

LA POLÍTICA AMBIENTAL Y LA CUESTIÓN DE LAS PASTERAS SOBRE EL RÍO URUGUAY

*II Seminario del Instituto de Política Ambiental de la
Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas,
llevado a cabo el 31 de agosto de 2007*

Las ideas que se exponen en esta publicación son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente la opinión de la Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas.

ISSN: 0325-4763

Hecho el depósito legal

© Academia Nacional de Ciencias Morales y Políticas

Avenida Alvear 1711, P.B. - Tel. y fax 4811-2049

(1014) Buenos Aires - República Argentina

ancmyp@ancmyp.org.ar

www.ancmyp.org.ar

**ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS
MORALES Y POLÍTICAS
JUNTA DIRECTIVA 2007 / 2008**

Presidente Académico GREGORIO BADENI
Vicepresidente Académico ISIDORO J. RUIZ MORENO
Secretario Académico HUGO O. M. OBIGLIO
Tesorero Académico JORGE EMILIO GALLARDO
Prosecretario Académico FERNANDO N. BARRANCOS Y VEDIA
Protesorero Académico HORACIO SANGUINETTI

ACADÉMICOS DE NÚMERO

Nómina	Fecha de nombramiento	Patrono
Dr. Segundo V. LINARES QUINTANA ..	03-08-76	Mariano Moreno
Dr. Horacio A. GARCÍA BELSUNCE.....	21-11-79	Rodolfo Rivarola
Dr. Pedro J. FRÍAS	10-12-80	Estanislao Zeballos
Dr. Alberto RODRÍGUEZ VARELA	28-07-82	Pedro E. Aramburu
Dr. Natalio R. BOTANA	11-07-84	Fray Mamerto Esquiú
Dr. Ezequiel GALLO.....	10-07-85	Vicente López y Planes
Dr. Horacio SANGUINETTI.....	10-07-85	Julio A. Roca
Dr. Carlos María BIDEGAIN.....	25-06-86	Fray Justo Santa María de Oro
Dr. Carlos A. FLORIA.....	22-04-87	Adolfo Bioy
Dr. Leonardo MC LEAN.....	22-04-87	Juan B. Justo
Monseñor Dr. Gustavo PONFERRADA ..	22-04-87	Nicolás Avellaneda

Nómina	Fecha de nombramiento	Patrono
Dr. Gerardo ANCAROLA	18-12-92	José Manuel Estrada
Dr. Gregorio BADENI.....	18-12-92	Juan Bautista Alberdi
Dr. Eduardo MARTIRÉ.....	18-12-92	Vicente Fidel López
Dr. Isidoro J. RUIZ MORENO	18-12-92	Bernardino Rivadavia
Dr. Jorge R. VANOSSI	18-12-92	Juan M. Gutiérrez
Dr. Félix LUNA.....	23-04-97	Roque Sáenz Peña
Dr. Víctor MASSUH	23-04-97	Domingo F. Sarmiento
Dr. Hugo O. M. OBIGLIO	23-04-97	Miguel de Andrea
Dr. Alberto RODRÍGUEZ GALÁN	23-04-97	Manuel Belgrano
Dr. Fernando N. BARRANCOS Y VEDIA	28-04-99	Benjamín Gorostiaga
Dr. Dardo PÉREZ GUILHOU.....	28-04-99	José de San Martín
Dr. Adolfo Edgardo BUSCAGLIA.....	10-11-99	Dalmacio Vélez Sársfield
Dr. Juan R. AGUIRRE LANARI	27-11-02	Justo José de Urquiza
Dr. Bartolomé de VEDIA	27-11-02	Carlos Pellegrini
Dr. Miguel M. PADILLA	24-09-03	Bartolomé Mitre
Sr. Jorge Emilio GALLARDO	14-04-04	Antonio Bermejo
Dr. René BALESTRA	14-09-05	Estaban Echeverría
Dr. Alberto DALLA VÍA.....	14-09-05	Félix Frías
Dr. Rosendo FRAGA.....	14-09-05	Cornelio Saavedra
Embajador Carlos ORTIZ DE ROZAS	14-09-05	Ángel Gallardo
Dr. Mario Daniel SERRAFERO.....	14-09-05	José M. Paz
Dr. Juan Vicente SOLA	14-09-05	Deán Gregorio Funes

ÁRBOL Y PAPEL

Por el ING. JORGE OTTONE

En primer término podemos definir qué es papel. Expresa el diccionario: “lámina delgada hecha con fibras vegetales blanqueadas y deslidas (diluidas) en agua que después se hace secar, endurecer y –podemos agregar– blanquear con procesos complejos industriales especiales”.

Se puede disponer en base a esta definición, distintos tipos de papel aplicables a múltiples usos. Algunos ejemplos pueden ser: papel muy fino (cebolla), papel de embalaje marrón (color natural de la fibra de los árboles), papel de filtro poroso, papel para cigarrillos, papel tornasol (uso en laboratorios), papel sedoso nacarado, papel pergamino, papel pintado para paredes, papel secante esponjoso, papel vegetal para dibujantes, y sería largo seguir expresando distintas características de papel que hoy dispone la humanidad.

Origen del papel

Desde antiguas civilizaciones, varios años antes de Jesucristo, muy en particular en países poderosos de Oriente, se

fueron gestando diversas metodologías de escritura en variados materiales; una de las iniciales fue el *Papyrus* sp., previo al paso de uso de pieles de animales. Fue llegando con mayor asiduidad el uso de fibras vegetales, las cuales adecuadamente preparadas, dieron origen a los papeles disponibles en la actualidad.

El avance de los conocimientos fue determinando paulatinamente que el material más adecuado de utilizar era la madera. Puede provenir de dos grupos de especies: Coníferas que se caracterizan porque su madera está formada por fibras celulósicas largas (2 mm). Por el contrario, las especies arbóreas latifoliadas o de hoja ancha, brindan celulosa de fibra corta (1 mm o menos).

Unas u otras fibras están unidas, cuando conforman la madera, por una sustancia que suele llamarse cemento péctico, pero modernamente se la denomina "lignina". La lignina origina varios problemas en la fabricación de la celulosa, ya que debe ser extraída en particular con sustancias químicas para que las liberen unas de otras, y además se debe blanquear la pasta. Esto es lo que originaba antiguamente problemas ya que se utilizaba gas Cl (cloro, que presenta gran actividad química). Pero en los últimos años se difundió el uso de Cl₂O (dióxido de cloro) que tiene una condición de gran estabilidad y no origina mayormente los problemas anteriores. También hay empresas que emplean H₂O₂ (sustancia inestable - agua oxigenada) y otras directamente O₂ (oxígeno). Estas últimas tienen el problema de su mayor costo.

Panorama forestal del país respecto al tema celulósico

La fabricación de papel en el país se inició con materia prima que era importada de países como Canadá, Finlandia, Suecia y otros varios.

Ello ocurre durante varios años hasta que se produce la Segunda Guerra Mundial y se origina una aguda crisis tanto de celulosa como de papel, en particular del papel de diarios que quizás muchas veces digitaron por años las noticias.

Además de pasta celulósica, la incipiente industria consumía recortes y rezagos de papeles.

Esto determinó que comenzaran a instalarse las primeras fábricas de pastas celulósicas, que utilizaban en esos inicios, residuos de las cosechas de cereales, sorgo o cañas de varias especies. Debido a la calidad de materia prima no daba buenos resultados. Además había que esperar las cosechas, segarlos y transportarlos a las fábricas y allí realizar grandes parvas con ese material, que además era fuertemente inflamable, con el peligro que ello concierne. Pero además, pasado cierto tiempo, los restos comenzaban a deteriorarse.

