



ciencia & naturaleza

WWW.CIENCIAYNATURALEZA.COM.AR



**PAPELERAS**  
LA CONTAMINACIÓN EXPLÍCITA

# IBERÁ

Un recorrido por los esteros correntinos de singular belleza y exuberante

**Fauna Salvaje**



REVISTA Nº 4 | 2007 | AÑO 4 | \$ 5,50

La apasionante vida del **Fotógrafo de Naturaleza**



ISSN 1851-0620



9 771851 062004 00004

TECNOLOGIA INSPIRADA EN SERES VIVOS - PAJAROS Y FRUTALES  
EN PELIGRO: CAUQUEN COLORADO - POESIA: DESIDIA

# PROYECTOS CELULÓSICOS DE LA REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY. EL RIESGO AMBIENTAL

## SEGUNDA PARTE: PLANTAS KRAFT, CONTAMINANTES Y CONTAMINACIÓN. (PRIMERA PARTE EN WWW.CIENCIAYNATURALEZA.COM.AR)

Ing. Qco. Elías Jorge Matta

### Referencias

#### Industria y Salud

(1) Air Pollution and Cardiovascular Disease: A Statement for Healthcare

Smith, Jr and Ira Tager, Michael Lipsett, Russell Luepker, Murray Mittleman, Jonathan Samet, Sidney C., Robert D. Brook, Barry Franklin, Wayne Cascio, Yuling Hong, George Howard. Circulation 2004;109:2655-2671. Published by the American Heart Association. 7272 Greenville. <http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/109/21/2655> (September 2007)

(2) What's Wrong with the National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) for Fine Particulate Matter (PM2.5)?

Green, L. C., et al. Regulatory Toxicology and Pharmacology 35, 327-337 (2002) ISSN: 0273-2300

(3) Inflammatory effects of coarse and fine particulate matter in relation to chemical and biological constituents- Roel, P. F., et al.

Toxicology and Applied Pharmacology 195 (2004) 1- 11 ISSN: 0041-008X

(4) ¿LAS FABRICAS DE CELULOSA SON REALMENTE UNA AMENAZA PARA EL ECOSISTEMA DEL RIO URUGUAY?

Cafferata, L., Caram, J. Revista Industria & Química, 21 de febrero de 2007 Órgano Oficial de la Asociación Química Argentina <http://www.aqa.org.ar/iyq.htm> (September 2007)

(5) Literature review of epidemiological studies on the health effects on workers

in elemental chlorine free pulp mills and totally chlorine free pulp mills. Prepared for the Tasmanian Resource Planning and Development Commission March 2005 [http://www.rpdcs.tas.gov.au/\\_\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0003/66351/Literature\\_Review\\_of\\_Epidemiological\\_Studies.pdf](http://www.rpdcs.tas.gov.au/___data/assets/pdf_file/0003/66351/Literature_Review_of_Epidemiological_Studies.pdf) (September 2007)

#### Bioacumulación

(6) Determination of potentially bioaccumulating complex mixtures of organochlorine compounds in wastewater: a review. M. Concepcion Contreras Lopez

Environment International 28 (2003) 751-759 Elsevier Science Ltd. ISSN: 0160-4120

(7) Methodology for Predicting Cattle Biotransfer Factors

EPA - U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste September 23, 2005. <http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/combust/finalmact/ssra/btfrptfull05.pdf> (September 2007)

(8) The role of organic and free range poultry production systems on the dioxin levels in eggs. Aize Kijlstra Proceedings

of the 3rd SAF0 workshop 16-18 September 2004, Falenty, Poland. pages 83-90. <http://www.safonetw.org/publications/ws3/SAF0%20Master31.pdf> (September 2007)

#### Inventario Internacional de Dioxinas y Furanos

(9) The European Dioxin Emission Inventory. Stage II. Volume 1 EXECUTIVE SUMMARY 31.12.2000 [http://ec.europa.eu/environment/dioxin/pdf/stage2/volume\\_1.pdf](http://ec.europa.eu/environment/dioxin/pdf/stage2/volume_1.pdf)

(10) The European Dioxin Emission Inventory. Stage II. Volume 2

Desktop studies and case studies 31.12.2000 [http://ec.europa.eu/environment/dioxinpdf/stage2/volume\\_2.pdf](http://ec.europa.eu/environment/dioxinpdf/stage2/volume_2.pdf)

### I. LA IMAGEN AMBIENTAL DE LAS PLANTAS KRAFT

Se ha tomado como costumbre en las plantas celulósicas relativamente nuevas y bien cuidadas, llevar a recorrer las instalaciones a invitados importantes. El visitante ocasional siempre se sorprende con el agradable y curioso paseo, donde quizás perciba – en el peor de los casos, algo de olor, o alguna molestia respiratoria menor... Seguramente un guía lo invitará a beber un trago de los “efluentes tratados” que se están volcando al mar o al río más cercano para “demostrarle” que los mismo son completamente inocuos.

*¿Cómo congenia esta imagen con la sensibilidad de los habitantes cercanos a las plantas, en cualquier lugar del mundo? ¿Es un exceso de celo que todos los organismos internacionales reconocidos a nivel mundial le dediquen largos y especializados capítulos de regulación, limitaciones y estadísticas? ¿Son exagerados los numerosos relatos de accidentes puntuales, con serios daños a la flora y fauna de los humedales, ríos y mares, que involucran incluso a las plantas más modernas? ¿Carecen de fiabilidad los numerosos reportes médicos y de organismos de salud? (1,2,3,4,5).*

En primer lugar, este tipo de planta presenta siempre dos caras muy diferentes. Una, cuando todo el proceso trabaja en forma estable bajo control. Otra muy diferente, cuando por motivos que luego veremos, el control se pierde – incluso en forma parcial y temporalmente, por incidentes operativos bastante frecuentes, o bien por accidentes totalmente inesperados. Una “visita” en estas circunstancias ciertamente no es recomendable.

Instituto de Tecnología Celulósica Facultad de Ingeniería Química Santiago del Estero 2654, 3000 Santa Fe

Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC) UNL - CONICET Guemes 3450, 3000 Santa Fe.

Universidad Nacional del Litoral - República Argentina - ematta@intec.unl.edu.ar

“ ... Debemos terminar con la situación actual en que sólo es posible una economía saludable al precio de tener seres humanos enfermos.”

