigiendo el cierre de la planta de incineración, que acumula deudas de cientos de millones de dólares.

Otro riesgo mencionado es la experiencia de las empresas para llevar adelante cada uno de los procesos que intervienen en una planta de pirólisis y gasificación. Es decir, muchas compañías que se presentan en las licitaciones de plantas de tratamientos de RSU no poseen suficiente experiencia comercial en cada uno de los

procesos que pretenden proveer. Es común que los proveedores de plantas de pirólisis y gasificación propongan variantes en el tipo de gasificación para ajustarse a lo demandado por las autoridades gubernamentales, en las cuales no tienen experiencia acreditada. Por lo mencionado anteriormente, se concluye que no existe un historial exitoso de integración de este tipo de plantas con recuperación de energía.²⁰

Debido a las dificultades mencionadas, la gasificación, la pirólisis y el plasma de RSU no están difundidas: hoy existen algunas plantas en Europa y Japón en las que generalmente tratan residuos urbanos mezclados con otros residuos y en muchos casos optan por tratar otros insumos frente a las dificultades que plantean los RSU.

En Europa operan comercialmente algunas plantas, por ejemplo, en Noruega, Finlandia, Alemania y Francia, aunque no todas exclusivamente con RSU. En la última década, numerosos anuncios y proyectos no prosperaron y hubo fracasos estrepitosos que confirman las dudas sobre estos procesos. En ejemplo es la planta de la empresa Thermoselect en la ciudad de Karlsruhe, Alemania, uno de los incineradores de gasificación de residuos sólidos urbanos más grandes del mundo, que tuvo que cerrar en 2004 luego de años de mal funcionamiento, problemas operativos y grandes emisiones de sustancias tóxicas, además de las pérdidas de más de 400 millones de euros. Frente a este fracaso, se rechazaron propuestas de plantas de Thermoselect en las ciudades alemanas de Herten, Bremen, Berlín y Hanau y en la ciudad de Tessin, Suiza, cerca de las oficinas centrales de Thermoselect. Tampoco avanzaron los proyectos anunciados en El Líbano, Austria y Polonia.

Además, en 1999 Thermoselect fue procesada por violaciones ambientales en la primera planta de gasificación de RSU instalada en Fontodoce, Italia, que incluían la contaminación de un lago cercano con compuestos tóxicos como cianuro, compuestos con cloro y nitrógeno.²¹

Otro caso fue el de la planta de Siemens en la ciudad de Fürth, Alemania, que experimentó diversos problemas de funcionamiento y culminó en un grave accidente con una fuga de gases que derivó en la hospitalización de trabajadores y en la necesidad de atención médica de los habitantes de comunidades vecinas. Una de las principales causas del accidente se atribuye a la mala preparación de los insumos de la planta. (Ver Anexo 1: Incineradoras en problemas).

Una planta gasificación en Wollongong, Nueva Gales del Sur, Australia, operada por la empresa Brightstar Environmental, cerró luego de cuatro años de mal funcionamiento y de liberar emisiones de sustancias tóxicas por encima de los límites permitidos, acumulando pérdidas económicas por más de 130 millones de dólares. La empresa se retiró del desarrollo de estas tecnologías, aunque

²⁰ Briefing document on the pyrolysis and gasification of MSW. Juniper Consultancy, Octubre 2008.

²¹ Informe: Incineradores disfrazados. Estudios de casos sobre el funcionamiento de las tecnologías de gasificación, pirólisis y plasma en Europa, Asia y Estados Unidos. Greenaction for Health and Environmental Justice www.greenaction.org, Alianza Global para Alternativas a la Incineración (GAIA) www.no-burn.org www.noalaincineracion.org Abril de 2006. <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/incineradoresdisfrazadosestudiosdecaso.pdf>

previamente buscaba instalar plantas en otras ciudades de Australia, el Reino Unido, India y Estados Unidos. Estos proyectos nunca avanzaron. (Ver Anexo: Incineradoras en problemas).

Aún en aquellos casos que logran un mejor funcionamiento, la viabilidad técnica y económica representa un problema. Tal es el caso de la planta de pirólisis y gasificación en Rudersdorf, Alemania. La empresa operadora British Gas-Lurgi anunció que se retiraba del mercado argumentando las dificultades técnicas y económicas de estos procesos y que preveían bajas posibilidades en el mediano plazo para que fuesen competitivas.

En Japón, varias plantas de gasificación y plasma operan a nivel comercial, aunque muchas de ellas funcionan a pequeña escala o trata otro tipo de residuos. Suelen mencionarse las operadas por Hitachi Metals Ltd y Westinghouse Plasma como casos exitosos, aunque un análisis realizado por la consultora



Juniper Consulting sobre estas plantas menciona problemas relacionados con el mal funcionamiento y las emisiones tóxicas, además de los grandes costos económicos para sostener su funcionamiento. (Ver Anexo: Incineradoras en problemas).

Juniper Consulting sobre estas plantas menciona problemas relacionados con el mal funcionamiento y las emisiones tóxicas, además de los grandes costos económicos para sostener su funcionamiento. (Ver Anexo: Incineradoras en problemas).

En Estados Unidos no hay plantas de gasificación o pirólisis de residuos urbanos operando comercialmente. Aunque se están evaluando numerosos proyectos, en el pasado las plantas piloto no superaron la etapa de prueba o permanecen hoy en esa situación. En los últimos dos años, las ciudades de Los Angeles, Sacramento, Santa Cruz y San José en California, y la ciudad de Anderson, en Indiana, rechazaron proyectos de incineración por gasificación y arco de plasma por considerarlas tecnologías riesgosas y porque la información que brindaban las empresas no podía ser constatada por las autoridades gubernamentales.

En síntesis, la incineración por etapas no ofrece ninguna solución para la gestión de residuos. La historia de promesas incumplidas y los graves problemas ocurridos en muchas plantas en las últimas dos décadas evidencian que no solo tienen los mismos impactos negativos que las incineradoras convencionales sino que, además, son más riesgosas y han sido menos probadas.

Emisiones tóxicas que afectan a la salud

Una de las supuestas ventajas de estas tecnologías alternativas a la incineración, según sus promotores, es la reducción de emisiones de sustancias tóxicas debido a la reducción de los niveles de oxígeno y el control de las temperaturas de los procesos. Este es un aspecto central, ya que la incineración es considerada por diversos organismos internacionales, entre ellos, Naciones Unidas; como una de las principales fuentes de emisiones de dioxinas al ambiente y es, por tanto, rechazada masivamente por sus efectos contaminantes. La búsqueda de alternativas a la incineración se debe al intento por lograr una disminución de las emisiones tóxicas y una mayor eficiencia energética.

En el caso de la gasificación, pirólisis o plasma no hay datos disponibles concretos que respalden que son una alternativa viable para gestionar los RSU. La Consultora Juniper Consulting en su informe concluye que: "es posible, debido a ciertas características técnicas de la pirólisis y la gasificación, que su nivel de emisiones pueda ser considerada mejor que la incineración. Sin embargo, en la práctica, la naturaleza de la implementación de cada proyecto específico hace que no sea apropiado generalizar y afirmar que la gasificación es mejor que la incineración en términos de emisiones."²²

Diversos casos de plantas de gasificación, pirólisis y plasma confirman que estas tecnologías no son mejores que la incineración convencional y emiten sustancias tóxicas. Pruebas realizadas en una planta piloto de pirólisis en el sur de California demostraron la emisión de más dioxinas, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y material particulado que las plantas incineradoras convencionales de la región.²³

Comparación de emisiones tóxicas - Incineración en masa vs. pirólisis:

Contaminantes	IESRomoland – Incineración por pirólisis	Incineración de quema en masa – promedio (regional)
CO	0,22	0,45
NOx	1,60	1,78
SOx	0,01	0,04
VOC	035	0,04
PM10	0,05	0,0046
Dioxinas/Furanos	3,68x10-8	1,85x10-8

Fuente: Los Angeles South Coast Air Quality Management District lbs/tn de desechos sólidos urbanos. Citado en Una industria que vende humo, GAIA, Junio de 2009.

Similares problemas tiene hoy la planta piloto en la ciudad de Ottawa, Canadá, que fue promocionada como la primera planta de gasificación por plasma de residuos urbanos en América del Norte. La empresa no ha sido capaz de mantener el nivel de emisiones de sustancias tóxicas por debajo de los límites reglamentarios, según reconocen los funcionarios del Ministerio de Medio Ambiente local, y persisten las dudas sobre si la planta podrá pasar a etapa comercial. Otro caso reciente es la planta de gasificación en la Isla de Wight, en el Reino Unido, que dejó de operar en

²² Briefing document on the pyrolysis and gasification of MSW. Juniper Consulting, 2008.