Hace alrededor de 60 años se instaló en la localidad de Capitán Bermúdez, Provincia de Santa Fe, ubicada frente el Río Paraná y cercana a Rosario o Paraná la primera fábrica.

Se inició utilizando madera de *Eucalyptus* sp., para fabricar pasta química blanqueada que entraba en una mezcla de pastas en un 20%, 40% de celulosa de pajas varias, 40% de *Pinus* sp. de fibra larga importada. Se obtenía un buen papel de obra para escribir e imprimir.

En poco tiempo se instala en Zárate (Provincia de Buenos Aires) sobre la costa del Río Paraná, una fábrica de papel de diario, propiedad de una importante empresa ítalo-argentina, que elabora a la vez pasta mecánica, empleando para ello madera de *Salix G* (sauce), *Populus* (álamos), que se provee de las plantaciones establecidas en el Delta del Paraná. El papel de diario que produce, es el resultado de la mezcla de la citada madera con el 30% de fibra larga de *Pinus* (pino) que era importada.

Entre el año 1956 y 1957 la misma empresa inicia la producción de pasta química en Puerto Piray (Misiones), sobre el río Paraná y a pocos kilómetros de la ciudad de Eldorado, ubicada aproximadamente en el medio de la Provincia.

Esta fábrica consume solo madera, que en mayor porcentaje corresponde a la Conífera *Araucaria augustifolia*, (Pino Paraná) que cubre extensos bosques naturales en particular en la zona central este, que se cortan en gran magnitud.

Luego, esta tan importante especie es reemplazada por los *Pinus* sp. introducidos que se cultivan primordialmente en Misiones.

Se instala en la época una planta fabril en Jujuy (aún continúa activa), que utiliza como materia prima bagazo de caña de azúcar, pero que puede emplear fibras de madera.

Con alrededor de 25kg/persona, durante muchos años hacia los '80 del siglo pasado, la República Argentina ocupaba el primer lugar por el uso de papel y sus derivados de Latinoamérica, con lo que sumaba un alto grado de alfabetización.

En los últimos 25 años del siglo pasado se multiplicaron enormemente las fábricas de papel de distintas características.

El sistema de elaboración partiendo de maderas es al sulfito y otras a la soda o al sulfato. Otras elaboran pastas mecánicas que consisten en desfibrar los troncos.

La importación correspondía a pastas químicas de fibra larga.

Plan de forestación del país

Durante los años 1945/48, el país tenía un conjunto de jóvenes Ingenieros agrónomos, que pugnaban por lograr una organización moderna en materia forestal. Consiguen la creación de la

que se conoce como Ley 13.273 de Defensa de la Riqueza Forestal, que tenía como principal objetivo manejar los bosques nativos, en particular los quebrachales de Chaco, Formosa, Santa Fe y Santiago del Estero. Pero surge paralelo el problema de la provisión de papel para el país en creciente demanda.

Por ello se fomentan las plantaciones de las especies citadas de rápido crecimiento, con créditos redituables, empréstitos a largo plazo y se dictan normas de que ciertos fondos, que se debían pagar como impuestos, se emplearan para realizar plantaciones. Se puso en práctica un crédito fiscal que no se debía devolver y por último un beneficio a la plantación obtenida. Se plantaron así alrededor de 1.000.000 ha.

Si bien a parte de la madera también se le da otro uso de acuerdo al manejo de las plantaciones, un gran volumen se destina a papel.

Aún en la actualidad el objetivo se mantiene con mayor firmeza.

La materia prima y las industrias celulósicas

El país tuvo en este sentido, una gran fortuna ya que al tener un variado régimen de climas pudo iniciar una política para realizar grandes plantaciones con especies arbóreas que debían cumplir dos aspectos: uno, ser de rápido crecimiento y el otro, adaptarse a diversas zonas con apropiadas actitudes, disponer de suelos adecuados para su evolución, abundante cantidad de agua por un río correntoso, accesos camineros favorables y mano de obra.

Estas características se dieron en las siguientes zonas:

- Delta del Paraná, donde desde el siglo anterior se cultivan *Populus* sp. (álamos), *Salix* sp. (sauces)

- Misiones donde desarrollaron rápidamente grandes forestaciones a base de *Pinus elliottii* y *Pinus taeda*
- Corrientes: *Pinus elliottii* y *Eucalyptus grandis* (Eucalipto), tanto sobre el Río Paraná y, en mayor cantidad, en el Río Uruguay.
- Entre Ríos: a su vez se efectuaron grandes plantaciones en particular de *Eucalyptus grandis* (Eucalipto grandis) y en menor cantidad *Pinus taeda* (Pino taeda) sobre el Río Uruguay.

Todas son de rápido crecimiento y se cortan para celulosa a los 8-10 años en comparación con Europa que debe esperar 35-40 años para cortar las especies que allí se desarrollan.

Ante ello, en los últimos 25 años se instaló en Misiones, una gran fábrica de papel a 50 km de Puerto Iguazú, denominada Alto Paraná, que es la de mayor producción de las existentes. Sigue la empresa ubicada en las cercanías de Eldorado y se instala otra cercana a Posadas, llamada Papel Misionero, también de gran producción sin ser el volumen como el de la de la mencionada en primer término. Es decir, tres empresas celulósicas sobre el Río Paraná y separadas por pocos cientos de kilómetros entre sí.

En otras regiones existen empresas de menor magnitud que generan la celulosa o utilizan la proveniente de las fábricas establecidas en el país.

Se puede mencionar que la fábrica exclusiva de papel prensa o de diario, ubicada en San Pedro (Buenos Aires), sobre el Río Paraná, utiliza el 70% de papel realizado con *Populus* (álamo), *Salix* (sauce) y el 30% de *Pino taeda* de Misiones.

Cabe mencionar igualmente que desde aproximadamente 1990 hasta hace poco tiempo, se exportaban rollizos de madera de Eucaliptos hacia Finlandia, Suecia, Francia y España para ser utilizados por la industria celulósica.

El problema de la industria que se ha planteado es el proceso de blanqueado de la pasta celulósica. Luego del trabajo industrial a que es sometida la madera, da una pasta de color variablemente marrón que dependerá en particular de la especie que se emplea como materia prima. Para darle el color “blanco leche” a la pasta se utilizaba en antaño cloro elemental, que fue reemplazado por el dióxido de cloro que es estable y no tiene carácter negativo. Ello se debió a que el primero es fuertemente tóxico

Empleando el que ha sido mencionado en segundo término se evitan las problemáticas que pudieran presentarse.

Se debe tener en cuenta que en el país funcionó una fábrica de papel con técnicas antiguas en la localidad de Campana, otra en Capitán Bermúdez (Santa Fe) y otra en Puerto Piray (Eldorado), todas con técnicas del cloro libre que hoy ya no se emplea.

Brasil tiene infinidad de fábricas de celulosa y papel que utilizan las nuevas técnicas sin problemas. Allí se encuentra la Empresa más grande del mundo que fábrica papel, llamada Aracruz.

En líneas generales, el proceso antiguo podría generar problemas; en el país no hay información de ello. El método de dióxido de cloro asegura no originar problemas.

Bibliografía

CICELPA. 2007. Publicaciones periódicas varias.

Comisión del Álamo. 1985. Reunión Nacional Salicáceas. Soluciones.

COZZO, D. 1985. La economía de los recursos forestales en la

Argentina de comienzo del próximo siglo. Rev. Asoc. Forestal Argentina. Buenos Aires.

COZZO, D. 2000. El bosque y la madera y el ejercicio de libertad de prensa. Dasonomía Argentina 2°.

