

Fabricación de pasta de celulosa

Aspectos técnicos y contaminación ambiental

Estela Mónica López Sardi*

Este estudio surge como consecuencia del conflicto de público conocimiento, que se ha suscitado entre Argentina y Uruguay por la construcción de dos plantas industriales en el margen del río Uruguay. Actualmente, una de las plantas acaba de anunciar su traslado a una locación sobre el margen del Río de la Plata.

La finalidad de este trabajo es enumerar los distintos aspectos tecnológicos de la fabricación de pasta de celulosa y los posibles problemas ambientales que derivan de esta actividad.

Fabricación de la pasta de celulosa

La fabricación del papel consta principalmente de dos etapas

- 1.- Fabricación de pasta de celulosa.
- 2.- Elaboración del papel.

La planta que se está construyendo en el margen uruguayo del río Uruguay, a la altura de Fray Bentos, tendrá como fin elaborar pasta de celulosa.

Las materias primas para la elaboración de la pasta de celulosa son, en un 95% pulpa de madera y el 5 % restante trapos de lino o algodón que se reciclan.

En las etapas iniciales de la elaboración de pasta a partir de madera (troncos) se siguen los siguientes pasos:

- Se descortezan los troncos en máquinas llamadas descortezadoras.
- Se los troza y tritura en máquinas troceadoras y trituradoras.
- La pasta resultante está compuesta de celulosa y lignina.
- Se trata la pasta en una etapa llamada blanqueo para eliminar la lignina.

En la pasta de papel se encuentran como componentes principales dos clases de fibras:

- fibras de celulosa.
- fibras de lignina.

La celulosa, un hidrato de carbono, es el constituyente más abundante de esta pasta. Está formada por unidades de glucosa, al igual que el almidón. La diferencia está en el tipo de unión química existente entre dichas unidades. Mientras que en el almidón existe un tipo de unión glicosídica entre unidades de glucosa llamada α 1-4 que puede ser degradada por nuestras enzimas digestivas a glucosa y ser asimilada como nutriente,

* Docente de la Facultad de Ingeniería - UP.

en la celulosa las unidades de glucosa están unidas por enlaces β 1-4 que no pueden ser degradados por las enzimas humanas. En los animales herbívoros la celulosa es asimilada en forma indirecta en el tubo digestivo por acción de las enzimas desarrolladas por microorganismos naturalmente presentes en él.

La lignina (25 % de la madera) es un tipo de celulosa compuesta, combinada con moléculas de otras sustancias químicas llamadas pentosanos y compuestos químicos aromáticos ó cíclicos. Esta composición la vuelve rígida y más oscura, por lo que debe ser separada y/o blanqueada para poder obtener una pasta de papel de calidad adecuada.

Los procesos de blanqueo de la pasta de papel pueden ser de dos tipos:

PROCESO TMP (papel termomecánico)

Es el proceso más simple. Con él se fabrica papel de baja calidad, por ejemplo el papel para periódicos (diarios)

MADERA → SE DESCORTEZA → SE TRITURA → SE BLANQUEA CON AIRE U OXIGENO → SE FILTRA, SECA Y PROCESA EN LOS RODILLOS → PAPEL

Solo se pueden usar en este proceso maderas blandas como las de pino, no así eucaliptos que son maderas duras.

Ventaja de este proceso: se emplea toda la madera excepto la corteza.

Desventaja: Debido a que se forman fibras cortas se obtiene un papel de propiedades mecánicas pobres y baja calidad de reciclado. Parte de la lignina que permanece en el papel TMP, aunque blanqueada, se vuelve rápidamente amarilla cuando se expone a la luz.

Esto no supone un problema para los periódicos que solo deben sobrevivir un día, pero no es útil para papel destinado a otros usos tales como: papel blanco para libros, papel resistente para cartón.