²³ Una industria que vende humo. Alianza Global por Alternativas a la Incineración, GAIA. Junio de 2009. <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/unaindustriaquevendehumofinal.pdf>

julio de este año por superar en ocho veces los límites legales de emisiones de dioxinas. (Ver Anexo 1: Incineradoras en problemas)

La realidad indica que estas tecnologías liberan emisiones similares que las incineradoras convencionales. Las emisiones están agrupadas en: emisiones atmosféricas (gases ácidos, Compuestos Orgánicos Persistentes –COPs- como dioxinas y furanos, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno, material particulado, compuestos orgánicos volátiles, metales pesados como el cadmio, el mercurio, el plomo y sulfuro de hidrógeno); residuos sólidos (cenizas minerales inertes, compuestos inorgánicos) y otros subproductos, por ejemplo, el agua residual utilizada para lavar los residuos en el proceso de pretratamiento y el lavado de gases.

Debe destacarse que todos los controles implementados para reducir las emisiones atmosféricas tienen como consecuencia que los compuestos tóxicos tienden a desplazarse al resto de los subproductos del proceso (gases, agua, cenizas, etc.), complejizando el proceso y tratamiento adecuado de los mismos. Un dato que no suele mencionarse es que, además, cuando el gas de síntesis es sometido a combustión, se puede generar nuevas emisiones.

La composición de las emisiones de cualquier proceso de incineración, tanto convencional como por etapas, varía ampliamente según los cambios en los materiales que ingresan, la temperatura de la chimenea y otras condiciones cambiantes de la operación. Los residuos son compuestos complejos y durante el proceso de incineración pueden formarse compuestos que no han sido detectados a la entrada; por consiguiente, el control ocasional no resulta adecuado para evaluar los niveles totales de emisiones.

El monitoreo de emisiones tóxicas sólo controla algunas y no todas las emisiones tóxicas que producen las incineradoras. Además, las mediciones se realizan una vez al mes o al año, durante un momento del día y en condiciones óptimas. Los resultados no reflejan, entonces, el verdadero funcionamiento de las plantas durante todo el año. Tampoco tiene en cuenta los momentos críticos, por ejemplo, cuando se apagan o prenden motores o existen fallas en los equipos, momentos en que las

Algunos efectos en la salud de las emisiones tóxicas de la incineración

- **Dioxinas y furanos.** Son sustancias extremadamente tóxicas, cancerígenas, persistentes y bioacumulables. Poseen la capacidad de dispersarse grandes distancias de su fuente.
- **Cloruro de hidrógeno.** Es un gas incoloro irritante y corrosivo en contacto cualquier tejido. Provoca complicaciones al sistema respiratorio.

METALES PESADOS

Los metales pesados no se destruyen y atraviesan los filtros de las chimeneas transportados en finas partículas que luego son respiradas y asimiladas por la población.

- **Plomo.** Provoca daños en el cerebro y en los riñones y es un potencial teratogénico.
- **Mercurio.** Produce daños irreparables al sistema nervioso por ser bioacumulable y persistente.
- **Hidrocarburos aromáticos polinucleares.** Son producto de la combustión incompleta de petróleo, gas, carbón, residuos y otros compuestos orgánicos. Existen evidencias de que algunos de ellos son cancerígenos.

emisiones aumentan. Aunque existen métodos para monitorear dioxinas en forma casi continua, se utilizan en pocos países.²⁴

Los dispositivos de control de contaminación de las nuevas incineradoras, como los filtros de aire, capturan y concentran algunos de los contaminantes, pero no todos, y además, no los eliminan. Por este motivo, las plantas de incineración deben contar con rellenos de seguridad para disponer estos desechos y no son una alternativa real a un relleno sanitario.

El mayor problema en relación a emisiones surge cuando se incineran plásticos;²⁵ las dioxinas y furanos tienen una tasa máxima de formación entre los 300° C y 400° C y se destruyen por encima de los 850° C,²⁶ aunque es recomendable superar los 1.000° C para una completa combustión. Sin embargo, son compuestos organoclorados muy estables y tienen la capacidad de formarse nuevamente en la fase de enfriamiento. El contenido de metales como el cobre en los residuos a incinerar es crucial, ya que tiene un efecto catalizador en la formación de dioxinas.²⁷



Campaña contra la incineración de residuos, Greenpeace España.

²⁴ Incinerando el Futuro. La incineración de residuos destruye el ambiente y nuestra salud. GAIA, <http://www.no-burn.org/downloads/GAIA.incinerandoelfuturo.pdf>

²⁵ Cuando los residuos involucran plástico (PVC), se incineran largas cadenas de carbono, hidrógeno y cloro, que en presencia de oxígeno y a altas temperaturas, generan nuevos compuestos como dioxinas y furanos. Aún evitando la incineración de plástico, si se combinan carbono, hidrógeno y cloro (sea cual sea su origen) en una incineradora pueden formarse estos compuestos tóxicos.

²⁶ Dioxin characterisation, formation and minimisation during municipal solid waste (MSW) incineration: review Gordon McKay G. McKay / Chemical Engineering Journal 86 (2002) 343–368

²⁷ Role of copper species in chlorination and condensation reactions of acetylene. Environ.Sci. Technol, 32, 2741, 1998.

Las dioxinas y furanos, aún en bajas cantidades, permanecen en el ambiente y tardan en degradarse, se acumulan en las grasas de los organismos y aumentan su concentración en la cadena alimentaria, especialmente en los alimentos. No existe un nivel seguro, ni siquiera mínimo, de exposición a las dioxinas. Los COPs se asocian con numerosos problemas de salud, entre ellos, alteraciones en el sistema inmunológico, en el sistema nervioso, en el desarrollo embrional y fetal, aumento en la incidencia de diabetes, etc.

Argentina ratificó en enero de 2005 el **Convenio de Estocolmo sobre Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs)**, que identifica a la incineración como una de las principales fuentes de emisiones de dioxinas al ambiente.

En el Plan Nacional de Aplicación del Convenio, Argentina fijó el objetivo de “promover la prohibición de la incineración como tecnología de tratamiento y disposición final de este tipo de residuos, incluyendo la utilización de éstos como insumo para la producción de energía”.

Otras emisiones como las partículas ultra-finas o nanopartículas, que atraviesan los filtros de los incineradores, son de menor tamaño de lo que regula o supervisa, por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Estas partículas pueden ingresar fácilmente en el ambiente y en nuestro organismo y provocar serios problemas de salud, como cáncer, infartos, asma y enfermedades pulmonares, entre otros. Se calcula que las partículas en el aire son la causa de muerte de más de 2 millones de personas en todo el mundo cada año, 370 mil de ellos en Europa.²⁸

Algunos de los efectos sobre la salud provocados por las emisiones tóxicas conocidas generadas por la incineración se manifiestan en el corto plazo; sin embargo, muchos solo se evidencian con el paso de los años. Numerosos estudios científicos confirman que las poblaciones cercanas a las plantas de incineración y los trabajadores de las mismas tienen mayores índices de enfermedades que quienes viven lejos de estas fuentes de contaminación.

Por otro lado, las plantas de incineración emiten sustancias tóxicas que todavía no han sido identificadas, como las dioxinas polibromadas, hidrocarburos aromáticos policíclicos polibromados y policlorados. No existen análisis sobre los variados efectos en la salud de todas las emisiones que genera la incineración y la normativa no suele regular todos los tipos de emisiones.

Todas las formas de incineración suponen un riesgo para la salud y el medio ambiente, aunque se inviertan cada vez mayores sumas de dinero para mejorar las tecnologías. La búsqueda de soluciones “mágicas” para el tratamiento de residuos sólo desvía recursos que podrían destinarse a sistemas de gestión de RSU seguros desde el punto de vista ambiental, social y económico.

²⁸ INCINERATOR: Myths vs Facts. GAIA, 2009. <http://www.no-burn.org/incinerators-myths-vs-facts>

Ni energía “verde” ni “renovable”

Otra de las supuestas ventajas de este tipo de tecnologías es la generación de energía “verde” y “renovable”. En primer lugar, debe señalarse que la energía producida por la incineración de residuos no puede ser nunca considerada como energía renovable, ya que los residuos no lo son. Se trata de descartes de productos fabricados con recursos naturales agotables y finitos como el hierro, el aluminio, el petróleo, la madera, etc. La energía renovable es aquella que procede de fuentes como la solar, eólica, biomasa, minihidráulica, maremotriz y geotérmica.

