

POSTGRADO EN GESTIÓN AMBIENTAL
ITBA – Promoción 2006 / 07

TRABAJO FINAL
GRUPO 3

Lic. Beily María Eugenia
Ing. Castellari Sebastián
Ing. Turallas Ana Carolina



POSTGRADO EN GESTIÓN AMBIENTAL
ITBA – Promoción 2006 / 07 – GRUPO 3

ÍNDICE

A. Introducción General

- A.1. Objetivos - Actividades de Monitoreo
- A.2. Singularidad del Área de Influencia
- A.3. El Río Uruguay
- A.4. Dioxinas y Furanos: Una de las principales preocupaciones ambientales
- A.5. Afectación del Río por los Proyectos
- A.6. Impactos Ambientales relacionados con los procesos productivos en las plantas de pasta
 - A.6.1. Descripción del proceso de producción de pasta de papel
 - A.6.2. Descripción general del proceso Kraft
 - A.6.3. Emisiones generadas por las plantas de producción de pasta de papel
 - A.6.4. Aplicación de sistemas de recuperación química

I. Capítulo I – Calidad de Aguas, Sedimentos y Biota del Río Uruguay

- I.I. Estudio de Calidad de Aguas y Sedimentos
- I.II. Estudio de Comunidades de Invertebrados Bentónicos
- I.III. Efectos sobre los peces y los recursos pesqueros

II. Capítulo II – Calidad de Aire

- II.I. Emisiones Gaseosas
 - II.I.1. Emisiones Atmosféricas
 - II.I.1.a. Determinación de los índices de Calidad de Aire
 - II.I.1.b. Caracterización del ambiente existente
 - II.I.2. Monitoreos
 - II.I.2.a. Calidad de Aire
 - II.I.2.b. Planta de Botnia
 - II.I.2.c. Valores Extremos
 - II.I.2.d. Consideraciones sobre los aspectos meteorológicos
- II.II. Olores
 - II.II.1. Olores generados por las plantas de pasta de papel
 - II.II.2. Categorías de olores
 - II.II.3. Plan para el control y la gestión ambiental

III. Capítulo III – Ruido

- III.I. Incidencia en el entorno del funcionamiento de fuentes fijas
- III.II. Fuentes consideradas
- III.III. Evaluación de Niveles Sonoros Ambientales
- III.IV. Cálculo de niveles de inmisión

IV. Capítulo IV - Flora y Fauna

IV.I. Flora

IV.II. Fauna

IV.II.1. Peces

IV.II.2. Impactos de los efluentes provenientes de las plantas modernas de pulpa blanqueada en las poblaciones de peces, su reproducción y su salud.

V. Capítulo V – Conclusiones

B. Bibliografía

C. Abreviaturas

A - INTRODUCCIÓN GENERAL

A.1. OBJETIVOS - ACTIVIDADES DE MONITOREO

En el presente trabajo se proponen las acciones de monitoreo a emprender en el área, abarcando los siguientes campos, los cuales serán desarrollados en detalle en los Capítulos subsiguientes:

- I. Estudio de biota, calidad de aguas y sedimentos del Río Uruguay, incluyendo en estos análisis a las comunidades bentónicas y de peces como así también la medición de parámetros fisicoquímicos de apoyo necesarios y los ensayos de toxicidad. De acuerdo a los resultados de las primeras evaluaciones, el monitoreo podría hacerse extensivo a estudios de fito y zooplancton.
- II. Estudios de Calidad de Aire y determinaciones de Olores en la zona de influencia de la planta
- III. Mediciones de Ruido que trasciendan los límites del predio hacia el exterior
- IV. Estudio de flora y fauna de la zona de influencia de la planta

A.2. SINGULARIDAD DEL ÁREA DE INFLUENCIA

La singularidad del área en la zona de influencia de los proyectos de plantas de celulosa reside en que la actividad económica que en ella se realiza en la margen derecha, incluyendo la producción y el consumo de bienes y servicios, se desarrolla en un equilibrio dinámico entre la oferta de recursos y la demanda antrópica, tanto en áreas rurales como en urbanas. La alteración significativa de alguno de los componentes actuales de esa relación, como resultaría de la instalación de plantas proyectadas para la margen izquierda, puede destruir ese equilibrio con perjuicio sensible en el área de influencia.

Las estimaciones preliminares sobre el probable impacto social y económico de las plantas de celulosa, fundados en consideraciones generales y experiencias en otros casos, la potencialidad de desarrollo integral y sustentable de los diferentes ecosistemas del área y los datos contenidos en las autorizaciones preliminares otorgados por la autoridad ambiental de la República Oriental del Uruguay, evidencian daños que se producirían por la depreciación de los inmuebles rurales y urbanos tomando, las pérdidas en turismo, y en productividad por el impacto de la lluvia ácida. A esto deberá adicionarse los costos en materia de salud y la eventual limitación de la expectativa de vida, posibles limitaciones comerciales para la colocación de productos alimentarios tradicionales por la acumulación de dioxinas y furanos, y los impactos de residuos sólidos sobre cuyo manejo no hay respuestas suficientes.

A.3. EL RÍO URUGUAY

Parámetro	Unidad	Total ambas empresas
Caudal	m³/año	40.000.000
DQO	kg/año	21.000.000
DBO	kg/año	1.200.000
AOX	kg/año	250.000
N	kg/año	300.000
P	kg/año	30.000
SST	kg/año	1.500.000

Cantidad anual que se volcará al río Uruguay para cada parámetro contaminante considerado en condiciones de régimen normal de operación, tomando datos obtenidos de los informes de impacto ambiental presentados por las empresas.

es, por otra parte, un área de alta densidad específica de peces, con más de 125 especies, algunas de ellas “críticamente amenazadas”. La zona es, además, área de cría de peces migratorios, con rutas de deriva de larvas que pasan por las zonas de descarga de efluentes de las dos plantas elaboradoras de celulosa.

La delegación técnica argentina elaboró un informe en el cual concluye que “la descarga de efluentes prevista afectará negativamente las aguas del río, su biota y sus actuales usos”.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) considera que se deben establecer límites para la DQO en efluentes para asegurar que en los procesos se minimice la descarga de compuestos orgánicos incluyendo los tóxicos.

Las aguas residuales resultantes del proceso de blanqueado de la pulpa se presentan como una compleja mezcla de distintos compuestos en la que predominan los organoclorados. Para la caracterización del riesgo que presentan estos efluentes para el ambiente se suele sumar a las determinaciones habituales de DBO, DQO, partículas sedimentables y en suspensión, la de AOX. Dentro de esta fracción se encuentran importantes agentes tóxicos, como las dioxinas y los furanos.

Existen trabajos de investigación que plantean que las pasteras arrojarán al río Uruguay contaminantes orgánicos clorados bioacumulables en cantidades significativas, por lo cual los monitoreos a realizar deberán ser a largo plazo. Si bien estos efectos pueden estudiarse a escala laboratorio, estas simulaciones no siempre se condicen con lo que sucederá en la realidad con los organismos vivos que se hallen expuestos a estos contaminantes.

Por otra parte, investigadores uruguayos insisten en que “no se producirán policloro dioxinas o policloro dibenzofuranos en cantidades detectables. Esto quiere decir que se producirán menos de una parte por trillón, que es el límite de detección. Por esto, no representan ningún riesgo cancerogénico o teratogénico adicional al producido por la quema de leña, madera de monte o combustibles fósiles en las condiciones actuales”.

Un dato no menor es que las empresas ya informaron que no van a realizar análisis de rutina de dioxinas ni furanos porque “no generarán dioxinas en niveles detectables por los métodos actuales”, tal y como se asegura en Reference Document on Real Available Techniques on the Pulp and Paper Industry de la Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), de la Comisión Europea (diciembre 2001). Por otra parte, se comenta extraoficialmente, que ni Argentina ni Uruguay disponen del instrumental necesario para esta medición, por lo que, hasta el momento, sólo se deberá confiar en lo que informen las empresas.

Los efluentes de las pasteras de Fray Bentos serán tratados con un proceso que implica decantaciones y tratamientos biológicos con lodos activados (microbios, bacterias, protozoarios) que degradan las sustancias que componen al efluente. Según los EIA provistos por las empresas, “de este modo, se controlarán los contaminantes de las aguas residuales, alcanzando los niveles de las directivas de la Comisión Europea”. Sin embargo, en todos los casos los barros residuales pueden contener AOX. El problema que presentan los tratamientos de efluentes es que pese a su eficacia pueden permanecer en las

aguas compuestos tóxicos. El uso de dióxido de cloro genera altas concentraciones de clorato que actúa como alguicida. Se deberán controlar también la carga orgánica que se vierte a los efluentes y las emisiones de fosfatos y nitratos.

En el EIA de Botnia se reconoce que aumentará la concentración de fósforo respecto de la actual. La delegación argentina al GTAN ha indicado que el permiso de volcado otorgado por las autoridades ambientales uruguayas viola las propias normativas de ese país.

Además, estudios realizados por el Programa de Monitoreo de Efectos Ambientales de Canadá sobre los efectos tóxicos crónicos de los vertidos de las plantas sobre los peces de zonas aledañas mostraron alteraciones reproductivas, aumentos del metabolismo y cambios en la estructura poblacional. Otros estudios también evidenciaron cambios hormonales, alteraciones hepáticas, lesiones en la piel y branquias. Estudios más recientes revelaron una masculinización parcial y total en peces expuestos a efluentes, capaces de producir diversas reacciones en los receptores de hormonas masculinas, de plantas de celulosa que utilizan procesos de blanqueo ECF.

En cuanto al vertido de aguas residuales, se considera que se deberá utilizar un modelo más detallado del comportamiento de estos residuos en su dispersión en el río Uruguay, para lo cual la Firma tendrá que disponer de una exhaustiva información de las características actuales del cauce y sus recursos pesqueros como forma de evaluar el impacto sobre el suministro de agua potable para la ciudad de Fray Bentos, así como cualquier potencial impacto transfronterizo y de contaminación de los peces.

A.4. DIOXINAS Y FURANOS: UNA DE LAS PRINCIPALES PREOCUPACIONES AMBIENTALES

Las **dioxinas**, cuyo nombre genérico es policloro dibenzo-p-dioxinas (PCDD) son el nombre con el que se conoce a un grupo de 75 compuestos formados por un núcleo básico de dos anillos de benceno unidos por dos átomos de oxígeno en el cual puede haber como sustitutos de uno a ocho átomos de cloro. La dioxina más estudiada y más tóxica es la 2, 3, 7, 8-tetracloro-dibenzo-p-dioxina, conocida comúnmente como TCDD.

Los **furanos** cuyo nombre genérico es policloro-dibenzofuranos (PCDF) son un grupo de 135 compuestos de estructura y efectos similares a las dioxinas y cuyas fuentes de generación son la misma. Se considera que estos compuestos son los contaminantes principales de los policlorobifenilos (PCB). Cuando se hace referencia a las dioxinas y compuestos similares en los textos de divulgación se incluye también a los furanos y PCB.

Las dioxinas y los furanos se forman de manera espontánea en un gran número de procesos industriales, principalmente de dos modos: como un subproducto de procesos industriales en los que interviene el cloro, por ejemplo en la producción del plástico PVC, de plaguicidas y disolventes organoclorados; y en segundo lugar, durante procesos de combustión de compuestos

organoclorados, esto es que tienen carbono y cloro en su molécula, como ocurre en los incineradores de residuos peligrosos.

La principal fuente de emisión atmosférica de dioxinas son los incineradores de residuos peligrosos y la principal fuente de emisión de dioxinas en el agua son las descargas de la industria papelerá que usa gas cloro para blanquear la celulosa. Ambas fuentes de contaminación podrían estar presentes en la futura planta de BOTNIA.

Las dioxinas y furanos son muy tóxicos, activos fisiológicamente en dosis extremadamente pequeñas, persistentes, al no degradarse fácilmente, y pueden durar años en el medio ambiente. La principal vía de exposición para los seres humanos es la ingesta de alimentos contaminados, especialmente carne y productos lácteos. Pueden tener efectos negativos en el desarrollo neurológico, reproductivo, conductual y en el sistema inmunológico de lactantes y niños. Pueden provocar cáncer y otros efectos crónicos en personas adultas.

A.5. AFECTACIÓN DEL RÍO POR LOS PROYECTOS

En la primera reunión del GTAN realizada en Montevideo el 3 de agosto de 2005 se acordó que el propósito de ambos gobiernos es “Preservar el medio ambiente, en el ecosistema referido, al más alto nivel de exigencia en el mundo contemporáneo”. Esto resulta en un todo consecuente con el Digesto de la CARU que establece entre sus objetivos “prevenir toda nueva forma de contaminación y procurar su reducción cuando sean superados los valores de los estándares adoptados para los diferentes usos legítimos de las aguas del Río y dispone que le compete a la CARU “promover ante las Partes la adopción de las medidas estrictas de control, respecto de contaminantes especialmente peligrosos por sus características de toxicidad, persistencia y bioacumulación”

La información disponible permite afirmar que no existe el propósito de cumplir con los criterios acordados. En efecto, la información suministrada por las empresas proponentes sobre los efluentes industriales y cloacales se refleja en el siguiente cuadro de cargas contaminantes por unidad de producción en condiciones normales de operación:

Botnia Planta Orion

Parámetro	BATs/BREF	Orion	Excedencia s/min BREF	Carga total kg/año (350 días)
Caudal (m ³ /ADt)	30 - 50	25	-----	25.000.000.000
DQO (kg/ADt)	8 – 23	15	88 %	15.000.000
DBO (kg/ADt)	0,3 – 1,5	0,7	134 %	700.000
SST (kg/ADt)	0,6 – 1,5	1	67 %	1.000.000
AOX (kg/ADt)	0 – 0,25	0,15	> 99 %	150.000
P (kg/ADt)	0,01 – 0,03	0,02	100 %	20.00
N (kg/ADt)	0,10 – 0,25	0,2	100 %	200.000
Temperatura °C	----	30 – 35		-----

ADt: tonelada de pasta secada al aire (base seca: 90%)

DQO: Demanda Química de Oxígeno
DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno
SST: Sólidos Suspendidos Totales
AOX: Halogenuros Orgánicos Adsorbibles
P: Fósforo Total
N: Nitrógeno Total
BATs: Mejores Técnicas Disponibles (Best Available Technics)
BREF: Documentos de referencia de las mejores técnicas disponibles

A.6. IMPACTOS AMBIENTALES RELACIONADOS CON LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN LAS PLANTAS DE PASTA

A.6.1. Descripción del proceso de producción de pasta de papel

La empresa Botnia, utilizará la tecnología del proceso Kraft de producción de pulpa. La planta de blanqueo, aplicará tecnología ECF (libre de cloro elemental), esto significa que en el proceso no se utilizará cloro elemental. La única sustancia conteniendo cloro utilizada, será el dióxido de cloro.

A.6.2. Descripción general del proceso Kraft

En el proceso Kraft los chips de madera se cocinan con productos químicos para disolver la lignina y así lograr que las fibras de celulosas puedan ser separadas. Después de la deslignificación las fibras se blanquean y se secan. La lignina y parte de la hemicelulosas que están en el licor negro, se queman en una caldera de recuperación para producir energía, mientras que las sustancias químicas se reciclan para ser usadas otra vez en el proceso de cocción. El proceso, no sólo es autosuficiente en el aspecto energético, sino que también fue diseñado para producir un excedente de bioenergía.

Botnia abarca tres puntos de producción principales, a saber:

- 1) Preparación de la madera
- 2) Línea de fibras: pulpaje de los chips, blanqueado y secado de la pulpa
- 3) Línea de recuperación: recuperación de sustancias químicas, generación de energía eléctrica, tratamiento de aguas residuales, manipulación de residuos sólidos y del vertedero.

1) Preparación de la madera

En esta área ingresa la madera como materia prima en rolos descortezados. Éstos son transformados en astillas, las cuales son guardadas en pilas al aire libre, para luego ser clasificadas y transportadas hacia la fase de cocción.

2) Línea de fibras

Durante este proceso se produce el pulpaje de las astillas. Este proceso se realiza en una simple serie, que se explica a continuación:

- a) *Digestión:* aquí se introducen las astillas en un digestor (del tipo continuo o batch), donde se cosen con licor blanco. En la cocción se separa la celulosa (pulpa) de la lignina (que se quemará). En esta etapa son liberados gases, (DRG), éstos son conocidos como de volumen bajo con alta concentración de contaminantes (LVHC – Low Volume High Concentration) son captados y oxidados.

Finalizada la cocción de las astillas, la mezcla resultante de fibras y líquido de pulpaje (licor negro débil) es descargada en un tanque de soplado.

Se lleva los condensados contaminados del vapor flash y/o los condensados de la línea de desgasificación al extractor por vapor ubicado en la planta de evaporación de licor negro.

- b) *Separación de nudos:* la función de esta etapa es separar las astillas demasiado grandes o no desintegradas que serán digeridas en el nuevo proceso de cocción, para ello se debe bombear la pulpa y la suspensión química residual de los tanques soplado a los separadores de nudos.

Las emisiones gaseosas liberadas en los tanques de almacenaje de pulpa y de licor y en el lavado son de alto volumen con baja concentración de contaminantes (HVLC – High Volume Low Concentration), las cuales son recogidas en el sistema de gases diluidos y quemados en la caldera de recuperación.

- c) *Depuración de pulpa cruda:* la pulpa cruda o marrón (flujo de los separadores de nudos), pasa por un proceso de depuración. Una serie de depuradoras finas sacan las partículas grandes, que son desaguadas. Luego se lava la pulpa cruda depurada y se la envía a las torres de almacenamiento de alta densidad. El licor que sale del lavado es enviado en contracorriente al proceso y finalmente a la recuperación de sustancias químicas.

- d) *Deslignificación con oxígeno:* en esta etapa se utiliza oxígeno para continuar con la separación de la lignina remanente en la pulpa en una o dos etapas en reactores presurizados. Las sustancias químicas utilizadas son: oxígeno, licor blanco oxidado y posiblemente sulfato de magnesio.

- e) *Lavado de pulpa:* se lava la pulpa deslignificada (pulpa cruda) en una serie de equipos lavadores para eliminar el licor negro débil de la pulpa. El sistema de licor para la deslignificación con óxido, depuración y lavado de pulpa marrón es un sistema cerrado. El licor negro débil diluido se recupera del lavado, se le saca la espuma y es transportada hacia el área de recuperación química. El licor negro diluido se almacena en tanques de compensación.

- f) *Planta de Blanqueo:* el objetivo del blanqueo es eliminar toda la lignina residual posible de la pulpa mediante el uso de productos químicos oxidantes. En el blanqueo ECF, las sustancias químicas principales son dióxido de cloro, soda cáustica y/o licor blanco oxidado y ácido sulfúrico. Se aplica oxígeno y peróxido de hidrógeno, así como también bisulfito o dióxido de azufre.

El principal gas liberado en esta etapa es dióxido de cloro, el cual es captado y llevado por tuberías a un scrubber para mitigar las emisiones de dióxido de cloro.

g) *Depuración y secado de pulpa blanqueada*: la pulpa blanca es depurada.

