REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Importancia, manejo y control de extraíbles e incrustaciones (*pitch*) en la fabricación de papel

Noé Aguilar Rivera[1]

RESUMEN

Se hace una descripción de los principales problemas relacionados con los extraíbles contenidos en las maderas destinadas a la producción de pulpa y papel. Estos compuestos de naturaleza orgánica son responsables de las incrustaciones en los equipos de pulpeo y blanqueo, incrementan la demanda de químicos, se dispersan en la pasta formando manchas o huecos en el papel y se encuentran presentes en el circuito de aguas blancas. Estos efectos pueden minimizarse evitando la cantidad de resinas que entran al proceso, instalando puntos de remoción o empleando especies no resinosas. Este trabajo hace una revisión de estos problemas y presenta algunas posibles soluciones para minimizar las incrustaciones al emplear la madera en la producción de pulpa y papel.

PALABRAS CLAVE:
Extraíbles, incrustaciones, papel y pulpa.

ABSTRACT

A description of problems related to wood extractives and pitch deposition in the pulp and paper industry is made. Extractives are released during the pulping of wood and bleaching of pulp. In pulping, wood extractives increase consumption of pulping chemicals, impair the color and brightness of unbleached pulp and cause a sticky deposit on pulping and bleaching equipment. The effects of wood resin will often depend on how the process is undertaken. To avoid excessive build-up of wood resin, it may be necessary to minimize the amount of wood resin introduced into the process, It might be helpful to have points of wood resin removal in the process. Some of these options are discussed in detail. This paper explores some issues and proposes ways to avoid and combat wood resin deposition problems.

KEY WORDS:
Extractives, pitch, paper and pulp.

1 Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. km 1 Carretera Peñuela-Amatlán de los Reyes s/n. Apdo. Postal 177. Córdoba, Veracruz, México. c.e.: naguilar@uv.mx.

INTRODUCCIÓN

El termino *Pitch* comprende la totalidad de los extraíbles (resinas) y compuestos fenolicos de la madera. Se considera un grave problema en las plantas de pulpa y papel debido a su tendencia de separarse de las fibras celulósicas al procesarse éstas y formar así depósitos, masas aceitosas o espumaduras las cuales interfieren con la operación de la máquina de papel, tuberías, bombas, depuradores, lavadoras, etc. y, además, por dispersarse en la pasta papelera formando manchas o huecos en el papel. Fenómenos como el auto-encolado se presentan cuando el papel es almacenado debido a una redistribución de las resinas sobre la superficie de las fibras, esto es particularmente perjudicial en papeles de tipo absorbente. Se han utilizado indistintamente los términos extraíbles, resinas, depósitos o *pitch*, aunque el último se usa para denotar las incrustaciones o depósitos de estos materiales que son la causa principal de la calidad y problemas de producción en las plantas de pulpa y papel. Sin embargo, la secuencia de condiciones químicas en el pulpeo y/o blanqueo en muchas ocasiones produce sustancias reactivas en la madera y nuevos componentes que pueden ser más problemáticos que los extraíbles originales.

Los extraíbles, resinas o componentes extraños de la madera son compuestos orgánicos que pueden ser extraídos con agua o solventes orgánicos neutros o aún ser volatilizados con vapor cerca de 3 % a 10 % del peso de la madera en base seca consiste de extraíbles. Las maderas de gimnospermas contienen de 4 % a 8 % y la maderas de angiospermas de 2 % a 4 %. La importancia de ellos no puede medirse por las cantidades en que se presentan pero si por los efectos que producen (Browning,1967).