No existen datos concluyentes que respalden los argumentos de los promotores de la gasificación y la pirólisis sobre la eficiencia energética y las supuestas ventajas que brinda la diversidad de subproductos resultantes de estos procesos para generar energía. La información disponible, sin embargo, establece que estas tecnologías incluso serían menos eficientes que una planta de incineración convencional y que la energía requerida para mantener las plantas en funcionamiento es sólo ligeramente menor que la cantidad de energía que producen.



La energía renovable es aquella que procede de fuentes como la solar, eólica, biomasa, minihidráulica, maremotriz y geotérmica.

La eficiencia energética sería, en promedio, de 20%. Es decir, en términos simples, de cada 5 unidades de energía que ingresan como insumo, sólo una es generada como energía; este hecho constituye un impresionante derroche de recursos.

Eficiencia energética – sistemas de incineración

TECNOLOGÍA	EFICIENCIA
Incineración en masa con ciclo de vapor	19-27%
Gasificación/Pirólisis con motor de gas	13-24%
Gasificación/Pirólisis con ciclo de vapor	9-20%
Gasificación/Pirólisis con ciclo combinado	23-26%

Fuente: Fitchner Consulting.

La eficiencia energética de estas tecnologías se reduce porque los procesos de pretratamiento como trituración, pelletización y secado de residuos consumen energía; además, como operan en ambientes de reducción de oxígeno necesitan más energía para mantener su funcionamiento y deben emplear combustibles auxiliares como el gas natural o el gasoil.

También dependen del valor calorífico de los residuos urbanos, que se debe en gran medida a los plásticos o en menor grado al papel y a la madera. La quema de estos materiales -todos fácilmente reciclables- para generar electricidad crea una

demanda continua de residuos y desalienta los esfuerzos por conservar los recursos, reducir los envases, fomentar el reciclado y el compostaje.

En muchas ocasiones las empresas que promueven la incineración argumentan que fomentan el reciclado y que sólo tratarían los desechos descartados de programas de reciclado y separación en origen. Sin embargo, y teniendo en cuenta el valor calorífico de los materiales, no es probable que logren algún tipo de generación eléctrica sin incluir residuos con valor calorífico. Por este motivo muchas veces incluye en el proceso otro tipo de residuos como los neumáticos o el carbón.

Aunque los promotores de la incineración aseguran tener un buen desempeño energético, debe tenerse en cuenta que, por ejemplo en Europa, la Directiva Marco de Residuos (2008/98/CE) de fines de 2008, estableció una metodología arbitraria de medición de la eficiencia energética de las plantas europeas para que fuese considerada “valorización”.

Según establece la Directiva acerca del tratamiento de residuos sólidos urbanos, en su capítulo IV (artículo 23) sobre autorizaciones y registros indica: “Cualquier autorización para incineración o co-incineración con valorización energética tendrá como condición que esta valorización de energía se produzca con un alto nivel de eficiencia energética”. Luego, en su Anexo II, al describir cuáles son las operaciones de valorización posibles para el tratamiento de los RSU menciona que sólo son posibles instalaciones de incineración destinadas al tratamiento de RSU cuando su eficiencia resulte igual o superior al 60% si se trata de instalaciones autorizadas antes del 1 de enero de 2009 y si son posteriores, su eficiencia deberá ser mayor o igual al 65%.

Estos límites mínimos de eficiencia serían adecuados pero para su cálculo se adoptó una fórmula en la cual a la energía (calor o electricidad) generada anualmente por estas plantas se lo multiplica por un factor arbitrario que es de 2,6 si se trata de energía eléctrica y 1,1 si se trata de energía en forma de calor.²⁹ Para el caso de las

La incineración no promueve la creación de empleos

La incineración de residuos crea baja cantidad de empleos si se la compara con el reciclaje. Según la Agencia de Protección Ambiental, en Estados Unidos las industrias relacionadas con la recuperación de materiales ocupan a más de un millón de personas, incluso con un porcentaje de reciclaje a nivel nacional relativamente bajo (33%). Si comparamos los distintos tipos de gestión de residuos, el reciclaje genera 10 veces más empleos que la incineración y el enterramiento en rellenos sanitarios.

Hoy las plantas de incineración están adoptando técnicas y tecnologías cada vez más complejas que requieren pocos empleados para sus operaciones. Por ejemplo, una planta de incineración convencional en Zabalgarbi, España, que cuenta con una capacidad para quemar 280.000 toneladas al año, emplea directamente sólo a once personas.

²⁹ Eficiencia energética = $(E_p - (E_f + E_i)) / (0,97 \times (E_w + E_f))$ donde:

- E_p es la energía anual producida como calor o electricidad, que se calcula multiplicando la energía en forma de electricidad por 2,6 y el calor producido para usos comerciales por 1,1 (GJ/año).
- E_f es la aportación anual de energía al sistema a partir de los combustibles que contribuyen a la producción de vapor (GJ/año).
- E_w es la energía anual contenida en los residuos tratados, calculada utilizando el poder calorífico neto de los residuos (GJ/año).
- E_i es la energía anual importada excluyendo E_w y E_f (GJ/año).
- 0,97 es un factor que representa las pérdidas de energía debidas a las cenizas de fondo y la radiación.

plantas de incineración con generación de energía eléctrica esta multiplicación significa sobredimensionar la eficiencia de las mismas. De esta manera, prácticamente la totalidad de las plantas en funcionamiento en Europa, por antiguas que sean, se transforman en fábricas de electricidad “verde” que cumplen la Directiva. Así, plantas como Zabalgardi en Bilbao (España) con 21,5% de eficiencia, estarían dentro de lo establecido por la normativa.

Tal como sostiene Greenpeace España en un reciente informe “este es uno de los principales lavados de cara que se ha dado a la incineración de residuos, al asumir a través de una fórmula que su eficiencia energética es del 60% cuando en realidad es un 20% y así es aceptada por la Directiva Marco de Residuos y pueda pasar a ser considerada “valorización energética”. Esta recuperación incidental de energía ha sido suficiente para fomentar políticamente una tecnología que es muy contaminante y gran potenciadora del cambio climático.”³⁰

Tanto la incineración convencional como por etapas supone un derroche de energía y de recursos frente a prácticas probadas de recuperación de materiales y reciclado. El papel fabricado a partir de celulosa virgen requiere el doble de energía que el de papel reciclado. Cada tonelada de papel reciclado ahorra cerca de dos docenas de árboles y 1.552 litros de combustible necesario para producir nuevo papel. Las latas de aluminio mineral requieren 20 veces más energía en comparación con las fabricadas con aluminio reciclado.³¹



Centro de selección de residuos secos de Norcal, San Francisco, Estados Unidos.

El único sistema de gestión de residuos racional es el de la prevención y la recuperación de materiales para su reciclaje. Este modelo de gestión de RSU logra un ahorro energético en tanto no debe extraerse nueva materia prima y emplear energía para fabricar nuevos productos.

³⁰ Greenpeace España: “Incineración de residuos: malos humos para el clima”. Noviembre de 2009.

³¹ Greenpeace España: “Incineración de residuos: malos humos para el clima”. Noviembre de 2009

Reciclaje vs. Incineración: análisis de ahorro energético

Residuo	Energía ahorrada por reciclaje (MJ/Tm)	Energía generada con incineración (MJ/Tm)
Papel		
Papel virgen	22.398	8.444
Cartón	22.887	7.388
Revistas, libros,	35.242	8.233
Papel reciclado	21.213	7.600
Plástico		
PET	85.888	210.004
PEAD	74.316	21.004
Otros envases	62.918	16.782
Film/envoltorio	75.479	14.566
Envases rígidos	68.878	16.782
Vidrio		
Botellas y frascos	3.212	106
Otros	582	106
Metales		
Latas bebida aluminio	256.830	739
Otros recipientes de aluminio	281.231	317
Otros no ferrosos	116.288	317
Botes y latas férricos/mixtos	22.097	739
Otros férricos	17.857	317
Orgánico		
Restos de comida	4.215	2.744
Restos de poda	3.556	3.166
Madera	6.422	7.072
Gomas y cauchos		
Neumáticos	32.531	14.777
Otras gomas	25.672	11.505
Textiles		
Algodón	42.101	7.283
Sintético	58.292	7.283
Fuente: Incineración de residuos: una tecnología muriendo. GAIA 2003		

La incineración de residuos no es la solución para una gestión sustentable del “problema” de la basura; tampoco es la respuesta para generar fuentes alternativas de generación de energía que reduzcan el impacto sobre el cambio climático.