Erich Fromm, ¿Tener o ser?, 1957

Las plantas que producen celulosa por el proceso Kraft son complejas industrias químicas, donde ingresan, se manipulan (y en algunos casos se almacenan) numerosos compuestos tóxicos o peligrosos. Ellos representan un riesgo, tanto para el personal que trabaja en la misma como para aquellos que están fuera de sus límites. Por supuesto, son riesgosos también para todos los restantes seres vivos, animales y vegetales. Como se vio en la primera parte de esta serie (“Aspectos Básicos de las Plantas Kraft”, *Ecociencia & Naturaleza*, Nro.3, 2007), estos compuestos son sometidos a procesos y reacciones donde los mismos interactúan entre sí y con la madera. Esto genera una larga lista de nuevos sub-productos químicos. Aunque en la mayor parte de los casos estos sub-productos se generan en cantidades relativamente muy pequeñas, su nivel de toxicidad y peligrosidad está entre los más altos en las listas internacionales de materiales de riesgo. Son lamentablemente “famosos” dioxinas y furanos, ácido sulfhídrico y dióxido de azufre.

Pero hay en realidad toda una panoplia de químicos tóxicos que usualmente sólo imaginamos por las siglas o acrónimos que las agrupan. Tener absoluto control sobre todos y cada uno de estos compuestos es hoy técnicamente imposible, por lo que, de una u otra manera, parte de los mismo son emitidos al medio ambiente. Si la planta está diseñada y construida con lo mejor de la tecnología, y es operada en forma idónea, la mayor parte de las emisiones usuales – tanto gaseosas como líquidas, deberían estar por debajo del nivel humano de detección sensorial. En todos los casos - detectables o no, los valores puntuales (en todo lugar y en cada instante) deberían estar muy por debajo del umbral de daño parcial o letal, en el corto y mediano plazo.

**El gran problema con la gran mayoría de los contaminantes es su acumulación con el tiempo, independientemente de su concentración puntual y los “factores de dilución”.** Acumulación en tierras, afectando cultivos, pastizales y aguas subterráneas. Acumulación en las aguas, sea disuelta, incorporadas a las partículas en suspensión o sedimentadas. También

en las partículas del aire y aerosoles, sumándose a la gran masa de contaminantes que llena la atmósfera, viaja por los continentes y se deposita en mares y lagos (6,7). **Es esta acumulación la que finalmente más afecta a todos los seres vivos, incluidos los humanos, potenciada por la secuencia que llamamos cadena alimentaria o trófica.** Por supuesto que es importante mantener los niveles de concentración aceptables, en aguas y el aire a nivel del terreno. **Pero está palmariamente demostrado que ello no es suficiente para mantener la calidad del medio ambiente (8,9,10,11,12,13)**

Se produce acumulación en forma permanente, a cada hora y todos los días en que se emite, hasta que finalmente se superan los límites biológicamente admisibles y las defensas de los seres vivos. La velocidad con que se acumulan muchos de los contaminantes no depende de la concentración de la emisión, sí de la cantidad que se emite cada hora y el período de emisión, que en nuestro caso es continuo y permanente (12,13). La gran mayoría de las normas y regulaciones para la industria celulósica (EEUU, Canadá, Europa y Australia, con la honrosa excepción de Suecia) exigen que las plantas emitan sólo una determinada cantidad de contaminante por tonelada de celulosa producida. La relación “Kg contaminante / ton producida” es de hecho un “índice de eficiencia ambiental”. Este índice sin dudas ha mejorado enormemente desde 1980/1990 a la fecha. Ha contribuido mucho en ello las nuevas tecnologías, particularmente el abandono del cloro elemental en el blanqueo, los lodos activados en el tratamiento secundario de efluentes y los sistemas de depuración de gases, entre otros. Lamentablemente, el número y tamaño de las plantas y por lo tanto la cantidad total de contaminantes emitidos ha crecido mucho más rápidamente que lo que ha mejorado la relación “Kg contaminante/ton celulosa producida”. Esto está ocurriendo hoy con la mayoría de los contaminantes emitidos, especialmente con los más tóxicos (14,15,16,17,18,19).

Este problema, que tiempo atrás parecía acotado al hemisferio más desarrollado del planeta, se ha trasladado a nuestro

vecindario, de la mano de las mega-plantas (mega-contaminantes) que se instalarán y operarán en nuestras propias fronteras.

### II. LAS FUENTES DE CONTAMINACION

La bibliografía sobre contaminantes y materiales peligrosos en la industria celulósica y las estadísticas e inventarios de emisiones son numerosas. La mayoría de ellas está hoy disponible al público en Internet. Por lo que nos limitaremos en este trabajo a analizar sólo aquellos aspectos que consideramos más relevantes.

Las mayores fuentes de contaminantes en una moderna planta Kraft son los generados por el proceso. Es por lo tanto conveniente dividirlos en dos: las emisiones continuas, generadas 24 horas al día, al menos 340 días al año, y las emisiones o vuelcos esporádicos, originadas en incidentes operativos como falla del equipamiento, paradas intempestivas y otros.

#### II.1. EMISIONES CONTINUAS

Las emisiones continuas son, con el tiempo las de mayor impacto ambiental. Las tres grandes fuentes de estas emisiones son, en orden de importancia: Las **emisiones de chimenea** del sistema de recuperación química y la combustión de licor negro en particular.

Los **efluentes líquidos**, cuyos principales componentes son los diversos escapes de licor negro, los efluentes de blanqueo y la corriente de condensados que provienen de diversos sectores de planta. Los **desechos sólidos**, que contiene elementos fibrosos, productos químicos orgánicos e inorgánicos, y que generalmente son quemados o dispuestos en el terreno (*compost*). No quisiéramos desentendernos de este problema, pero por razones de espacio los desechos sólidos no serán analizados en este trabajo. Dado que más se emite cuanto más se produce, está claro que todas las emisiones continuas alcanzan un máximo cuando la planta se estabiliza y opera a su producción de diseño.



Fotos: Gentileza Sr. Norberto Guruciaga (Gualeduaychú)

- (11) The European Dioxin Emission Inventory. Stage II. Volume 3 Assessment of dioxin emissions until 2005 31.12.2000 [http://ec.europa.eu/environment/dioxin/pdf/stage2/volume\\_3.pdf](http://ec.europa.eu/environment/dioxin/pdf/stage2/volume_3.pdf)
- (12) Integrated assessment European Environment Agency 2005 [http://reports.eea.eu.int/state\\_of\\_environment\\_report\\_2005\\_1/en/SOER2005\\_Part\\_A.pdf](http://reports.eea.eu.int/state_of_environment_report_2005_1/en/SOER2005_Part_A.pdf)
- (13) Country analysis European Environment Agency 2005 [http://reports.eea.eu.int/state\\_of\\_environment\\_report\\_2005\\_1/en/SOER2005\\_Part\\_C.pdf](http://reports.eea.eu.int/state_of_environment_report_2005_1/en/SOER2005_Part_C.pdf) (September 2007)
- (14) HELCOM Indicator Fact Sheets for 2006 [http://helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en\\_GB/cover/](http://helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/en_GB/cover/) (September 2007)
- (15) Dioxin and furan atmospheric depositions to the Baltic Sea Helcom 2006 <http://helcom.fi/environment2/ifs/ifs2006/pcddf/depositions/> (September 2007)
- (16) Dioxin pollution in the Baltic Sea varies considerably <http://glwww.mst.dk/publica/projects/2003/87-7972-570-8.htm> (September 2007)
- (17) Development of tools for assessment of eutrophication in the Baltic Sea Baltic Sea Environment Proceedings No. 104 Helsinki Commission 2006
- Baltic Marine Environment Protection Commission ISSN 0357-2994
- (18) Workshop 3: Protection of Marine Resources European Maritime Policy Conference of the Baltic Sea Area, Kiel, 21 September 2006 [http://www.maritimeconference2006.com/Presentations/Workshop\\_3.pdf](http://www.maritimeconference2006.com/Presentations/Workshop_3.pdf) (September 2007)
- (19) Fine particle emissions, emission reduction potential and reduction costs in Finland in 2020 Karvosenoja, N., et al. Finnish Environment Institute 46 | 2006 ISBN 952-11-2414-8