GARCIA VOLONTE, R.; Suárez, E. A. 1989. Características de algunos sauces para la producción de papel de diarios. Jornadas CIEF

REPETTI, R. 1990. Relación de las características de la madera y las propiedades del papel. CIEF.

SAGPyA. 1999. Argentina. Oportunidades de inversión en bosques cultivados. Buenos Aires.

TINTO, J. C. 1992. Evolución del uso de los recursos madereros argentinos. Bosque y desarrollo 3 (N° 6) Lima, Perú.

TORTORELLI, L. A. 1956. Maderas y bosques argentinos. Acme Agency.

Se consultaron diversos folletos técnicos e informaciones periódicas.

EL RIESGO AMBIENTAL EN LA PRODUCCIÓN DE CELULOSA

Por el DR. MARIO R. FÉLIZ

*“Et tanto quis doctior erit,
quanto se sciverit magis ignorantem”*

De docta ignorantia
Nicolas de Cusa, 1440

Introducción

Desde mediados de la década del 80, los movimientos sociales ambientalistas han tenido, en los países de la **OECD**¹, una profunda influencia sobre la industria de la producción de celulosa y papel². Tanto es así, que se puede afirmar que no ha habido otra industria tan profundamente afectada, en tan corto tiempo y en tan amplia escala geográfica. En unos pocos años, el “estado del arte” en la producción de celulosa ha convertido a esta

¹ Organization for Economic Co-operation and Development. Reune a los 30 países más desarrollados.

² Social Movements and Ecological Modernization: The Transformation of Pulp and Paper Manufacturing. David A.Sonnenfeld. Development and Change [2002] 33, 1-27.

industria en una actividad mucho más amigable con el ambiente. Los productores alrededor del mundo han invertido billones de dólares en la adopción de nuevas tecnologías, en la modificación de algunas viejas y en el desarrollo de innovaciones locales, con el propósito de responder a las crecientes demandas ambientales, a las expectativas ciudadanas y a las regulaciones gubernamentales. Adicionalmente, millones de dólares se han destinado a la investigación y el desarrollo de nuevos procesos y tecnologías para la industria³.

La producción de celulosa se incrementa desde hace años en respuesta a una demanda en aumento, impulsada por el crecimiento sostenido de la economía mundial. A los grandes productores de pasta (USA, Canadá, Finlandia, Suecia) se han ido sumando países como Brasil, Chile, Nueva Zelanda y Australia. La Argentina y Uruguay son potenciales nuevos participantes de esta industria en expansión. Sin embargo, el conflicto generado por la instalación de la planta en Fray Bentos pone en riesgo las importantes inversiones que podrían realizarse en la región y perjudica, en el caso argentino, el desarrollo de provincias forestales como Corrientes, Misiones y Entre Ríos.

El autor de este trabajo no está vinculado, en ninguna forma, con la industria forestal. No obstante, ha creído necesario escribir este nuevo trabajo de divulgación⁴ con el propósito de ayudar al conocimiento de algunos aspectos técnicos de la producción de celulosa, muy meneados como posibles causantes de daños a la salud de las personas o del deterioro del ecosistema del río Uruguay.

³ Green and Competitive: Ending the Stalemate. M.E. Porter and K. van der Linde. Harvard Business Review [1995] Sep/Oct., 120-134.

⁴ Desde enero de 2006 hasta el presente he escrito diversos trabajos de divulgación y artículos periodísticos sobre el conflicto por las plantas de celulosa de Fray Bentos. Han sido publicados en diversos medios gráficos y on-line. Se citan aquí sólo dos. M. Féliz, *Industria & Química* Mayo 2006 N°352 e *Industria y Química*, Agosto 2006 N°353. Otros pueden verse en <http://personales.ciudad.com.ar/mfeliz/>

Dados el desconocimiento o la superficialidad con que la química de los procesos de pulpado y blanqueado, llevados a cabo en las plantas de última generación, ha sido tratada y de cómo las posibles consecuencias ambientales han sido distorsionadas, se expone aquí la información disponible sobre los aspectos más relevantes, en la forma más detallada posible, pero sin abandonar el objetivo de divulgación del presente artículo. No obstante, si el lector estuviera interesado en otros aspectos no tratados aquí, puede recurrir a la abundante bibliografía existente.

El proceso de pulpado

Los procesos para convertir la madera en pulpa se pueden dividir en tres categorías: mecánicos, semi-químicos y químicos. El proceso de pulpado kraft (sulfato)⁵ forma parte de los últimos. En este caso la digestión de los chips de madera se hace en un licor blanco que contiene agua, **HONa** (soda cáustica) y **Na₂S** (sulfuro de sodio). Las fibras son “cocidas”, durante 1 a 3 horas, a una temperatura de alrededor de 170°C. Luego la pulpa (celulosa y lignina) se separa del licor negro (llamado así por el color que adquiere la solución durante la cocción), se lava y posteriormente se procede al blanqueado.

El licor negro se mezcla con el agua de lavado (constituyendo el licor negro débil) y luego se somete a evaporación en varias etapas, llevándolo desde un contenido de 20% de materia sólida seca (los reactivos usados, la materia orgánica proveniente de la madera que no se fue con la pasta) hasta un contenido de 75% de

⁵ Review of New Source Performance Standards for Kraft Pulp Mills, EPA-450/3-83-017. [1983].

materia sólida seca⁶. El licor negro concentrado se quema en una caldera de recuperación (con la combustión de las sustancias orgánicas se produce calor y energía eléctrica). Ver figura 1.

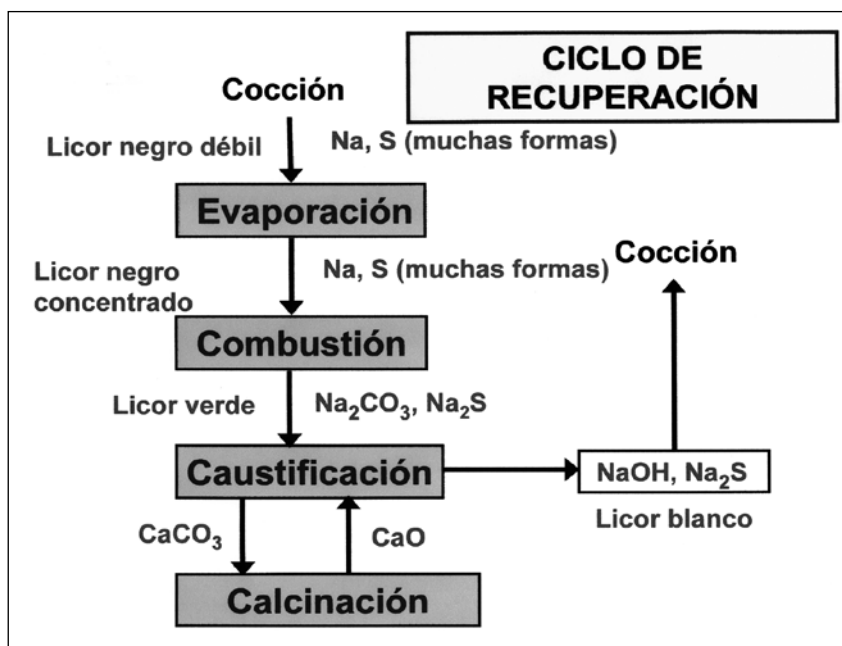


Figura 1

En el fondo de la caldera de recuperación quedan sólidos fundidos que se redisuelven y forman el licor verde. Posteriormente, se agrega CaO , separando el CaCO_3 precipitado del sobrenadante. Este licor blanco contiene HONa y Na_2S disueltos, que se recuperan para su uso en la cocción.