El estudio de la Consultora Juniper establece que “en términos de emisiones de gases de efecto invernadero la gasificación y la pirólisis tienen sin duda pocas diferencias con la incineración”.³² Si tenemos en cuenta que una planta incineradora moderna con producción de energía eléctrica emite más CO² por kilovatio hora generado que una central térmica de carbón y que incluso son un tercio más contaminantes que las centrales térmicas que funcionan con gas, según la Agencia para la Protección Ambiental de Estados Unidos, difícilmente pueda asegurarse que estas tecnologías contribuyen a mitigar el cambio climático.³³

La gasificación y la pirólisis emiten CO² y otros gases de efecto invernadero cuando se somete a combustión el syngas, sobre todo por la presencia de plásticos, textiles

³² Pyrolysis, gasification and plasma. Briefing. Friends of the Earth, Septiembre de 2009.
http://www.foe.co.uk/resource/briefings/gasification_pyrolysis.pdf

³³ Greenpeace España: “Incineración de residuos: malos humos para el clima”. Noviembre de 2009

sintéticos, etc. El uso de residuos sólidos urbanos como combustible en las incineradoras libera a la atmósfera el carbono que se encuentra en el papel, cartón, residuos de alimentos, maderas y otros materiales biológicos y elementos fabricados a partir de derivados del petróleo. La incineración de plásticos se añade al cómputo de emisiones de la misma manera que la quema de combustibles fósiles, carbón, petróleo o gas natural.

**Emisiones de CO2 de la fracción reciclable en función de su tratamiento
(relleno sanitario, incineración o reciclaje).**

Material	Relleno sanitario CO² por tn	Incineración con recuperación de energía CO² por tn	Reciclaje CO² por tn
Papel y cartón	2.20	1.40	1.30
Envases de plástico	3.10	5.00	1.50
Textiles	18.00	9.00	2.00
Envases de vidrio	0.84	0.84	0.53
Envases metálicos	3.00	1.30	0.70
Electrodomésticos (línea blanca)	3.00	3.00	0.70
Envases de aluminio	11.05	11.05	2.00
Residuos de jardinería	0.2	-0.14	-0.12
Materia orgánica doméstica	4.50	4.20	4.08

Fuente: Greenpeace España.

Por el contrario, el reciclado y la recuperación de materiales tienen un impacto directo en la reducción de emisiones de GEI. Un estudio reciente de la EPA demuestra que es la mejor política para mitigar el cambio climático:

- La tasa de reciclado y compostaje de RSU al 2006 en Estados Unidos es del 32,5%. Si se aumentara esta tasa al 50% produciría un ahorro de emisiones de entre 70 y 80 millones de toneladas de CO² más respecto del ahorro actual. Si se aumentara aún más esta tasa llevándola al 100%, es decir, reciclando y compostando la totalidad de los RSU, entonces se ahorrarían 300 millones de toneladas de CO² más respecto a la línea de base del 32,5% del 2006.
- Si se extendiera un 25% la vida útil de las computadoras personales respecto de la vida útil actual, entonces se ahorrarían 15 millones de toneladas de CO². Si se aumentara aún más su vida útil, hasta un 50% de la vida útil actual, entonces el ahorro de emisiones sería de 25 millones de toneladas de CO².

Argentina tiene una tarea pendiente en relación con las reducciones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero del sector residuos, ya que, aunque representan un bajo porcentaje en relación al total, fue el sector que más aumentó en el período 1990-2000, pasando de 4,1% a casi 5% de las emisiones totales en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INVGEI) 2000.³⁴

³⁴ Greenpeace: La Argentina va a contramano del combate contra el cambio climático. Diciembre de 2009. <http://www.greenpeace.org/argentina/cambio-climatico/argentina-a-contramano-de-la>

La solución: reciclado y recuperación de materiales

Tanto la incineración, con o sin recuperación de energía, como las tecnologías alternativas de gasificación y pirólisis son modelos de gestión de residuos urbanos con impactos ambientales que afectan la salud de las personas, al igual que los rellenos sanitarios o basurales a cielo abierto.

En los casos de plantas de incineración con recuperación de energía, además, se instala la lógica opuesta a una gestión racional de residuos, ya que dependen del suministro continuo de materiales y compiten con los programas de reciclado.

En Europa y Estados Unidos, los subsidios o incentivos a la incineración alientan a los gobiernos locales a destruir estos materiales, en lugar de invertir en prácticas probadas que resguardan el medio ambiente y reducen el consumo de energía como el reciclaje y el compostaje, además de no generar gastos de salud pública.

Más del 90% de los materiales que actualmente son eliminados pueden ser reutilizados, reciclados y compostados con la implementación de políticas adecuadas.

Por ejemplo, la ciudad de San Francisco en Estados Unidos, modelo a nivel mundial de reciclado de residuos, alcanzó en 2008 desviar del entierro más del 70% de sus residuos. A pesar de ello, un estudio determinó que dos tercios de los residuos que todavía se disponían en rellenos sanitarios eran reciclables.



Compostaje de residuos orgánicos en San Francisco, Estados Unidos.

Greenpeace propone el sistema de gestión de residuos conocido como **Basura Cero** ya que es el único que **no genera contaminación ni afecta a la salud, recupera recursos que no deberían derrocharse, reduce el consumo de energía y disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero.**

Es urgente la implementación de políticas que tiendan a:

- La **prevención y reducción** en la generación;
- La **separación selectiva en origen**, que facilita adoptar tratamientos diferenciados según el tipo de residuo;
- La **reutilización** para extender la vida útil de los productos y
- El **reciclaje**, que disminuye la presión sobre los recursos naturales (extracción, producción y transporte de nuevos productos) y reintroduce en el sistema productivo materiales recuperados. El compostaje o digestión anaeróbica de la fracción orgánica reduce además las emisiones de metano impidiendo que la materia orgánica termine en basurales o rellenos.

Son diversas las políticas que deben desarrollarse para lograr los objetivos de Basura Cero, entre ellas, la implementación de políticas basadas en la **Responsabilidad Extendida del Productor** (REP) que contribuyen a la reducción progresiva de la fabricación de productos difícilmente reciclables o compostables. La REP establece la responsabilidad de los fabricantes sobre sus productos hasta el final de su vida útil e incentiva el diseño de bienes libres de sustancias tóxicas y fácilmente reciclables.

ANEXO 1: Incineradoras en problemas

Ejemplos de fracasos de plantas de gasificación, pirólisis y plasma de residuos urbanos

• Planta piloto fuera de funcionamiento. Isla de Wight. Reino Unido. Julio de 2010.

La planta de gasificación de RSU de la Isla de Wight fue puesta en marcha en 2008. Es una de las primeras plantas de incineración en el Reino Unido que utiliza el sistema de gasificación. Forma parte del Programa de Demostración de Nuevas Tecnologías del Departamento para el Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Reino Unido (Department for Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA), por el cual la empresa operadora, Waste Gas Technology UK Ltd, con tecnología de la empresa Energos, recibió 2.7 millones de libras (cerca de 4.4 millones de dólares), equivalente al 35% del costo total de desarrollo y operación de la planta en el primer año (estos costos son bajos ya que se construyó sobre la base de una vieja planta de incineración).

La planta dejó de operar en mayo de 2010 y hoy permanece cerrada por superar en ocho veces los límites legales de emisiones de dioxinas.³⁵

• Planta piloto fuera de funcionamiento. Ottawa, Canadá. Junio de 2010.

La planta piloto de gasificación por arco de plasma, a cargo de la empresa Plasco Energy Corp, comenzó a operar en enero de 2008 con la habilitación para tratar 80 toneladas diarias. El proyecto, si supera la etapa piloto, se propone alcanzar 400 toneladas de residuos sólidos urbanos por día y generar 20 MW de energía. Fue promocionada como la primera planta de gasificación de residuos urbanos a una escala significativa en América del Norte.