## Descargas de Chimeneas. Partículas y Contaminantes

- (20) Laser Particle Measurements Improve Understanding of Deposit Formation in Pulp Mill Recovery Boiler CRFNews May/June 2004, VOL. 26, NO. 3 [http://www.ca.sandia.gov/crf/news/pubs/CRFNews/news\\_pdf/CRFV26N3.pdf](http://www.ca.sandia.gov/crf/news/pubs/CRFNews/news_pdf/CRFV26N3.pdf)
- (21) Combating Particulate Emissions in Energy Generation and Industry. Views and Conclusions from the FINE Particles - Technology, Environment and Health Technology Programme Mikael Ohlström, M., et al. FI-02044 VT, Finland. Copyright Tekes 2006 ISBN 952-457-246-X
- (22) Conversion Kinetics for Smelt Anions: Cyanate and Sulfide DeMartini, N. FACULTY OF CHEMICAL ENGINEERING ÅBO AKADEMI. Gillot Oy, Åbo, Finland, 2004 ISSN 1459-8205. ISBN 952-12-1431-7
- (23) Interaction between SO<sub>2</sub> and submicron atmospheric particles Kerminen, Veli-Matti, et al. Atmospheric Research 54\_2000.41-57 Elsevier Science. ISSN: 0169-8095
- (24) Formation of Polychlorinated Dibenzop-dioxins and Dibenzofurans from a Mixture of Chlorophenols over Fly Ash: Influence of Water Vapor Briois, C., et al. ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, VOL. 41, NO. 3, p850-856, 2007. Web Edition ISSN: 1520-5851
- (25) Evaluation of PCDD/F Congener Partition in Vapor/Solid Phases of Waste Incinerator Flue Gases CH I, K. S., CHANG, M. B. ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, VOL. 39, NO. 20, p 8023-8031, 2005. Print Edition ISSN: 0013-936X Web Edition ISSN: 1520-5851
- (26) Approaching gas-particle partitioning equilibrium of atmospheric PCDD/Fs with increasing distance from an incinerator: measurements and observations on modeling Chao, Mu-Rong. Atmospheric Environment, 38 (2004) p1501-1510. ISSN: 1352-2310
- (27) Atmospheric processes. Wet and dry deposition of organic compounds are controlled by their vapor-particle partitioning Bidleman, T. E. Environmental Science and Technology, Vol. 22, No 4, p361-367, 1988. Web Edition ISSN: 1520-5851

## II.1.1. EMISIONES DE CHIMENEA

Por la gran chimenea de la planta salen cuatro elementos bastante bien diferenciados:

-Los gases provenientes de la combustión del licor negro y el horno de cal, principalmente anhídrido carbónico, CO<sub>2</sub> (conocido "gas de invernadero") y anhídrido sulfuroso, SO<sub>2</sub>.

-Vapor de agua, proveniente del licor negro y la combustión, que representa más de un 12% del material total que sale por chimenea. A poco de salir de la misma, la mayor parte se enfría y condensa en pequeñas gotitas de agua (niebla).

-Partículas sólidas, generadas la mayoría en la caldera de recuperación, y que no son retenidas por el sistema de captura y lavado dispuestos a tal fin.

-Un gran número de contaminantes, entre los que se encuentran óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), orgánicos sulfurados (TRS), dioxinas y furanos y otros compuestos químicos. Siendo la fracción más numerosa en compuestos químicos, es por lejos la presente en menor cantidad. Como veremos, estos contaminantes se distribuyen parte en la fase gaseosa (gases propiamente dichos), parte viaja sobre la superficie de las partículas sólidas y parte se disuelve en la niebla de vapor de agua.

**Partículas Sólidas.** La mayor parte de las partículas sólidas que salen por chimenea se forman en el hogar de la caldera de recuperación, de la interacción de las sales de sodio y magnesio (ClNa, MxOy) y gases como ClH, SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, para terminar como un aglomerado de sulfato de sodio (SO<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>), carbonatos y cloruros de sodio, conocidos como fume. Otras se forman directamente a partir de gotas del material fundido en el fondo del hogar (*smelt*) que son arrastradas por el oxígeno y el vapor de agua inyectados al hogar. En cualquier caso, las partículas de menor tamaño tienden a salir por la chimenea (*fly ash*). Las calderas modernas cuentan con sistemas de captura de partículas en serie (precipitadores electrostáticos secos, filtros de bolsa, electrostáticos húmedos y scrubbers), de forma tal que el grueso de las partículas que finalmente abandonan la chimenea son de un diámetro

igual o inferior a las 10 o a las 2 micras (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), aunque está presente también, en pequeña proporción, una fracción con diámetros entre 40 y 10 micras. La característica principal de todas estas partículas es la de ser muy porosas, con una elevada relación de superficie/peso. En las fracciones PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, el total de superficie disponible por unidad de peso es muy alto, lo que les permite acomodar en ella una gran cantidad de contaminantes (20, 21, 22, 23,24,25). La Figura 1 muestra una partícula típica en calderas de recuperación.

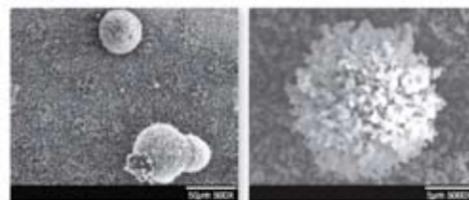


Figura 1. Partículas en Caldera Recuperación

Laser Particle Measurements Improve Understanding of Deposit Formation in Pulp Mill Recovery Boiler CRFNews, May/June 2004, VOL. 26, NO. 3

## Partículas Sólidas y Contaminantes.

Se conoce desde los años '70 que gran parte de los contaminantes formados por la combustión incompleta salen directamente de la caldera montada sobre la superficie de las partículas. Metales pesados, nutrientes como nitrógeno y fósforo, parte de gases como SO<sub>2</sub> y SH<sub>2</sub>, abandonan la chimenea como parte de la fase sólida. En algunos casos, a medida que los vapores se enfrían, una fracción de los contaminantes abandona la fase sólida y se disuelve en la niebla de vapor condensado. En otros casos, las condiciones son tales que la fase sólida se enriquece en contaminantes a medida que se aleja de la chimenea, "robando" de la fase gaseosa.