Los extraíbles se localizan en la lamela media entre las células en pequeñas cantidades, pero en grandes proporciones en los radios medulares y en las cavidades celulares. Los terpenos, ácidos resínicos y sus esteres se localizan en los canales resiníferos en gimnospermas, donde a su vez, son generados especialmente cuando la madera envejece y los ácidos resínicos asumen una función preservadora. Las latifoliadas contienen una cantidad considerable de resinas, ácidos grasos y material insaponificable en los vasos del duramen y en las células de parénquima que al entrar al proceso de producción, generan incrustaciones en los equipos de pulpa y/o papel. La composición y concentración de extractivos de la madera varían ampliamente de acuerdo con la especie, la localización geográfica, la estación del año y aún dentro del mismo árbol; pueden clasificarse en tres categorías fisiológicas: resinas defensivas, resinas de almacenaje y hormonas vegetales. Las resinas defensivas comprenden terpenos, ácidos resinosos y compuestos fenólicos que protegen al árbol contra daño biológico. Las resinas de almacenaje tales como grasas, ácidos grasos y ceras son alimento de reserva suministrado por el mismo árbol. Los extractivos están presentes aún en la corteza, hojas, agujas, exudados, ramas, flores, frutos y semillas. Sin embargo, los extractivos de mayor importancia se localizan en la madera, ya que incluso se puede llegar a la identificación de maderas por la presencia, composición o ausencia de estos (Sjöstrom,1993).

Aunque los extraíbles de la madera se presentan en cantidades relativamente pequeñas, durante el proceso de ésta pueden originar reacciones químicas que modifican su estructura y generan propiedades no deseables en las pulpas celulósicas y en el papel, contribuyendo así a la calidad del producto final. Los extractivos

no son completamente removidos en los procesos de pulpeo o en el caso de las pulpas de madera molida o de alto rendimiento, todos los extraíbles originales están presentes, con excepción de los solubles en agua (Sanjuán, 1997).

Las pulpas de madera destinadas a la obtención de celulosa regenerada o derivados de celulosa deben tener un bajo contenido de resinas (0,15 % - 0,30 %). En las pulpas destinadas a la elaboración de envases para alimentos de papel y cartón es importante asegurar que los extraíbles no estén presentes ya que pueden causar olores y sabores indeseables en los alimentos. El trabajo de Wiik (1997) concluye que estos problemas se desarrollan durante el almacenamiento del papel y por la oxidación de las resinas residuales de la madera aún presentes, además de la degradación de los aditivos empleados en la elaboración de papel y cartón.

Karlberg (1991) menciona que algunas personas sensibles pueden contraer algún tipo de alergias o dermatitis por la constante lectura o manejo de periódicos, debido a que este tipo de papel contiene un alto contenido de pulpas de alto rendimiento y, por consiguiente, mayor cantidad de resinas que otros tipos de papel. Estos problemas se incrementan cuando en la planta de fabricación se lleva a cabo un proceso de ciclo cerrado, ya que existen más resinas circulando en el sistema y la constante recirculación del agua de proceso y la operación a más altas temperaturas aceleran la oxidación de los extraíbles (Sithole y Allen, 2003).

Importancia de la eliminación de los extraíbles

La remoción de los extractivos de la madera puede ser deseable por:

- Estimación de la cantidad total presente.

- Análisis de la estructura y composición de uno o más de sus componentes, como un paso previo a una posterior separación y caracterización.

- Como pretratamiento para la extracción de polisacáridos y lignina, clasificación taxonómica, comportamiento en el crecimiento de los árboles, investigación y desarrollo de nuevos productos de valor comercial y la determinación de problemas referentes a la utilización industrial de la madera y como pretratamiento para llevar a cabo modificaciones químicas.

Debido a la diversidad de los extraíbles, Fengel y Wegener (1989) mencionan que se han desarrollado una gran cantidad de técnicas y métodos de aislamiento y caracterización de componentes individuales, sin embargo, los extraíbles pudieran ser susceptibles de utilizarse en la industria si su calidad y cantidad fuese suficientemente elevada y su precio bajo. El aislamiento de componentes extraíbles de la madera se lleva a cabo por extracción con mezclas de solventes neutros y/o con solventes individuales en sucesión. No deben utilizarse solventes orgánicos alcalinos o ácidos porque generalmente atacan a los componentes de la pared celular. De acuerdo con las diferentes solubilidades de los extraíbles de la madera se han propuesto numerosos esquemas y secuencias de separación aplicables a nivel laboratorio.