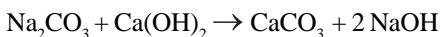
PROCESO KRAFT:

Este proceso combina buena calidad con bajo costo. Pueden usarse tanto maderas blandas como duras (pinos ó eucaliptos).

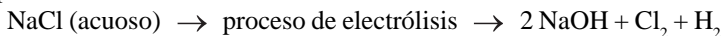
MADERA → SE DESCORTEZA → SE ASTILLA → COCCIÓN EN SOSA CAUSTICA (NaOH, HIDRÓXIDO DE SODIO) PARA SEPARAR LA LIGNINA

La pulpa obtenida hasta aquí es de gran resistencia debido a la calidad y longitud de sus fibras, pero aún es oscura, aunque puede usarse así para la fabricación de cartón.

En cuanto a la sosa cáustica utilizada en el proceso se la obtiene por lo general mediante el método llamado caustificación, a partir de soda Solvay (carbonato de sodio)



Pero también se la puede obtener por electrólisis a partir de una salmuera (solución acuosa de sal común, cloruro de sodio), este segundo método permite obtener en la misma planta el cloro, elemento controversial que se emplea en el blanqueo posterior de la pasta.



El proceso de electrólisis en sí mismo, puede llevarse a cabo mediante dos tecnologías distintas:

- celdas de diafragma poroso
- celda con cátodo de mercurio. Este segundo procedimiento resulta altamente contaminante por las filtraciones de mercurio (Hg) al ambiente a través de los efluentes (aguas residuales) por ser un metal pesado con alto grado de toxicidad.

En la etapa de cocción de la pasta se usan también (para favorecer la disolución de la lignina) sulfato de sodio, Na_2SO_4 , y carbonato de calcio, CaCO_3 , trabajando a 200°C y alta presión para formar la pulpa. Se generan en este proceso gases sulfhídricos, H_2S , característicos por su mal olor (a huevos podridos). Liberados al ambiente, estos gases son contaminantes atmosféricos, precursores de lluvia ácida (con consecuencias dañinas para estructuras de edificios, maquinarias, daños a la vegetación, suelos y cursos de agua), y también a partir de ciertos niveles de concentración, estos gases son tóxicos para el ser humano causando cefaleas, náuseas y trastornos hepáticos. Estos gases, por lo tanto, no deberían ser vertidos al ambiente sin tratamiento. En muchos casos se los incinera para su oxidación, lo que disminuye los sulfuros, se los filtra o trata por medios electrostáticos.

La segunda etapa del blanqueo en el método Kraft se puede llevar a efecto utilizando cloro, Cl_2 , dióxido de cloro, ClO_2 , ozono, O_3 , y/o agua oxigenada H_2O_2 .

BLANQUEO CON CLORO

Son necesarios entre 30 y 80 kg de cloro para fabricar una tonelada de pasta Kraft, dependiendo de la calidad de la pulpa utilizada. Este mecanismo proporciona el mejor resultado con respecto a la calidad del papel porque disuelve toda la lignina sin que se ataque a la celulosa y el resultado es un papel blanco brillante que mantiene su aspecto durante décadas. Se procede de la siguiente manera:

PULPA → ENJUAGUE CON AGUA → PASTA → SE FILTRA Y ESPESA QUITANDO AGUA → UNIDAD DE BLANQUEO

En la unidad de blanqueo se alternan fases de cloración con fases de lavados con sosa cáustica (extracción) para retirar lignina.

El cloro utilizado (en estado gaseoso) en un 90% se transforman en iones cloruro, Cl^- , (no tóxicos), 0,5 % queda retenido en la pasta, y el 9,5% restante se convierte en compuestos químicos organoclorados (AOX: Halógenos orgánicos absorbibles) de

los que mas tarde hablaremos en detalle, y entre los que se incluyen las dioxinas. Una muy pequeña proporción de estos AOX queda en el papel y la gran parte de los mismos queda en los residuos que la planta debería reciclar, tratar o retener antes de volcar los efluentes al medio ambiente.