## Dioxinas y Furanos por Combustión.

El comportamiento de estos tóxicos poderosos merece un párrafo especial, dada la confusión que ha introducido alguna bibliografía. Dioxinas y furanos es el nombre que se da comúnmente a una larga lista de órgano-clorados (congénere), que difieren tanto en su estructura como en la cantidad de átomos de cloro en su molécula. En general, cuanto mayor el número de átomos de cloro, mayor

su toxicidad.

Dioxinas y furanos se forman en cantidades menores - aunque importante por su toxicidad, durante la combustión de un gran número de compuestos orgánicos, en particular madera, carbón y toda biomasa que contienen ligninas. El poco cloro requerido es aportado por la madera misma y la humedad que la acompañan, en forma de cloruros. A la caldera de recuperación de una planta Kraft, ingresa prácticamente toda la lignina y el cloro contenido en la madera procesada. La mayor parte de la lignina se quema y abandona el hogar. El cloro, por el contrario, se va acumulando en el hogar, ya que sólo puede escapar en cuando comienzan a formarse compuestos como dioxinas, furanos y algo de clorhídrico (ClH). Dado que el exceso de cloruros es altamente corrosivo para los tubos metálicos de la caldera, se implementan técnicas de cristalización de forma de retirar cloruros a medida que se acumulan, como práctica usual (49,50).

En definitiva, **si se generan dioxinas y furanos en la caldera de recuperación** y esto es totalmente independiente de las dioxinas y furanos que se forman en el blanqueo. O dicho de otra manera, si la planta produce sólo pulpa marrón, sin ningún tipo de blanqueo, igual generará dioxinas y furanos, y en la misma cantidad que se generaría en una planta con blanqueo de cualquier clase! (47). Está claro también, que si se envían a la caldera efluentes de blanqueo (ECF light), la generación de dioxinas se incrementa, aunque no sigue la misma proporción del cloro incorporado (48). Gran parte de dioxinas y furanos generados por combustión escapa por las chimeneas montado sobre la superficie de las partículas, y otra fracción como parte de la fase gaseosa. Pero es posible también, dependiendo del diseño de planta, que parte de estos compuestos y otros contaminantes abandonen la caldera hacia la planta de efluentes líquidos, como parte del lavado de gases y partículas (26,27,28,29,30).

**Partículas Líquidas, mezclas sólido-líquido y contaminantes.** Como se mencionó anteriormente, la gran proporción de vapor de agua que sale por chime-

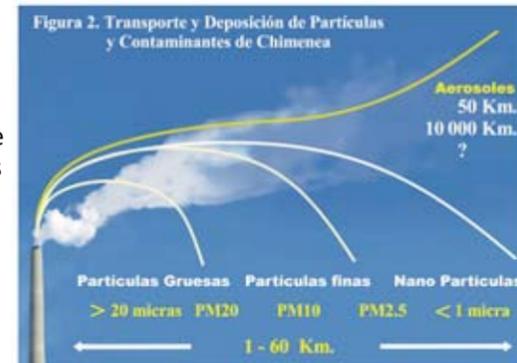
neas rápidamente se enfría y condensa en minúsculas gotitas, que compiten con los gases y sólidos en la partición de contaminantes. Eventualmente, el líquido puede tanto disolver gases como incorporar las partículas sólidas más pequeñas, formando así partículas de mayor tamaño.

**Trasporte y Deposición de Contaminantes.** Partículas sólidas, partículas líquidas o mezclas sólido-líquido y gases abandonan la chimenea formando "la pluma" y transportando su carga de contaminantes. El destino final de cada uno de estos componentes depende de las condiciones atmosféricas propias del lugar y del momento, fundamentalmente vientos y temperatura del aire a diversas alturas por arriba y por abajo de la pluma. Influyen también otros fenómenos meteorológicos (lluvia, inversión térmica) y topográficos (desniveles, espejos de agua).

Hay sin embargo una tendencia general que se verifica para casi todos los emisores estacionarios puntuales, sean chimeneas de plantas Kraft o no: las partículas mayores de cualquier tipo se separan de la pluma, y se depositan más rápidamente (y por lo tanto, más cerca del emisor) que las menores. Esto genera una deposición gradual pero no uniforme de contaminantes alrededor del emisor (aparentemente una distribución exponencial). Como resultado, la mayor parte de los contaminantes se deposita en un radio de pocos kilómetros, disminuyendo rápidamente la cantidad depositada con la distancia (31,32,33,34,35,36). No todas las partículas se depositan alrededor del emisor. Si se dan las condiciones adecuadas, las partículas más pequeñas se combinan con el aire formando aerosoles. El complejo fenómeno de los aerosoles, su físico-química, transporte y deposición, forma parte de muchas disciplinas, principalmente de la meteorología y el cambio climático. El destino final de los contaminantes que se llevan los aerosoles es incierto, ya que pueden viajar desde unos pocos hasta cientos de miles de kilómetros antes de depositarse (37,38,39,40,41,42). La Figura 2 presenta en forma simplificada el transporte y deposición general

de las partículas.

Como resultado de los fenómenos descritos, queda claro que los gases emitidos se van paulatinamente empobreciendo en contaminante, sea por la deposición "seca" o por deposición "húmeda". También se separan de la pluma y terminan depositándose (mayormente en forma "húmeda") los gases más pesados (el sulfhídrico, principalmente) (43,44,45,46), diluyéndose en el aire, al final, una mezcla casi exclusiva de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>.