Caperos y Romero (1991) hacen referencia a que el diseño de una instalación para la extracción de la madera hace necesario el conocimiento del nivel de extracción y su relación con las condiciones de operación. La cinética de la extracción depende así de la compleja estructura de la madera. Otro de los

factores importantes de este proceso lo constituye la reducción de tamaño, ya que al moler la madera el rendimiento en la extracción se incrementa (TAPPI, 2000) teniendo los siguientes efectos:

Un cambio significativo en la estructura interna de la madera astillada o molida, ya que la molienda destruye el cuerpo de la madera.

Un incremento en la superficie interna por unidad de peso, como consecuencia un significativo incremento en la superficie de la madera a la acción del solvente.

La naturaleza química de los extraíbles no cambia apreciablemente aún con el tiempo o con los diferentes solventes usados. Se involucran así tres etapas importantes en la extracción de la madera:

a) Los solventes inicialmente actúan sobre los lugares más accesibles de la superficie de las astillas. En esta etapa, el paso determinante es la transferencia de masa del líquido al sólido o nivel de disolución del solvente.

b) Una vez que el material superficial se ha disuelto, el paso determinante viene a ser la difusión del solvente dentro de los vasos de la madera, los canales resiníferos y los radios medulares para encontrar materiales solubles menos accesibles.

c) El solvente debe alcanzar los componentes menores en las células epiteliales de la madera por ósmosis y después romper membranas celulares.

PROBLEMÁTICA DE LOS EXTRAÍBLES EN LA INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL

Problemas en el pulpeo

a) Inhibición del pulpeo ácido al sulfito, debido a la presencia de la Pinosilvina y su éter monometílico que se encuentran en pequeñas cantidades en el duramen de pinos maduros. Inhiben la base de calcio por condensación con los grupos fenólicos de la lignina. La presencia de flavanoides provoca condensación y descomposición del licor al sulfito por reducción del bisulfito a tíosulfato disminuyendo la estabilidad del licor de cocción y la proporción de pulpeo originando rechazos cuando se emplea abeto Douglas.

b) Los extraíbles reducen los espacios dentro de los poros en las fibras del duramen así como la penetrabilidad de los químicos de pulpeo.

c) Especies maderables con una gran proporción de extraíbles como el *Alerce*, *Castaño*, *Abeto*, *Pinus*, *Abedul* y *Eucalyptus* consumen álcali en cantidades considerables en el pulpeo alcalino por unidad de peso debido a la presencia de polifenoles (taninos) condensando con sales metálicas para crear depósitos en los ciclos de recuperación de licores (licores de alta viscosidad), formación de jabones de resina de iones multivalentes como Mg^{2+}, Ca^{2+}, Al^{3+} y Ba^{2+} los cuales son insolubles y altamente pegajosos. Así como ácidos grasos que crean problemas de espumaduras o natas, que a su vez reducen la eficiencia de

lavado de la pulpa, evaporadores y torres de oxidación de licor negro.

d) La conversión de una conífera en pulpa al sulfito ácido, tiene poco efecto en separar los ácidos resínicos. Estos quedan en las células de los radios en una proporción de 12 % al 15 %; al refinar dicha pulpa, los extraíbles originan soluciones coloidales reprecipitándose las resinas sobre las fibras y más tarde se forman depósitos sobre los equipos.

e) El pulpeo de algunas especies resinosas que contienen grupos fenólicos es de gran impacto debido a que estos son corrosivos para el acero bajo las condiciones usadas en la cocción alcalina. Estos grupos fenólicos actúan como agentes quelantes en el domo de los digestores debido a su volatilidad y estabilidad en el medio alcalino.

f) Los procesos de cocción influyen en el contenido de resinas de la pulpa. En la cocción *kraft* de maderas blandas, la mayor parte de resinas se disuelve y se obtienen en forma de espumaduras o natas (*tall oil*) en el licor negro residual, resultando en una pulpa con un contenido de resinas de aproximadamente 0.2 %. Si se mezclan maderas duras en la cocción se tendrá una mayor cantidad de extraíbles en la pulpa, principalmente en la cocción ácida al sulfito. En ésta, los ácidos grasos y resínicos no se saponifican en jabones hidrofílicos como en la cocción alcalina; una cantidad aún considerable de resinas (50 %) se dispersa en el licor de cocción quedando el resto sobre la pulpa.