El uso de dióxido de cloro, ClO_2 o de hipoclorito de sodio, NaClO , permiten obtener una calidad de papel similar pero no modifican el problema de los AOX.

MÉTODO ECF (parcialmente exento de cloro)

Fue desarrollado por cooperación entre fábricas de papel y distintas universidades, especialmente en Suecia y Finlandia.

Este método propicia tiempos de cocción más prolongados y una etapa de preblanqueo con oxígeno seguido de otra etapa más corta de blanqueo con dióxido de cloro.

Con este método no aparecen niveles detectables de dioxina ni en la pulpa ni en el efluente y se redujo la cantidad de AOX de 5 kg/ tonelada de pulpa a 800 g/ tonelada de pulpa.

El uso del oxígeno constituye un paso delicado en el proceso, puesto que existe la posibilidad de que éste degrade la celulosa, por lo que es necesario encontrar un punto de equilibrio para que el proceso sea rentable.

MÉTODO TCF (totalmente exento de cloro)

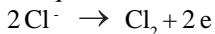
Es el método menos discutido por las distintas entidades ecologistas. Se usa agua oxigenada u ozono para el blanqueo. Este proceso incrementa el brillo de la pulpa pero no separa lignina adicional, por lo que es necesario el uso de un 10% más de madera para la obtención de la misma cantidad de papel. La pasta obtenida está constituida por fibras más cortas lo cual limita las posibilidades de reciclado. No se detectan ni dioxinas ni AOX en el efluente, pero los niveles de dioxinas retenidos por el papel son más altos que en los métodos anteriores. Este método fue desarrollado por la empresa sueca SODRA, mayor productora europea de pasta de celulosa, y es el que aplica ENCE en su planta de Pontevedra.

Este método permite cerrar el ciclo de las aguas residuales de la planta, al no existir AOX en los vertidos.

Curiosamente se conocen estudios que indican que el papel procesado por el método TCF presentaría un nivel de dioxinas residuales en el propio papel que es mayor al nivel de dioxinas residuales en el papel Kraft obtenido por otras tecnologías. La pregunta es ¿de donde proviene el cloro?

En primer lugar se pensó que el cloro provenía de los tratamientos potabilizadores del agua utilizada en la planta, pero esta posibilidad se descartó porque el nivel de dioxinas presentes en el papel tiene una cantidad de cloro superior a la que aparece en el agua potable al inicio del proceso. Esta pregunta seguiría sin respuesta y en investigación, pero actualmente se analiza la posibilidad de la formación del cloro durante el proceso a partir de la sal NaCl , presente ya sea en la materia prima (en la soda cáustica) o como componente contaminante habitual. Esta sal sufriría un proceso de

oxidación a cloro por reacción química de tipo redox con el agua oxigenada en la etapa de blanqueo.



RECICLADO DEL PAPEL

Al fabricar pulpa se recurre, no solo a la incorporación de madera nueva, sino también al reciclado añadiendo a la pasta telas de lino y algodón y gran cantidad de papel viejo. El reciclado genera un 11% en masa de desechos contaminados con metales pesados que provienen tanto de las tintas usadas anteriormente como del caolín utilizado para absorberlas.

PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN DE PAPEL

1. Consumo de madera: se consumen bosques enteros, generalmente de pino o eucaliptos, este problema se reduce hoy por la reforestación de las zonas con especies destinadas a este fin.
2. Liberación de CO_2 (gas con efecto invernadero) por quema de la hojarasca, ramas y otras partes del árbol que no se usan.
3. Elevado consumo de agua (hasta 60 m^3 / tonelada de pasta).
4. Vertidos. Presentan distintos tipos de contaminación:
 - Partículas sedimentables y en suspensión.
 - Sustancias que consumen oxígeno modificando DBO y DQO.
 - Compuestos órganoclorados.
 - Colorantes.
 - Nutrientes (nitrógeno y fósforo) que conducen a la eutrofización de los cursos de agua.
 - Sustancias tóxicas.
 - Modificación del pH de los cursos de agua.
 - Aumento de la temperatura del agua vertida.
 - Compuestos de la madera (ácidos de la resina y ácidos grasos insaturados como oleico, linoleico, palmitoleico, etc)
5. Emisiones atmosféricas: óxido sulfuroso, SO_2 , precursor de lluvia ácida, malos olores por sulfuros, partículas de hollín, monóxido de carbono, CO, compuestos orgánicos volátiles, compuestos clorados, óxidos de nitrógeno, NO_x .