No es posible cuantificar de antemano cuántos contaminantes se depositan con cada tipo de partículas, cuanto queda en la fase gaseosa y cuanto se llevan los aerosoles. Ello varía para cada contaminante en particular, las condiciones de operación, atmosféricas y otros. Pero es posible estimar, a partir de las distintas experiencias conocidas, que la mayor parte de los contaminantes (posiblemente entre un 30-50% de las emisiones totales de chimenea) se deposita por vía húmeda y un 10-20% por vía seca (partículas sólidas); es posible que los aerosoles se lleven de la zona hasta un 10% del total (39,40,42,44). Hay dos conclusiones ineludibles que debemos sacar de los párrafos precedentes: -Para mensurar cabalmente lo que emiten las chimeneas, es imprescindible tomar muestras de total eyectado por las mismas justo antes de su descarga, determinando contaminantes sobre la fase gaseosa, líquida y sólida. -Las determinaciones usuales de concentraciones "a nivel de suelo", a cualquier distancia del emisor no son representativas de lo que se ha emitido. Mucho menos si sólo se está midiendo concentración de la fase gaseosa. El mismo concepto se aplica a los llamados "modelos de dispersión de gases". Si

(28) National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants for Chemical Recovery Combustion Sources at Kraft, Soda, Sulphite, and Stand-Alone Semichemical Pulp Mills. Final Rule Federal Register: February 18, 2003 (Volume 68, Number 32), Rules and Regulations, p7706-7718.

EPA - Environmental Protection Agency  
<http://www.epa.gov/EPA-AIR/2003/February/Day-18/a3702.htm> (September 2007)

(29) Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases Edition 2.1, December 2005 (UNEP/POPS/COP.2/INF.11)

Conference of the Parties of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants  
 UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME  
[http://www.pops.int/documents/meetings/cop\\_2/followup/toolkit/addinf/Cat6%20from%20Toolkit-2005\\_2-1en.pdf](http://www.pops.int/documents/meetings/cop_2/followup/toolkit/addinf/Cat6%20from%20Toolkit-2005_2-1en.pdf) (September 2007)

(30) EMISSIONS OF DIOXINS AND DIOXIN-LIKE POLYCHLORINATED BIPHENYLS FROM DOMESTIC SOURCES DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS. UK  
 A REPORT BY ENVIROS CONSULTING LIMITED: MAY 2006  
<http://www.defra.gov.uk/environment/chemicals/pdf/dioxinsdomestic-final0605.pdf> (September 2007)

#### Descargas de Chimeneas. Transporte y Deposición de Contaminantes

(31) Modeling the formation of precursors of dioxins during combustion of woody fuel volatiles

Elena Daniela Lavric, E. D., et al.  
 Fuel, 84 (2005) p323-334 ISSN: 0016-2361  
<http://www.sciencedirect.com/>

(32) Validation of modeling approach to evaluate congener-specific concentrations of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in air and soil near a solid waste incinerator  
 Yoshida, K., et al. Chemosphere, 45 (2001) 1209-1217  
 ISSN: 0045-6535 <http://www.elsevier.com/>

(33) Chemical Characterization of Ambient Particulate Matter near the World Trade Center: Elemental Carbon, Organic

Carbon, and Mass Reconstruction  
 OLSON, D. A. et al.

ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY,  
 V38, N17, p4465-4473, 2004

<http://pubs.acs.org/journals/>

(34) Multiscale plume transport from the collapse of the World Trade Center on September 11, 2001.

Georgiy Stenchikov, G. et al.  
 Environ Fluid Mech (2006) 6: 425-450  
 DOI 10.1007/s10652-006-9001-8

(35) Metropolitan-scale Transport and Dispersion from the New York World Trade Center Following

September 11, 2001. Part II:  
 An Application of the CALPUFF Plume Model

GILLIAM, R. C., et al.  
 Pure appl. geophys. 162 (2005) 2005-2028  
 0033-4553/05/102005-24  
 DOI 10.1007/s00024-005-2702-y

(36) Chemical Analysis of World Trade Center Fine Particulate Matter for Use in Toxicologic Assessment

McGee, J. K. et al.  
 Environmental Health Perspectives. V111, N7, p972-980. June 2003

(37) Experimental and numerical analysis of pollutant dispersion from a chimney

Said, N. M., et al.  
 Atmospheric Environment 39 (2005) 1727-1738  
 ISSN: 1352-2310

(38) Characterization of total suspended particles around a power station in an urban coastal area in Eastern Spain

Boix, A., et al.  
 Environmental Geology, 40 (2001) p891-896  
 ISSN1432-0495 (Online)

(39) Major-ion bulk deposition around an active volcano (Mt. Etna, Italy) A. Aiuppa, A., et al.  
 Bull Volcanol (2006) 68: 255-265  
 Ingenta - SpringerLink

<http://caliban.ingentaconnect.com/>

(40) Atmospheric Fate and Transport of Toxic Air Pollutants

Dr. Mark Cohen June 7, 2007  
<http://www.arl.noaa.gov/> (September 2007)

(41) Modeling the Atmospheric Transport and Deposition of PCDD/F to the Great Lakes

Cohen, M. D., et al.  
<http://www.arl.noaa.gov/> (September 2007)

(42) SUPPORTING INFORMATION for Modeling the Atmospheric Transport and Deposition of PCDD/F to the Great Lakes

Cohen, M. D., et al.  
<http://www.arl.noaa.gov/> (September 2007)

no es posible tomar muestras del total eyectado por la chimenea, a la fecha la única aproximación adecuada es evaluar, junto con la concentración de gases, el total de las partículas depositadas, sólidas y líquidas, y realizar la determinación de los contaminantes que la acompañan.

#### II.1.2. EFLUENTES LIQUIDOS

Las emisiones líquidas de la industria de la celulosa son las más conocidas y divulgadas, por lo que no es necesario abundar demasiado en ellas. Pero sí es importante remarcar dos tópicos de importancia. Primero, que el nivel final de contaminantes volcados al río depende en mucho de la correcta operación de la planta de tratamiento secundario. En las plantas modernas, no sólo se reduce la materia orgánica que podría consumir oxígeno disuelto en el río (oxígeno imprescindible para los peces), también se descomponen parcialmente, por vía biológica, muchos de los compuestos órgano-clorados y otros elementos directamente tóxicos. *Si por el motivo que sea, este sistema secundario no está operable, u opera con muy baja eficiencia, los niveles de contaminación del efluente total se elevan dramáticamente, con alto riesgo para la fauna fluvial.*

**Efluentes de Blanqueo.** El segundo tópico que conviene aclarar, dado que es altamente discutido y discutible, es la participación del blanqueo en la toxicidad de los efluentes totales. En las antiguas plantas de blanqueo con cloro elemental, la generación de compuestos

órgano-clorados - dioxinas y furanos en particular, convertía al efluente de blanqueo en el mayor aporte de sustancias tóxicas al efluente final, con el agravante de que la mayor parte de esas dioxinas (congéneres) no sufrían cambio alguno en el tratamiento secundario. Hay quienes piensan que la aplicación de dióxido de cloro (ECF) no ha cambiado lo suficiente la toxicidad del efluente de blanqueo. Las empresas celulósicas afirman que con el blanqueo ECF "ya no se genera ni se vuelcan dioxinas". La realidad es que la toxicidad del efluente total se ha reducido en más de un 80% con la aplicación del dióxido de cloro. Pero aún se siguen generando y volcando "dioxinas" a los efluentes. Posiblemente ya no se producen los congéneres más clorados, los más estables y tóxicos. Pero se sigue generando una sustantiva cantidad de compuestos que pasan el tratamiento secundario y que deben informarse como dioxinas tóxico-equivalente en importantes legislaciones (48). La cantidad y toxicidad de las mismas depende de la cantidad de lignina presente en la primera etapa de aplicación de ClO2 y de la carga de dióxido aplicada en esta y otras etapas. No es casual que hoy se recomiende fuertemente el uso de ECF Light, donde se elimina la primera etapa de blanqueo con dióxido de cloro, y se reemplaza por ozono, oxígeno o combinaciones de estos reactivos y agua oxigenada (51,52,53,54,55,56).