3) Línea de recuperación

El objetivo, es recuperar las sustancias químicas de cocción y generar energía a partir de las sustancias orgánicas disueltas. Las partes de este proceso son:

a) *Evaporación*: consiste en una unidad de evaporación de seis o siete evaporadores, el cual permite recuperar agua y a la vez permite la concentración del licor negro débil. La planta de evaporación cuenta con un sistema integrado de extracción por vapor de los condensados contaminados. El sistema de condensados secundario de los evaporadores está segregado para producir diferentes calidades de condensados, a saber:

- condensado limpio, satisfactorio para uso en el lavado de pulpa
- combinación de condensado contaminado y condensado extraído, conteniendo pequeñas cantidades de compuestos orgánicos disueltos, que pueden ser utilizados en la planta de caustificación
- condensado sucio que necesita ser extraído antes de su reutilización

Los gases que provienen de la ventilación de los tanques del licor negro, se conducen al sistema de los gases LVHC, y se queman en la caldera de recuperación.

El gas del extractor conteniendo metanol pasa al sistema de gases concentrados para ser quemados ya sea en el incinerador de gases olorosos o en la caldera de recuperación. El gas del tanque colector de condensado de vapor del sistema de vacío y los gases del tanque de condensado contaminado son también recogidos en el sistema de gases diluidos y quemados en la caldera de recuperación.

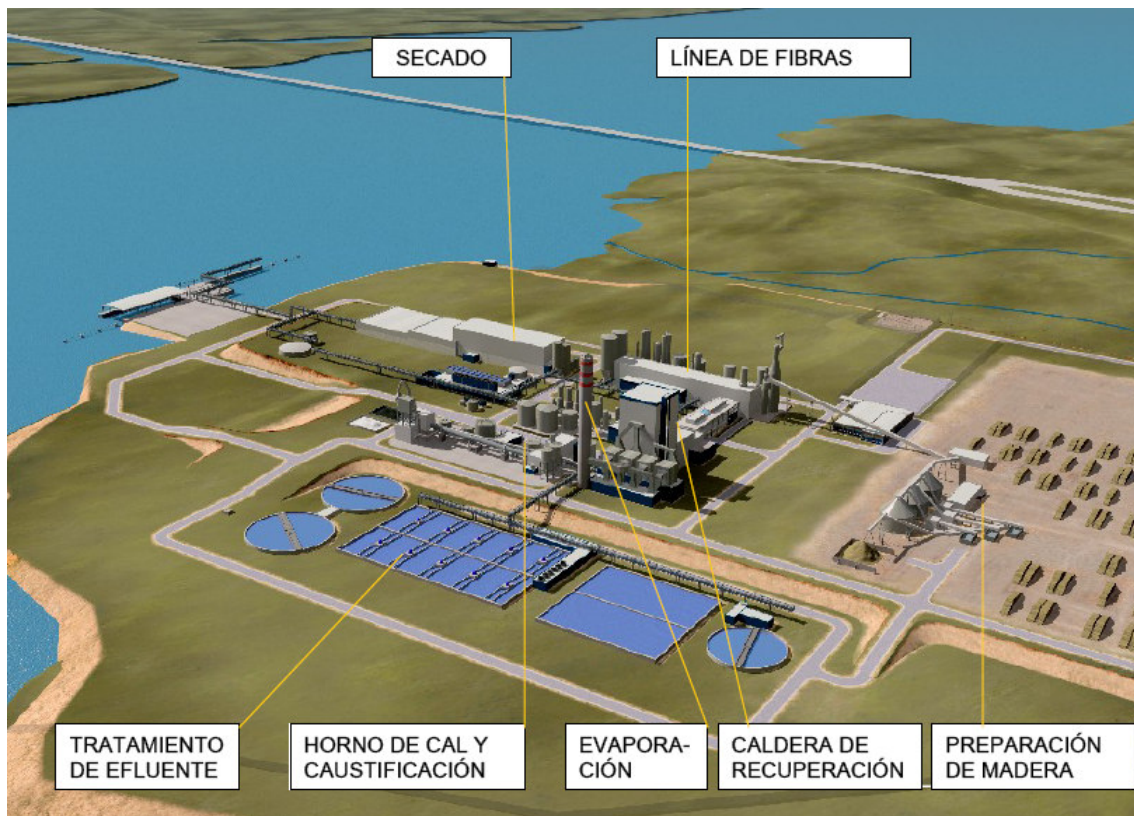
El licor negro concentrado, se almacena, antes de ser enviado a la caldera de recuperación.

b) *Caldera de recuperación*: aquí se quema el licor negro concentrado que es dispersado dentro del hogar. La caldera tiene dos funciones, una es producir vapor y la otra es recuperar las sustancias químicas de la cocción en forma de carbonato de sodio y sulfuro de sodio.

La caldera utiliza fuel oil (gas natural) como combustible solamente en las puestas en marcha y como apoyo. El polvo del gas de combustión se separa mediante un precipitador electrostático, que controla el material particulado y recupera el sulfato de sodio para ser usado nuevamente.

El fundido inorgánico de la caldera de recuperación se recoge en un disolvedor, donde se agrega licor blanco débil para disolver el fundido, generando licor verde. El licor verde es una solución acuosa de carbonato de sodio y sulfuro de sodio, que se filtra o clarifica antes de su almacenamiento. La disolución del fundido inorgánico caliente produce vapor, el cual se ventila. Los gases del disolvedor son llevados directamente a la caldera de recuperación, aunque a veces son lavados y extraídos a través de chimeneas.

- c) *Planta de caustificación (preparación del licor blanco)*: el licor blanco, se prepara por medio de un sistema que comprende un apagador – clasificador de cal y tanques de caustificación, agregando cal (CaO) al licor verde. El producto resultante (lechada de cal) es filtrada para separar en licor blanco y lodo de cal (CaCO_3). El licor blanco va a almacenamiento en tanques de compensación. Mientras que una parte del licor es oxidada con aire u oxígeno para oxidar sulfuros y convertirlo en licor blanco oxidado, el cual es utilizado en el sistema de deslignificación con oxígeno y también en las etapas de blanqueo.
- d) *Recuperación de cal/proceso de calcinación*: se lava el lodo de cal antes de ser calcinado en el horno de cal para recuperar CaCO_3 como CaO para ser reutilizado.
- e) *Plantas de productos químicos*: se genera dióxido de cloro (ClO_2)
- f) *Turbogenerador y generación de energía*: el vapor producido en la caldera de recuperación es alimentado a través de una turbina de contrapresión para generar electricidad. Además de este sistema, habrá generadores que funcionan a diesel, para generar electricidad en ciertas condiciones de perturbación para seguridad.
- g) *Tratamiento de gases olorosos*: los gases concentrados se queman en la caldera de recuperación o en un quemador de gases olorosos. Se utiliza fuel oil o metanol líquido como combustible suplementario en el quemador. Este incinerador está equipado con una pequeña caldera y un scrubber. El bisulfito de sodio resultante del scrubber puede ser utilizado en la planta de blanqueo en lugar de dióxido de azufre.
Los gases de combustión generados aquí, son descargados al aire a través de un ducto por la chimenea principal
- h) *Tratamiento de agua*: el agua que se toma del Río Uruguay ($87.000 \text{ m}^3/\text{día}$), es tratada en un tanque de alimentación donde son añadidos productos químicos, para luego pasarla por decantadores y filtros de arena. El agua utilizada en la producción de vapor es desmineralizada en una línea equipada con intercambio catiónico y otro aniónico que alimentan un intercambiador de lecho mixto común.
- i) *Planta de tratamiento de aguas residuales*: el método utilizado es el tratamiento biológico por fangos activos. La primera fase del proceso, abarca una reja de desbaste; luego el agua es pasada por un clarificador primario, para luego ser llevadas a una balsa de ecualización utilizada como sistema de control de flujo. El pH es controlado con ácido y cáustico. La temperatura de las aguas residuales (50 a 60°C) es reducida en una torre de refrigeración a unos 37°C . Luego pasa a un reactor biológico, donde una vez finalizado el tratamiento las aguas son llevadas a un decantador secundario.
Las aguas sanitarias serán tratadas en la misma planta de tratamiento que las aguas residuales provenientes del proceso.
- j) *Tratamiento de Fangos*: se generan dos tipos de lodos en la planta de tratamiento de aguas residuales, los cuales son segregados y deshidratados. Los primeros, provenientes del primer decantador, consisten en fibras y otros sólidos suspendidos; el otro fango producido, es generado



Disposición de la planta de Botnia

A.6.3. Emisiones generadas por las plantas de producción de pasta de papel

La producción de pasta es la principal fuente de impactos ambientales que causa la industria de la pasta y el papel. En general, el proceso de fabricación de papel y cartón consiste en tres etapas: fabricación de la pasta, procesamiento de la pasta, y fabricación del papel/cartón.

Las liberaciones de PCDD y PCDF de las fábricas de pasta y papel pueden producirse mediante los siguientes vectores:

- Emisiones al aire (de la quema de lignito y licor negro para generar vapor);
- Emisiones al aire de la quema de madera o corteza para generar vapor;
- Emisiones en el agua de procesamiento (las fábricas de pasta modernas funcionan libres de efluentes);
- Emisiones en el lodo de la pasta, que se puede aplicar al suelo, incinerar o disponer en vertederos / rellenos;
- Emisiones en productos (= pasta, papel), que pasan al mercado como productos.

A.6.4. Aplicación de sistemas de recuperación química

El proceso de recuperación química Kraft no ha variado mucho desde 1884. El licor negro diluido residual se concentra por evaporación para formar un

licor negro concentrado, que se quema en una caldera de recuperación para obtener energía, y los productos químicos del procesamiento se extraen de la mezcla fundidos. A las calderas de recuperación se le suman las calderas alimentadas por combustibles fósiles o por desechos de madera (combustibles a base de desperdicios) cubriéndose así la demanda de energía de la planta. Las emisiones a partir de esas calderas pueden liberar PCDD y PCDF. Como se refleja en la Tabla 1 no hay factor de emisión para liberaciones de PCDD/PCDF en residuo ya que las cenizas de la caldera de licor negro se reciclan y vuelven a ingresar al proceso.

Para el Instrumental se sigue el criterio común, y los datos que se informan para la pulpa se basan en toneladas de sustancia secada por el aire (tSA), que se refiere a una pasta desecada al 90 % o 900 kg de pasta absolutamente seca. En cuanto al papel, se toma como base el papel acabado con el grado de deshidratación resultante, que normalmente es de 94-96 %.

Los factores de emisión aplicables a la industria de la pasta y el papel se elegirán según se muestra en la Tabla 1 y en la Tabla 3.

Tabla 1 Factores de emisión de la industria de la pasta y el papel: calderas

	Factor de emisión	
	$\mu\text{g de EQT/tSA}$	$\mu\text{g de EQT/t de ceniza Residuo}$
1. Calderas de licor negro,	0,07	NA
2. Calderas de lodos y madera/ de cortezas	0,2	50

Las emisiones anuales con los efluentes residuales y lodos de pasta y papel (= residuos) se calcularán multiplicando la concentración en el efluente (en $\mu\text{g de EQT/L}$) o la concentración en el lodo (en $\mu\text{g de EQT/t de materia seca}$) por la descarga anual o el volumen de producción, respectivamente. Para facilitar la estimación de las liberaciones, en las tablas se dan valores típicos en términos de $\mu\text{g de EQT/tSA}$ junto con concentraciones típicas en los efluentes y en los sólidos, que pueden utilizarse si no se dispone de datos sobre flujo de masa. En la Tabla 2 pueden verse las concentraciones de PCDD/PCDF para las diferentes clases. Estos factores de emisión para las plantas de fibras de madera parten del supuesto de que todas las plantas disponen de instalaciones de tratamiento de efluentes que producen lodos y efluentes con escasos sólidos suspendidos. Para el ejemplo de fibra distinta de madera, la concentración se relaciona con el efluente crudo antes del tratamiento.

Tabla 2 Factores de emisión para efluentes y lodos de pasta

Clasificación	Factores de emisión			
	Agua		Residuo = Lodos	
	µg de EQT/tSA	pg de EQT/L	µg de EQT/tSA	µg de EQT/t en lodos
1. Proceso Kraft, gas cloro, fibra distinta de madera, tratamiento con PCP	ND	300	ND	ND
2. Proceso Kraft, tecnología antigua (Cl ₂)	4,5	70	4,5	100
3. Tecnología mixta (TLC pero parcialmente Cl ₂ en la primer etapa	1,0	15	1,5	30
4. papeles al sulfito, tecnología antigua (libre de cloro)				
5. Proceso Kraft, tecnología moderna (Cl O ₂)	0,06	2	0,2	10
6. papeles al Sulfito, nueva tecnología (ClO ₂ , TLC)				
7. Pasta termomecánica	ND	ND	ND	ND
8. Papel reciclado de desecho de papel contaminado*		30		
9. Papel reciclado de papeles modernos	ND	ND	ND	ND

* Efluentes líquidos del sistema de destintado

Tabla 3 Factores de emisión de productos de pasta y papel

Clasificación	Factores de emisión µg de EQT/t de producto
1. Pastas Kraft de fibras distintas de madera, posiblemente impactadas por PCP, gas Cl ₂ de blanqueo	30
2. Pasta y papel Kraft de fibras primarias, blanqueo sin cloro	8
3. Tecnología mixta (TLC pero Cl ₂ parcialmente en la primer etapa)	3
4. Papeles al sulfito, tecnología antigua (sin cloro)	1
5. Papeles Kraft, nueva tecnología (ClO ₂ , TLC), papel no blanqueado	0,5
6. Papeles al sulfito, nueva tecnología (ClO ₂ , TLC)	0,1
7. Pulpa termomecánica	1
8. Papel reciclado de desechos de papel contaminado	10
9. Papel reciclado de papeles modernos	3

CAPÍTULO I

Calidad de aguas, sedimentos y biota del Río Uruguay

Teniendo en cuenta la implantación futura de plantas de celulosa y en el marco del actual PROGRAMA DE EVALUACION DE CALIDAD DE AGUAS Y CONTROL DE LA CONTAMINACION DEL RIO URUGUAY (PROCON), se desarrolló el esquema que se describe a continuación cuya acción se centra en zonas de posible influencia de los emprendimientos. En este documento se describen acciones de monitoreo para la protección de la calidad de las aguas, biota acuática y sedimentos del Río Uruguay.

Asimismo, se contempla el procesamiento de información histórica y actual (generada continuamente) que permita además de determinar el estado natural del recurso, previo a los emprendimientos, verificar el apartamiento de dichas condiciones naturales por la potencial afectación de los mismos en el cuerpo de agua. Se incorporan formas de trabajo de programas de estudio de monitoreo de efectos ambientales de plantas de pulpa y papel de Canadá (Environment Canada. 2003). El plan está basado en una secuencia de monitoreo continuo que permite evaluar tendencias cada tres años de trabajo pudiéndose lograr una evaluación real de largo plazo del impacto de efluentes, con resultados de algunas evaluaciones trianuales.

Se evalúan indicadores para determinar estado de comunidades bentónicas, de peces y de aguas y sedimentos. El control de calidad ambiental mediante la determinación de los valores de parámetros regulados (o no) tiene carácter de vigilancia, es decir que permite alertar respecto de una variación significativa en la concentración de dichos parámetros y por lo tanto detectar variaciones en la calidad de agua, biota acuática y sedimentos.

La industria de la pasta y el papel es una de las principales industrias consumidoras de agua. Las fábricas de papel al sulfito descargan más agua que las de papel Kraft. Una moderna planta de blanqueado descarga entre 15 y 20 metros cúbicos de agua por tonelada de pulpa secada al aire (15-20m³/t de tSA). El consumo de agua puede reducirse aumentando la recirculación interna. Normalmente las descargas de aguas residuales son de 20-40 m³ por tonelada de pasta. Para el Instrumental se utilizará un factor de 30 m³ de agua por tonelada de pasta producida.

El reemplazo del Cl₂ en la primera etapa de blanqueo por ClO₂ reduce espectacularmente la formación de 2,3,7,8-Cl₄DD y 2,3,7,8-Cl₄DF (hasta por debajo de los límites de detección de 0,3-0,9 pg/L).

Los datos obtenidos y publicados por el NCASI [National Council (of the Paper Industry) for Air and Steam Improvement, Inc.] (Consejo Nacional de la Industria del Papel para el Mejoramiento del Aire y el Vapor, Inc.) (1998) en los EE.UU., a partir de 20 líneas de blanqueo en 14 fábricas Kraft del país que sustituyen totalmente el cloro por dióxido de cloro, dieron 119 pares de datos sobre 2,3,7,8-Cl₄DD y 2,3,7,8-Cl₄DF en los efluentes de las fábricas de pasta. Los resultados mostraron que en ninguna de las muestras podía hallarse 2,3,7,8-Cl₄DD en concentraciones superiores a la directriz propuesta de 10 pg/L. El

2,3,7,8-Cl₄DF se detectó en dos muestras en la etapa ácida en concentraciones que están en el rango de 15 a 18 pg/L y en la etapa alcalina entre 11 y 18 pg/L.

El factor de emisión por defecto para las liberaciones de fábricas de pasta modernas que utilizan dióxido de cloro se fijará de forma conservadora en 60 ng de EQT/t de pasta blanqueada. El factor de emisión sólo se aplicará si se produce una descarga directa al medio ambiente. Si se generan lodos, la carga de dioxina se recogerá en los lodos y los efluentes resultantes de la planta de tratamiento de efluentes habrán de tener concentraciones no detectables de PCDD/PCDF.

Un caso particular de concentraciones elevadas ha sido detectado en efluentes de fábricas que funcionan en condiciones particulares ya que queman troncos/trozas saladas, y las cenizas se descargan/evacuan en la planta de tratamiento de efluentes. Deberá señalarse todo caso semejante a éste; por ahora no se puede dar un factor de emisión por defecto que sea aplicable a estas fábricas de pasta.

La fabricación de pasta a partir de madera tratada con pentaclorofenol puede aumentar las concentraciones en el efluente, pero hasta ahora no se ha publicado ningún dato. Deberá notificarse todo uso que la industria de la pasta y el papel haga de PCP o de madera tratada con PCP.

Adicionalmente, se realizó un relevamiento de los parámetros exigibles según la normativa ambiental vigente contra cuyos parámetros se podrá hacer una primera comparación de los resultados que se obtengan de los muestreos a realizar. De esta manera se halló que el Decreto Reglamentario 253/79 y modificativos de Uruguay establece en su artículo 11° que *“ningún efluente podrá ser vertido si no cumple como mínimo con los siguientes estándares, sin perjuicio de otros requerimientos que surjan de estas normas”*, y lista en su numeral 2 los estándares de los parámetros que deben cumplir los desagües directos a cursos de agua.