SISTEMAS DE DEPURACIÓN QUE DEBEN EMPLEAR LAS PLANTAS

- Se debería optimizar el proceso de filtrado y lavado de la pulpa para recuperar los licores de cocción. Es conveniente luego purificar y reutilizar los condensados.
- Tratamiento integral de los vertidos al exterior de la planta:
 1. Tratamiento primario: sedimentación.
 2. Tratamiento secundario: biológico aerobio por lagunaje, por lodos activados o por filtros de percolación.
 3. Tratamiento terciario de precipitación química de materia disuelta o en suspensión.

- Tratamiento de las emisiones atmosféricas por filtros de mangas o precipitadores electrostáticos.

COMPUESTOS ORGANOCOLORADOS

Son sustancias que resultan de la unión de uno ó más átomos de cloro a un compuesto orgánico. Son varias las industrias químicas en las que tiene lugar este proceso:

- Fabricación de pesticidas (DDT, lindano)
- Fabricación de plásticos (PVC)
- Fabricación de disolventes (CCl_4)
- Fabricación de refrigerantes (CFC)

Se conocen más de 11000 productos organoclorados diferentes. Las dioxinas y los furanos resultan ser los más tóxicos.

Los compuestos químicos organoclorados emitidos al aire ó al agua en los vertidos industriales tienen la propiedad de ser fotoactivos, reaccionando con la luz junto a otros agentes químicos o biológicos del medio ambiente, volviendo a generar más productos de este tipo. Presentan las siguientes características:

- Son muy estables. Pueden permanecer en aire agua y suelo durante cientos de años, resistiendo tanto a la degradación física como química.
- Por no existir estos compuestos en la naturaleza, los seres vivos no han desarrollado mecanismos para la biodegradación metabólica de los mismos. Por lo tanto resisten a la degradación biológica.
- Son liposolubles por lo que tienden a acumularse en los tejidos grasos de los seres vivos.

Según el informe de la EPA (Environment Policy Agency de los EEUU) sobre las dioxinas (9/94) estas:

- Producen cáncer en el ser humano.
- Dosis inferiores a las asociadas con cáncer ocasionan alteraciones en el sistema inmunitario, reproductor y endócrino.
- Los fetos y embriones de peces, aves, mamíferos y seres humanos son muy sensibles a sus efectos tóxicos.
- No existe un nivel seguro de exposición a las dioxinas.

El mismo informe afirma que las principales fuentes de producción de dioxinas son, por orden de importancia:

- La incineración de residuos.
- Las fábricas de pasta de papel.
- La fabricación del PVC.

ALGUNOS EPISODIOS ANTERIORES RELACIONADOS CON DIOXINAS

1976, accidente de Seveso, Italia, escape de 34 a 126 kg de dioxina de la planta Hoffman-La Roche. Se liberaron al ambiente emanaciones tóxicas que contenían dioxinas.

El accidente mató a 73000 animales domésticos, la zona debió ser evacuada y cerrada. Se documentaron aumentos en la incidencia de cáncer de la sangre y sistema linfático entre la población afectada.