#### NIVELES DE EMISIONES LIQUIDAS Y GASEOSAS

En la Tabla 1 se han resumido lo que

se considera (según las referencias) "los mejores índices alcanzables" de emisiones continuas para una planta Kraft con blanqueo ECF en régimen. Por simplicidad, sólo reproducimos los contaminantes más importantes (47,48,52,53,60,61,64). Como es posible apreciar, cuando esos índices se multiplican por un millón de toneladas de celulosa al año, las cantidades de muchos contaminantes emitidos se cuentan por toneladas. Trabajos anteriores han calculado las cantidades emitidas sobre la base de los índices que Botnia S.A. ha declarado ante el gobierno del Uruguay y el Banco Mundial (62,63). No hay diferencias sensibles con esos reportes. En todos los casos, siempre queda la sensación de que ninguna empresa, banco u organismo autorizante ha realizado la multiplicación. ¿Pensarán que las toneladas de contaminantes se diluirán en el agua, tierra y aire sin depositarse nunca y sin generar daño alguno? Al igual que en las emisiones de chimenea, una vez que los contaminantes ingresan al río, se fraccionan y reparten en la fase acuosa, partículas en suspensión y "flocs" que finalmente concluyen en los sedimentos de fondo. Determinar los contaminantes en solución sólo reflejará la composición de esa fracción (65).

#### II. 2. EMISIONES ESPORADICAS

Así como las emisiones continuas son nocivas por su efecto acumulativo en el tiempo, las emisiones esporádicas pueden ser letales para la biota fluvial (y eventualmente la salud humana) por la magnitud que alcanzan las descargas en muy poco tiempo y la concentración de algunos contaminantes.

En las plantas de celulosa Kraft (con o sin blanqueo de cualquier tipo) **los incidentes operativos** usuales de mayor riesgo son (no se incluyen aquí los accidentes de cualquier tipo):

-Los vuelcos o derrames masivos no-intencionales de licor negro (black liquor spill, flood, overflow).

-La salida de servicio del sistema de captura de material particulado en gases de chimenea, principalmente la parada temporaria de precipitadores electrostáticos.

-El colapso temporal del sistema de

tratamiento secundario de efluentes líquidos.

**II.2.1. Derrames de Licor Negro.** Como se vio en la primera parte de la serie ("*Aspectos Básicos de las Plantas Kraft*", Ecociencia & Naturaleza, Nro.3, 2007), el licor negro es el residuo acuoso de la digestión Kraft. Circula en grandes caudales por toda la "línea de fibra" de la planta, desde el digestor a al sistema de concentración por evaporación en la planta de recuperación química, pasando por lavadores. El flujo típico para una planta de 1 Mill. T/año es de aproximadamente 2300 m3/hora de licor negro diluido al 10% de sólidos. Cualquier desperfecto que obligue a una parada intempestiva de los evaporadores, lavadores o el sistema de bombeo, colmata rápidamente los tanques de reserva; consecuentemente, el licor negro se derrama hacia los colectores pluviales (66,667,68,69). Si la planta no cuenta con lagunas de retención y un layout avanzado, ese derrame inexorablemente va al río, obviamente, sin tratamiento previo alguno. Un derrame fuera de control por sólo media hora representa más de 1000 m3 de licor negro al río. Fuertemente alcalino, rico en sulfuro de sodio y compuestos orgánicos degradables que llevan su DB05 a más de 16 000 ppm y DQO a un valor casi diez veces superior, la descarga de esta masa conmocionaría totalmente la biota fluvial, eliminando todo el oxígeno del

río y generando una enorme mortandad de peces.

No es un fenómeno muy frecuente, pero es letal. Eventos como el descrito se han producido recientemente en plantas ultramodernas como la de Valdivia, Chile, en enero de 2006 (70,71,72) (ver Figura 3), en el lago Saimaa, el más grande de Finlandia, en el 2003 (73). Recientemente una planta no tan moderna generó otro importante derrame sobre el río Mataquitos (Chile).

#### II.2.2. Parada de Precipitadores Electrostáticos.

Caída de tensión, desperfectos y apagones son eventos que provocan la rápida salida de servicio del principal equipamiento para retención de material particulado (y sus contaminantes...). Aunque ello no ocurre muy frecuentemente, cuando sucede, una nube blanca y densa sale por chimenea, parte de la cual se deposita rápidamente en y en los alrededores de la planta. Dado que generalmente es un sistema en cascada, con una eficiencia de más del 95% de retención, la masa descargada (el total de lo generado en el lapso) es enorme en una planta de grandes dimensiones.

#### II.2.3. Colapso del Tratamiento Secundario de Efluentes Líquidos.

Menos frecuente en las plantas modernas que en las de décadas anteriores, el sistema biológico (barros activados y lagunas con aireación forzada) puede decaer en

Tabla 1. Emisiones Mínimas Factibles para una Planta en Régimen

Efluentes Líquidos	Unidad	INDICE (1)	Unidad	Emisión Anual
Volumen Efluente Final	m3/T	50	Miles m3	50 000
BOD5 (consumo O2 disuelto p/ microflora)	Kg/T	1.5	T	1 500
COD (demanda química O2 disuelto)	Kg/T	23	T	23 000
AOX (total contaminantes clorados)	Kg/T	0.25	T	250
TSS (total sólidos suspendidos)	Kg/T	1.5	T	1 500
N (nitrógeno total)	Kg/T	0.25	T	250
P (fósforo total)	Kg/T	0.03	T	30
<b>Total de Dioxinas &amp; Furanos</b>	<b>ng I-TEQ/T</b>	<b>18</b>	<b>ng I-TEQ</b>	<b>18 000 000</b>
Emisiones Chimenea a la atmósfera	Unidad	INDICE (2)	Unidad	Emisión Anual
Flujo de Gas considerado	NDm3/T	9 000	Miles NDm3	9 000 000
Total Quemado (Lignina y otros no fósiles)	T/T	2.7	T	2 700
PM (material particulado total)	Kg/T	0.5	T	500
SO2 (como SO2)	Kg/T	0.8	T	800
NOx (como NO2)	Kg/T	1.5	T	1 500
TRS (como S)	Kg/T	0.2	T	200
<b>Total de Dioxinas &amp; Furanos</b>	<b>ng I-TEQ/T</b>	<b>24</b>	<b>ng I-TEQ</b>	<b>24 000 000</b>

Base: 1 Millón T/año, 340 días operables/año.