En lo que respecta a las emisiones al agua, la Resolución Ministerial del MVOTMA 63/2005 que concede la Autorización Ambiental Previa a BOTNIA, determina en su artículo 2° literal y que *“el efluente a descargar en el río Uruguay deberá cumplir con los estándares de vertido directo a curso de agua (artículo 11 numeral 2 del Decreto 253/79 y modificativos)”* que establece:

2- Desagües directos a cursos de agua

PARAMETRO	ESTANDAR
- MATERIAL FLOTANTE	Ausente
- TEMPERATURA	Máx 30°C, pero no podrá elevar la temperatura del cuerpo receptor más de 2°C.
- Ph	Entre 6,0 y 9,0
- DBO5	Máx 60 mg/L
- SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	Máx 150 mg/L
- ACEITES Y GRASAS	Máx 50 mg/L
- SULFUROS	Máx 1 mg/L
- DETERGENTES	Máx 4 mg/L en LAS
- SUSTANCIAS FENÓLICAS	Máx 0,5 mg/L en C6H5OH
- CAUDAL	El caudal máximo en cualquier instante no podrá exceder al caudal medio del período de actividad.
- AMONIO	Máx 5 mg/L en N
- FOSFORO TOTAL	Máx 5 mg/L en P
- COLIFORMES FECALES	Máx 5000 CFU/100 mL
- CIANURO	Máx 1 mg/L
- ARSENICO	Máx 0,5 mg/L
- CADMIO	Máx 0,05 mg/L
- COBRE	Máx 1 mg/L
- CROMO	Máx 1 mg/L
- MERCURIO	Máx 0,005 mg/L
- NIQUEL	Máx 2 mg/L
- PLOMO	Máx 0,3 mg/L
- ZINC	Máx 0,3 mg/L

Las concentraciones de los tóxicos orgánicos no podrán exceder en más de 100 (cien) veces los valores previstos por el artículo 5 para la CLASE 3.-

La referencia a los tóxicos orgánicos correspondiente al mencionado artículo 5 es la siguiente:

Para las clases 1, 2a, 2b, y 3 se deberán además cumplir los siguientes estándares en cuanto a los tóxicos orgánicos.

PARAMETROS	ESTANDAR
- ALDRIN más DIELDRIN	Máx 0,004 µg/L
- CLORDANO	Máx 0,01 µg/L
- DDT	Máx 0,001 µg/L
- ENDOSULFAN	Máx 0,02 µg/L
- ENDRIN	Máx 0,004 µg/L
- HEPTACLORO más HEPTACLORO EPOX	Máx 0,01 µg/L
- LINDANO	Máx 0,01 µg/L
- METOXICLORO	Máx 0,03 µg/L
- MIREX	Máx 0,001 µg/L
- 2,4 D	Máx 4 µg/L
- 2,4,5 T	Máx 10 µg/L
- 2,4,5 TP	Máx 2 µg/L
- PARATHION	Máx 0,04 µg/L
- COMP. POL. AROMATICOS (BPS)	Máx 0,04 µg/L

Adicionalmente, la RM 63/2005 establece en su artículo 2° literal z que “las concentraciones máximas admisibles de vertido de los parámetros indicados en la tabla siguiente, no incluidos en el decreto 253/79 y modificativos, serán como sigue:”

Parámetro	Concentración medias anuales admisibles (mg/L)
AOX	6
N total	8
Nitratos (N)	4

I.I. ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS

a) Objetivo general

Monitorear en forma permanente la calidad de aguas y sedimentos en el área de influencia del efluente.

b) Objetivos específicos

Establecer una línea de base actual de calidad de aguas y sedimentos, verificar grado de cumplimiento de objetivos de calidad de agua de parámetros regulados por CARU, clasificar las aguas en base a un índice de calidad de aguas (el que a su vez se basa en los estándares de calidad de aguas de CARU), establecer tendencias de calidad.

El estudio se efectúa mediante el relevamiento con frecuencia trimestral de una serie de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos además de ensayos de toxicidad en agua, y de parámetros químicos en sedimentos. En caso necesario se incluirán luego ensayos de toxicidad de sedimentos y estudios de fito y zooplancton.

c) Área de trabajo

El área de monitoreo incluye una grilla de sitios de muestreo aguas arriba y aguas abajo del punto de volcado de efluentes, considerando la potencial zona de influencia de éste.

d) Metodología de Trabajo

- Muestreos: Se efectuarán en la zona de influencia del emprendimiento, cuatro campañas de muestreo que deberán ser estacionales, considerándose nueve sitios de monitoreo, donde se obtendrán muestras de agua. En una de las campañas entre marzo y agosto se obtendrán también muestras de moluscos bivalvos del lugar de modo de evitar la época de reproducción. Se efectuará un muestreo anual de sedimentos coincidente con una campaña de muestreo de aguas.
- Frecuencia y estacionalidad de los muestreos: La frecuencia de muestreo será trimestral, lo que permitirá observar estacionalidad de las variables, mantener las series históricas en algunos puntos y permitirá evaluar tendencias. Además este número de datos es el mínimo anual requerido por el índice de calidad de aguas para ser aplicado con confiabilidad. Dos de los muestreos se harán durante las Campañas PROCON las cuales se efectúan una en verano y otra en invierno. Los otros dos muestreos se harán en otoño y primavera en campañas “específicas” o selectivas.
- Área y estaciones de muestreo: Como se indicó antes, el área de muestreo (o área de monitoreo) comprende una grilla de puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo del punto de volcado del efluente, abarcando la posible zona de influencia de éste. En el área de influencia del efluente, las estaciones seleccionadas, que deben ser georeferenciadas
- Tipo y cantidad de muestras, y parámetros a evaluar por campaña: En la siguiente se indica la cantidad de muestras de cada matriz (agua, sedimento y biota), que obtendrán en cada punto, y los parámetros a evaluar en cada caso. Específicamente, se incluirán entre los parámetros

de monitoreo la determinación AOX, EOX y TOX y a la determinación de compuestos fenólicos se llevará a cabo discriminando compuestos individuales.

Matriz	Cantidad de muestras	Parámetros a evaluar
Agua	Una y replicados	DBO ₅ , DQO, O ₂ dis., S.S.T, Fenoles, Pb, Zn, Cr, Cu, Hg, NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₃ (no ionizable), N ₂ total, P ₂ total, PO ₄ ³⁻ , PAH's, Cl ₂ residual, pH, Alcalinidad, AOX, TOX y EOX, Dureza y ensayo de toxicidad aguda y crónica, bacteriología, cianuros totales.
Sedimento	Una y replicados	Fenoles, Cromo, Mercurio, HAPs, PCBs, Biocidas.
Bivalvos	Una	Fenoles, Cromo, Mercurio, HAPs, PCBs, Biocidas.

En estos muestreos se deberán relevar además de los parámetros contemplados para USO IV del Digesto de CARU

- Evaluación de contaminantes usando bio-concentradores: Uno de los métodos de evaluación del efecto de descargas sobre la biota acuática, es el análisis de contaminantes bio-acumulados en tejido. Ciertos organismos acuáticos, por estar fijados al fondo, pueden ser usados como filtros vivos. Este es el caso de los bivalvos bentónicos sobre los cuales se analizarán fenoles, cromo, mercurio, HAPs, PCBs y biocidas.
- Ensayos de toxicidad aguda y crónica mediante el empleo de bio-indicadores: En las campañas PROCON de CARU se realizan ensayos de toxicidad aguda con *Daphnia Magna* (crustáceo). En el programa actual se agregarán ensayos de toxicidad con un alga, *Selenastrum capricornutum* y el más sensible de los peces autóctonos del lugar.

e) Consideraciones sobre el método de análisis de AOX

Los compuestos organohalogenados presentes en un efluente se pueden concentrar por extracción líquido-líquido (Extractable organic halogen = EOX) y mediante adsorción en carbón activo (Adsorbable organic halogen = AOX). Los dos métodos comprenden una combustión de la que se obtiene una solución de halogenuros que es cuantificada por microcoulombimetría.

El método AOX fue estandarizado en Alemania (DIN 38409 H14)5) e incorporado en la legislación oficial. Existen diferentes normas para su medición (ISO 96526), DIN 38409 H145), ASTM D47447)). El método de AOX consiste en la adsorción en carbón activo, lavado de los cloruros inorgánicos, pirólisis y microcoulombimetría, detectando compuestos hidrofílicos y lipofílicos, polares y no polares. Los compuestos altamente volátiles los cuales son muy poco adsorbibles en carbón se determinan mejor como purgables, POX (DIN 38409 H8)8). Entendemos por EOX la fracción extraíble de los AOX, es una extracción líquido-líquido en la que se pueden utilizar varios agentes como son: éter de petróleo, ciclohexano, isopropanol etc.

La diferencia en la determinación de los EOX frente a los AOX estriba básicamente en el sistema que se utiliza para aislar los compuestos clorados presentes en una muestra ya que la combustión y la determinación microcoulombimétrica son equivalentes. La extracción se realizó siguiendo la norma NEN 66769), que básicamente consiste en realizar dos extracciones simultáneas de la muestra líquida a pH diferentes, pH: 2 y 9, con un agente extractor (en nuestro caso éter de petróleo) a relación 1:10 respecto a la fase acuosa. Una vez recuperados los dos extractos se unieron y se concentraron en un rotavapor (Labo Rota SE320, Resona Technics, Suiza), desecándose con Na₂SO₄ y finalmente se concentró hasta 1-3 ml en corriente de nitrógeno. Del extracto concentrado se inyectó un volumen variable, en función de la presencia de compuestos clorados (10-250) ml en el equipo Euroglas ECS 2000.

f) Caudales

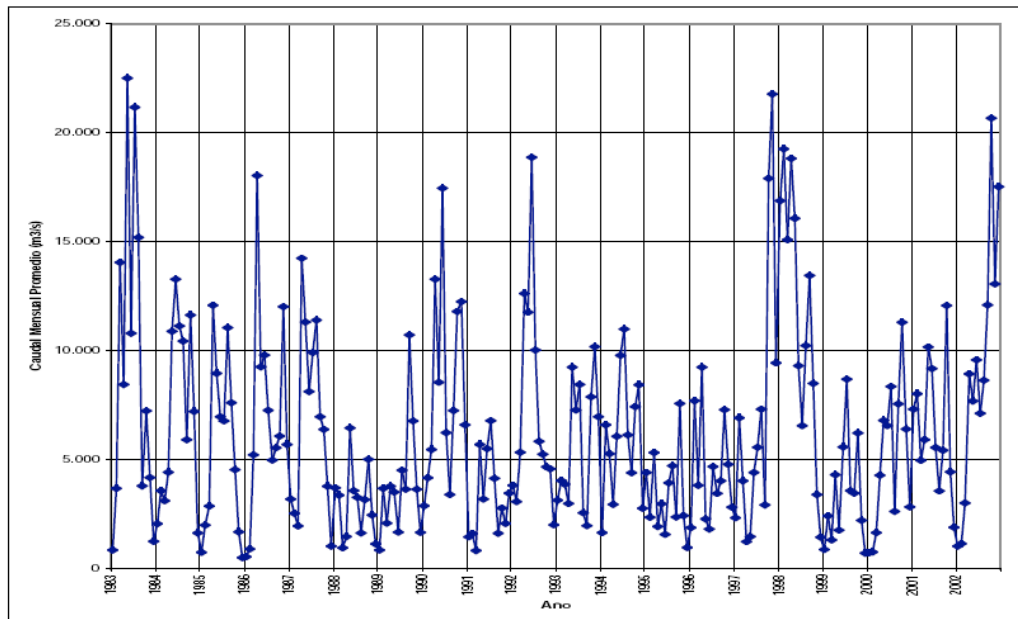
Aunque el Río Uruguay mantiene un caudal de base permanente, tiene importantes variaciones de caudal a lo largo del año. Los caudales tienden a ser mayores, es decir, mayores a los caudales medios, desde mayo a diciembre, con máximos ocurriendo entre junio y octubre, siendo común que las inundaciones se den en estos meses. Caudales bajos son observados normalmente entre diciembre y abril, con los mínimos normalmente ocurriendo en enero o febrero.

La capacidad de reserva del lago de la represa de Salto Grande es de unos 5.000 millones de m³ (5 Km³). Durante periodos de gran caudal, volúmenes diarios pueden sobrepasar los 1,000 millones de metros cúbicos. Por esta razón el volumen de almacenamiento de la represa representa solo unos pocos días de flujo intenso, y por lo tanto no permite la regulación del caudal en el Río aguas abajo durante inundaciones o sequías.

Durante períodos de bajo caudal, la operación de la represa de Salto Grande produce “saltos” de 600 m³/s en los caudales aguas abajo de la represa en muy corto lapso de tiempo, debido a que la capacidad de cada turbina es de 600 m³/s. Hasta variaciones de 1.200 m³/s en una hora fueron producidas por la operación de compuertas en la represa.

Durante los últimos 20 años el caudal promedio del Río ha sido 6.231 m³/s, mientras que el máximo promedio mensual registrado fue de 22,504 m³/s, y el mínimo promedio mensual fue de 499 m³/s. La Figura I presenta una gráfica con los caudales mensuales promedios de cada mes durante el período 1983 a 2002, según lo reportado por la D.N.H..

Figura I Caudales Mensuales Promedio Durante los Últimos 20 Años- Represa de Salto Grande.



El caudal promedio semanal mínimo con un período de retorno de cinco años es de 519 m³/s. Este caudal es el indicado por la CARU como el caudal mínimo aceptable para cálculos del impacto de la descarga de efluentes en el Río.

Las condiciones físicas del Río Uruguay en las proximidades del predio de Botnia S.A. son el resultado de su ubicación en el curso inferior de Río, aguas abajo de la zona de mayor sedimentación, en una zona de baja pendiente del Río, y poco antes del importante ensanchamiento del Río frente a la ciudad de Fray Bentos.

Históricamente, las condiciones físicas del Río han cambiado considerablemente como consecuencia de la intervención humana en su valle y por los cambios en el uso de la tierra. La construcción de la represa de Salto Grande redujo la cantidad de sedimentos transportados debido a la deposición de partículas en el lago artificial de la represa, pero la deforestación en la cuenca superior del Río tuvo el efecto inverso, es decir, el de aumentar la cantidad de sedimentos arrastrados por el Río. El resultado final en las últimas décadas ha sido el aumento de la carga de sedimentos aguas arriba de la represa de Salto Grande. Sin embargo, este aumento ha sido menos notorio debido a la deposición de sedimentos en el lago artificial ya mencionada. Las partículas que pasan a través de la represa son normalmente más pequeñas, (arcillas, limos, y arena fina) que tienen el efecto de aumentar la turbiedad aparente de las aguas del Río. Por otro lado, la carga en el fondo de arena y pedregullo es menos significativa, produciéndose efectos erosivos en las paredes y fondo del canal.

La dinámica fluvial local también está relacionada a las abruptas curvas que tiene el cauce.

Debido a la forma particular del valle en zona de Fray Bentos, la costa uruguaya está sujeta a procesos erosivos fluviales y costeros, formándose

barrancos y playas, mientras que en el lado argentino se han formado islas fluviales de tamaño considerable.

El cauce del Río, entre la costa uruguaya y las islas argentinas frente al predio de Botnia S.A. es relativamente angosto, y las velocidades medidas van de entre 0,4 m/s cerca de la costa a 0,7 m/s en el canal principal. Velocidades menores se registraron en la entrada donde se encuentra la boca del arroyo Yaguareté (0,14 m/s).

El flujo del Río es influenciado fuertemente por la operación de la represa de Salto Grande cuyo lago artificial tiene una capacidad relativamente pequeña (5,000 millones m³) y no puede almacenar suficiente agua durante períodos de grandes caudales (volúmenes diarios de 1,000 millones de m³). Por otra parte, el operador de la represa puede retener o verter agua cambiando considerablemente en cortos períodos los caudales aguas abajo. Durante períodos de caudales bajos, la operación de la represa produce cambios abruptos de caudales de 600 m³/s o 1,200 m³/s en períodos muy cortos de tiempo.

Es importante notar que también durante las últimas décadas los caudales promedio del Río Uruguay aumentaron considerablemente (más de 30 %), probablemente como resultado del aumento en las precipitaciones en la cuenca, y al aumento de la deforestación (resultando en una menor retención de agua en la cuenca).

Los niveles del Río están fuertemente influenciados por el caudal del Río, pero también dependen de los niveles del Río Paraná y en el Río de la Plata, dirección e intensidad de los vientos y, de manera menos importante, del caudal del Río Negro.

I.II. ESTUDIO DE COMUNIDADES DE INVERTEBRADOS BENTÓNICOS

a) Objetivo general

Efectuar estudios ambientales de monitoreo a partir del análisis de estructura comunitaria de los organismos del bentos.

b) Objetivos específicos

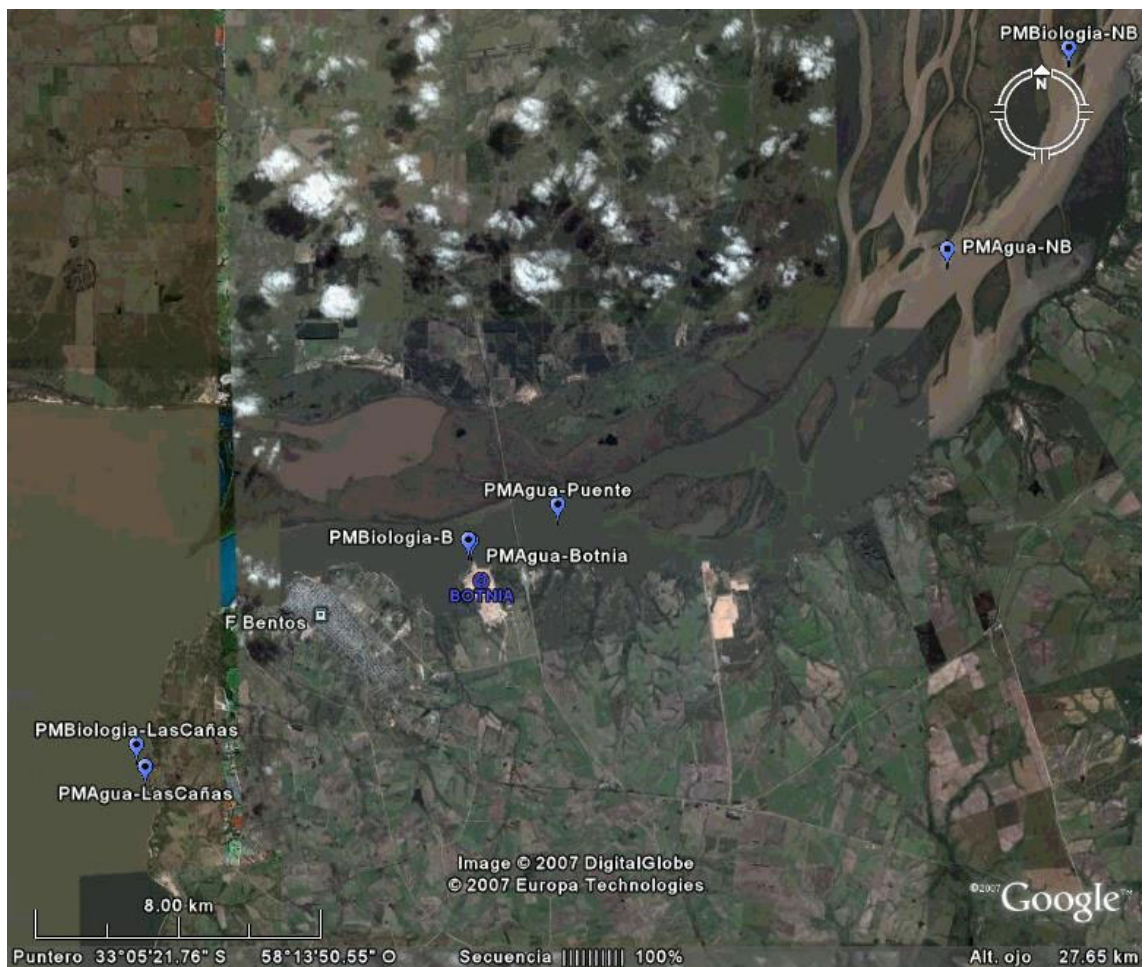
Evaluar el impacto del efluente sobre el estado de condición de las poblaciones más importantes del complejo bentónico, en proximidades del emprendimiento industrial, que son fuente de alimentación de las cadenas tróficas en especial de los peces.

c) Metodología de Trabajo

- Muestreos: Se efectuarán en las campañas de muestreo, de calidad de aguas y sedimentos que en el caso del efluente del emprendimiento.
- Frecuencia y estacionalidad los muestreos: Es importante desde el punto de vista de la evaluación de la comunidad del fondo (bentos) que el muestreo sea repetido como mínimo en dos estaciones climáticas contrastantes del año, debido al ciclo de vida de la mayoría de los invertebrados del fondo. Eventualmente se podría muestrear en las 4 estaciones climáticas del año en el primer año y luego continuar con los 9 puntos dos veces al año.