Como se ve, una gran parte de la materia orgánica proveniente de la madera es retenida en la filtración del licor negro o eliminada, por combustión, en la caldera de recuperación.

⁶ Klaus Niemelä, KCL (Finnish Pulp and Paper Research Institute).

Todos los compuestos volátiles (el sulfuro de hidrógeno (H_2S), el metil mercaptan (CH_3SH) y los sulfuros de metilo ($\text{CH}_3)_2\text{S}$ y $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2$), cuando la concentración es alta, son colectados y quemados con aire caliente (oxidación). Para retener volátiles de baja concentración se utilizan adsorbedores de carbón activado. Los gases oxidados (SO_2) son retenidos en, “scrubbers”, lavadores de gases. Todas las partículas (cenizas, polvos de Na_2SO_4 y Na_2CO_3) son atrapados en precipitadores electrostáticos⁷.

Por otra parte, los líquidos sobrantes, en las etapas mencionadas en los párrafos precedentes, son derivados hacia el sistema de tratamiento de efluentes líquidos que describiremos más adelante.

Proceso de blanqueado

La pasta obtenida durante el pulpado está formada fundamentalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina. Es este último polímero el que da a la pasta el color pardo típico. Con esta pulpa se fabrica, por ejemplo, cartón corrugado y papeles color “madera”. La lignina no sólo provee los cromóforos que dan color al producto sino que disminuye la calidad del papel y otros productos fabricados con celulosa (pañales, tampones, etc).

El proceso de blanqueado consiste en la eliminación de la hemicelulosa y en la más profunda deslignificación, produciendo el mínimo daño físico a la fibra de celulosa. No destruir la fibra es muy importante porque el mejor papel se produce con fibras largas y del más alto brillo.

⁷ Estudio de Impacto Acumulativo-Plantas de Celulosa en Uruguay. Preparado por EcoMetrix Incorporated en asociación con Senes Consultants Limited. Solicitado por IFC.

El cloro gaseoso (Cl_2) ha sido tradicionalmente usado como agente blanqueador por sus propiedades electrofílicas y su poder oxidante. Desafortunadamente, tales características tienen efectos adversos en el ambiente⁸.

En la figura 2 se muestra la estructura de la lignina. Esta es un polímero de estructura no definida que contiene diversos grupos cromóforos. De allí proviene el color café de la pasta no blanqueada.

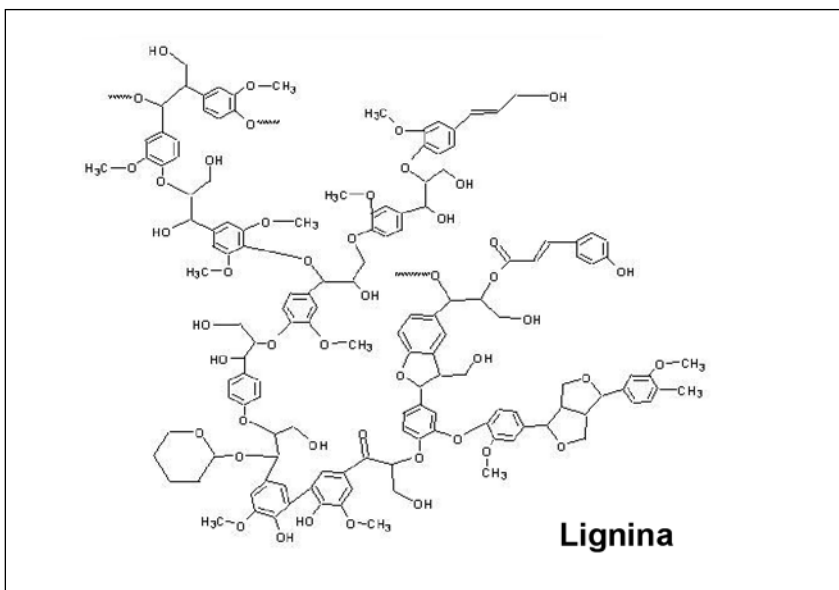


Figura 2

Durante el proceso de blanqueado, con Cl_2 gaseoso, se producen compuestos orgánicos clorados, entre ellos dioxinas y furanos policlorados. El principal mecanismo de formación de los **2,3,7,8-TCDD/F** es la sustitución electrofílica aromática de las

⁸ Chlorine in the bleaching of pulp and paper. Keith R.Salomon. Pure & Appl. Chem.[1996] 68(9) 1721-1730.

moléculas precursoras, dibenzo-p-dioxina (**DBD**) y dibenzofurano (**DBF**). Es decir algunos átomos de hidrógeno del anillo son reemplazados por átomos de cloro.

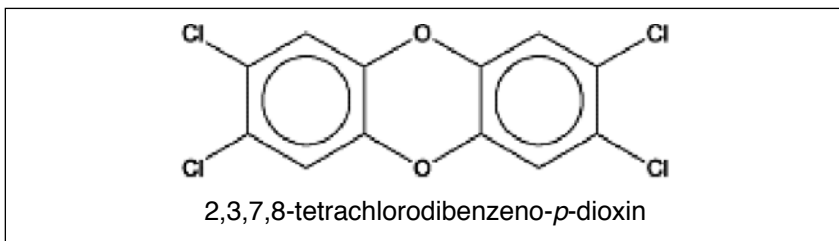
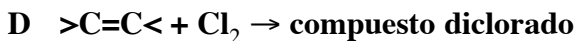
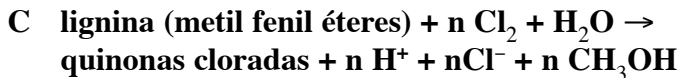
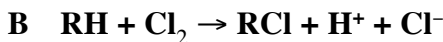
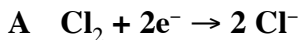


Figura 3

Esos precursores pueden estar en la madera o ser introducidos en la pulpa sin blanquear por fuentes extrañas como los antiespumantes⁹.

En el Esquema 1 puede verse el mecanismo de acción del cloro elemental sobre la lignina.

Reacciones del cloro molecular durante el proceso de blanqueado



Esquema 1

⁹ An Assessment of the Formation of 2378-TCDD and 2378-TCDF when Chlorine Dioxide is the Oxidizing Agent in the First Stage of Bleaching of Chemical Pulp. A. Shariff, U. Ahlborg, P. Axegard, C. Rappe and A. van Heiningen. Documento de la Alliance for Environmental Technology (AET).

Uno de los cambios más importantes introducidos en el proceso de blanqueado¹⁰ de la celulosa fue la sustitución del Cl_2 por ClO_2 (dióxido de cloro). Tal modificación fue esencial en la reducción de la cantidad y en el tipo de organoclorados formados y produjo la desaparición de dioxinas y furanos tetraclorados de los efluentes¹¹.

El ClO_2 es usado como agente blanqueador para textiles, harinas, cueros, aceites, cera de abeja y, desde luego, celulosa. Aunque, también se utiliza en la purificación del agua (en reemplazo del Cl_2) y como bactericida y antiséptico.