Desde que se puso en marcha hasta la fecha, sólo logró estar en funcionamiento 85 horas en total. En este período, los motores debieron ser apagados con frecuencia y durante largos períodos de tiempo. La empresa no ha sido capaz de reducir las emisiones de sustancias tóxicas por debajo de los límites reglamentarios, según reconocen los propios funcionarios del Ministerio de Medio Ambiente local. Desde fines de mayo de 2010 la planta no está en funcionamiento, específicamente, por las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y otros compuestos orgánicos volátiles (VCOs) que todavía no han terminado de identificar.³⁶ Además, según fuentes de la empresa, durante 2008 sólo lograron producir 3 horas de energía en todo el año.³⁷

³⁵ <http://www.islandpulse.co.uk/b2/island-gasification-plant-powers-up/>,
<http://www.greenlaneecodump.org/?p=284>, <http://www.islandpulse.co.uk/b2/energy-plant-waste-or-pollution/>

³⁶ <http://www.ottawacitizen.com/magic+machines/3075552/story.html>
<http://www.ottawacitizen.com/Exhaust+fumes+stall+Plasco+project/3066176/story.html>
<http://www.cbc.ca/technology/story/2010/04/22/ott-plasco-deal.html>
<http://www.watershedsentinel.ca/content/waste-energy-part-3-incineration>

³⁷ <http://www.watershedsentinel.ca/content/waste-energy-part-3-incineration>

La misma empresa intentó instalar una planta en Port Moody, Columbia Británica, pero retiró la propuesta antes de la última reunión del Concejo local ante la resistencia de los vecinos por los problemas surgidos en la planta de Ottawa, la falta de información clara y los riesgos financieros.³⁸ No existen plantas de gasificación de residuos urbanos operando a nivel comercial en este país; se están evaluando propuestas de incineración convencional con recuperación de energía y gasificación en Durham (Ontario), Vancouver, Puerto Esperanza (Ontario) y Red Deer (Alberta).³⁹

● Rechazo de instalación de planta de gasificación por plasma. Los Angeles, Estados Unidos. 2009.

La tecnología de arco de plasma de Plasco Energy Group fue rechazada, junto con otras, por el gobierno de la Ciudad de Los Angeles en 2009 porque la propuesta no fue “suficientemente confiable”. El Reporte conjunto del Departamento de Obras Públicas, la Agencia de Sanidad y la Dirección de Administración de Contratos indica: “Plasco Energy Group propone la Gasificación por Plasma (conversión térmica) para tratar RSU. Esta tecnología se propone bajo la categoría de Tecnología emergente. La planta propuesta requiere que primero se remuevan los elementos grandes presentes en los RSU, luego la trituración del material antes de someterlo a la Gasificación por Plasma.”

Y continúa: “La empresa no ha demostrado que esta tecnología haya tenido la capacidad de procesar al menos 1000 toneladas en cualquier año, como es la preferencia de la Ciudad según se establece en el Adjunto A del RFP⁴⁰ Las plantas de referencia señaladas tampoco han podido operar continuamente con RSU y han sido clausuradas para solucionar problemas de diseño de ingeniería. Cuando las plantas señaladas como referencia operaron, lo hicieron procesando un material similar a los RSU mezclado con materiales con alto valor calorífico a base de carbono (por ejemplo neumáticos), y por ende el material es disímil al que se establece en el RFP”. Agrega que: “Cuando se realizó la visita a la planta, la misma no estaba en funcionamiento, y no pudo ser puesta en marcha a pesar de reiterados intentos por parte de los operadores. Estas preocupaciones hacen que la propuesta no sea lo suficientemente confiable como para seguir evaluándola.”⁴¹

En Estados Unidos no se han construido plantas de incineración de RSU desde 1997 debido a los riesgos para la salud asociados a la combustión y a los costos económicos que redundan en una fuerte oposición pública.⁴² En los últimos dos años, Los Angeles, Sacramento, Santa Cruz y San José en California y la ciudad de Anderson, Indiana, rechazaron proyectos de gasificación y de arco de plasma.⁴³

³⁸ http://www.zerowastevancouver.org/plasco_fiasco.html

³⁹ <http://preventcancer.ca/main/issues-actions/stop-incineration>

⁴⁰ Request For Proposal. Etapa de un proceso licitatorio en el cual se invita al oferente a presentar su propuesta acorde a lo requerido por el comprador o licitante.

⁴¹ Los Angeles City. Department of Public Works, Bureau of Sanitation, Bureau of contract administration. Joint Board Report N° 1. 1 de junio, 2009.

⁴² INCINERATOR: Myths vs Facts. GAIA, 2009. <http://www.no-burn.org/incinerators-myths-vs-facts>

De los 113 incineradores actuales, 87 recuperan energía.⁴⁴ Aunque existen varios proyectos en evaluación, ninguna planta de RSU funciona en base a las tecnologías de gasificación, pirólisis o arcos de plasma a nivel comercial a escala significativa.

● Plantas de baja escala: Yoshii, Utashinai y Mihama-Mikata. Japón.

Existen 3 plantas de gasificación por arco de plasma similares co-construidas por Hitachi Metals Ltd y Westinghouse Plasma en las siguientes ciudades:⁴⁵

1. Yoshii. Planta piloto de 151 toneladas de RSU por día (Terminada en el año 2000).
2. Utashinai City. Planta de 200 toneladas por día de RSU y neumáticos (Terminada en el año 2002).
3. Mihama y Mikata. Planta de 25 toneladas por día de RSU y aguas residuales. (Terminada en el año 2002).

Estas plantas, actualmente operando a nivel comercial, tratan un tonelaje bajo y han tenido numerosos problemas técnicos durante los años de operaciones. Dado que son uno de los “ejemplos” de la industria a la hora de promocionar la gasificación por arco de plasma, un grupo de funcionarios de la ciudad de Sacramento, California, visitó las instalaciones en 2008 ante la propuesta de la empresa Sun Energy Group de construir una planta similar en esa ciudad, para luego rechazar esta propuesta.

Por otro lado, en noviembre de 2008, la consultora Juniper Consultancy Services Lt. realizó una investigación técnica sobre el proceso de gasificación por plasma Westinghouse/ NRG Alter, tecnología utilizada por estas plantas. El estudio concluye, entre otros puntos, que:

- Hubo problemas técnicos que derivaron en la falta de funcionamiento de la planta repetidamente;
- El gas de síntesis producido contenía muchos más compuestos que los que suelen declarar las empresas (material particulado, metales pesados, mercurio, cadmio, HC1, bromo, SO2 y dioxinas y furanos);
- El sistema de lavado del gas de síntesis presentó varios problemas;
- Los costos operativos de la disposición de los filtros de carbono impregnados con mercurio eran altos;
- Las escorias resultantes no pueden ser re utilizadas por contener altos componentes de sustancias tóxicas;
- Se produce una cantidad significativa de líquidos efluentes que deben ser tratados;
- Regularmente la planta experimentó inestabilidades del proceso y hubo problemas técnicos derivados de la presencia de objetos de metal que no fueron excluidos del proceso como se preveía.

⁴³ Greenaction Comments in Opposition to Sun Energy Group's Permit Application for a Plasma Arc Facility in New Orleans, Greenaction for Health and Environmental Justice, Junio de 2009. <http://www.greenaction.org/incinerators/neworleans/documents/GreenactionGreenactionCommentsOpposingSunEnergyGroupPlasmaArcPermitApplication.pdf>

⁴⁴ INCINERATOR: Myths vs Facts. GAIA, 2009. <http://www.no-burn.org/incinerators-myths-vs-facts>

⁴⁵ Departamento de Energía de Estados Unidos. http://www.netl.doe.gov/technologies/coalpower/gasification/gasifipedia/4-gasifiers/4-1-4-1a_westinghouse.html
Página web de la empresa Westinghouse. <http://www.westinghouse-plasma.com/projects/japan>

- Aunque los datos disponibles en relación a las emisiones de sustancias son limitados, existen registros que confirman la presencia de dioxinas y furanos; y en el caso de emisiones de material particulado, “no podrían alcanzar los estándares ambientales de Estados Unidos y la Unión Europea.”⁴⁶

Además, en el caso de la planta de Utashanai, los costos para sostener su funcionamiento han sido considerables. Según publica la revista Nature en 2007 “A pesar de las promesas (la tecnología por arco de plasma) todavía no ha logrado convertir la basura en oro”. Esta planta “ha venido luchando para sobrevivir desde que iniciara sus operaciones en 2002”.⁴⁷

En este país, las empresas Ebara, Hitachi, IHI, JFE, Kawasaki Giken y Nippon Steel entre otras, operan plantas de gasificación, aunque en la mayoría de los casos no tratan residuos urbanos exclusivamente y no lo hacen a una escala significativa.