- Área y estaciones de muestreo: El área de muestreo (o área de monitoreo) comprende una grilla de puntos de muestreo aguas arriba y aguas abajo del punto de volcado del efluente, abarcando la posible zona de influencia de éste.
- Tipo y cantidad de muestras, y parámetros a evaluar por campaña: Se obtendrán muestras de sedimentos superficiales con dragas VAN VEEN. En cada una de los sitios deberán considerarse por lo menos dos réplicas (dos dragas VAN VEEN o equivalentes) que serán tratadas y observadas con procedimientos convencionales para los estudios bentónicos (EPA). Una tercera unidad de muestreo (se considerará como testigo y quedará en custodia en el laboratorio de Limnología (ILPLA- UNLP).

Se detallan en la siguiente imagen la ubicación propuesta para los puntos de muestreo de agua y fauna bentónica en inmediaciones de la planta Botnia



Ubicación puntos de muestreo de aguas y biología bentónica

I.III. EFECTOS SOBRE LOS PECES Y LOS RECURSOS PESQUEROS

a) Objetivo general

Efectuar estudios ambientales de monitoreo a partir del análisis de estructura de comunidades ictícolas y los recursos pesqueros.

b) Objetivos específicos

El propósito del monitoreo de peces es evaluar los efectos del efluente sobre la supervivencia, el crecimiento, la condición y la reproducción de los peces. Estos efectos serán evaluados mediante la comparación de indicadores individuales y poblacionales, de al menos dos especies de peces en el área expuesta y áreas de referencia.

Otro aspecto a evaluar es el de los posibles efectos sobre la palatabilidad que podrían comprometer la aptitud de los peces para el consumo.

El relevamiento de peces proveerá una evaluación de las diferencias en el crecimiento, en la reproducción, condición y supervivencia de las poblaciones de peces entre el área expuesta y el área de referencia libre de efluentes.

c) Metodología de trabajo

El programa consistirá en una serie secuencial de ciclos de muestreo e interpretación, en los cuales los requerimientos de cada ciclo dependerán de los resultados del ciclo previo. El primer ciclo del relevamiento de peces se orientará a la realización de una evaluación del ambiente receptor, del área de estudio, de las especies presentes y de la variabilidad de los parámetros a considerar en los peces. A partir del relevamiento de la comunidad de peces se seleccionarán las especies testigo a utilizar en las siguientes fases del programa.

Las metodologías a adoptar podrían ser la evaluación hidroacústica por ecointegración en las zonas con mayor profundidad, incluyendo el canal de navegación, y la determinación de la biomasa por área barrida con red de arrastre de fondo en zonas de aguas más someras. Estas metodologías se complementarían con el muestreo biológico de la captura y con marcación de peces.

Los resultados obtenidos en estudio realizados a través de los registros acústicos de peces, en la mayoría de las campañas en el río Uruguay, señalan una mayor concentración en los veriles del canal de navegación. Las densidades de peces también resultaron altas en zonas próximas a las bocas de los principales afluentes del río (alrededores de Nueva Palmira, boca del Río Negro y Fray Bentos).

Las estimaciones de densidad media de peces obtenidas por pesca exploratoria en el estrato somero en las diferentes campañas estacionales variaron entre 25 kg/ha y 170 kg/ha. A pesar de su alta variabilidad, estos valores se hallan entre los más altos encontrados en ambientes fluviales del mundo. La alta densidad en la zona se debe principalmente a la presencia del sábalo (*Prochilodus lineatus*) y coincide con la existencia de importantes acumulaciones de sedimentos finos con elevado contenido de materia orgánica, principal alimento de la especie. Si bien se han identificado 38 especies diferentes en esta región las que presentaron mayor abundancia y regularidad en los lances fueron, los sábalos las bogas, las viejas de agua, los bagres y la corvina

Se detallan en las tablas siguientes los parámetros que se requieren medir con la precisión necesaria para evaluar los posibles efectos sobre el crecimiento, la reproducción, la condición y la supervivencia de las especies icícolas presentes en el Río Uruguay como así también se describen los indicadores utilizados para evaluar estos efectos de la exposición.

Mediciones requeridas para determinar efectos en el crecimiento, reproducción, condición y supervivencia de los peces.

<i>MEDICIÓN</i>	<i>PRECISIÓN</i>	<i>INFORMACIÓN</i>
Longitud (fork, total o estándar)	+/- 0,2 cm	Medidas individuales, media y desviación estándar
Peso total (en fresco)	+/- 5,0 %	Medidas individuales, media y desviación estándar
Edad	+/- 1 año	Medidas individuales, media y desviación estándar
Peso de los huevos	+/- 1,0 %	Peso de una submuestra mínima de 100 huevos
Fecundidad	+/- 1,0 %	Peso de cada hembra, peso de los ovarios, número total de huevos por hembra
Peso del hígado	+/- 1,0 %	Medidas individuales, media y desviación estándar
Condición externa	No aplicable	Anormalidades, prevalencia de lesiones, tumores, parásitos, etc.
Sexo	No aplicable	

Indicadores utilizados para evaluar efectos de la exposición al efluente

<i>INDICADOR</i>	
Crecimiento	• Peso en función de la edad* • Longitud en función de la edad
Reproducción	• Tamaño gonadal relativo* (peso de la gónada en función del peso corporal) • Peso de la gónada en función de la longitud • Fecundidad (número de huevos por hembra en función del peso corporal, la longitud y o la edad)
Condición	• Factor de condición* (peso corporal en relación con la longitud: $k = 100 \times Pt / L^3$) • Peso del hígado en relación con el peso corporal • Peso del hígado en relación con la longitud • Tamaño de los huevos (tamaño medio de los huevos en función del peso corporal; tamaño medio de los huevos en función de la edad)
Supervivencia	• Distribución de frecuencia de edades* • Distribución de frecuencias de longitud

* Relaciones utilizadas (endpoints) para la determinación de efectos. Las otras relaciones se utilizan en análisis complementarios.

La elaboración e interpretación de los datos, luego de cada fase de monitoreo, responderá a las siguientes preguntas:

- ¿Se detecta un efecto?
- ¿El efecto está relacionado con la planta?
- ¿Cuál es la magnitud y extensión del efecto?
- ¿Cuál es la causa del efecto detectado?

Los resultados del primer ciclo, previo a la operación de la planta, se utilizarán para establecer una línea de base con la cual comparar los datos de los ciclos

El área es importante no solamente como base para el reclutamiento de juveniles a las poblaciones de peces adultos, sino que también representa zonas de alimentación para otras especies de peces, mamíferos acuáticos como el lobito de río y aves predatoras. Hubiera sido recomendable por lo tanto haber emprendido una evaluación de al menos un año de duración, incluyendo investigaciones sobre ciclo de vida y utilización del hábitat de las especies de loricáridos críticamente amenazadas, y mantener el área inalterada hasta completar los estudios. Por último, debería evitarse la construcción de un puerto, no sólo por el impacto sobre la comunidad de peces durante las obras, sino también por el riesgo que representa su operación por derrames de combustible, ruidos y movimiento de barcos.

c.1) Tamaño de la muestra

El tamaño muestral para detectar una diferencia específica, se estimará a partir de la variabilidad de la muestra y el poder estadístico aceptable para el proceso de toma de decisiones. Se fijará un número de ejemplares suficiente para la detección de diferencias del 20 al 30 % en las variables medidas. El mínimo muestral será de 20 machos y 20 hembras sexualmente maduros, de dos especies testigo seleccionadas (sedentarias o relativamente sedentarias y al menos una de ellas de hábitos bentófagos).

c.2) Áreas de exposición y de referencia

El monitoreo se llevará a cabo en sitios representativos del **área de exposición** (ambientes frecuentados por peces expuestos al efluente) y del **área de referencia**

c.3) Momentos de muestreo

De acuerdo con los resultados de los relevamientos previos, el monitoreo se realizará en la época del año que maximice la posibilidad de capturar ejemplares expuestos de las especies testigo, coincidiendo, en lo posible, con el o los períodos de madurez gonadal, para facilitar la determinación de los posibles efectos sobre la reproducción.

c.4) Plan de trabajo

Antes de la entrada en operación de la planta se evaluará la información biológica e hidrológica (batimetría, circulación, efectos de mareas, aportes de afluentes, etc) disponible, y se realizarán dos campañas de relevamiento de 6 días durante la primavera y el verano. Las campañas tendrán como objeto reconocer las áreas aguas arriba y aguas abajo del emprendimiento, ensayar los métodos de captura, determinar la estructura de la comunidad de peces, seleccionar las especies testigo, medir los parámetros individuales y

poblacionales a utilizar, evaluar su variabilidad y establecer una línea de base de referencia en el área, previo a su eventual afectación.

Durante la fase de operación de la planta se prevé realizar dos campañas anuales (primavera y verano), cuya duración se estima entre 2 y 6 días, en función del tiempo requerido para completar las muestras mínimas de peces previstas en el diseño del monitoreo.

Después de cada campaña se elaborará un informe comparando los indicadores evaluados en el área de exposición y de referencia, con el correspondiente análisis estadístico e interpretación de los resultados.

CAPÍTULO II

Calidad de Aire y Olores

II.1. EMISIONES GASEOSAS

Las principales emisiones al aire producidas por las fábricas de pasta y papel tienen su origen en la generación de energía y no en el proceso fabril propiamente dicho.

Las fábricas de pasta y papel queman lignito (del propio proceso de producción de pasta) para la generación de vapor que utiliza la fábrica. Además, en las calderas pueden quemarse recortes residuales de madera, recortes de cortezas, etc. Tanto para las fábricas de papel al sulfito como para las Kraft, los volúmenes medios son de 6.000-9.000 m³/t de pasta y las concentraciones de unos 0,41 ng de EQT-l/m³ (rango: 0,036-1,4 ng de EQT-l/m³) (CEPA-FPAC 1999).

La industria de la pasta y del papel utiliza calderas de licor Kraft para quemar el licor negro concentrado. La mayor parte de ellas están provistas de algún dispositivo sencillo de depuración de los gases de salida, por ejemplo, ciclones, depuradores húmedos o precipitadores electrostáticos (PES). Las concentraciones medias en la chimenea se sitúan entre 0,004 y 0,008 ng de EQT-l/m³ (CEPA-FPAC 1999). Para el Instrumental se utilizará un factor de emisión de 0,07 µg de EQT/t de licor negro, tal como ha sido determinado por el NCASI y utilizado en su reevaluación por la US-EPA (US-EPA 2000, Volumen 2, 5-26).

Para fábricas de pasta que queman lodos y residuos de madera en las calderas para madera (calderas con PES), la US-EPA (1998) ha notificado emisiones de entre 0,0004 y 0,118 µg de EQT-l/t de lodos o de madera, respectivamente. El factor de emisión por defecto para la quema de lodos o residuos de madera en fábricas de pasta es de 0,06 µg de EQT/t de materiales de alimentación (es decir, lodos o residuos de madera). No se establecerán diferencias entre las distintas tecnologías, por ejemplo, entre los dispositivos de depuración de gases de salida.

Los troncos/trozales utilizados como combustible en las calderas pueden contener cloro en bajas concentraciones pero que son fuentes potenciales de generación de dioxinas y furanos.

Las fábricas de pasta Kraft disponen además de hornos de cal que vuelven a quemar el carbonato cálcico que se forma durante el proceso de recaustificación. El horno rotativo trabaja a temperaturas de 800 °C cuando comienza la reacción de calcinación y a 1.000-1.100 °C para completar la reacción. El flujo de gas en el horno de cal es de unos 1.000 Nm³/t de pasta.

El factor de emisión por defecto de la quema de madera en las fábricas de pasta será el mismo que el que se determinó para la quema de madera. CORMA (2004) informó factores de emisión de entre 0,16 y 0,43 µg EQT/t de alimentación para caldera de corteza (clase 2); de esta forma, se sugiere un factor de emisión por defecto de 0,02 µg EQT/t de alimentación para este Instrumental.

Según informes de estudios realizados, las mayores emisiones gaseosas del proceso Kraft son: compuestos sulfurosos (TRS= Total Reduced Sulphur), óxidos de azufre (SO_x) y óxidos de nitrógeno (NO_x). Las pasteras emiten además

grandes cantidades de material particulado (PM) al aire, siendo el más perjudicial para la salud humana aquel cuyo diámetro es menor a 10 micrones (PM₁₀) ya que éstas pueden ser inhaladas y depositándose en los pulmones.

Las emisiones gaseosas pueden ser divididas en 3 categorías:

- Emisiones de chimeneas
- Emisiones en ambiente laboral y difusas
- Emisiones que impactan en la calidad de aire ambiente

En el presente trabajo, si bien se hace una breve descripción de las emisiones atmosféricas desde las chimeneas relativas al proceso productivo y anexos, el estudio será dirigido principalmente en referencia a las emisiones que impactan sobre la calidad de aire ambiente dado que es éste el medio por el cual se afecta el entorno de la planta y los recursos que existen en el mismo.

II.1.1. EMISIONES ATMOSFÉRICAS

En el ámbito nacional no hay sancionada aún legislación alguna que se refiera a acotar valores permitidos de emisión e inmisión de contaminantes, aunque desde el año 1999 funciona en el marco de la COTAMA el grupo GESTA-AIRE cuyo objetivo es arribar a una propuesta para dicha normativa.

En dicho grupo hay representación interinstitucional e interdisciplinaria. La coordinación está a cargo de DINAMA. Existen, sí, ratificaciones de algunos convenios internacionales: por Ley 15.986 se ratifica el Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono; y por Ley 16.157 se ratifican el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono y el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

II.1.1.a. Determinación de los índices de calidad de aire

Cuando el viento sopla desde las direcciones NO, NNO, N y NNE el mismo proviene desde un terreno tipo mar, luego de pasar sobre un terreno tipo rural. El terreno tipo rural ubicado corriente arriba presenta una longitud suficientemente grande como para poder suponer que sobre el mismo el flujo atmosférico se encuentra en equilibrio, pero el terreno tipo mar sólo presenta del orden de 2km a 5km. Entonces el flujo atmosférico incidente sobre la planta de BOTNIA presentará una sub capa interna de 40m a 290m de profundidad sobre la cual habrá un flujo correspondiente a un terreno tipo rural, dependiendo del estado de la atmósfera, los cuales se caracterizan en la próxima sección.

La región en la cual está ubicada la fuente de emisión es un cuadrado de 20km de lado, cuyo centro es O, el cual será seleccionado como origen de coordenados.

La concentración de los contaminantes deberían ser considerados es calculada a nivel del suelo en nodos de una grilla de 200m de paso. El tipo de exposición al viento resulta diferente para las distintas direcciones de viento. El

tipo de exposición afectará la forma en la cual cambia la velocidad del viento en la altura, la temperatura del aire y el estado de la atmósfera.

Para analizar la posible influencia de los contaminantes en la calidad de aire al nivel de suelo, se debería realizar estudio sobre los diferentes patrones climáticos como, velocidad de los vientos, la frecuencia de las direcciones de los vientos y las frecuencias de temperatura durante el año

$$V_T = \frac{1}{Z_i} \left[\frac{\bar{u}_{10}}{10^p} \frac{(200)^{p+1}}{(p+1)} + \bar{u}_{10} (20)^p (Z_i - 200) \right]$$

Fórmula que describe la velocidad promedio del viento a más de 200 m de altura

Los datos meteorológicos utilizados preliminarmente por los análisis realizados por la Empresa son los obtenidos en las ciudades de Salto y Paysandú durante los años 2001, 2002 y 2003. Sobre los datos brutos se efectuó un estudio de calidad orientado a: identificar y completar la falta de datos (agujeros) Utilizando estos datos, así como los manejados por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, se efectuó una identificación de patrones principales del clima de vientos en Uruguay.

En la Figura II se presenta la rosa de viento. Aparecen como patrones más probables los correspondientes a viento del Sur, del Este sur este y del noreste. Cuando se establecen los dos primeros patrones, lo cual ocurriría aproximadamente en el 20% de los casos, el transporte de contaminantes se haría sobre el río Uruguay, mientras que cuando ocurre el tercer patrón, lo ocurriría el 13% del tiempo, los contaminantes sería transportados hacia la ciudad de Fray Bentos.

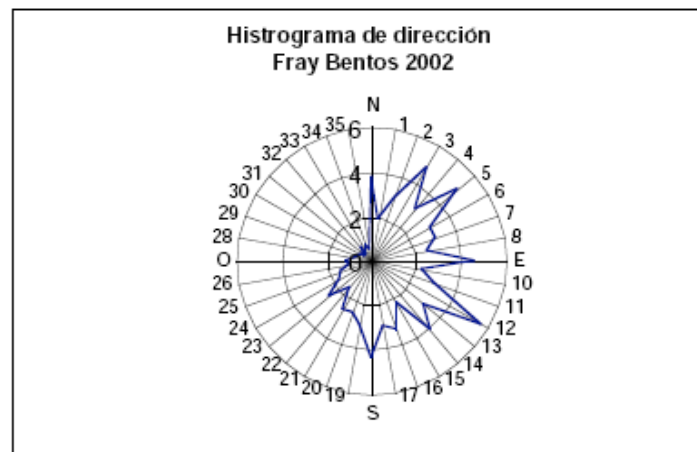


Figura II. Rosa de vientos, 2002

El estudio que se realiza permite saber la concentración que se tendrá de cada uno de los contaminantes considerados para las diferentes situaciones meteorológicas que ocurran y así saber si la calidad del aire es significativamente afectada o no.

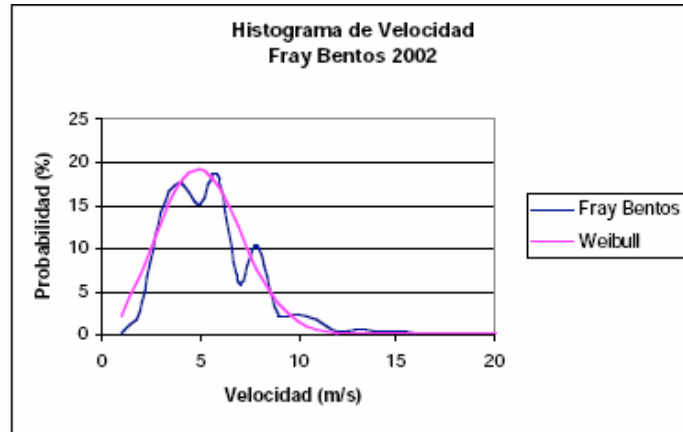


Figura III. Histograma de velocidades medias de viento.