Bélgica. La contaminación de huevos, pollos y carnes por dioxinas aún no ha sido aclarada. Se sospecha que existiría contaminación de los piensos empleados para alimentar a los animales por PCB (compuestos organoclorados presentes en distintos tipos de aceites refrigerantes para transformadores) esto ha provocado un aumento del nivel de dioxinas en la leche de distintas especies, siendo curiosamente, la leche materna la que presenta mayor nivel de dioxinas (10 veces más que la leche de vaca). Se recomienda a las madres alimentar a los bebés con leche de vaca, dejando de lado la lactancia natural. Luego de serios estudios acerca de los posibles daños sobre los bebés de la lactancia con un alto contenido de dioxina y PCB en la leche materna, se concluye que produce en los niños un desarrollo motor ligeramente inferior a lo normal a los 7 meses de edad, a los 18 meses estos niños ya no presentan diferencias.

Francia. Se detectó mayor contenido de dioxinas en la leche de vaca en la zona de Lille, esto obligó a suspender temporalmente su consumo, y al cierre de tres incineradoras de residuos de la región, sospechosas de haber contaminado la atmósfera y el entorno vegetal en muchos km a la redonda de sus puntos de emisión.

Las dioxinas son tan tóxicas debido a que actúan como si fueran hormonas naturales, siendo aceptadas por las células en unos receptores conocidos como receptores Ah (de compuestos aromáticos), pero a diferencia de las hormonas, cuya actividad se regula de unas a otras, y cesa cuando ya no son necesarias, la actividad de las dioxinas continúa indefinidamente durante años y años.

Los efectos estudiados son:

Aves, peces y tortugas: disminución del éxito en la incubación, graves deformidades de nacimiento, anormalidades del comportamiento, desmasculinización y feminización de los machos, desfeminización y masculinización de las hembras.

Aves y mamíferos: anormalidades metabólicas, daño al sistema inmunitario.

A estos tóxicos se los conoce como disruptores endócrinos, porque interfieren en el sistema hormonal, ya sea:

- Suplantando a las hormonas naturales.
- Bloqueando su acción.
- Aumentando o disminuyendo los niveles de las hormonas naturales.

Todas estas acciones se observan a muy bajos niveles de dioxinas absorbidas.

Evaluación del impacto ambiental

Los reclamos de las poblaciones argentinas de Gualaguaychú y Colón, puestos de manifiesto mediante el corte de los puentes internacionales que vinculan la Argentina y el Uruguay, hacen hincapié en la realización de una seria y responsable Evaluación del Impacto Ambiental.

A continuación sigue un detalle, a grandes rasgos, de los pasos a seguir para realizar una Evaluación de Impacto Ambiental.

Este tipo de estudios comenzaron a realizarse a partir de los años 50 en los EEUU , en relación a la industria de la Energía Nuclear. A partir de los años 60 grupos políticamente activos de muchos países del primer mundo comenzaron a exigir la oportunidad de participar en la toma de decisiones sobre proyectos con impacto ambiental significativo. A partir de los 70, la práctica de llevar a cabo una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) frente a la instalación de una gran obra de ingeniería se instaló en países como los EEUU, Canadá, Japón, Australia y la mayoría de los países europeos.

ELEMENTOS DEL PROCESO DE EIA

Se deben analizar los elementos propios del medio ambiente ó elementos adyacentes, que se presentan como

- Medio inerte: aire, tierra, agua.
- Medio biótico: fauna y flora.
- Medio perceptual: paisaje.

A continuación se deben establecer los elementos intrínsecos o propios del proceso de evaluación:

- Se debe fijar claramente el marco jurídico- administrativo en el cual encuadra el proceso, al cual suscriben las partes, y el grado de vínculo o compromiso de cada una de las partes frente a las conclusiones finales del proceso.
- En el caso que nos preocupa, las partes que deben suscribir a este compromiso serían: Los gobiernos de los dos países, las dos empresas involucradas, comisiones de ciudadanos de cada una de las poblaciones, en ambas márgenes del río, que se ven involucradas, de forma positiva o negativa, por el emprendimiento.