El dióxido de cloro en fase gaseosa, existe en dos formas isoméricas¹²:



El ClO_2 es 10 veces más soluble que el Cl_2 en agua. A pesar de que el gas a presiones altas es inestable, sus soluciones son

¹⁰ a) A Review and Assessment of the Ecological Risks Associated with the Use of Chlorine Dioxide for Bleaching of Pulp. K. Solomon, H. Bergman, R. Huggett, D. Mackay and B. McKague. Alliance for Environmental Technology [1993].

b) Evaluation of Ecological Risks Associated with the use of Chlorine Dioxide for the Bleaching of Pulp. Scientific Progress Since 1993. AET[1998].

c) Reducing Chlorinated Organic Compounds from Bleached Kraft Mills Through First Stage Substitution of Chlorine. A.E. Stinchfield and Woods, M.G. TAPPI Journal[1995] 78(6) 117-125.

d) Toxic Potencies of Extracts of Sediments and Settling Particulate Matter Collected in the Recipiente of a Bleached Pulp Mill Effluent Before and After Abandoning Chlorine Bleaching. Engwall, Magnus, Broman, Dag, Dencker, Lennart, Naf, Carina, Zebuhr, Yngve, Bunstron. Environmental Toxicology and Chemistry[1997] 16(6) 1187-1194.

e) Zeoing Out Dioxin in the Great Lakes Within our Reach. B. Commoner, M. Cohen, P. Woods Bartlett, A. Dickar, H. Eisl, C. Hill and J. Rosenthal. Center for the Biology of Natural Systems Queens College, CUNY Flushing, New York. (CBNS).

¹¹ Elemental Chlorine Free (ECF): Pollution Prevention for the Pulp and Paper Industry. D.C. Pryke, Executive Director, Washington, DC. And Erin, Ontario. Manin Legislature, april 1996.

¹² Excited-State Photoreactions of Chlorine Dioxide in Water. R.C. Dunn and J.D. Simon. J. Am. Chem. Soc. [1992] 114, 4856-4860.

estables por varios días. Es una especie radical (tiene un electrón desapareado) cuya única forma detectada en agua es el **O-Cl-O**. Sin embargo, irradiándolo con luz de longitud de onda de entre 230 y 440 nm, el 90% se disocia en **ClO + O** (la mayor parte recombina regenerando **O-Cl-O**). Mientras tanto, el otro 10% isomeriza durante la fotólisis para generar el peróxido **Cl-O-O**, el cual rápidamente descompone para dar **Cl** y **O₂**.

El manejo del **ClO₂** a presiones parciales de 50 Torr (1 Torr = 1 mmHg) en mezclas con aire es completamente seguro¹³. Su producción industrial se basa en el proceso denominado **R2** que consiste en la reducción del **Na₂ClO₃** por **NaCl** en soluciones de **H₂SO₄**. No obstante, para minimizar riesgos de transporte, se produce *in situ*. A pesar de su potencial peligrosidad¹⁴, la exposición de los operarios (u otras personas) a su contacto, en las plantas de celulosa modernas, es improbable¹⁵.

En el Esquema 2¹⁶ se describen las reacciones químicas inorgánicas más importantes del sistema con dióxido de cloro. En él se aprecia la importancia que, la concentración y el pH, tienen en la creación de las mejores condiciones experimentales, para lograr la mayor eficiencia de blanqueado (oxidación de la lignina) y la mínima generación de especies clorantes.

¹³ Química Inorgánica Avanzada. F. A. Cotton and G. Wilkinson. Noriega Editores.

¹⁴ La empresa Alto Paraná S. A. (produce en Misiones 360 mil toneladas de pulpa) blanquea con **ClO₂** y tiene su propia planta de generación. Celulosa Argentina, Cap. Bermúdez (Sta. Fe) está modificando sus procesos y la firma finlandesa KEMIRA se encuentra construyendo para CA una unidad de **ClO₂**.

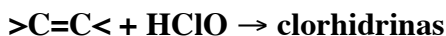
¹⁵ Literature review of epidemiological studies on the health effects on workers in elemental chlorine free pulp mills and totally chlorine free pulp mills. Tim Driscoll, ELMATOM Pty Ltd, March 2005. Prepared for the Tasmanian Resource Planning and Development Commission.

¹⁶ Inorganic Reactions in Chlorine Dioxide Bleaching of Softwood Kraft Pulp. D.R. Svenson, H. Jameel, H. Chang and J.F. Dadla. Journal of Wood Chemistry and Technology[2006]26, 201-213. Ver también ref.7.

Reacciones inorgánicas en el blanqueado con ClO₂	
	Lignina + 2 ClO₂· → Lignina oxidada + HOCl + ClO₂⁻ (1)
Reacciones en equilibrio	HOCl + H₂O ↔ ClO⁻ + H₃O⁺ pKa ≈ 7.5 (2)
	ClO₂H + H₂O ↔ ClO₂⁻ + H₃O⁺ pKa ≈ 4.3 (3)
	Cl₂ + H₂O ↔ HOCl + Cl⁻ + H⁺ pKa ≈ 1.8 (4)
Reacciones de formación de radicales	ClO₂· + >C=C< → ClO· (5)
	HOCl → HO· + Cl· (6)
	Cl₂ → 2 Cl· (7)
Reacciones de formación de Clorato	ClO₂· + Radical + H₂O → ClO₃⁻ (8)
	2 ClO₂· + OH⁻ → HClO₂ + ClO₃⁻ (9)
	HClO₂⁻ + ClO₂ → HOCl + ClO₃⁻ (10)
Oxidación de Clorito	HOCl + 2 ClO₂H → 2 ClO₂· + H₂O + Cl⁻ + H⁺ (11)
Reacciones de Cloración	HOCl + Lignina → OH⁻ + organo clorado (12)
	Cl₂ + Lignina → Cl⁻ + organo clorado (13)

Esquema 2

Como se observa en el Esquema 2, la oxidación de la lignina, que se inicia por los grupos fenólicos, ocurre en la etapa 1 donde el dióxido de cloro se reduce a clorito. Además, a través de la reacción 11, el clorito es re-oxidado a dióxido. Por otra parte, el ión cloruro que surge, también en la reacción 11, es una indicación de que el ácido hipocloroso formado (reacción 1) no reaccionó con un compuesto orgánico para producir clorados. En estas condiciones experimentales, **pH ~ 3.4**, se logra la total utilización del poder oxidante del sistema y la menor producción de clorados. Esto último se debe a que la concentración de **Cl₂** resulta despreciable y a que el único camino de cloración posible, a partir del ácido hipocloroso, es la siguiente¹⁷ reacción de adición a los dobles enlaces no aromáticos:



Las clorohidrinas se hidrolizan¹⁸ durante el mismo proceso de blanqueado o en etapas posteriores (tratamiento de efluentes) no constituyendo, en consecuencia, riesgo alguno.

En la revisión realizada en el año 1997, Solomon et al. (ref. 9, b) presentaban entre sus mayores conclusiones que, la sustitución del **Cl₂** por **ClO₂**, en el proceso de blanqueado, hacía que la mayor parte de los **AOX** (órgano clorados absorbibles) formados

¹⁷ a) Unangst, P.C. "Hypochlorous Acid" in Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis (Ed: L. Paquette) 2004, J. Wiley & Sons, New York.

b) Hypochlorous acid-mediated modification of cholesterol and phospholipid: analysis of reaction products by gas chromatography mass spectrometry. J. J. van den Berg, C. C. Winterbourn and F. A. Kuypers. J. Lipid Research [1993] 34, 2005-2012.

c) Addition of Halogens and Halogen Compounds to Allylic Chlorides. II. Addition of Hypochlorous Acid to Allylic Chlorides. J. Reid Shelton and Lieng-Huang L. J. Org. Chem. [1959] 24, 1271.