La apariencia del histograma está asociada a la estrategia de medición del parámetro viento.

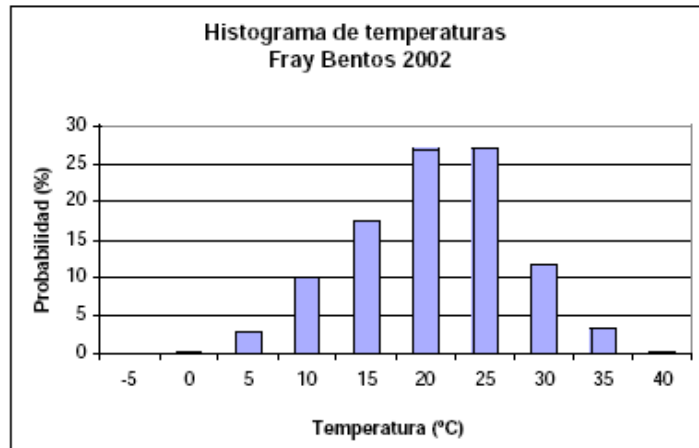


Figura IV. Histograma de temperaturas 2002

Se observa en la Figura IV que al menos durante el 90% del tiempo la temperatura del aire adopta valores entre 10°C y 30°C. Cuando el aire proviene desde el río, su temperatura resulta en promedio 0.5°C inferior que la relevada para las demás direcciones del viento.

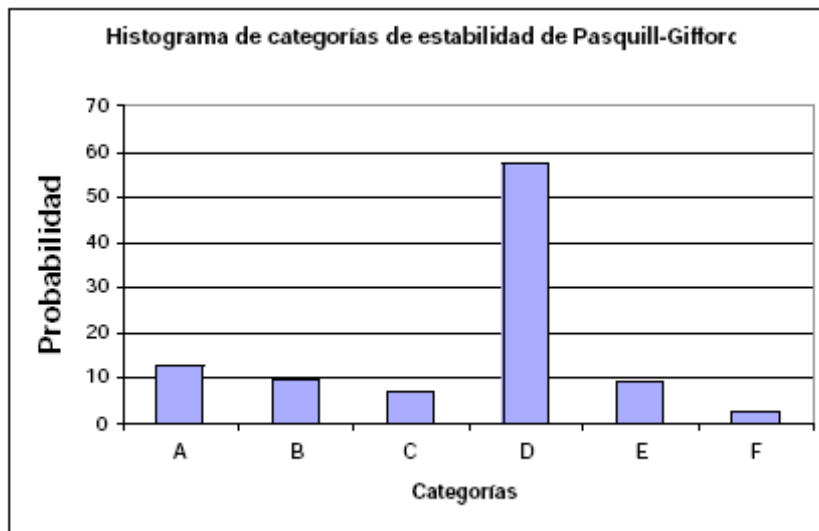


Figura V. Histograma de estados termodinámicos de la atmósfera, Fray Bentos, 2002.

Tal como es típico para el clima del Uruguay, durante casi el 60% del tiempo la atmósfera presenta un estado neutro, lo cual resulta típico de climas “ventosos”. Este estado de la atmósfera tiene asociado un transporte y dilución intensa de los contaminantes. A partir de un análisis direccional, se observa una mayor cantidad de casos de atmósfera inestable para vientos que provienen del noreste, lo cual tiene asociado situaciones de elevada concentración de los contaminantes emitidos a distancias relativamente pequeñas desde la fuente emisora. El concepto de distancia pequeña se refiere a comparable con la altura a la cual se realiza la emisión.

II.1.1.b. Caracterización del ambiente existente

En primer lugar se determina la denominada situación actual o situación de base, en la cual se consideraron las fuentes de emisión existentes. Luego se debería estudiar dos posibles escenarios futuros, uno suponiendo que se instalara sólo la planta de BOTNIA.

Para cada contaminante se deberían estimar los valores medios anuales de concentración en cada nodo de la grilla, el valor máximo horario en cada nodo y la cantidad de tiempo que la concentración superaría un valor de referencia del contaminante considerado y compararlos.

II.1.1.c. Estado de base

Como ya se mencionó en este caso se consideró las emisiones que se producen en la ciudad de Fray Bentos asociada al tránsito, las que se producen en la ruta de acceso y las del puente internacional. Como se mencionó antes se supuso que la ciudad de Fray Bentos era una fuente emisora del tipo superficial.

Se deberán presentar las curvas de iso-concentración media anual de NO_x, CO, y SO₂ en una parte de la región objeto de estudio. La concentración se expresa en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, además las coordenadas en el sistema de coordenadas definido –

II.I.1.d. Concentración media anual de NO_x , CO y SO₂

Se debería realizar el muestreo para el NO_x, el CO y SO₂ durante las 24 horas del día, durante un año completo para determinar las variaciones de concentraciones mayores y compararlos con un valor de referencia dado, para determinar el índice de calidad de aire de la zona.

II.I.1.e. Emisiones de calderas auxiliares

En los documentos BREF referidos a las mejores técnicas disponibles se hace referencia al funcionamiento de las calderas auxiliares utilizadas en el proceso de fabricación de pasta de papel en las plantas de celulosa.

En función del balance energético real de la papelería, del tipo de combustibles externos que se utilicen y del destino de posibles biocombustibles, como la corteza y los residuos de la madera, hay que considerar las emisiones atmosféricas de las calderas auxiliares. Las industrias que fabrican pasta a partir de fibra virgen suelen utilizar calderas de corteza. En las fábricas de papel no integradas y en las fábricas de papel reciclado, las emisiones proceden principalmente de las calderas de vapor y de las centrales eléctricas. Éstas suelen ser calderas normales y no se diferencian de otras plantas de combustión. Se presupone que se regulan igual que cualquier otra instalación de la misma capacidad. Por lo tanto, las MTD generalmente reconocidas para las calderas auxiliares sólo se mencionan brevemente en el presente documento, y son las siguientes:

- Cogeneración de calor y electricidad si la relación entre ambos tipos de energía lo permite.
- Reducción de las emisiones de CO₂ fósil alimentando las calderas con recursos renovables, como la madera o los residuos de ésta que puedan producirse.
- Reducción de las emisiones de NO_x controlando las condiciones de cocción de las calderas auxiliares e instalando quemadores especiales.
- Reducción de las emisiones de SO₂, alimentando las calderas con corteza, gases o combustibles bajos en azufre, o controlando las emisiones de azufre.
- En las calderas auxiliares que se alimentan con combustibles sólidos, se elimina el polvo por medio de precipitadores electrostáticos eficientes (o filtros de mangas).

En la tabla siguiente se resumen los niveles de emisión asociados a la aplicación de las MTD en las calderas auxiliares utilizadas en la industria papelería alimentadas con distintos tipos de combustibles. Los valores son promedios anuales y corresponden a condiciones estándar. Sin embargo, las emisiones atmosféricas totales que se citan por producto son muy específicas de las condiciones de cada establecimiento (por ejemplo, tipo de combustible, tamaño

y tipo de la instalación, fábrica integrada o no integrada y producción de electricidad).

Sustancias emitidas	Carbón	Fuel-oil pesado	Gasóleo	Gas	Biocombustible (p. ej. corteza)
mg de S por MJ de combustible	100 - 200 ¹ (50 - 100) ⁵	100 - 200 ¹ (50-100) ⁵	25-50	<5	< 15
mg de NO _x por MJ de combustible	80 - 110 ² (50-80 SNCR) ³	80 - 110 ² (50-80 SNCR) ³	45-60 ²	30 -60 ²	60 -100 ² (40-70 SNCR) ³
mg de polvo por Nm ³	10 - 30 ⁴ al 6% de O ₂	10 - 40 ⁴ al 3% de O ₂	10-30 3% de O ₂	< 5 3% de O ₂	10 - 30 ⁴ al 6% de O ₂
Notas: 1) Las emisiones de azufre de las calderas que se alimentan con petróleo o carbón dependen del contenido de azufre de estos combustibles, que puede reducirse en cierta medida inyectando carbonato cálcico. 2) Sólo se aplica tecnología de combustión. 3) También se aplican medidas secundarias como la reducción selectiva no catalítica (SNCR), normalmente sólo en grandes instalaciones. 4) Valores asociados al uso de precipitadores electrostáticos eficientes. 5) Si se utiliza un depurador, sólo se aplica a grandes instalaciones.					

Hay que señalar que las calderas auxiliares que se utilizan en la industria papeleras son de potencia muy variable (de 10 a más de 200 MW). En las más pequeñas, las únicas técnicas que pueden aplicarse con un costo razonable son la utilización de combustible bajo en azufre y las técnicas de combustión, mientras que en las más grandes también pueden aplicarse medidas de control. Esta diferencia se refleja en la tabla anterior. La gama de valores superior se considera MTD para las instalaciones más pequeñas y se consigue con medidas internas y en función de la calidad del combustible. La gama inferior (entre paréntesis) está asociada a la aplicación de medidas de control adicionales, como la reducción selectiva no catalítica (SNCR) y los sistemas de depuración, y se considera MTD para las instalaciones más grandes.

II.1.1.f. Uso de productos químicos y aditivos

En la industria papeleras, se utilizan muchos productos químicos en función de la clase de papel que se fabrica, del diseño y funcionamiento del proceso y de las calidades de los productos que se desea obtener. Por una parte hacen falta productos químicos para fabricar la pasta papeleras, mientras por otra se utilizan aditivos y auxiliares químicos en la producción de papel. Los aditivos químicos se utilizan para dotar al papel de diversas características, mientras que los auxiliares químicos tienen por objeto aumentar la eficiencia y reducir las interrupciones del proceso productivo. Con respecto al consumo de productos químicos, se considera MTD la disponibilidad de una base de datos que incluya todos los productos químicos y aditivos utilizados y la aplicación del principio de sustitución. Ello significa que se utilizan productos menos peligrosos si se dispone de ellos. También se aplican medidas para evitar vertidos accidentales en el suelo y en las aguas como consecuencia de la manipulación y almacenamiento de productos químicos.

II.1.2. MONITOREOS

II.1.2.a. Calidad de Aire

En los Estudios de Calidad de Aire a realizar deberán monitorearse los siguientes contaminantes:

- CO
- PM₁₀
- PM Sedimentable
- SO₂
- H₂S
- TRS
- VOCs
- Cl₂
- ClO₂
- Dioxinas y Furanos

Deben incluirse además datos meteorológicos como ser: velocidad y dirección del viento, temperatura ambiente y presión

En el resumen ejecutivo presentado por la Firma Botnia S.A. se indica que no es esperable que las emisiones gaseosas afecten la salud humana y otras formas de vida, pero el estudio de impacto ambiental acumulativo del CFI sólo hace el análisis teniendo en cuenta estándares de salud humana, por lo que no se conoce en qué indicadores se basa el Borrador para concluir que no se afectará a otras formas de vida.

En ninguna parte del estudio se aclara qué tipo de material particulado PM se va a emitir (TSP, PM₁₀, PM_{2.5}), siendo los más perjudiciales para la salud humana los PM_{2.5} y luego los PM₁₀. No se dice nada respecto a la caracterización del material particulado (cuáles son sus constituyentes), ni tampoco se hace una evaluación sobre qué pasa con las toneladas anuales de material particulado que se generan. Además, no hay información acerca del depósito de las partículas.

Aunque la literatura internacional indica que algunos de los gases generados por las plantas productoras de pasta de celulosa son los COV (compuestos orgánicos volátiles), y tanto el EIA de Botnia como el estudio del CFI indican que la chimenea va a tener un scrubber para controlar los VOCs y el SO₂, no son considerados como uno de los gases a monitorear y sólo se reconoce la generación debida al astillado de la madera. En el Borrador tampoco se indica que se vaya a monitorear la opacidad debida al material particulado, que es un índice de la disminución de la visibilidad debido a los mismos, parámetro que está considerado en la normativa de la EPA de Estados Unidos.

Asimismo, debe analizarse también el impacto de los compuestos clorados, contemplados dentro de las emisiones al aire.

Según los informes presentados por la Firma con relación a los gases TRS, el 48 % corresponde a Metilmercaptano y el 13 % al Sulfuro de Hidrógeno,

correspondiendo un 91.4 % y un 90.5 % respectivamente, del nivel de detección al analizar el impacto potencial acumulativo durante la operación, por lo que al estar muy cerca del nivel de detección va a ser muy difícil que no sea superado aun en condiciones normales.

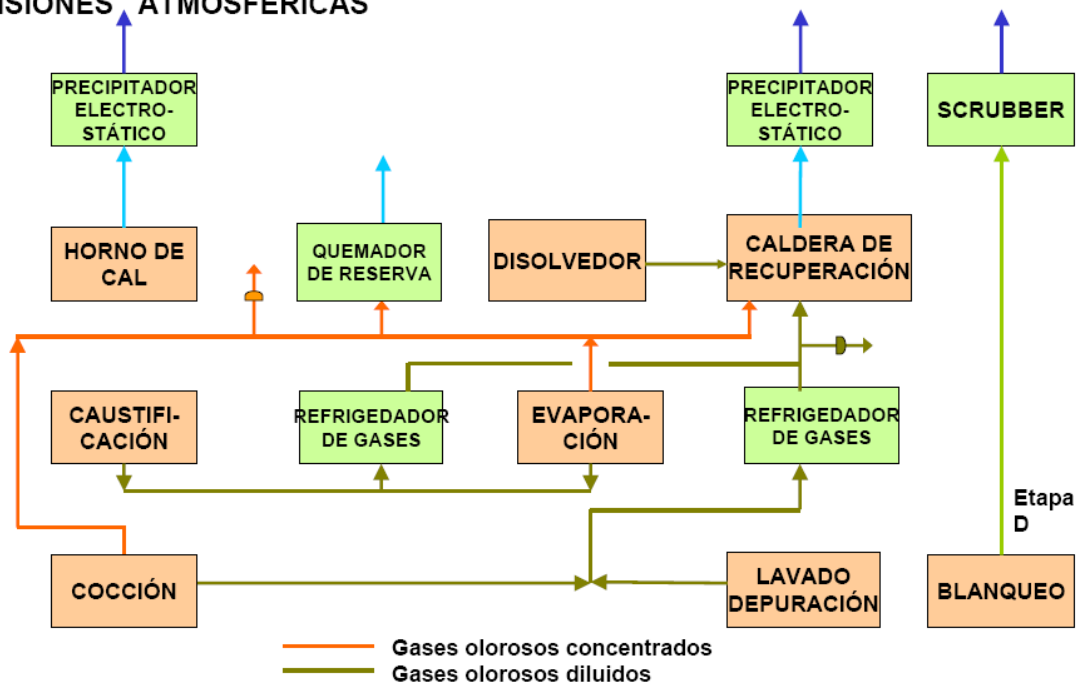
Se estima que en condiciones de puesta en marcha inicial, el Metilmercaptano y el Sulfuro de Hidrógeno van a tener un impacto acumulativo potencial de 66.7 % y 64.5 % por encima respectivamente, del nivel de detección de cada uno, o sea que van a ser ampliamente detectables por el olfato en puntos cercanos a la planta. DINAMA especifica en su permiso que “no debe haber olor detectable durante más de un total de 7 días por año”, reconociéndose sin embargo que “esto será difícil de lograr durante el período de puesta en marcha”.

El estudio del CFI reconoce con respecto a los TRS, que los niveles de detección del Metilmercaptano y del Sulfuro de Hidrógeno van a ser superados en tres situaciones: puesta en marcha inicial, paradas programadas y paradas no programadas.

En otro orden, se reconoce que es posible la generación de dioxinas y furanos y su emisión gaseosa, debido a que el licor negro, la corteza de los árboles y los lodos activados, entre otros, que serán incinerados contienen precursores de esos tóxicos, por lo cual se considera posible la generación de estos tóxicos en las calderas de recuperación lo cual implicaría la necesidad del monitoreo de los mismos en la calidad de aire ambiente. En su proyecto la Firma no prevé el monitoreo de esos tóxicos señalando que en condiciones normales aparecerían en niveles no detectables. Sin embargo, precisamente es necesario monitorearlos para constatar que se mantienen bajo esos niveles no detectables.

La cuestión de las emisiones de dioxinas y furanos a la atmósfera es materia de preocupación por los altos niveles que autorizan las respectivas resoluciones de la DINAMA. En el caso de la planta de CMB se otorgó el nivel solicitado por la empresa que es de 180 mg anuales equivalentes de toxicidad, y en el caso de BOTNIA autorizó 163 mg anuales equivalentes de toxicidad. Para esta segunda planta se aclara que la autorización se otorga en el valor previsto en el Plan Nacional de Implementación (NIP por sus siglas en inglés) del Uruguay correspondiente al Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

EMISIONES ATMOSFÉRICAS



RESIDUOS SÓLIDOS

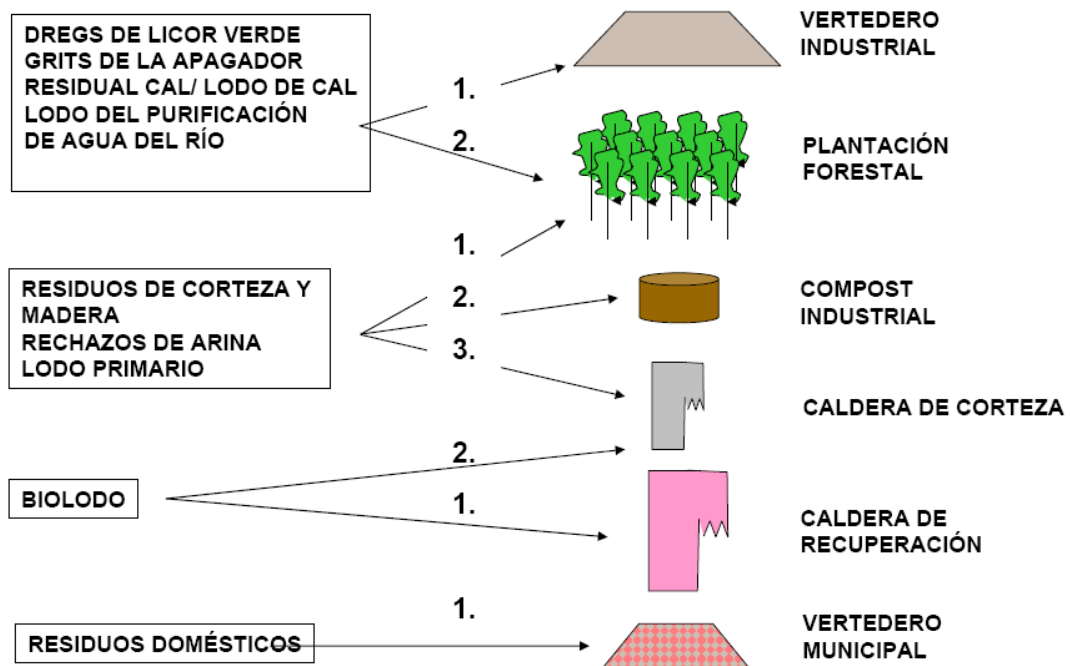


Figura VI. Gestión de Residuos Sólidos

Como se puede observar en la Figura IV donde se resume la gestión que plantea la Firma para los residuos sólidos que genera, parte del biolodo producido por la planta de tratamiento de efluentes líquidos así como también los residuos de corteza y madera, serán incinerados en las calderas de corteza y de recuperación, complementarias al proceso productivo, constituyéndose estos equipos en fuentes potenciales de generación de dioxinas y furanos.