Luego se debe llevar adelante:

- Un estudio del impacto ambiental (EsIA)
- Valoración del impacto ambiental (VIA)
- Manifiesto o Declaración del impacto ambiental (MIA)
- Incorporación de la EIA a los planes y proyectos del emprendimiento.

Para todos estos estudios es necesario identificar y medir los distintos tipos de impactos positivos y negativos que el emprendimiento genera en la región, mediante el estudio de una gran cantidad de indicadores que pueden pertenecer a distintos ámbitos:

- Factores físico químicos.
- Factores biológicos.
- Factores paisajísticos.
- Factores económicos.
- Factores sociales, culturales y humanos.

Los impactos se deben clasificar según su tipología. Algunos ejemplos de clasificación son:

Positivos o negativos.

De valor alto, medio o bajo.

De carácter fugaz, reversible, irreversible, irrecuperable, mitigable.

De orden puntual, parcial o total.

De duración temporal o permanente.

Por el daño que provocan, los impactos pueden ser simples, acumulativos, sinérgicos, moderados, severos o críticos.

La metodología para la evaluación de los impactos y la asignación de un puntaje o valor numérico a cada uno de ellos ya está establecida por distintos sistemas como el del Banco Mundial, Método Sorensen, Método Bereano, Mc Harg, Tricart, Falque, del MOPU, etc.

Finalmente se debe estudiar la posibilidad de implantar medidas de mitigación o correctoras a cada uno de estos impactos, para hacer viable al proyecto.

El MIA final de la EIA debe ser abierto al escrutinio público y revisado en audiencias públicas.

Finalmente los gobiernos y las empresas deben llegar a una decisión de tipo político que satisfaga a las partes, la cual puede ser

- Seguir adelante con el emprendimiento como está planteado.
- Corregir el proyecto del emprendimiento.
- Aceptar una propuesta alternativa para el emprendimiento.
- Rechazar y suspender el emprendimiento.

La elaboración de una EIA completa es costosa, se calcula que el valor ronda el 0,1 % del costo total del emprendimiento, en emprendimientos importantes se su valor se acercaría, normalmente, al millón de dólares. El posterior rediseño del emprendimiento para su adaptación a los requerimientos de la EIA suele elevar los costos de instalación del proyecto hasta en un 10%.

Cuando se trata, como en este caso, de acciones que causan efectos ambientales en más de un país, las EIA terminan siendo tratados interesantes, pero de difícil aplicación. Por lo general en estos casos, las ventajas del proyecto corresponden a un país y las desventajas al otro, y suele ocurrir que los estándares ambientales son distintos en la legislación de cada país que participa del conflicto. Además, por lo general, los tribunales internacionales citados para mediar no se identifican con la problemática de las partes afectadas.

Lo ideal sería:

- Poner énfasis en mantener la factibilidad económica de la operación, preservando al mismo tiempo la capacidad sustentable de la región y con el mínimo daño ambiental posible.
- Adoptar el compromiso de realizar auditorías posteriores a la puesta en marcha del proyecto, monitoreando que las partes involucradas cumplan los compromisos ambientales suscritos.

Frente a problemas como estos es necesaria la creación de MARCOS INTERGUBERNAMENTALES que regulen la creación de pautas y prioridades en la elaboración de las EIA.

Referencias

Química Orgánica, Morrison y Boyd, Fondo educativo Interamericano.

Practical Environmental Analysis, RADOJEVIC, M y BASHKIN, V. Cambridge, 1999.

Ecología y medio ambiente. MILLER, G.T. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 1994.

Global Alert: The ozone pollution crisis. FISHMAN, A y KALISH, R. Plenum Press. New York, 1990.

Ecology in the 20th century. BRAMWELL, A. Yale University Press. New Haven. 1989.

Manejo de residuos de la industria química y afín, Vega de Kuyper, Editorial Alfaomega, 1999.