● **Planta de gasificación cerrada: Karlsruhe, Baden-Württemberg, Alemania. 1999-2004.**

La planta de la empresa alemana de energía Energie Baden-Württemberg (EnBW) con tecnología de la suiza Thermosteel en la ciudad de Karlsruhe era una de las plantas de gasificación de residuos sólidos urbanos más grandes del mundo, diseñado para procesar 225.000 toneladas de residuos por año. Sin embargo, tuvo que cerrar en 2004 luego de años de mal funcionamiento, problemas operativos y grandes emisiones de sustancias tóxicas; sólo pudo tratar un quinto del total de los residuos que debía manejar por contrato. Cuando cerró, las pérdidas ascendían, al menos, a 400 millones de euros.

En un estudio de casos publicado por GAIA y Greenaction, se menciona que “durante los años en los que operó a modo de prueba se registraron problemas técnicos tales como una explosión, roturas del concreto de la cámara de altas temperaturas por corrosión y calor, y filtraciones en una pileta de sedimentos que contenía aguas residuales contaminadas con cianuro. El gobierno regional admitió que las paredes de la cámara estaban tan estropeadas que se habían caído algunos trozos y que se podrían haber producido otras explosiones. En el primer año de funcionamiento se descubrió que la planta había estado usando un sistema de ventilación de gases de emergencia, dato que los operadores no habían mencionado ni a las autoridades ni a la comunidad durante el proceso de entrega de los permisos.”⁴⁸

⁴⁶ Greenaction Comments in Opposition to Sun Energy Group’s Permit Application for a Plasma Arc Facility in New Orleans, Greenaction for Health and Environmental Justice, Junio de 2009.

⁴⁷ Citado en Una industria que vende humo. Alianza Global por Alternativas a la Incineración, GAIA. Junio de 2009. <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/unaindustriaquevendehumofinal.pdf>

⁴⁸ Informe: Incineradores disfrazados. Estudios de casos sobre el funcionamiento de las tecnologías de gasificación, pirólisis y plasma en Europa, Asia y Estados Unidos. Greenaction for Health and Environmental Justice www.greenaction.org, Alianza Global para Alternativas a la Incineración (GAIA) www.no-burn.org www.noalaincineracion.org Abril de 2006. <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/incineradoresdisfrazados estudiosdecaso.pdf>

Uno de los principales problemas de la planta fue la imposibilidad de controlar las emisiones de sustancias tóxicas. Entre otras, en el año 2000, se detectaron niveles de emisión que excedían los límites para carbono orgánico total (COT), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas. Los gases liberados por la cámara de emisiones de emergencia excedieron los límites reglamentados para dioxinas, metales pesados y otros contaminantes. En varias oportunidades se detectaron niveles de dioxinas mayores en el gas de síntesis depurado que en los que todavía no habían sido pasados por los dispositivos de lavado y también excedió los límites de emisión permitidos para cloruro de hidrógeno (HCl, precursor de la formación de dioxinas).

Frente a este fracaso, se rechazaron propuestas de plantas de Thermoselect en las ciudades alemanas de Herten, Bremen, Berlín y Hanau, y en la ciudad de Tessin, Suiza, cerca de las oficinas centrales de Thermoselect. Tampoco lograron avanzar propuestas en El Líbano, Austria y Polonia.

Además, en 1999 Thermoselect fue procesada por violaciones ambientales en la primera planta de gasificación de RSU instalada en Fontodoce, Italia, que incluían la contaminación de un lago cercano con compuestos tóxicos como cianuro, compuestos con cloro y nitrógeno.⁴⁹

● **Planta de gasificación cerrada. Wollongong, New South Wales, Australia. 2000-2004.**

La tecnología de gasificación de la empresa Brightstar Environmental se denominaba “Planta de Reciclaje de Residuos Sólidos y Energía” (SWERF, por sus siglas en inglés). Fue diseñada para tratar 30.000 toneladas de residuos urbanos por año, con el objetivo de ampliarla hasta las 150.000 toneladas anuales, pero por problemas técnicos nunca superó la etapa de prueba.

Tras haber funcionado durante dos años, Energy Developments declaraba en un comunicado de prensa que “se [ha] logrado operar durante 50 horas” pero que la planta estaba teniendo problemas con “asuntos menores relacionados con la manipulación de materiales.”⁵⁰

Las pruebas de emisiones realizadas en 2001 detectaron los siguientes problemas: los niveles de niebla ácida y/o trióxido de azufre excedían casi dos veces los límites permitidos en la habilitación de la planta; los niveles de arsénico excedían el límite otorgado por los permisos; se detectaron altas emisiones de NOx y altas emisiones de monóxido de carbono. En las mismas pruebas se detectaron emisiones de

⁴⁹ Informe: Incineradores disfrazados. Estudios de casos sobre el funcionamiento de las tecnologías de gasificación, pirólisis y plasma en Europa, Asia y Estados Unidos. Greenaction for Health and Environmental Justice www.greenaction.org, Alianza Global para Alternativas a la Incineración (GAIA) www.no-burn.org www.noalaincineracion.org Abril de 2006. <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/incineradoresdisfrazadosestudiosdecaso.pdf>

⁵⁰ Informe: Incineradores disfrazados. Estudios de casos sobre el funcionamiento de las tecnologías de gasificación, pirólisis y plasma en Europa, Asia y Estados Unidos. Greenaction for Health and Environmental Justice www.greenaction.org, Alianza Global para Alternativas a la Incineración (GAIA) www.no-burn.org www.noalaincineracion.org Abril de 2006. <http://noalaincineracion.org/wp-content/uploads/incineradoresdisfrazadosestudiosdecaso.pdf>

dioxinas, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, hidrocarburos poliaromáticos, hexaclorobenceno, metales pesados y otros químicos tóxicos.

En 2003 la empresa matriz Energy Developments anunció que dejaría de financiar las actividades de desarrollo de la tecnología SWERF. En abril de 2004, Energy Developments anunció el cierre de la planta de Wollongong. La ciudad de Wollongong había invertido más de 134 millones de dólares en la planta.

Antes de cerrar su planta, Brightstar Environmental buscaba instalar plantas en las ciudades australianas de Gosnell y Salisbury, y en las de Kent y Derby en el Reino Unido. La empresa también trató de instalar plantas en una serie de ciudades de la India y los Estados Unidos. Todos esos proyectos nunca avanzaron y fueron cancelados.

● **Planta de gasificación cerrada. Fürth, Alemania. 1998.**

El fracaso de la planta de Siemens en Fürth, Alemania, es uno de los fracasos más conocidos. La planta experimentó variados problemas de funcionamiento y culminó en un grave accidente con una fuga de gases que derivó en la hospitalización de trabajadores y atención médica de los habitantes de comunidades vecinas. El accidente se atribuye a una acumulación de residuos en la cámara de pirólisis, que provocó la sobrepresión y el escape de gas tóxico de pirólisis. Según fuentes europeas, una de las principales causas del accidente fue la mala preparación del insumo sin trituración y el haber incluido artículos grandes como por ejemplo, un colchón con resortes.⁵¹

⁵¹ Appendices, Evaluation of Conversion Technology Processes and Products. University of California. 2004

ANEXO 2: EFECTOS SOBRE LA SALUD

Todavía no han sido estudiados los cientos de subproductos tóxicos que liberan al ambiente las plantas de incineración, incluyendo aquellos presentes en residuos líquidos y sólidos. La mayoría de los contaminantes del aire proviene de la chimenea, pero también de “emisiones fugitivas” de otras partes del incinerador, que son difíciles de rastrear y eliminar. Deben considerarse las emisiones de los fluidos del lavado de gases (del equipo de control de la contaminación del aire) y de las cenizas volantes y de fondo y filtros.

En este listado sólo se mencionan las más estudiadas o conocidas.

• **Dioxinas y furanos**

Dioxinas es el nombre que se da a un grupo de compuestos con estructura química similar. Son compuestos que se producen involuntariamente en los procesos de combustión que involucran el cloro. Este grupo abarca a las dibenzo-p-dioxinas policloradas, furanos, bifenilos policlorados (PCBs), y otros compuestos clorados.

Las dioxinas son Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs), muy tóxicas aún en bajas concentraciones; persisten en el medio ambiente por períodos prolongados sin degradarse, se concentran en los tejidos grasos de los organismos vivos y se acumulan a medida que asciende la cadena alimentaria (proceso llamado biomagnificación). Según la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos la alimentación es la fuente más importante de exposición a dioxinas.

Por otra parte, estos compuestos pueden ser fácilmente transportados tanto por agua como por aire, desde la incineradora que le dio origen hasta puntos muy alejados.