II.1.2.b. Planta de Botnia

Las emisiones que presentará esta planta fueron suministradas por personal de Botnia. La producción será de 119ADt/h y los factores de emisión serán: NO_x 1.38kg/ADt, SO₂ 1.65kg/ADt, MP0.66kg/ADt and TRS 0.07kg/ADt.

La chimenea tendrá una altura de 120m y un diámetro a su salida de 4.3m. Los gases saldrían con una velocidad ascendente de 20m/s, una temperatura de 160°C y un caudal en condiciones normales de 5795m³/Adt.

En la Tabla 4 se consignan los caudales que se emitirán en al planta de Botnia.

Tabla 4. Caudal de contaminantes que se emitirá en Botnia

Contaminante	QB (kg/h)
NO _x	164
SO ₂	196
PM	79
TRS	5.5

La operación de la planta de Botnia implicará un tránsito adicional de vehículos por la ruta de acceso del orden de 600 camiones/día. Esto llevaría a que el caudal de los contaminantes emitidos asociados a ese tránsito adicional por la ruta de acceso sería del orden de los presentados en la tabla siguiente.

Tabla 5. Emisión asociada a tránsito adicional vinculada a operación de planta de Botnia

Contaminante	ql(kg/h.m)
NO _x	0.487
SO ₂	0.069
PM	0.042
HC	0.078
CO	0.667
Pb	0.0005

II.1.2.c. Valores extremos

Según la información manejada por Botnia acerca de las condiciones de operación de la planta, durante periodos de puesta en marcha podrían registrarse emisiones mayores a las consideradas hasta el momento en este informe. En especial, podría haber emisiones de efluentes con una concentración de SO₂ que podría alcanzar los 1000mg/m³

Estos valores de emisiones podrían tenerse del orden del 1% del tiempo de operación de la planta, lo cual equivale a 4 días de operación en el año. Ahora bien, este tiempo sería el total y en principio una serie de periodos aislados y no consecutivos.

Si la planta operara a capacidad nominal con la concentración en la emisión de SO₂ antes mencionada se tendría un caudal másico emitido de ese contaminante de 191.6g/s.

El peor estado de la atmósfera sería el inestable, pues induciría concentraciones elevadas de contaminantes a relativamente cortas distancias de la fuente emisora. Este estado de la atmósfera implica relativamente bajas velocidad de viento (se supone 4m/s) y relativamente elevadas temperaturas del aire (35°C) En dicho caso la altura del origen virtual es del orden de 378m. En la Tabla 6 se presentan los valores de concentraciones medias horarias que se tendrían a diferentes distancias de la fuente emisora que en este caso sería Botnia. En la columna con $y=0$ se presentan las concentraciones de SO_2 a nivel del suelo sobre una línea colineal a la dirección del viento y que pasa por la fuente emisora. En la columna correspondiente a $y=200\text{m}$ se consignan los valores de la concentración de SO_2 a nivel del suelo en puntos apartados 200m de la línea antes mencionada en dirección perpendicular a la misma.

Tabla 6. Valores extremos de SO_2

X (m)	C in y = 0m ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C in y = 200m ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
200	-----	-----
500	0.4	0.05
700	29.3	10.0
800	29.3	12.3
1000	21.0	11.9
2000	3.1	2.6
4600	0.2	0.2

La Empresa plantea que, si esta situación durara 4 días de corridos, no daría lugar a situaciones de alerta, destacándose que el mayor valor que adopta la concentración de SO_2 a nivel del suelo resultaría menor que el valor máximo admisible para la concentración anual media.

II.1.2.d. Consideraciones sobre los aspectos meteorológicos

Para la evaluación de impacto de la calidad del aire se utilizarán los datos meteorológicos del período comprendido entre los años 2000-2005, siendo ésta la última información disponible hasta la fecha.

Lo más apropiado es estudiar la rosa de los vientos correspondiente a todo el período 2000-2005, coincidente con los últimos cinco años, que es el parámetro que debería haberse tomado en cuenta para medir la tendencia de los vientos. Se utilizarán datos horarios.

Analizando la rosa de los vientos de año 2000, se encuentra que la mayor parte del tiempo el aire fluye desde el Uruguay hacia la Argentina. De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), los vientos predominantes son del cuadrante Noreste-Sudeste, correspondiendo 17.8 % al Noreste con una velocidad media de 13.9 Km/h, siguiendo el Sudeste con 11.8% de los casos con una velocidad media de 12.4 Km/h, y por último la dirección Este con 9.7% y una

velocidad media de 12.4 Km/h, en base a lo cual se concluye que según sea la dirección del viento la contaminación puede llegar a la Argentina.

Las estadísticas del SMN muestran también que en los últimos cinco años (2001-2005) ha habido aproximadamente un 40% de calma, es decir, que el viento ha estado por debajo del umbral de dos nudos. Esta característica implica que en algún momento se registrará un anticiclón. La suma de ambos factores - predominancia del componente este y alto porcentaje de calma en los vientos de la región- aumentan la posibilidad de que la Argentina reciba impactos negativos de las emisiones atmosféricas de las plantas proyectadas.

Por otra parte, la descripción del patrón de viento es confusa y sumamente inverosímil. Es ampliamente conocido que en toda la región predomina el viento de componente Este, que trae el aire del Uruguay a la Argentina.

II.II. OLORES

II.II.1. Olores generados por las plantas de pasta de papel

Algunas sustancias aunque estén presentes en el ambiente en una muy baja concentración, tienen la propiedad de activar el sentido del olfato. Esta sensación que tiene el individuo es llamada olor y como tal, puede ser fuertemente alterada por enfermedades que sufra la persona así como por la ingesta de hormonas o drogas, pudiendo haber además diferentes grados de sensibilidad para las diferentes personas.

El olor tiene cuatro atributos:

- 1 – Detectabilidad: Se definen dos tipos de valores umbral. El primero se refiere a la detección misma y el segundo se refiere a la posibilidad de reconocerlo;
- 2 – Intensidad: Es el vigor con el cual se percibe la sensación olfativa;
- 3 – Carácter: Se refiere a si es similar a otro olor; y
- 4 – Hedónica: Se refiere a lo placentero o no placentero que resulta el olor.

En este informe se harán referencia, principalmente, a los dos primeros atributos.

Para estimar la magnitud del olor percibido se definen algunas escalas de categorías. Algunas categorías son numéricas y otras dan un concepto. En la tabla 6-18 se presentan una serie de ejemplos de categorías

II.II.2. Categorías de olores

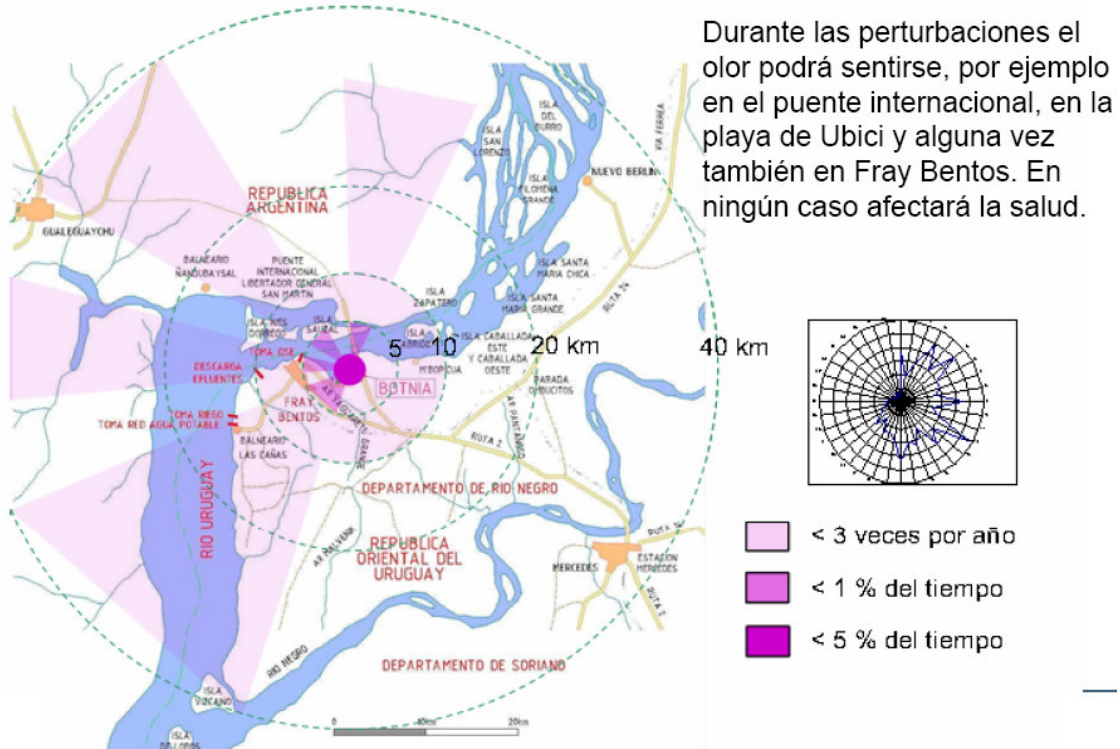
Categorías Numéricas		Categorías Conceptuales	
Escala I	Escala II	Escala I	Escala II
0	0	Nada	Nada de nada
1	1	Umbral	Apenas detectable
2	2.5	Muy Leve	Muy moderado
3	5	Leve	Moderado
4	7.5	Leve a moderado	Moderado a diferente
5	10	Moderado	Diferente
6	12.5	Moderado a intenso	Diferente a intenso
7	15	Intenso	Intenso

Una forma de asignar un contaminante a una categoría de olor es efectuando una igualación entre intensidades de sustancias olorosas. La sustancia olorosa incógnita es asemejada a otra que ya fuera clasificada siguiendo alguna categoría.

Usualmente, las sustancias con moléculas más livianas pueden ser detectadas por su olor a menores concentraciones. Especialmente el gas sulfhídrico (H_2S) y el bisulfuro de carbono (CS_2) tienen bajo umbral de detección, $7\mu\text{g}/\text{m}^3$ el primero y $600\mu\text{g}/\text{m}^3$ el segundo. A los efectos de realizar una evaluación de los olores se suelen considerar las cantidades totales de compuestos de azufre reducido (TRS).

Puede observarse en la siguiente figura las frecuencias probables de detección de olores y las zonas de potencial afectación.

Frecuencias probables de olor



II.II.3. Plan para el control y la gestión ambiental

A los efectos de realizar un seguimiento del estado de la calidad del aire, se recomienda implementar la medición de los tres principales contaminantes emitidos a saber: NO_x, SO₂ y Partículas. La especificación de la estación se debería hacer siguiendo los valores estimados y presentados en este informe.

La estación debería tener capacidad de, además de medir estos parámetros, medir parámetros meteorológicos en especial velocidad y dirección de viento a 10m del suelo, temperatura, humedad relativa y precipitación.

Hubiera sido recomendable que la instalación de la estación de medición se realizara previo al inicio de las obras de construcción de la planta, para así tener registros que permitan evaluar en forma instantánea los efectos ambientales. La ubicación recomendada sería sobre los confines del terreno propiedad de Botnia, lo más próximo a Guleguaychú posible. Ese sitio sería el más afectado por la presencia de esta planta.

CAPÍTULO III

Ruido

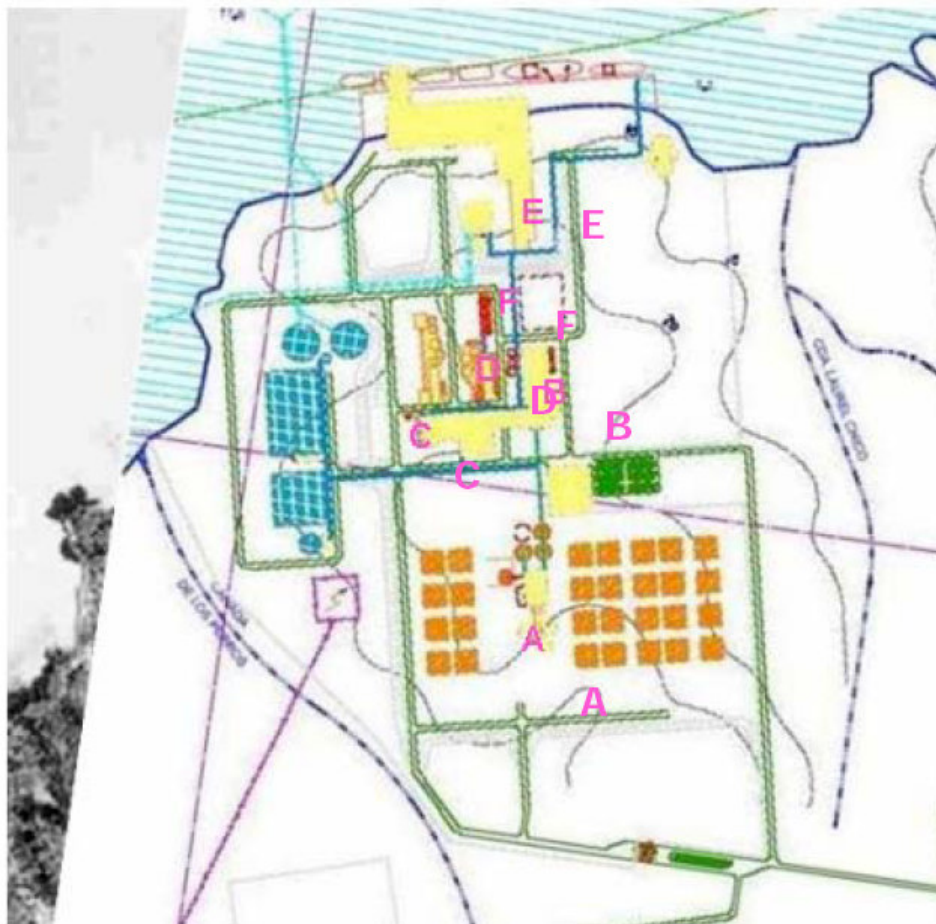
III.I. Incidencia en el entorno del funcionamiento de fuentes fijas

Se discute la incidencia de las fuentes fijas presentes en el diseño de la planta en diferentes puntos dentro del predio de Botnia –por razones laborales- y en los límites Este y Sur del predio, niveles que a la hora de la evaluación de impactos se adicionarán a los generados por el tránsito en las rutas respectivas.

III.II. Fuentes consideradas

Las fuentes relevantes de emisión acústica son las siguientes:

A	Mesa de carga de la astilladora	Altura: 15 m	Emisión: 103 dBA
B	Línea de fibra	Altura: 15 m	Emisión: 90 dBA
C	Ventiladores (3 x 95 dBA c/u)	Altura: 2 m	Emisión: 100 dBA
D	Ventiladores de evaporación	Altura: 10 m	Emisión: 85 dBA
E	Secadora	Altura: 20 m	Emisión: 103 dBA
F	Torres de enfriamiento	Altura: 10 m	Emisión: 90 dBA



Desde el punto de vista ocupacional todas las áreas en las que el operario esté sometido a niveles sonoros iguales o mayores a 83 dBA ameritarán que éste deba obligatoriamente portar protección auditiva personal para acceder a ellas. Si

bien el valor legal para el uso obligatorio de protección auditiva está fijado en 85 dBA, las fluctuaciones de los niveles de ruido en el ambiente de trabajo fundamentan este tratamiento preventivo.

En las áreas en las que se tenga un Leq mayor pero no haya puestos de trabajo fijos, será suficiente con colocar cartelera preventiva para el momento en que los operarios accedan a áreas.

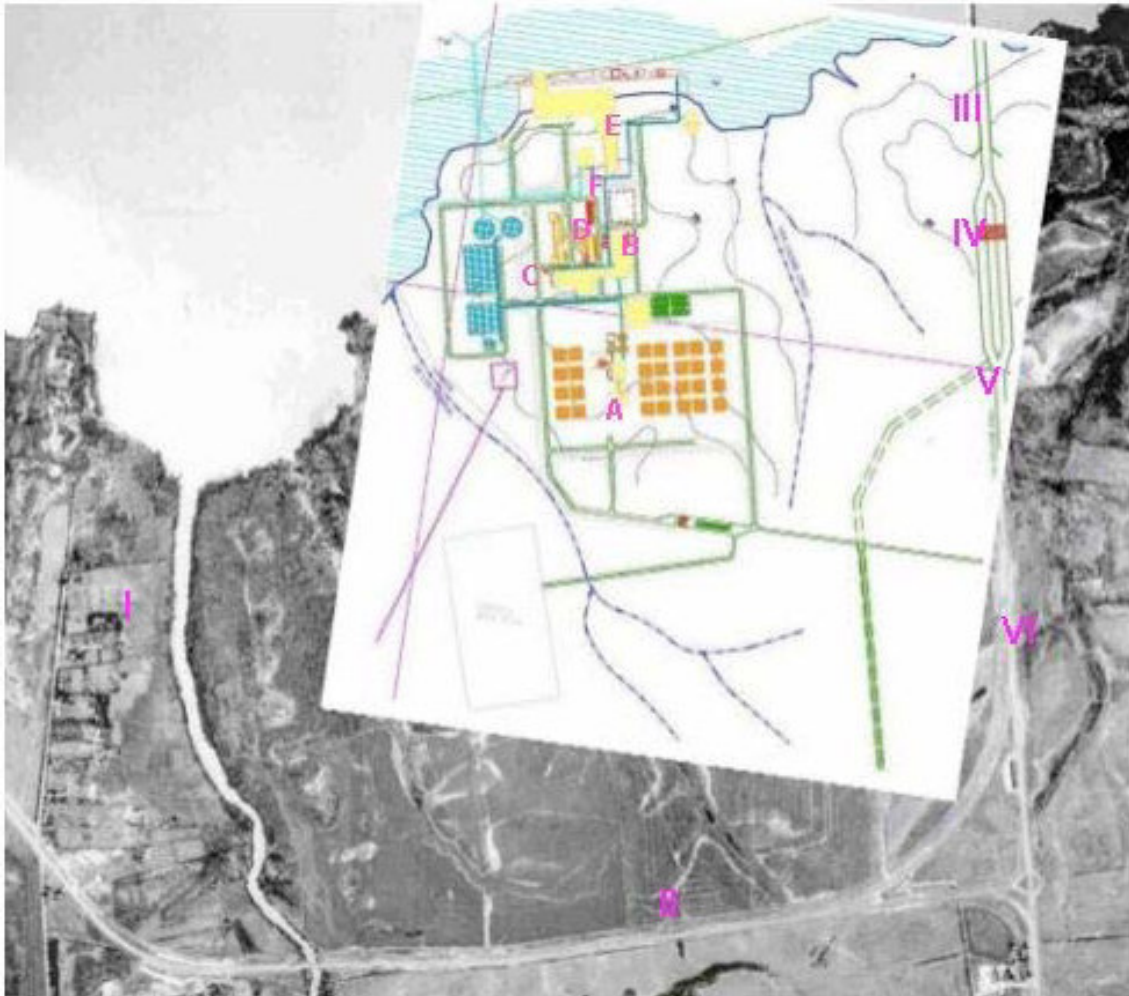
Al igual que durante la fase constructiva, los protectores serán adecuados a los niveles de exposición y al espectro de energía recibido; se escogerán en función del NRR (Noise Reduction Rate) necesario, pero teniendo además explícitamente en cuenta la respuesta a diferentes frecuencias. Los protectores auditivos serán en todos los casos provistos por la corriente (Botnia).