¹⁸ a) Synthesis and hydrolysis of a cis-chlorohydrin derived from a benzo[a]pyrene 7,8-diol 9,10-epoxide. Doan, L., Herina, D.M. and Whale, D.L. J. Org. Chem [2004] 69(25), 8012-7.

b) Trichloroisocyanuric Acid: An Alternate Green Route for the Transformation of Alkenes into Epoxides. M. Wengert, A. M. Sanseverino and M. C. S. de Mattos. J. Braz. Chem. Soc. [2002] 13(5), 700-703.

fueran solubles en agua, de baja lipofilicidad, y tuvieran una pequeña tendencia (o ninguna) a la bioacumulación. Como hemos visto en párrafos anteriores, la baja concentración de las especies clorantes es decisiva para la no formación de policlorados. Por lo tanto, la reducción de la cantidad de ClO_2 utilizado es, obviamente, un factor clave para asegurarse que no se generarán tales compuestos. **En efecto, el método presente de blanqueado, eliminó la presencia de dioxinas y furanos tetraclorados de los efluentes** (ver ref. 9 y trabajos allí citados).

Otra innovación significativa fue la introducción, antes de ingresar a la secuencia de blanqueado, de una etapa de pre-deslignificación con O_2 , la cual reduce la cantidad de lignina y, consecuentemente, la cantidad de dióxido de cloro requerido en las etapas posteriores.

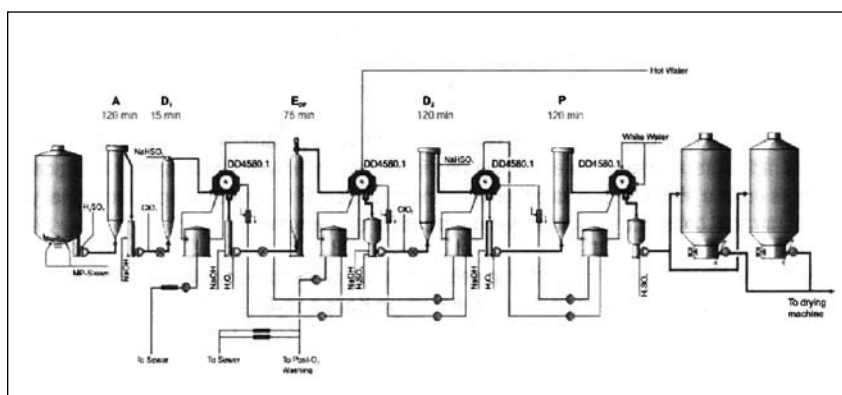


Figura 4 - Secuencia del blanqueo ECF.

La secuencia básica de blanqueo se inicia con una etapa **A** consistente en una extracción ácida, donde se remueven metales de transición y/o HexA (ácido hexanurónico). Este último constituye una gran parte de los materiales residuales del pulpado (ref. 6). Las pulpas de Eucalipto pueden contener altas cantidades de HexA que consumen dióxido de cloro. En la siguiente etapa **D** se

blanquea con ClO_2 en medio ácido (55°C - 75°C). Luego el tratamiento continúa con la etapa **Eop**. Esta es una extracción en la que se emplea **NaOH** y se añaden O_2 y peróxido de hidrógeno (H_2O_2). A continuación se repite la etapa **D** (60° - 85°C) y finalmente, en el paso **P**, se procede a un tratamiento con H_2O_2 . Con este procedimiento se obtiene una pulpa de alta calidad, pero lo que resulta más importante es que el consumo de ClO_2 es de **8 kg/Ton(ADP)** [ADP = air dried pulp], cuando en el antiguo proceso de blanqueado con Cl_2 se invertían ¡**80 kg/Ton(ADP)**!¹⁹

El ajuste del pH se hace con **NaOH** y/o H_2SO_4 . Prácticamente, el 100% del Na_2SO_4 formado se recupera y los efluentes, libres del mismo y neutralizados, se conducen a la planta de tratamiento de líquidos.

La secuencia de blanqueado es flexible y puede ser modificada, según el tipo de madera que se esté procesando, para obtener los mejores resultados.

En conclusión el método **ECF-light** asegura una muy drástica disminución de la concentración de las especies clorantes y la consecuente desaparición, de los efluentes, de especies policloradas. Podemos agregar que, en experimentos realizados agregando dioxinas y furanos a pasta sin blanquear, se comprobó que éstos eran destruidos durante el tratamiento con ClO_2 ²⁰.

¹⁹ Dioxins in the Effluents from a Chlorine Bleached Krafta Integrated Pulp and Paper Mill in Southeast Asia. N.T.Kin Oanh, B.E Bengtsson, L.B. Reutergardh, P.A. Bergqvist, D.T.Hos, D. Broman and YZebuhr. Paper presente at the R99 Congress (Recovery, Recycling, Re-integration), February, 1999.

²⁰ Destruction of PCDD and PCDF in bleached pulp by chlorine dioxide treatment. L. Renberg, N. G. Johansson and C. Bolm. Chemosphere [1995] 30 (9),1805.

Organoclorados naturales²¹

Varios miles de compuestos halogenados han sido identificados en ambientes naturales originados en síntesis realizadas por plantas terrestres, organismos marinos, bacterias, insectos, hongos y mamíferos. Además, procesos abióticos como volcanes activos, incendios forestales, reacciones químicas en la atmósfera, etc., también contribuyen a la formación de compuestos organoclorados dentro de la biosfera.

El rango de sustancias cloradas naturales incluye desde simples alcanos como ClCH_3 hasta alcoholes halogenados, cetonas, ácidos carboxílicos, amidas carboxílicas, aldehidos, epóxidos y alkenos. Muchas de las sustancias producidas en el blanqueado **ECF** son también formadas por la naturaleza (isómeros cloro fenólicos). Se ha demostrado que (ver ref. 17) el 2,4,6-trichlorophenol²² y su análogo metilado se forman, por acción microbiana, en las aguas ricas en humus.

-
- ²¹ a) The Natural Production of Organobromine Compounds. G. W. Gribble. *Environ. Sci. Poll. Res.* [2001] 7, 37
b) The Diversity of Naturally Occurring Organobromine Compounds. G. W. Gribble. *Chem. Soc. Rev.* [1999] 28, 335.
c) The Diversity of Natural and Anthropogenic. G. W. Gribble. *The Natural Chemistry of Chlorine in the Environment* 1999, 15, 2nd edition, World Chlorine Council.
d) Organochlorines- Natural and Anthropogenic. G.W.Gribble in "Environmental Health: Third World Problems- First World Preoccupations.L.Mooney, R. Bate, Eds; Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 1999, Chapter 8.
e) Naturally Occurring Organohalogen Compounds; G.W.Gribble. *Acct. Chem. Res.*[1998]31, 141.
f) Chlorinated Compounds in the Biosphere, Natural Production; G.W.Gribble. *Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation*, Meyers, R.A., Ed.; John Wiley, New York, 1998, 972.
g) A Survey of Natural Organohalogen Compounds; G.W.Gribble in "Mechanism of Biohalogenation and Dehalogenation", North-Holland, Amsterdam, The Netherlands, 1997.
h) Para referencias anteriores a 1998, ver ref.9 b).
- ²² a) A Previously Unexposed Forest Soil Microbial Community Degrades High Levels of the Pollutant 2,4,6-Trichlorophenol. M.A.Sanchez, M.Vazquez and B.González. *Applied and Environmental Microbiology*[2004]70(12), 7567-7570.
b) Anaerobic Degradation of Halogenated Phenols by Sulfate-Reducing Consortia. M.M.Haggblom and L.Y.Young. *Applied and Environmental Microbiology*[1995]61(4), 1546-1550.
c) Decoloration and Detoxification of Extraction-Stage Effluent from Chlorine Bleaching of Kraft Pulp by *Rhizopus oryzae*. R.Nagarathamma and P.Bajpal. *Applied and Environmental Microbiology*[1999]65(3), 1078-1082.