Las dioxinas son causantes de diversos problemas en la salud, incluyendo malformaciones congénitas, desarrollo anormal del feto, alteraciones en el sistema inmunológico y en el sistema hormonal, desórdenes en el comportamiento, aumento en la incidencia de diabetes, retraso en el desarrollo, y cáncer. La más tóxica de las dioxinas (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina) ha sido clasificada como “cancerígeno humano cierto” por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer, dependiente de la Organización Mundial de la Salud.

• **Otros compuestos orgánicos halogenados**

Las plantas de incineración son fuentes de otros compuestos orgánicos halogenados. Entre estos se incluyen bifenilos policlorados (PCBs), bencenos clorados, naftalenos policlorados (PCN), fenoles halogenados, dioxinas bromadas y con distintas combinaciones de halógenos, dioxinas iodadas, dibenzotiofenos policlorados y muchos compuestos aza-heterocíclicos. En general, estas sustancias han sido mucho menos estudiadas que las dioxinas, y no son muy conocidos sus efectos sobre la salud. Algunas de estas sustancias son los hexaclorobenceno (HCB) y PCBs, ambas son consideradas Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs) según el Convenio de Estocolmo; de muchas se sabe o se sospecha que

son agentes cancerígenos, y se considera que varias tienen una toxicidad semejante a las dioxinas.⁵²

• **Materia particulada**

Los procesos de combustión como la incineración producen grandes cantidades de partículas ultra finas de menos de 10 micrometros –polvo, hollín y otras sustancias de menos de 2,5 micrómetros de diámetro– que pueden permanecer suspendidas en la atmósfera por largos períodos. Estas partículas pueden filtrarse en la mayoría de los equipos de control de contaminación del aire y producen especial preocupación para la salud por su capacidad para evadir los filtros naturales de las fosas nasales y depositarse en los pulmones. La materia particulada liberada por los incineradores contiene en su superficie metales pesados, dioxinas y otros compuestos similares. Las partículas finas han sido vinculadas al asma, la disminución de la función pulmonar y otras enfermedades respiratorias, la perturbación de la actividad cardíaca y el aumento de los índices de mortalidad.⁵³

• **Otros contaminantes**

Los gases ácidos, tales como el ácido clorhídrico (HCl), el ácido fluorhídrico (HF), el ácido bromhídrico (HBr) y los óxidos de azufre (SO_x), pueden dañar los incineradores, principalmente corroyendo los equipos de control de contaminación del aire. También pueden provocar o exacerbar una amplia gama de problemas de salud –especialmente respiratorios– y son precursores de la lluvia ácida. Los óxidos de nitrógeno (NO_x), que contribuyen al smog fotoquímico y a la lluvia ácida, son difíciles de separar de otros gases debido a su neutralidad química. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) son categorías amplias de químicos con variados efectos sobre la salud.⁵⁴

METALES PESADOS

En general, los incineradores liberan una amplia variedad de otros metales tóxicos, incluyendo plomo, cadmio, arsénico, cromo, manganeso, berilio y níquel, entre otros. Las plantas de incineración son el origen del 21% de las emisiones de manganeso y plomo, el 19% de antimonio, el 15% de estaño y el 11% de selenio.⁵⁵

• **Mercurio (Hg)**

El mercurio es una toxina que una vez liberada a la atmósfera, pasa al medio acuático y puede transformarse en metilmercurio, una forma altamente tóxica que puede bioacumularse y biomagnificarse (concentrarse progresivamente) y alcanzar altos niveles en la cadena alimentaria, especialmente en el pescado^{56 57}. El mercurio y sus compuestos no tienen ningún valor nutricional o bioquímico y son altamente tóxicos.⁵⁸ Para la población en general, la principal vía de exposición al mercurio es

⁵² Incineración de residuos, una industria muriendo. GAIA, 2003.

⁵³ Incineración de residuos, una industria muriendo. GAIA, 2003.

⁵⁴ Incineración de residuos, una industria muriendo. GAIA, 2003.

⁵⁵ Incineración de residuos, una industria muriendo. GAIA, 2003.

⁵⁶ World Health Organisation (1989) Mercury. Environmental Health Criteria 86. ISBN9241542861

⁵⁷ UNEP (2002) Global Mercury Assessment, United Nations Environment Programme (UNEP) Chemicals, Geneva, Switzerland. Available at: www.chem.unep.ch/mercury

⁵⁸ World Health Organisation (1989) Mercury. Environmental Health Criteria 86. ISBN9241542861

en forma de metil-mercurio y a través de la dieta.⁵⁹ El metil-mercurio daña principalmente al sistema nervioso y puede pasar fácilmente a través de la barrera placentaria y la barrera sanguínea del cerebro, y puede tener efectos adversos sobre el cerebro y sistema nervioso central en fetos y niños en desarrollo, incluso a niveles en los que muchas personas ya están expuestas en algunos países.⁶⁰ Investigaciones recientes también indican que la exposición puede aumentar las enfermedades cardiovasculares y del corazón.⁶¹

Los incineradores, especialmente los de residuos hospitalarios, son grandes fuentes de contaminación por mercurio. En Estados Unidos, aproximadamente el 39% de las emisiones de mercurio proviene de incineradores de basura; el promedio global es del 29% aproximadamente.⁶²

• Plomo

El plomo no tiene ninguna función bioquímica ni nutritiva conocida, es altamente tóxico para los seres humanos, así como para muchos animales y plantas.^{63 64 65} En el cuerpo, los niveles de plomo pueden acumularse a través de la exposición sostenida y tienen efectos irreversibles sobre el sistema nervioso, lo cual es de especial preocupación en jóvenes cuyo sistema nervioso está en desarrollo. Estos impactos pueden suceder aun en muy bajos niveles de exposición. Otros efectos incluyen daños en el sistema circulatorio, efectos sobre los riñones y en la reproducción.^{66 67 68} Algunos estudios han indicado que no existe un nivel seguro de exposición, particularmente en el sistema nervioso central de los seres humanos en desarrollo.⁶⁹

⁵⁹ UNEP (2002) Global Mercury Assessment, United Nations Environment Programme (UNEP) Chemicals, Geneva, Switzerland. Available at: www.chem.unep.ch/mercury

⁶⁰ Mahaffey, K.R., Clickner, R.P. & Bodurow, C.C. (2004) Blood Organic Mercury and Dietary Mercury Intake: National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 and 2000. *Environmental Health Perspectives* 112(5): 562-570

⁶¹ Virtanen, J.K., Voutilainen, S., Rissanen, T.H., Mursu, J., Tuomainen, T., Korhonen, M.J., Valkonen, V., Seppänen, K., Laukkanen, J.A., Salonen, J.T. (2005) Mercury, Fish Oils, and Risk of Acute Coronary Events and Cardiovascular Disease, Coronary Heart Disease, and All-Cause Mortality in Men in Eastern Finland. *Arteriosclerosis, Thrombosis and Vascular Biology* 25: 228-233

⁶² Incineración de residuos, una industria muriendo. GAIA, 2003.

⁶³ ATSDR (2007) Toxicological profile for lead, United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, August 2007

⁶⁴ Adams, W.J. & Chapman, P.M. (2006) Assessing the hazard of metals and inorganic metal substances in aquatic and terrestrial systems. ISBN: 1420044400. CRC Press

⁶⁵ WHO, World Health Organisation (1989) Lead; environmental aspects. *Environmental Health Criteria* 85. ISBN 9241542853

⁶⁶ ATSDR (2007) Toxicological profile for lead, United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, August 2007

⁶⁷ Jusko, T.A., Henderson Jr., C.R., Lanphear, B.P., Cory-Slechta, D.A., Parsons, P.J., R.L. Canfield (2008) Blood lead concentrations < 10 µg/dL and child intelligence at 6 years of age. *Environmental Health Perspectives* 116(2): 243-248

⁶⁸ Sanders, T., Liu, Y., Buchner, V., Tchounwou, P.B. (2009) Neurotoxic effects and biomarkers of lead exposure: a review. *Reviews on Environmental Health* 24(1): 15-45

⁶⁹ Canfield, R.L., Henderson, C.R., Cory-Slechta, D.A., Cox, C., Jusko, T.A., Lanphear, B.P. (2003) Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 µg per deciliter. *New England Journal of Medicine* 348(16): 1517-1526