Son válidas todas las disposiciones internas de la Empresa en materia de prevención de la salud, higiene y seguridad laboral.

III.III. Evaluación de niveles sonoros ambientales

Desde el punto de vista ambiental, se calculan los niveles sonoros resultantes de la propagación de las emisiones de estas fuentes en los siguientes puntos:

I	Límite oeste del predio, frente a viviendas margen izquierda del A° Yagareté Grande
II	Límite sur del predio en el punto de mínima distancia a la planta
III	Límite este del predio (acceso al Puente Internacional) a mínima distancia de la secadora
IV	Límite este del predio (acceso al Puente Internacional) a la altura de los puestos de control vehicular
V	Límite este del predio (acceso al Puente Internacional) a mínima distancia de la chipeadora
VI	Ruta de acceso al Puente Internacional entre los empalmes del acceso norte a Fray Bentos y el acceso de Botnia
VII (Arg.)	Costa argentina, enfrente a la planta industrial



La Tabla 9 muestra las distancias en metros entre la fuente emisora y cada punto de control escogido. Se toman como válidas las distancias en planta, ya que la diferencia de altura entre emisor y receptor no genera incrementos de más de 0,15 m en la distancia que recorrerá el sonido, diferencia que debe despreciarse en función del nivel de precisión que se está empleando en la cuantificación de las distancias:

	I	II	III	IV	V	VI	Arg.
A	1850	1750	1400	1250	1200	1450	2850
B	2050	2200	1200	1100	1250	1650	2350
C	1800	2150	1450*	1350	1500	1850	2450
D	2000	2200	1250	1250*	1350	1750	2200
E	2000	2300	1250	1200	1400	1850	2000
F	2150	2500*	1150	1200	1400	2000	1850

Las celdas señaladas * indican que no hay visión directa entre la fuente y el punto de control
Tabla 9.

III.IV. Cálculo de niveles de inmisión

Los aportes de cada fuente (A a F) en cada punto de interés (I a VI) se han calculado aplicando la metodología de la Norma ISO 9613, que considera no sólo

atenuación por divergencia geométrica sino también atenuación por absorción atmosférica y por efecto del suelo. No se ha considerado la existencia de cortinas vegetales, aunque un espesor importante de vegetación como el que se conserva hacia el Oeste en la zona del Arroyo Yaguareté aportará una atenuación adicional.

La Norma ISO 9613 trabaja por bandas de octava normalizadas, pero indica que cuando la información disponible está dada por valores en escala A su metodología es válida empleando los coeficientes y fórmulas correspondientes a la banda de 500 Hz.

Los aportes de cada fuente calculados en cada punto son los que se muestran en la Tabla 10; la última línea presenta los niveles sonoros esperados en cada punto por el aporte complejo de todas las fuentes de emisión acústica de la planta:

Tabla 10. Aportes según la fuente

Fuente	Emisión (dBA)	I	II	III	IV	V	VI	Arg.
A	103	31,6	32,3	35,1	36,4	36,9	34,7	30,1
B	90	17,2	16,2	23,9	24,9	23,4	20,0	19,9
C	100	28,8	26,4	*	32,4	31,1	28,5	29,3
D	85	12,5	11,2	18,4	*	17,5	14,3	15,9
E	103	30,6	28,6	36,5	36,9	35,1	31,6	35,2
F	90	16,5	*	24,3	23,8	22,0	17,5	23,2
Aporte complejo esperado (dBA)		35,4	34,7	39,2	40,7	39,9	37,2	37,4

Las celdas señaladas * indican que no hay visión directa entre la fuente y el punto de control

Es claro que en los límites del predio la incidencia de las fuentes cuya emisión es de 100 dBA o menos es totalmente despreciable, ya que su aporte está sobradamente por debajo de los niveles de ruido de fondo actuales.

CAPÍTULO IV

Flora y Fauna

IV.I. FLORA

En el área que ocupe la planta física del proyecto, la vegetación existente será totalmente destruida. La destrucción de lo que actualmente es suelo cultivado no afecta, pues ya está muy modificado.

La limpieza del matorral y blanqueal existente entre la cañada de las Cañas y la cañada de los Perros, elimina todos los individuos de estas comunidades. Blanqueales y matorrales con las mismas características hay al oeste de la cañada de los Perros, ocupando una superficie similar.

La única especie de la que se detectó sólo una pequeña población en el área a desforestar es *Cheilanthes tweediana*.

Donde las obras proyectadas afectarán más fuertemente la vegetación es en la costa del río Uruguay. La construcción de un muelle va a destruir parte del bosque de árboles de mayor tamaño.

La zona que desde un punto de vista topográfico y de profundidad del río es más apta para la construcción del muelle coincide con bosques interesantes. Depende del ancho de las obras del muelle sobre tierra firme cuanto afecte la vegetación.

Cerca de la desembocadura del arroyo de las Cañas, sobre la costa del río Uruguay, existe un ejemplar muy viejo de *Luehea divaricata*, Francisco Alvarez, a unos 20 metros al oeste del punto GPS B31: S33 06' 35,7" W58 15' 19,6". Este individuo es muy conocido y respetado por la población de la zona y Fray Bentos, utilizado para extraer la corteza con fines medicinales. Se recomienda respetarlo.

En los movimientos de suelo, nivelación o relleno, se debe cuidar de no afectar el curso superior de las cañadas, de modo de que se mantenga el flujo de aguas pluviales que alimentan sus bosques ribereños.

El bosque linear del curso superior de la cañada de las Cañas, que en una observación visual de la foto aérea parece sencillo de eliminar tiene numerosos ejemplares de 7-8 metros de altura de canelón, ubajai y un *Sapium hematospermum* viejo con numerosos cortes oblicuos realizados para extraer látex. Se recomienda respetar estos árboles. Ubicado al este del punto GPS, S33 06'58,3" W 58 15' 12,7"

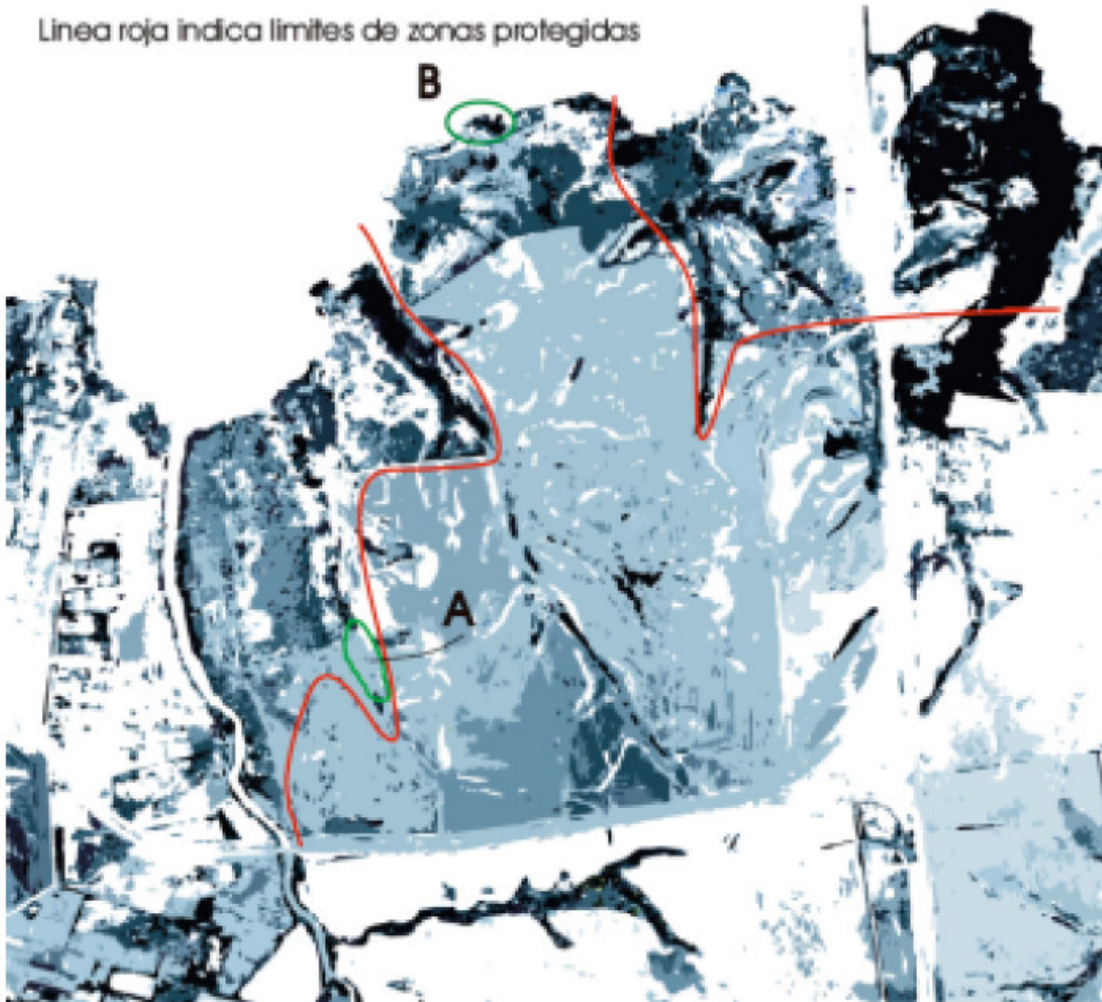
Otro punto que se debe proteger es un bosquecillo de *Geoffroea decorticans*, chañar, en las nacientes de la cañada de Amante ubicada entre la cañada de los Perros y el arroyo Yaguareté, cerca de la portera de entrada al potrero del Yaguareté, extremo sureste, GPS C02 S 33 07' 41,7 W 58 15' 54,9" desde este punto hasta unos 200 metros al sur. Este punto puede ser afectado por el depósito de residuos sólidos.

Las áreas de matorral y bosque existentes desde la cañada de los Perros al oeste deberán mantenerse protegidos para refugio de flora y fauna.

A Bosquecillo de Chañar (*Geoffroea decorticans*)

B Intentar salvar esta zona

Linea roja indica limites de zonas protegidas



IV.II. FAUNA

Se realizará un inventario de fauna en los grupos claves que serán útiles para detectar cambios ambientales. En esta investigación general se detectan las especies presentes en el sitio y en las áreas circundantes.

En los diversos ecosistemas relevados previamente se hallaron diferentes niveles de biodiversidad. El pastizal es el ecosistema más extendido y alterado por las actividades agropecuarias.

En la Tabla 11 se resume la información recabada referida a los diferentes grupos estudiados, los ecosistemas donde están localizados y las principales recomendaciones de conservación indicando si hay especies amenazadas, y si pueden ser considerados grupos indicadores para el monitoreo de la calidad del ecosistema.

Tabla 11. Grupos indicadores

Grupo	Ecosistema	Especies Amenazadas	Grupo Indicador
Macro Arthropodos	Agua dulce	No	Si
Coprofagos	Terrestre	No	Si
Peces	Agua dulce	No	Si
Aves	Terrestre y costas de río	<i>Xanthopsar flavus</i>	Si
Mamíferos	Terrestre	No	Si

Los grupos indicadores que se identificaron en esta investigación serán los adecuados para tener en cuenta en el diseño del seguimiento durante la operación de la planta de celulosa. Habiendo finalizado la fase de construcción sería oportuno realizar un monitoreo para evaluar la situación y si se ha producido un impacto en la fauna. Deberá estudiarse si las áreas que no son utilizadas para la planta de celulosa continúan siendo albergue de la fauna existente manteniéndose la diversidad de la misma.

Durante la fase de operación hubiera sido conveniente efectuar monitoreos periódicos en grupos indicadores seleccionados, para evaluar el estado general del área. Deberá relevarse si existe información disponible al respecto con el fin de poder contrastar con los nuevos monitoreos a realizar.

En conclusión, podría considerarse que si se mantienen parches de los diversos ecosistemas en condiciones similares a las actuales, podría mantenerse gran parte de la diversidad.

Recomendamos focalizar los estudios de seguimiento en los peces de agua dulce, que pueden ser un grupo clave para monitorear los posibles cambios ambientales.



IV.II.1. Peces

Del punto de vista ictográfico, la fauna ictícola del Río Uruguay, pertenece a la provincia Parano-Platense. El número total de especies de peces, descritas en el área desde el río Cuareim hasta Fray Bentos esta cerca de 125, entre las cuales 2 son introducidas: carpas (*Cyprinus carpio*) y esturión (*Acipenser baeri*). De acuerdo a Spinetti (1999), esta área junto con la sección más baja del río, son las más productivas en términos de biomasa de peces. Del total de 125 especies, al menos 8 de ellas son migratorias. Las rutas principales de estos peces migratorios son los ríos Uruguay y Paraná, en la sección superior del estuario de La Plata.

La pesca comercial a lo largo del curso total del río está formada por al menos 17 de las especies reportadas en el Río Uruguay, incluyendo todas las especies migratorias. La pesca total en el año 2000 fue de aproximadamente de 1621 toneladas (Dinara 2003), y de éstas, 374 toneladas fueron reportadas en los puertos de Fray Bentos, Nuevo Berlín, Paysandú y Salto. La información obtenida de la Prefectura de Fray Bentos, muestra que hay 49 barcos registrados de pesqueros comerciales y 216 pesqueros deportivos.

En diciembre del 2003, se hizo un estudio de la población de peces y de pesca (Loureiro 2004). Durante el estudio, se entrevistaron en Fray Bentos, pescadores locales, y de acuerdo a ellos, las especies capturadas fueron las siguientes: *Prochilodus lineatus*, *Leporinus obtusidens*, *Paraloricaria vetula*, *Hypostomus luteomaculatus*, *Hypostomus laplatae*, *Hypostomus sp*, *Salminus maxillosus*, *Hoplias malabaricus*, *Genidens barbatus*, *Oxydoras kneri*, *Pterodoras granulosus*, *Pseudopimelodus p a t i*, *Pseudoplatystoma sp* (surubí), *Pimelodus maculatus*, y *Cyprinus carpio*. Parte de las presas se venden directamente para consumo humano y parte son usadas para producir harina de pescado. Sin embargo, no hay información exacta sobre las cantidades utilizadas para diferentes propósitos.

En el estudio de diciembre 2003 (Loureiro 2004), se capturaron 46 especies de peces, pertenecientes a 8 órdenes, 23 familias y 39 géneros y eran las mismas que ya habían sido reportadas en el estudio previo del río (Devincenzi & Teague 1942, Delfino et al. 1997, Espinach 1999). Dos de las especies capturadas, se consideran especies muy raras, *Loricarichthys edentatus* y *Pseudohemiodon devincenzi*. De acuerdo a Loureiro (2004), no hay observaciones hechas de estas dos especies desde hace 50 años en el Río Uruguay y ambas con un estado de conservación propuesto de "críticamente amenazadas" de acuerdo a los criterios de la UICN. No hay evaluación para el estado de conservación de otras especies.

Del total, 18 especies fueron capturadas en Las Cañas, 26 en la toma de agua de Fray Bentos y 33 en el área del futuro sitio de descarga de efluentes de la planta de pulpa de Botnia. El último punto, fue el único que presentó crías menores de un año. Ellas pertenecían a los órdenes Clupeiformes, Characiformes y Siluriformes. En este punto, se capturaron también juveniles de *Salminus maxillosus*, *Hoplias malabaricus*, *Prochilodus lineatus* y *Pseudohemiodon devincenzi*. En la toma de agua de Fray Bentos se capturaron individuos juveniles de *Rhamdia quelen* y *Pimelodus maculatus*, mientras que en Las Cañas, solamente se capturaron individuos juveniles de esta última especie.

De acuerdo a estos hallazgos, se puede considerar, que el área alrededor del futuro sitio de descarga, es un área de criadero, no solamente para comunidades de peces locales (i.e. *Hoplias malabaricus*), sino también para los que son migratorios, tales como *Salminus maxillosus*, y *Prochilodus lineatus*. Estos descubrimientos, concuerdan con los de Mantero & Fuentes (1997) acerca de la existencia de áreas reproductivas en la sección media del Río Uruguay.

IV.II.2. Impactos de los efluentes provenientes de las plantas modernas de pulpa blanqueada en las poblaciones de peces, su reproducción y su salud.

Varias investigaciones, han demostrado que los componentes de los efluentes, incluyendo selectos organoclorados y extractivos derivados de la madera, pueden acumularse en la bilis y otros fluidos de los peces (Soimasuo 1997). Estos marcadores químicos metabólicos, sirven como uno de los indicadores más sensibles de la exposición acuática de los peces a los efluentes de una fábrica de pulpa y papel. Como consecuencia, la bioacumulación de clorofenoles y de ácidos resinosos en la bilis, puede utilizarse como biomarcadores de la dosis interna y la actual exposición de los animales a los constituyentes de los efluentes.

Cuando se reemplazó el cloro por el dióxido de cloro en el blanqueo, se observó una drástica disminución en los organoclorados tales como fenoles clorados, en los efluentes del blanqueo. Un buen ejemplo, es el estudio del lago Saimaa en Finlandia donde la concentración de clorofenoles (CP), disminuyó de 8-16 $\mu\text{g/l}$ en el agua del lago, dependiendo de la distancia, a valores por debajo de un 1 $\mu\text{g/l}$, después de la introducción del 100% del blanqueo con dióxido de cloro y la inclusión de una nueva planta de tratamiento biológico de efluentes con fangos activados (Kaplin et al. 1997). Consecuentemente, las bajas concentraciones ambientales de clorofenoles se reflejaron en bajas concentraciones biliares de CP en peces, bajo condiciones de laboratorio (Soimasuo 1997), un resultado que era conspicuo también en el campo del receptor de la misma planta (Petänen et al. 1996). Otro ejemplo proviene de Suecia, donde se observó que la concentración de fenoles clorados en la bilis de los peces receptores bajó dramáticamente luego de la transformación del blanqueo con cloro elemental al blanqueo ECF (Grotell et al 1998).