NDm3 : Normal Dry m3

I-TEQ : International Toxic Equivalent Quotient

(1) Promedios Anuales

(2) Promedios Diarios

Referencias: ver el texto



Figura 3. Derrame de Licor Negro. Rio Cruces, Valdivia, Chile (Enero 2006)  
 Publicado por <http://argentina.indymedia.org/>

(43) Atmospheric Processes: Transport of Air Toxics, Source-Receptor Relationships National Park Service's Air Toxics Workshop Seattle, WA, June 26-27, 2001  
Cohen, M. D., et al.  
<http://www.arl.noaa.gov/> (September 2007)

(44) The Transport and Deposition of Persistent Toxic Substances to the Great Lakes III. Modeling the Atmospheric Transport and Deposition of Persistent Toxic Substances to the Great Lakes. Final Draft. December 1997  
Cohen, M. D., et al.  
<http://www.arl.noaa.gov/> (September 2007)

(45) Transboundary Particulate Matter in Europe: Status Report 2001  
Norwegian Institute for Air Research  
P.O. Box 100, N-2027 Kjeller, Norway  
Norwegian Meteorological Institute  
P.O. Box 43 Blindern, N-0313 Oslo, Norway  
EMEP Report 4/2001  
<http://www.nilu.no/projects/ccc/reports/emep4-2001.pdf> (September 2007)

(46) Air Pollutants and the Chesapeake Bay  
CBP 1/6/2000  
[http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/DOE\\_Special\\_Environmental\\_Analysis2.pdf](http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/DOE_Special_Environmental_Analysis2.pdf) (September 2007)

**Descargas de Chimeneas. Dioxinas & Furanos**  
(47) Dioxin and Furan Emission Factors for Combustion Operations in Pulp Mills by Vic Uloth and Ron van Heek  
Paprican, Prince George, BC  
The Green Lane™, Environment Canada's World Wide Web site  
Last updated: 2007-04-30; Last reviewed: 2007-04-30  
[http://www.ec.gc.ca/pdb/npri/2002guidance/dioxin2002/dioxin\\_combustion\\_e.cfm](http://www.ec.gc.ca/pdb/npri/2002guidance/dioxin2002/dioxin_combustion_e.cfm) (Agosto 2007).

(48) Development of new environmental emission limit guidelines for any new bleached eucalypt kraft pulp mill in Tasmania, Volume 1,2, August 2004  
Published by Resource Planning and Development Commission  
GPO Box 1691, Hobart Tasmania 7001, August 2004  
Production by Artemis Publishing Consultants, Hobart, Tasmania  
<http://www.rpdc.tas.gov.au/bekm> (Agosto 2007)

**Caldera de Recuperación**  
(49) Kraft Recovery Boilers  
Adams, T. N. et al  
Tappi Press, 1997  
ISBN 0-9625985-9-3

(50) Field Survey off Reduced-Sulfur Emissions from a Modern Finnish Pulp Mill Jarvensivu, M., Maenpaa, T., Jamsa-Jounela, S., Saari, K.  
Environmental Progress, V19 (3), p147-156, 2000.  
<http://www3.interscience.wiley.com/>

**Blanqueo**  
(51) Organochlorine compounds in bleach plant effluents. Genesis and control.  
Bajpai, P. and Bajpai P. K.  
Pira International, 1996. ISBN 1 85802 165 0

(52) Review of ECF and TCF bleaching processes and specific issues raised in the WWF report on Arauco Valdivia.  
RPDC. Resource Planning and Development Commission.  
TASMANIA  
[http://aet.org/science\\_of\\_ecf/eco\\_risk/becca.pdf](http://aet.org/science_of_ecf/eco_risk/becca.pdf) (September 2007)

(53) Response on submission citing dioxin calculation concerns  
Drew, R., Frangos, J.  
Toxikos TRI&0607-RJF, 4 July 2007. Gunns Limited  
<http://www.gunnsulpmill.com.au/epbc/Appendix%20A.pdf> (September 2007)

(54) ClO2 Generators And Kraft Mill Chemical Balance  
Fredette, M.  
Albright Wilson Americas, Toronto, Ontario  
<http://www.warmwisdompress.com/r/generators/clo2-generators.asp> (September 2007)

(55) AOX formation in ECF bleaching at different kappa numbers-influence of oxygen  
Delignification and hexenuronic acid content  
Bjorklund, M. et al  
Tappi Journal, V1 (7), p20-24, 2002.  
ISSN 0734-1415

(56) Formation of AOX and OCI in ECF bleaching of birch pulp  
Bjorklund, M. et al  
Tappi Journal, V3(8), p7-12, 2004.  
ISSN 0734-1415

**Efluentes Planta**  
(57) Drainage impact evaluation on waste water treatment microbiology and quality of treated effluent  
Tatiana Heid Furlley (Aplysia Assessoria e Consultoria Ltda.)  
Alberto Carvalho de Oliveira Filho, Emilio Sérgio Montenegro (Aracruz Celulose SA)  
ABTCP 34th Annual Pulp and Paper Meeting, October 22nd – 25th, 2001

(58) Gunns Bell Bay Pulp Mill Draft IIS, Volume 10, Appendix 22  
Human Health Risk Assessment, Toxikos Erratum, 15/09/2006  
<http://www.rpdc.tas.gov.au/> (Agosto 2007)

(59) Review of Toxicological Appendices in the Gunns IIS Report  
Beca AMEC Limited, Australia  
ABN: 52 105 514 627. October 2006  
[http://www.rpdc.tas.gov.au/\\_data/assets/pdf\\_file/0015/70710/Beca\\_AMEC\\_Review\\_of\\_Toxicological\\_Appendices.pdf](http://www.rpdc.tas.gov.au/_data/assets/pdf_file/0015/70710/Beca_AMEC_Review_of_Toxicological_Appendices.pdf) (Agosto 2007)

(60) PHASE 01 AUDIT REPORT IN CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A  
VALDIVIA PLANT, CHILE. MAY 2005.  
Consultants of the National Cleaner Production Center, CNTL SENAI  
Celso Foelkel, Wagner Gerber, Rosele Neetzow  
[http://www.e-seia.cl/externos/fiscalizacion/archivos/digital\\_idExp25\\_idFis4499.pdf](http://www.e-seia.cl/externos/fiscalizacion/archivos/digital_idExp25_idFis4499.pdf) (Agosto 2007).