La síntesis de compuestos halogenados, en presencia de los iones cloruro, bromuro o ioduro, por parte de organismos marinos, plantas terrestres, hongos, bacterias y mamíferos requiere de enzimas halo-peroxidasas. Interesantemente, los glóbulos blancos humanos contienen mielo-peroxidasa. Ésta, en presencia de cloruro, u otros iones de halógenos, y de H_2O_2 , rápidamente produce formas reactivas halogenadas que destruyen microorganismos invasores.

Un ejemplo de la formación natural de especies, persistentes y bioacumulables, de halogenados lo da la conversión enzimática de clorofenoles en **PCDDs** y **PCDFs** por la acción de la enzima peróxidasa (**HRP**) del horse-raddish (rábano rústico o *Armoracia rusticana*) (ver ref. 17).

Una consecuencia natural, muy importante, de la formación biológica de compuestos orgánicos clorados es que deben existir, también, caminos para la biodegradación que han sido seleccionados y han evolucionado a través de muchos eones. Se sabe que el di y el tri-cloro-metano son degradados en aguas y suelos, que ciertos hongos degradan los cloro-fenoles y que **AOX** naturales o similares provenientes de una pastera **ECF** son foto-mineralizados en las aguas de algunos lagos²³.

En conclusión, muchos compuestos clorados son sintetizados y degradados en el ambiente por procesos naturales químicos y biológicos. Esta producción natural varía dependiendo del lugar geográfico. Además, hay organismos que han evolucionado en ambientes con importantes concentraciones “background” de órgano-clorados naturales. Muchos compuestos idénticos o similares a aquellos formados durante el blanqueado **ECF** son producidos en procesos naturales. Hay evidencia de que existen orga-

²³ Tima, Sunlight and the Fate of biotreated kraft mill organochlorides in nature. *Water Research*, [1997] 31, 85-94

nismos que poseen mecanismos para una efectiva destrucción de sustancias cloradas. Por lo tanto, los compuestos clorados formados durante el blanqueado **ECF** no son resistentes a la descomposición en el ambiente o a la biodegradación. Los **AOX** provenientes de una pastera **ECF** pueden ser, finalmente, mineralizados fotoquímica y biológicamente, generando cloruro y CO_2 .

Se ha mencionado²⁴ la presencia de la 3-cloro-4 (diclometil-5-hidroxi-2(5H)furanona (mutagen X o **MX**) en los efluentes de plantas **ECF**. Una sustancia que, los estudios de laboratorio con ratones y bacterias, han ubicado entre las condenadas por su capacidad mutagénica y genotóxica. En la lista que dicen haber consultado (en la ref.9b de este trabajo) no existe tal sustancia. Se encuentran, en cambio, otro par de furanonas que no poseen ese currículo. Sin embargo, si en aquel entonces –10 años atrás–aquella formaba parte de los efluentes hoy no lo hace. Es posible que el **ECF-light** no la genere o que se hidrolice (sustitución nucleofílica) en las etapas alcalinas. En rigor de verdad, el **MX** se ha detectado en el agua corriente tratada con Cl_2 gaseoso y la concentración que dan en la ref. 25 puede haber sido tomada de algún trabajo sobre el tema²⁵. Diversas plantas y algas secretan furanonas halogenadas que interfieren la comunicación entre bacterias (quorum sensing process)²⁶, sustancias similares a las

²⁴ ¿Las fábricas de celulosa son realmente una amenaza para el ecosistema del Río Uruguay? L.R.R. Cafferata y J. A. Caram. *Industria & Química* [2006] 354, 8-12.

²⁵ a) Carcinogenicity of the Chlorination Disinfection By-Product MX. T.A.McDonald and H.Komulainen. *J. Environ. Sci Health C. Environ. Cacinog. Ecotoxicol. Rev*[2005]23(2), 163-214

b) Human cell mutagenicity of chlorinated and unchlorinated water and the disinfection byproduct 3-chloro-4-(dichloromethyl)-5-hydroxy-2(5H)-furanone(MX). N.W.Woodruff, J. L. Durant, L. L. Donhoffner, B. W. Penman and C. L. Crespi. *Mutat Res.* [2001] 495 (1-2), 157-168.

²⁶ a) Plants Secrete Substances That Mimic Bacterial N-Acyl Homoserine Lactone Signal Activities and Affect Population Density-Dependent Behaviors in Associated Bacteria. M. Teplitski, J. B. Robinson and W. D. Bauer. *MPMI*[2000] 13(6), 637-648. Publication of The American Phytopathological Society.

b) Halogenated furanones inhibit quorum sensing through accelerated LuxR turnover. M.

detectadas en algunos efluentes **ECF**. Es útil recordar aquí, que el tratamiento de efluentes cloacales tiene una etapa donde se utiliza Cl_2 gaseoso y donde, seguramente, la formación de clorados es muy importante²⁷.

En el mismo trabajo se recuerda que durante el blanqueo se produce ClO_3^- (Esquema 2) y se da por sentado que afectará el ambiente por sus acciones “*herbicidas y formación de algas*” (ver ref. 24). En realidad, el ClO_3^- puede, en ciertos ambientes marinos, causar algunos efectos adversos sobre determinadas algas pardas²⁸, particularmente sensibles.

El clorato, si es ingerido en cantidades importantes, tiene efectos tóxicos²⁹ relevantes. No obstante, ha sido usado largamente en medicina como antiséptico y bactericida (difteria, faringitis, etc.) y en otras aplicaciones. Además, con él se trata el ganado bovino y porcino administrándole soluciones de clorato, por vía oral, para combatir la *Escherichia coli*³⁰.

Es sabido que las especies ClO_2 , ClO_2^- y ClO_3^- se encuentran todas presentes en el agua para beber que ha sido tratada con

Manefield, T. Bovbjerg Rasmussen, M.Henzter, J.B.Andersen, P.Stenberg, S.Kjelleberg and M.Givskov. Microbiology[2002]148, 1119-1127.

c) Effects of natural and chemically synthesized furanones on quorum sensing in *Chromobacterium violaceum*. D. Martinelli, G.Grossmann, U. Séquin, H. Brandl and R. Bachofen. BMC Microbiology[2004] 4:25.

²⁷ Réquiem para una Asamblea, Mario R. Félix. Se puede ver en: <http://mitosyfraudes.8k.com/Polit/Requiem.html>

²⁸ a) Effects of pulp mill chlorate on Baltic Sea algae. A. Rosemarin, K.J.Lehtinen, M. Notini and J. Mattson. Environ.Pollut.[1994]85(1), 3-13.

b) The ecotoxicity of chlorate to aquatic organisms: a critical review. D.J.van Wijk and T. H. Hutchinson. Ecotoxicol. Environ.Saf[1995]32(3), 244-53.

²⁹ Hazardous Substance Fact Sheet. New Jersey Department of Health and Senior Services. Usa.

³⁰ a) Bactericidal Effect of Sodium Chlorate on *Escherichia coli* Concentration in Bovine Ruminant and Fecal Contents In Vivo. Anderson, R. C. , Callaway T. R., Anderson T. J., Kbená L. F., Keith N. K. and Nisbet D. F. Microbial Ecology in Health and Disease. [2002]14(1), 24-29.

b) Effecto of oral sodium chlorate administration on *Escherichia coli* in the gut of experimentally infected pigs. Anderson RC, Callaway TR, BuckleySA, Anderson TJ, Genovese KJ, Seffield CL and Nisbet DJ. International Journal of food microbiology.[2001]71(2-3), 125-130.

Cl_2 . Sin embargo, **el clorato no es detectado en los efluentes tratados provenientes de una “pastera” moderna**. Esto se debe a la reducción biológica y/o química que convierte al ClO_3^- en Cl^- , que se produce en la etapa secundaria del tratamiento (ver figura 4).