Se ha observado también una disminución importante en los extractivos derivados de la madera, lo cual resultó en una acumulación muy baja de ácidos resinosos en la bilis de los peces (Soimasuo 1997). Hoy en día la acumulación biliar de CP y de ácidos resinosos en la bilis de los expuestos peces, es prácticamente inexistente en concentraciones de efluentes relevantes del punto de vista ambiental (esto es $<5 \text{ vol-\%}$). Por ejemplo, en un estudio de laboratorio recientemente hecho se expusieron hembras jóvenes de truchas arco iris por 4 meses y medio al efluente combinado, tratado con fangos activados, de una planta moderna, produciendo pulpa ECF, en concentraciones relevantes en el medioambiente, y no se observaron diferencias en las concentraciones de ácidos resinosos y fitoesteroides en la bilis, comparando los peces expuestos y de referencia (Mattsson et al. 2001)

Otro biotrazador más usado en relación a los efluentes de una planta de pulpa, ha sido la inducción de MFO o citocromo P450. Citocromo P450 es el nombre común de una familia de isoenzimas, que se encuentran en células a través de diferentes niveles de organismo. Estas enzimas, transforman varias sustancias orgánicas endógenas y exógenas en compuestos más hidrófilos, que son excretados más rápidamente. La actividad MFO del hígado, medida como la actividad de la EROD (etoxiresorfina-O-dietilasa), ha sido usada comúnmente como un indicador de la exposición y a veces también como un indicador del

efecto de los efluentes de una planta de pulpa (Owens 1991). La inducción de EROD o P450A1, se ha observado en numerosos sitios de efluentes de plantas Kraft blanqueadas (BKME), tanto en peces silvestres, como en peces cultivados (Tana & Lehtinen 1996). Sin embargo, la modernización de las plantas, ha conducido a un descenso significativo en la respuesta de las aguas receptoras.

Se ha asociado la contaminación provocada por los efluentes de una planta de pulpa, con la alteración del hábitat y los efectos subsiguientes en los niveles de población y de las comunidades. Los efectos estaban asociados con el grado de eutroficación debido al enriquecimiento de nutrientes, las bajas concentraciones de oxígeno y la toxicidad química por los compuestos presentes de los efluentes de una planta de pulpa y papel (Karels 2000). Por otro lado, otros estudios revelaron que sólo existen efectos menores, producidos por los efluentes de plantas de pulpa y papel, sobre los niveles de población y de comunidades (Hodson et al. 1992, Swanson et al 1994; Landner et al 1994). La mayoría de los estudios de población, se hicieron en áreas de recepción de efluentes poco tratados de plantas con blanqueo de la pulpa a base de cloro elemental.

Los estudios realizados en varias áreas receptoras, han mostrado que los efluentes de las plantas de pulpa y papel, que alcanzan las regulaciones gubernamentales de dioxinas, demanda de oxígeno, nutrientes y mortalidad aguda, pueden asociarse a cambios sutiles en los procesos reproductivos de peces silvestres. Estos cambios reproductivos, incluyendo retrasos en la madurez sexual, disminución de la fecundidad y cambios al nivel hormonal (Lehtinen & Tana 2001, Sandström 1996, Van Der Kraak et al. 1998) se han duplicado en exposiciones a efluentes de algunas plantas de pulpa en condiciones de laboratorio a largo plazo y a corto plazo. Los cambios en los parámetros reproductivos parecen estar causados por interrupciones en el sistema hormonal regulador de la reproducción, en algunos sitios dentro de las rutas hormonales. (Lehtinen & Tana 2001).

Se ha demostrado que al menos un esteroide de las plantas, que esta presente en la madera como materia prima y en los efluentes, el β -sitosterol, es capaz de inducir una serie de respuestas estrogénicas en los peces con una concentración umbral efectiva en el agua, cercana a 10 $\mu\text{g/l}$.

Por otra parte, el metabolito del ácido resinoso, el retno, provoca una variedad de lesiones en los embriones de los peces y las larvas, en concentraciones en el orden de 16-32 $\mu\text{g/l}$. No obstante, está claramente indicado, que además del β -sitosterol y el retno, hay otros compuestos que afectan las señales de madurez reproductiva en los organismos acuáticos, ejemplos: compuestos que actúan como anti-estrogénicos o agonistas androgénicos. La inmediata dilución del efluente que proviene de la planta de pulpa de Botnia, va a ser más de 3000 veces, incluso en condiciones de bajo caudal. Por eso es que no es esperable que las concentraciones de esteroides en el receptor, excedan las concentraciones efectivas. Por otra parte, la cuestión del retno, no es actual, porque es un metabolito de ácidos resinosos y la madera de un eucalyptus, o sus efluentes, no contienen ácidos resinosos.

En algunos sitios, el diseño del estudio, las características del hábitat, las preferencias de especies y la movilidad de los peces, juegan roles importantes no

identificados en la contribución al grado de impacto evidente. En casos donde las respuestas no han sido observadas en peces silvestres, no está claro si la ausencia de respuestas está asociada a la carencia de producción de compuestos capaces de impactar en la reproducción, o si más bien, el ambiente receptor en estos sitios, protege a los peces silvestres de los cambios bioquímicos. También está claro, que la calidad de los efluentes varía dentro de y entre las distintas fábricas y que, por lo tanto, no deben hacerse generalizaciones entre ellos. También debe subrayarse, que los efluentes de aguas servidas municipales tratadas, producen efectos reproductivos en organismos acuáticos y algunas de las evidencias más precisas para medir los efectos en los interruptores endócrinos ambientales, provienen de estudios hechos a partir de la examinación de peces, aguas debajo de estos tratamientos de aguas servidas (Lehtinen & Tana 2001).

A partir de trabajos de campo realizados tanto en Estados Unidos como en Escandinavia, se ha concluido que mejoras sucesivas en el estándar ambiental en las plantas de pulpa, ha resultado en mejoras del éxito reproductivo y en el reclutamiento de peces silvestres en el área cercana a las aguas receptoras de esas fábricas. Entre los casos estudiados a fondo, las comunidades más completamente recuperadas en las aguas receptoras de efluentes de planta de pulpa, han ocurrido en la vecindad de las plantas de pulpa blanqueada Kraft, que han concertado varias medidas en planta, tales como coacción extendida, deslignificación con oxígeno, sistema de recolección avanzada de licor negro y optimización del control del proceso. Se han detectado mejoras menos evidentes, fuera de las plantas que han priorizado el tratamiento secundario (biológico) de sus efluentes, sin haber tomado simultáneamente, medidas de abatimiento de contaminación en planta (Lehtinen & Tana 2001).

Recientemente, la E.E.U.U. EPA (Ankley et al. 2001), desarrolló una prueba de laboratorio de relativo corto plazo, para evaluar el efecto de las sustancias en la reproducción en los peces. El test utiliza el pececillo (*Platycephalus bassesis*) y se focaliza en varias señales de madurez reproductiva y este test hace posible examinar efluentes de una gran variedad de fábricas a través de un método estandarizado.

Los efluentes de la planta de pulpa, contienen una mezcla de compuestos orgánicos de baja y alta masa molecular. Los compuestos de baja masa molecular, son normalmente degradados por procesos bioquímicos, mientras que los procesos abióticos (tales como fotólisis) son los mayormente responsables de la degradación del material de alta masa molecular.

Los compuestos organoclorados hidrófobos de alta masa molecular muestran un comportamiento ambiental sustancialmente diferente y formas toxicológicas de acción, comparados con los compuestos clorados o no clorados más hidrófilos. Las sustancias orgánicas de baja masa molecular, solubles en agua, muestran virtualmente ninguna tendencia a la biomagnificación. Por otro lado, los que constituyen el mayor riesgo de bioacumulación y los causantes de efectos tóxicos a largo plazo en la cadena alimentaria son los compuestos hidrófobos de relativamente baja masa molecular.

Hoy en día, es bien conocido que el blanqueo basado en el 100% del dióxido de cloro, prácticamente previene la formación de fenoles altamente clorados bioacumulativos (contiene 3 o más átomos de cloro como sustituyentes, por molécula). Para que una molécula pase a través de una membrana biológica, lo que significaría que se bioacumula, es esencial que el tamaño de la molécula sea pequeño (su masa molecular). Observando esta categoría de compuestos organoclorados, que están presentes en los efluentes de los tipos de fábricas actuales, estos tienen típicamente sólo uno o dos átomos de cloro en la molécula. Esto significa que su hidrofobicidad es más baja que en el caso de las moléculas que contienen 3-5 sustituyentes clorados, y en consecuencia, su tendencia a bioacumularse es mucho menor. En los efluentes de las plantas ECF, biológicamente tratados, éstos son solubles en agua y no persisten en los organismos vivos, como para producir toxicidad crónica (Folke et al. 1993; Bright et al. 1997).

Los compuestos menos clorados remanentes, liberados en el blanqueo ECF, son los mismos que los que se generan naturalmente y se encuentran en los sedimentos ricos en humus, así como también en la materia viva y en la descomposición de las plantas. La tendencia mucho más reducida a la bioacumulación y a la biomagnificación de las formas menos cloradas (mono y di clorados), emparejado con la resistencia disminuida a la degradación microbiana, resulta en un riesgo inexistente. Desde el momento en que estos compuestos no tienden a la biomagnificación o a la persistencia, el camino primario de exposición es en el punto espacial y temporal el contacto con el agua y o los sedimentos. Las concentraciones documentadas de efluentes de estos compuestos en muestras tratadas de efluentes de plantas modernas ECF, son más bajas que los umbrales conocidos, para toxicidad aguda o crónica de organismos acuáticos (Bright et al. 2000).

CAPÍTULO V

Conclusiones

Del presente trabajo y los análisis que se proponen realizar surgirán las consideraciones que deberán tenerse en cuenta durante la operación de la planta de pasta de celulosa, los parámetros que deberán monitorearse para un efectivo seguimiento de la evolución del ambiente receptor como así también permitirán estimar el impacto que se produzca sobre el mismo con lo cual será posible requerir las adecuaciones y/o remediaciones necesarias a fin de evitar o minimizar dichos impactos.

Del análisis realizado puede observarse que el área seleccionada para emplazar el emprendimiento, no fue consensuada por ambos gobiernos (Argentina – Uruguay) tal cual lo establece la CARU en su Digesto.

En la línea de este trabajo también surge que deberá hacerse fundamental hincapié en el control y estudio de los recursos hídricos siendo que la empresa generara efluentes líquidos con cargas orgánicas significativas, que llevarán a aumentar los niveles de fósforo actuales del Río Uruguay, lo cual conlleva un riesgo potencial de eutrofización del mismo. Si bien, tal y como se destaca en el presente trabajo, hubiera sido ideal la confección de una línea de base del estado del ambiente receptor en condiciones previas a la implantación de la planta y de su puesta en marcha de manera de manera que se pudiesen comparar los niveles de los diferentes analitos que emite actualmente Botnia, el presente plan de monitoreo igualmente tendrá un relevante valor, debido a que las secuencias de monitoreos permitirán estudiar tendencias, pudiéndose lograr una evaluación real de largo plazo del impacto de los efluentes gaseosos y líquidos.

En referencia a la generación de dioxinas y furanos, desde la Firma no se descartó la posibilidad de su producción en bajas concentraciones, las cuales, sin embargo, no fueron incluidas dentro de los analitos a monitorear, justificando esta decisión en que las concentraciones de los mismos se hallarían por debajo de los límites permisibles por la legislación internacional. En base a estas últimas conclusiones, es que se considera de suma importancia la realización y seguimiento de monitoreos y análisis de estos compuestos clorados tanto en emisiones líquidas como gaseosas permitiendo esto la creación de un historial de la liberación de dichas sustancias, en caso de detectarse las mismas. La importancia del monitoreo de dioxinas y furanos radica en que estos subproductos son bioacumulables y biomagnificables en los organismos vivos, como consecuencia de esto, se podría llegar a tener una acumulación de éstas en la fauna, la vegetación y las personas que habitan un área circundante a la ya existente planta de Botnia.

En cuanto a la contaminación del recurso hídrico, el EIA de Botnia reconoce que habrá un aumento de la concentración de fósforo debido a su actividad productiva. Tendiendo en cuenta que el nivel de nutrientes en el río Uruguay se mantiene en un precario equilibrio debido al exceso de fósforo que éste presenta, una descarga de efluente con altos valores de fósforo, podrían llevar a la eutrofización del río.

En lo que respecta al aire, las mayores emisiones gaseosas generadas durante el proceso son: compuestos sulfurosos, óxidos de azufre, óxidos de

nitrógeno y material particulado; siendo estas emisiones perjudiciales tanto a la salud humana como a la del ecosistema del lugar.

Los químicos uruguayos expresaron en su carta abierta que están convencidos *“de que las plantas a instalarse contaminarán o no dependiendo exclusivamente del control que se realice sobre las actividades potencialmente contaminantes. Nosotros confiamos en que las empresas mantendrán la palabra empeñada, pero más aún confiamos en que las autoridades de la República dotarán de los recursos humanos y materiales necesarios a los organismos de control correspondientes como para que el proceso sea conducido con la seriedad que el tema merece y monitoreado de la forma más exhaustiva posible”*, sostienen con más fe que certezas. En el otro extremo, los ambientalistas entrerrianos están convencidos de que la única manera de evitar la contaminación es impidiendo la instalación de las pasteras. Entre una y otra postura hay matices, pero no muchos. Tal vez, el siguiente párrafo extraído de la carta abierta de los profesores de Universidad de la República, sea uno de los escasos puntos de acuerdo: *“La mala reputación de la industria del papel es merecida. Sólo la presión social ha conseguido que la industria se mueva en una dirección adecuada”*.

B. BIBLIOGRAFÍA

- Publicaciones De La Comisión Administradora Del Río Uruguay, Serie de divulgación, número 2, Siete Años De Estudios En Calidad De Aguas En El Río Uruguay, PAYSANDU, Mayo de 1994
- Greenpeace, (1992) - Pulp and paper
<http://archive.greenpeace.org/toxics/reports/gopher-reports/chloro3.txt>
- Green Press Initiative (s.f.).- Chlorine Free Products
<http://www.greenpressinitiative.org/chlorinefreeproducts.htm>
- Rotard (1987) - Dioxinas
<http://media.payson.tulane.edu:8086/spanish/envsp/Vol324.htm>
- “Consultora del Banco Mundial – Comunicado de Prensa”
<http://webs.chasque.net/~rapaluy1/Comunicados/Comunicado Dioxinas BM.html>
- “About Pulp Pollution and Making Clean Paper”
<http://www.rfu.org/AboutPulp.htm>
- “Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). Documento de referencia de los Principios Generales de Monitorización” - Documento BREF
- Informe Ambiental Resumen, BOTNIA, 2004
- “Informe de la División de Evaluación de Impacto Ambiental de DINAMA”, 2005
- Aprobación Ambiental Previa, resolución ministerial, 2005
- Environmental Impact Assessment (EIA) and Environmental Auditing (EA),
<http://www.fao.org/docrep/005/v9933e/V9933E02.htm>
- Microseminario, <http://www.fcen.uba.ar/prensa/micro/2006/563/articulo1.html>
- Celulosas, Observaciones al Informe de PCI,
<http://www.ecoportal.net/layout/set/print/content/view/full/56957/printversion/1>
- Inventario Nacional de Liberación de Dioxinas y Furanos, Uruguay 2002/2003, DINAMA
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY Federal Register, Vol. 63, No. 72, Wednesday, April 15, 1998, Rules and Regulations
- “El BM pide otro informe ambiental - Estará a cargo de un canadiense”, La Nación - Viernes 17 de febrero de 2006 <http://www.lanacion.com.ar/781469>
- “Conflicto diplomático: revelación del canciller durante una presentación en el Senado, Papeleras - analizan una medida cautelar”, La Nación, Viernes 17 de febrero de 2006
- “Papeleras, otro enfoque”, Estrucplan on line - Fecha de Publicación: 6/3/07
- “Revised Draft Guidelines On Best Available Techniques And Provisional Guidance On Best Environmental Practices Relevant To Article 5 And Annex C Of The Stockholm Convention On Persistent Organic Pollutants”, Geneva, Switzerland December 2006
- “Instrumental normalizado para la identificación y cuantificación de liberaciones de dioxinas y furanos”, 2005 Programa Interinstitucional Para El Manejo Adecuado De Los Productos Químicos, Acuerdo de cooperación entre PNUMA, OIT, FAO, OMS, ONUDI, UNITAR y OCDE, Ginebra, Suiza
- “Anexo C, Borrador Con Lo Acordado Entre Ambas Delegaciones”, Grupo Técnico Alto Nivel – Subgrupo Aguas (Emisiones líquidas), Emisiones de

Efluentes Líquidos a Descargar al Río Uruguay y Afectación a la Calidad del Recurso, 27 de enero de 2006

- “Consideraciones técnicas sobre los aspectos de contaminación del aire del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto de planta de la empresa BOTNIA S.A.”, Grupo Técnico Alto Nivel – Subgrupo Aguas (Emisiones líquidas), 03-11-05
- “Informe de la Delegación Argentina al Grupo de Trabajo de Alto Nivel”, Tomos I y II, Buenos Aires - 3 de febrero de 2006
- “Informe de Observaciones y Recomendaciones”, Misión Internacional de Evaluación de WWF ante la controversia del Santuario de la Naturaleza y sitio Ramsar Carlos Anwandter y la planta de celulosa Valdivia de CELCO, Valdivia, Chile, Noviembre 2005
- Comisión Administradora del Río Uruguay, <http://caru.org.uy/>
- Digesto de Contaminación de la CARU, <http://caru.org.uy/publicaciones/publicacionesPDFs/7anos-de-estudiode-calidad-de-aguas-en-el-Rio-Uruguay.pdf>
- Página de la empresa finlandesa BOTNIA, <http://www.metsabotnia.com>
- Asambla Ciudadana Ambiental de Gualeguaychú, <http://www.noalapapelera.com.ar>
- Grupo ambientalista uruguayo, <http://www.guayubira.org.uy>

C. ABREVIATURAS

AOX: halogenuros orgánicos adsorbibles

CARU: Comisión Administradora del Río Uruguay, Argentina y Uruguay resolvieron actuar en forma conjunta y establecer este órgano internacional encargado de velar por el cumplimiento de los principios y reglas consagrados en un convenio internacional, el “Estatuto del Río Uruguay” suscrito el 26 de febrero de 1975.

CFI: Corporación Financiera Internacional

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno

DINAMA: Dirección Nacional de Medio Ambiente

DQO: Demanda química de oxígeno

EIA: Evaluación de impacto ambiental

ECF: (*Elemental Chlorine Free*) Libre de Cloro Elemental, es en relación al tipo de tecnología utilizado por las pasteras en la cual no se utiliza cloro elemental para el proceso de blanqueado de la pulpa

EOX: halogenuros orgánicos extraíbles

EQT/L: equivalente tóxico/litro (como unidad de medida de concentraciones) mide la actividad tóxica relativa tipo dioxina de distintos congéneres de las dibenzoparadioxinas y los dibenzofuranos policlorados, bifenilos policlorados coplanares en comparación con la 2, 3, 7,8-tetraclorodibenzoparadioxina

GTAN: Grupo Técnico de Alto Nivel, Comisión Binacional Argentino-Uruguaya

MTD: Mejores técnicas disponibles, El concepto de mejores técnicas disponibles no está dirigido a la prescripción de una técnica o tecnología específica, sino a tener en cuenta las características técnicas de la instalación de que se trate, su ubicación geográfica y las condiciones ambientales locales

PROCON: Programas de Calidad de Agua y Control de Contaminación

TCF: (*Totally Chlorine Free*) Totalmente Libre de Cloro, hace referencia al tipo de tecnología usada por las pasteras donde no se implementa ningún compuesto con cloro en el proceso productivo

TOX: Haluros orgánicos totales