(61) PHASE 02 ENVIRONMENTAL AUDIT REPORT CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCIÓN S.A  
VALDIVIA MILL, CHILE. APRIL-MAY 2006.  
Consultants of the National Cleaner Production Center, CNTL SENAI  
Celso Foelkel, Wagner Gerber, Rosele Neetzow  
[http://www.e-seia.cl/externos/fiscalizacion/archivos/digital\\_idExp891034\\_idFis6347.pdf](http://www.e-seia.cl/externos/fiscalizacion/archivos/digital_idExp891034_idFis6347.pdf) (Agosto 2007).

(62) Informe de la Delegación Argentina al Grupo Técnico de Alto Nivel Argentino-Uruguayo - 03 FEB 2006  
<http://www.cancilleria.gov.ar/portal/novedades/informegtan.html> (September 2007)

(63) Grupo Técnico Interdisciplinario de la Asamblea Ciudadana Ambiental de Gualaguaychú  
[http://www.eldiadegualaguaychu.com.ar/portal/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2312&Itemid=119](http://www.eldiadegualaguaychu.com.ar/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=2312&Itemid=119) (September 2007)

(64) AET presentation  
The Minimum-Impact Mill: "State-of-the-Art" Manufacturing  
Douglas C. Pryke, P.Eng.  
Alliance for Environmental Technology  
[http://aet.org/science\\_of\\_ecf/ecf\\_closed\\_loop/metaforepresentation.pdf](http://aet.org/science_of_ecf/ecf_closed_loop/metaforepresentation.pdf) (September 2007)

(65) PLAN DE SEGUIMIENTO DINAMA PLANTA DE CELULOSA EN FRAY BENTOS VERSIÓN MAYO 2007  
<http://www.dinama.gub.uy/> (Julio 2007)

**Licor Negro. Características. Derrames**  
(66) EPA. FINAL DATA SUMMARY for SPENT PULPING LIQUOR CAS No. 66071-92-9  
2003 FEB26  
<http://www.epa.gov/hpv/pubs/summaries/afpa/c12936fids.pdf> (September 2007)

(67) EPA. Federal Register / Vol. 70, No. 31  
Wednesday, February 16, 2005 / Proposed Rules  
<http://a257.g.akamaitech.net/7/257/2422/01jan20051800/edocket.access.gpo.gov/2005/pdf/05-2986.pdf> (September 2007)

(68) Technical Support Document for Best Management Practices for Spent Pulping Liquor Management, Spill Prevention and Control  
EPA-821-R-97-011, October 1997  
[http://www.epa.gov/waterscience/pulppaper/jd/bmp\\_v2a.pdf](http://www.epa.gov/waterscience/pulppaper/jd/bmp_v2a.pdf) (Junio 2007)

(69) Kraft Pulp Mill Compliance Assessment Guide  
EPA/310-B-99-001, 1999  
<http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/sectors/kraftpulp.pdf> (Junio 2007)

(70) The Valdivia story  
Pulp and Paper International  
November 2005, page 21  
ISSN 033-409X

(71) Interview with Dr Warwick Raverty  
The Sitegeist Web Page  
Tuesday April 17, 2007  
<http://typingisnotactivism.wordpress.com/interview-with-dr-warwick-raverty-tuesday-april-17-2007/> (Junio 2007)

(72) Argentina Indymedia Web Page  
<http://argentina.indymedia.org/news/2006/01/370214.php> (Septiembre 2007)

(73) Sudden UPMKymmene mill discharge causes concern  
Jarmo Pasanen, Suomen Luonto,  
Setiembre 2003, page 15. English summaries.  
<http://www.suomenluonto.fi/artikkeli.php3?a=185> (septiembre de 2007)

# PROYECTOS CELULÓSICOS DE LA REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY.

pocas horas por diversos factores operacionales: cambios bruscos de temperatura y pH, contaminantes no usuales, etc. Nueva-mente, se trata de sistema de alta eficiencia, cuyo decaimiento parcial o total genera el envío a los difusores de efluente de líquido con toxicidad y capacidad de consumo de oxígeno varias veces superior al Standard, con fuerte afectación de la biota fluvial.

## III. COROLARIOS A LA SEGUNDA PARTE

-El actual nivel tecnológico no puede evitar que las plantas de celulosa Kraft, con o sin blanqueo, emitan continuamente contaminantes de reconocido riesgo y toxicidad. Las mega-plantas no tienen mejor tecnología que las plantas de menor tamaño. Pero contaminan más, proporcionalmente a su mega-producción. Sus dimensiones magnifican también las emisiones esporádicas e incrementa los riesgos accidentales.

-Toda la bibliografía y estadística existente indica que el grueso de los contaminantes emitidos se depositan y acumulan alrededor de la planta. La mayor parte de ellos en un radio no mayor a los 10-20 Km y el resto difunde hasta 50-60 Km, según las condiciones locales.

-Si se desea evaluar adecuadamente la cantidad total de contaminantes emitidos por la planta, el único método es determinar los caudales totales de líquidos y gases, realizando en el mismo lugar todos los análisis químicos necesarios, **antes que ingresen al río o a la atmósfera.**

-Determinar las concentraciones de contaminantes en el agua del río o en el aire, a nivel del suelo, sólo nos puede dar una pálida e incierta idea de las emisiones totales de planta, aún realizando estudios a gran escala y asistidos por modelos computacionales.

-Finalmente, debe quedar en claro que las emisiones continuas alcanzarán su máxima expresión sólo cuando la planta se establezca en su producción de diseño. Por el contrario, el riesgo de emisiones esporádicas está presente desde el mismo momento del arranque de planta. Y en este largo y azaroso período de la planta, es altamente probable que ocurran con mayor frecuencia y generen en el medio ambiente un impacto muy superior al de un evento similar con planta en régimen.



**ECO**  
ciencia & naturaleza

LOS ARRIBOS DE LA NOCHE

AGROPECUARIOS Y COLUMBIBURAT

ECO EN L'ENL DEL

Las Aves Urbanas y la Fotografía

INTRODUCCION AL FLY FISHING

NATURALEZA EN LA CIUDAD

PAPELERAS EL RIESGO AMBIENTAL EXPLICADO POR UN EXPERTO

SENIORAS EN LA CIUDAD SERIES UNO Y PAISAJES Y FRUTALES EN EL RÍO CAIGUÁN CO. GRADO. POESIA DESDE

**\$ 35**  
6 Números

Ingresá en nuestra web o envianos un e-mail  
[www.cienciaynaturaleza.com.ar](http://www.cienciaynaturaleza.com.ar)  
[administracion@cienciaynaturaleza.com.ar](mailto:administracion@cienciaynaturaleza.com.ar)