*Recuerdo que –aún no terminada la primaria– acostumbábamos a comprar, en la **farmacia** del barrio, comprimidos de clorato de potasio –venían dentro de una cajita redonda de aluminio– y una barrita de azufre. Molíamos ambas sustancias cuidadosa y separadamente. Una vez terminada esa tarea, las mezclábamos con ceremoniosa precaución.*

Habíamos fabricado así nuestra propia pirotecnia. La mezcla explotaba por percusión.

Creo que la receta provenía de la tradición oral, frecuente en aquellos años sin Internet.

Tratamiento de efluentes líquidos

Usualmente, los detractores de la industria de celulosa utilizan información desactualizada (ref. 24) o muy incompleta. Entre los aspectos fundamentales que, deliberadamente, suelen ignorarse se encuentran los sistemas, que las plantas poseen, para evitar la liberación (o disminución de la emisión a mínimos aceptables) al ambiente de algunas sustancias gaseosas, para recuperar gran parte de los reactivos químicos usados, para la disposición de residuos sólidos y para el tratamiento de los efluentes líquidos.

Nos concentraremos en el tratamiento de los efluentes que se vierten al río que es el tema central de este trabajo. No obstante, lo

que sigue es una apretada síntesis. El lector interesado en una descripción más detallada puede consultar la bibliografía citada, en particular los estudios de impactos acumulativos (ref.7 y ref.31b).

El establecimiento destinado a la producción de celulosa que funcionará en Fray Bentos, poseerá una planta de tratamiento de efluentes³¹ como la que se esquematiza en la figura 5. En ella se usará un proceso de tratamiento con lodos activados (AST) que consistirá de dos líneas paralelas, con tanque de aireación y clarificador secundario en cada una.

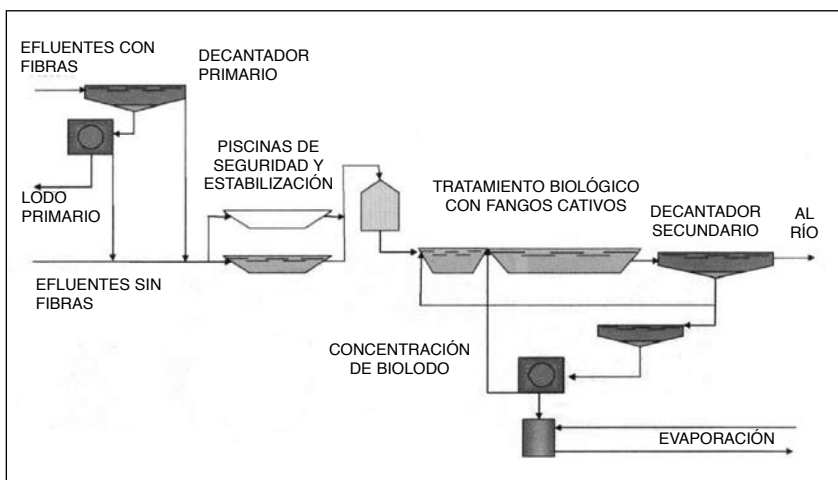


Figura 5 - Diagrama de un sistema de tratamiento de efluentes.

La planta de tratamiento de efluentes estará equipada, además, con un sistema de tres tanques de equalización y seguridad. La temperatura de los efluentes al salir de estos tanques (50-60°C) se irá reduciendo en una serie de torres de enfriamiento para llevarla a 30-37°C. Además se ajusta el pH. Con lo cual no se daña

³¹ a) Ver referencia 7 y referencia 9b.

b) Informe Ambiental Resumen. C. Faroppa y K. Annala.

el lodo activado y los efluentes van al río neutralizados y a temperaturas adecuadas. Los tanques con lodos activados (Rotífera, Flagellata, Ciliata, Ameba, etc.) contienen una zona anóxica (aquí se reduce el ClO_3^-) y una etapa selectora. Finalmente, los efluentes se mezclan con agua del río antes del vertido para bajar la temperatura y minimizar diferencias de color entre los efluentes y el río mismo.

En este proceso se produce la remoción de hasta el 98% de la demanda biológica de oxígeno (**DBO**), de hasta el 80% de la demanda química de oxígeno (**DQO**) y la remoción de hasta el 65% de organoclorados (**AOX**). Por otra parte la eficiencia en la remoción de los sólidos totales en suspensión (**TSS**) durante el tratamiento primario y secundario es de alrededor del 90%. Esto conduce a que los valores de esos parámetros estén todos por debajo de los límites de vertido definidos por las normas IPPC-BAT(2001) y las de Tasmania-AMT (2004).

Las conclusiones más importantes son las siguientes: a) los efluentes **NO CONTENDRÁN DIOXINAS o FURANOS**; b) los **AOX** producidos no son de alta toxicidad, son degradables en el ambiente y no bioacumulables; c) los vertidos no contendrán cloratos.

Las conclusiones precedentes hacen injustificada la preocupación por el costo o la dificultad en la determinación de dioxinas (ref.24). Existen, por otra parte, protocolos internacionales sobre los procedimientos a seguir y un centenar de laboratorios en el mundo que los hacen.

A pesar de ello, vale la pena recordar que, actualmente, se están realizando los estudios de base (exigidos por la DINAMA uruguaya) entre los que se están midiendo dioxinas (~500 Euros cada análisis hecho en Finlandia). Además, el LATU (INTI uruguayo) se encuentra realizando el resto de los exámenes químicos en agua, en tanto que, el biólogo Jakka Tana (AF-Celpap) se encuentra a cargo de los estudios biológicos correspondientes.

Los resultados del Inventario 2001 de dioxinas y furanos³² liberados por la industria –de todo tipo– en Argentina, hacen que la creación de un laboratorio en condiciones de efectuar tales estudios (nacional, binacional o MERCOSUR) sea una necesidad imprescindible para controlar tales emisiones. Por otra parte, existen un sin número de test biológicos que permiten evaluar la toxicidad de los efluentes³³.

Finalmente diremos que los monitoreos conjuntos no son una propuesta unilateral del Uruguay. Por el contrario, la Comisión Administradora del Río Uruguay (CARU) estableció el Programa de Evaluación de Calidad de Aguas y Control de la Contaminación del Río Uruguay (PROCON)³⁴. Este programa ha sido consecuencia del acuerdo, entre Argentina y Uruguay, establecido en el Acta Extraordinaria del 15 de mayo de 2004.

“Se ha dicho que el consentimiento de todos los hombres es una prueba de la verdad. ¡Vaya prueba! Todos los pueblos han creído en la magia, en la astrología, en los oráculos, en las influencias de la luna. Hubiera debido decirse, como mucho, que el consentimiento de todos los sabios era, no una prueba, sino una especie de probabilidad. Y aun así ¡vaya probabilidad! ¿Acaso todos los sabios no creían, antes de Copérnico, que la tierra estaba inmóvil en el centro del universo?”

Françoise Marie Arouet (Voltaire)

³² Inventario Nacional de Liberaciones de Dioxinas y Furanos Argentina 2001. Ministerio de Salud, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Dirección Nacional de Gestión Ambiental.

³³ a) A biological index to predict pulp mill pollution levels. Shannon M. Bard. Water Environment Research [1998]70(1), 106-122.

b) Efectos de los Efluentes en el Medio Acuático. Jakka Tana. Seminario Internacional.

³⁴ Comisión Administradora del Río Uruguay. Plan de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Río Uruguay en Areas de Plantas Celulósicas. Recopilación: Ing. Walter Isabella.