• Cadmio

Es altamente tóxico para plantas, animales y humanos.^{70 71} El cadmio es una sustancia tóxica acumulativa y la exposición prolongada resulta en daño a los riñones y toxicidad en los huesos.^{72 73} Otras consecuencias sobre la salud debido a la exposición al cadmio pueden ser disrupción en el mecanismo del calcio, produciendo efectos directos sobre los huesos, así como también puede provocar hipertensión y enfermedades cardíacas. Además el cadmio y sus compuestos son conocidos como carcinogénicos en humanos, provoca, principalmente, cáncer de pulmón debido a las inhalaciones.⁷⁴

• Cromo

El cromo existe normalmente en el medio ambiente en su forma trivalente Cr (III), que generalmente tiene muy baja solubilidad en agua y tiende a precipitar rápidamente o a ser adsorbido por las partículas en suspensión y sedimentos del fondo. La forma hexavalente Cr (VI) puede existir, aunque con mucha menos frecuencia, y estos compuestos se convierten rápidamente a su forma trivalente Cr (III) a través de compuestos reductores. La forma hexavalente tiende a ser fácilmente soluble en agua y por lo tanto puede tener una gran movilidad en los ambientes acuáticos.^{75 76 77} El cromo (III) es un nutriente esencial para los animales y plantas, sin embargo altas dosis pueden ser perjudiciales. Por el contrario, el cromo hexavalente (VI) es altamente tóxico aún en concentraciones bajas, incluso para muchos organismos acuáticos.⁷⁸ Los compuestos de cromo hexavalente son corrosivos, y en los seres humanos se producen reacciones alérgicas en la piel tras la exposición independientemente de la dosis a la que hayan estado expuestos.⁷⁹ Por otra parte, el cromo hexavalente es un carcinógeno humano conocido bajo determinadas circunstancias.⁸⁰

⁷⁰ ATSDR (2008) Toxicological Profile for cadmium. United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2008

⁷¹ WHO, World Health Organisation (1992) Cadmium. Environmental Health Criteria 135. ISBN 9241571357

⁷² Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C, Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A., Groneberg, D.A. (2006) The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 1(22): 1-6

⁷³ WHO, World Health Organisation (1992) Cadmium. Environmental Health Criteria 135. ISBN 9241571357

⁷⁴ DHHS (2005) 11th Report on Carcinogens. U.S. Department of Health and Human Services, US Public Health Service, National Toxicology Program

⁷⁵ ATSDR (2008b) Toxicological profile for chromium. United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2008

⁷⁶ DeLaune, R.D., Patrick, W.H. & Guo, T. (1998) The redox-pH chemistry of chromium in water and sediment. In Allen, H.E., Garrison, A.W., Luther, G.W., eds, *Metals in Surface Waters*. Ann Arbor, USA. ISBN:1575040875: 262 pp.

⁷⁷ Lin C-J. (2002) The chemical transformations of chromium in natural waters - A model study. *Water air and soil pollution* 139 (1-4): 137-158

⁷⁸ Baral, A., Engelken, R., Stephens, W., Farris, J. & Hannigan, R. (2006) Evaluation of aquatic toxicities of chromium and chromium-containing effluents in reference to chromium electroplating industries. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 50(4): 496-502

⁷⁹ ATSDR (2008b) Toxicological profile for chromium. United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2008

⁸⁰ IARC (1990) Nickel and certain nickel compounds. In: International Agency for Research on Cancer (IARC) monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Volume 49; Chromium, Nickel and Welding. ISBN 9283212495

• Cobre

Los niveles de cobre en el medio ambiente suelen ser bastante bajos, generalmente menos de 50 mg/kg en los sedimentos de cuerpos de agua dulce no contaminados⁸¹ y por debajo de 30 mg/kg en suelos.⁸² La exposición a altos niveles de cobre biodisponible puede conducir a la bioacumulación y tener efectos tóxicos.⁸³ La descarga de cobre a los sistemas acuáticos genera especial preocupación ya que muchos organismos acuáticos son extremadamente sensibles al cobre, en particular en su estado soluble que es mucho más biodisponible y tóxico para una amplia gama de plantas y animales acuáticos,⁸⁴ incluso con efectos a muy bajas concentraciones.⁸⁵

• Níquel

El níquel en cantidades muy pequeñas es esencial para el crecimiento normal y la reproducción de la mayoría de los animales y plantas, y es probable que también lo sea para los seres humanos.⁸⁶ Sin embargo, los efectos tóxicos y cancerígenos pueden resultar de la exposición a concentraciones más altas para una amplia gama de formas de vida, incluidos efectos gastrointestinales y cardíacos.^{87 88} En los seres humanos, una proporción significativa de la población entre el 2 y el 5% es sensible al níquel, y los efectos pueden ocurrir en individuos sensibles a concentraciones mucho más bajas⁸⁹. Además, algunos compuestos de níquel se han clasificado como carcinógeno para los humanos, y también hay evidencia de carcinogenicidad en animales.⁹⁰

• Manganeso

Es un elemento esencial para los organismos vivos, incluido el ser humano. Por ejemplo, algunas enzimas requieren manganeso (por ejemplo: superóxido dismutasa) y otras son activadas por este elemento. (por ejemplo: kinasas, decarboxilasas). Efectos adversos en la salud pueden ser causados por una inadecuada o excesiva ingesta.

Efectos en los seres humanos: La inhalación de manganeso tiene efectos neurológicos que han sido extensamente documentados en trabajadores expuestos crónicamente a niveles elevados del metal. En respuesta a esta exposición se conoce el síndrome de “manganismo” que se asemeja al Síndrome de Parkinson e

⁸¹ ATSDR (2004) Toxicological Profile for copper. United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2004

⁸² Alloway, B.J. (1990) Heavy metals in soils. John Wiley and Sons, Inc. New York, ISBN 0470215984

⁸³ ATSDR (2004) Toxicological Profile for copper. United States Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 2004

⁸⁴ Adams, W.J. & Chapman, P.M. (2006) Assessing the hazard of metals and inorganic metal substances in aquatic and terrestrial systems. ISBN: 1420044400. CRC Press

⁸⁵ Sandahl, J.F., Baldwin, D.H., Jenkins, J.J. & Scholz, N. (2007) A sensory system at the interface between urban stormwater runoff and salmon survival. Environmental Science & Technology, 41(8): 2998-3004

⁸⁶ Alloway, B.J. (1990) Heavy metals in soils. John Wiley and Sons, Inc. New York, ISBN 0470215984

⁸⁷ ATSDR (2005) Toxicological profile for nickel. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service, August 2005

⁸⁸ Cempel, M., Nikel, G. (2006) Nickel: A review of its sources and environmental toxicology. Source: Polish Journal of Environmental Studies 15(3): 375-382

⁸⁹ ATSDR (2005) Toxicological profile for nickel. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, US Public Health Service, August 2005

⁹⁰ IARC (1990) Nickel and certain nickel compounds. In: International Agency for Research on Cancer (IARC) monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Volume 49; Chromium, Nickel and Welding. ISBN 9283212495

incluye anorexia, dolor muscular, apatía, monotonía y lentitud al hablar, movimientos lentos y faltos de coordinación.

Manganeso en agua de consumo: A pesar de que la ingesta de manganeso es contemplada como la menos tóxica, se han registrado casos de exposición oral a altas dosis del metal que han presentado trastornos neurológicos. A pesar de esto faltan detalles cuantitativos y cualitativos para establecer la relación causal.

Un estudio epidemiológico realizado en Grecia con el propósito de investigar la relación entre exposición prolongada al manganeso en agua y posibles efectos neurológicos en personas ancianas, concluyó que el aumento progresivo de la concentración de manganeso en agua estaría asociado a una prevalencia progresiva de síntomas neurológicos de envenenamiento por manganeso.⁹¹

Nuevos estudios sugieren que el consumo de agua potable con altas concentraciones de manganeso puede limitar el desarrollo intelectual de los niños en edad de crecimiento.⁹² No hay información disponible que relacione al manganeso y al cáncer en seres humanos. La exposición a altos niveles de manganeso en los alimentos produce un pequeño aumento en la tasa de tumores del páncreas en ratas machos y de tumores de la tiroides en ratones machos y hembras.

⁹¹ World Health Organization: "Manganese in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality", 2004.

VER TAMBIÉN: World Health Organization: "Manganese", Air Quality Guidelines", Chapter 6.8; WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2001, Second Edition.

⁹² Ljung, Karin y Vahter Marie: "Time to Re-evaluate the Guideline Value for Manganese in Drinking Water?", Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden, en Environmental Health Perspectives, VOLUME 115 | NUMBER 11 | November 2007 .