g) Las resinas remanentes sobre las fibras después del pulpeo mecánico y químico-mecánico, como consecuencia de un lavado ineficiente de la pulpa, se dispersan en el agua de la planta debido a la acción mecánica ejercida durante la refinación y se depositan sobre la tela formadora en movimiento. El empleo de aditivos como $Al_2(SO_4)_3$ (alumbre) no es efectivo para aliviar los depósitos de naturaleza coloidal, ya que se tiene la tendencia de formar el complejo aluminio-*pitch* que se adhiere a los fieltros y mallas en una proporción diez veces mayor que las fibras. Para pulpas *kraft* sin blanquear y semiblanqueadas (principalmente de eucaliptos) el problema es complejo, ya que las resinas coloidales aniónicas presentes en estas pulpas son relativamente estables y se depositan rodeando las moléculas de aditivos y precipitándose sobre las fibras o equipos de proceso.

h) Las astillas de madera verde, si son pulpeadas inmediatamente después de ser cortada la madera, provocaran más problemas de incrustaciones que si se pulpearan después de un largo período de almacenamiento, ya que los componentes volátiles se polimerizan en la forma de compuestos resinosos al tomar oxigeno durante este período modificando así sus características originales. Sin embargo, el efecto depende del tipo de almacenamiento, la cantidad de extraíbles decrece con madera almacenada en patio y se incrementa si está almacenada en agua, debido a un probable incremento en el tiempo de vida de las células de parénquima simulando así la actividad de producir resinas, ácidos grasos y esteres. Entre los principales cambios que ocurren al almacenar la madera se encuentra la hidrólisis, isomerización y oxidación de ácidos insaturados y grasas. El efecto del secado durante el almacenado de la madera en patio acelera la hidrólisis y la presencia de aire propicia la oxidación, la influencia y el tipo de almacenado de la madera se aprecia significa-

tivamente en el pulpeo y/o blanqueo (Allen *et al*., 1991).

Problemas en el blanqueo

Los problemas de *pitch* en las plantas de blanqueo difieren de aquellos que se generan en el pulpeo y en la fabricación de papel. Muchas maderas tropicales poseen una cantidad considerable de extraíbles de varios tipos que pueden formar depósitos en la producción de pulpas blanqueadas (Lee y Summimoto, 1991).

a) Color de la pulpa y blanqueabilidad. El color en las pulpas de madera se atribuye a la lignina residual y derivados, así como a la presencia de otros materiales coloridos tales como quinonas y flavonoides en pulpas al sulfito y taninos condensados en pulpas *kraft*. En pulpas de alto rendimiento, el color depende principalmente de los tipos de madera, debido a que este tipo de pulpas poseen, de manera considerable, extraíbles remanentes.

b) Muchos extraíbles reaccionan con los químicos de blanqueo incrementándose de esta forma el consumo de reactivos y disminuyendo la eficiencia del blanqueo.

c) Los depósitos de *pitch* están estrictamente relacionados con el peso molecular de los componentes, a mayor peso (2 000 unidades - 6 000 unidades) mayor deposición (Jansson y Wormald, 1995).

d) Los materiales fenólicos producen sales coloridas con iones metálicos (Fe) incrementado así el color de las pulpas.

e) Parte de las resinas son eliminadas durante el almacenamiento de la madera, una mayor desresinación ocurre en la cocción y la purificación con álcali caliente terminando con el blanqueo oxidativo. Sin embargo, la cloración de la pulpa vuelve las resinas más pegajosas, especialmente en pulpas de angiospermas, de esta manera, la oxidación tiene un efecto reversible y da como resultado una resina más dura, quebradiza y menos soluble en álcali caliente. Se recomienda un paso oxidativo con NaClO o ClO_2 antes de la cloración o un paso previo de extracción alcalina (Glazer 1991).

f) La presencia de iones calcio derivados del pulpeo al sulfito y la formación de jabones de calcio durante la extracción alcalina es perjudicial para la desresinación y se propicia la formación de *pitch*; además, con valores de pH entre 5 y 10 las resinas se vuelven significativamente pegajosas, recomendándose el empleo de NaClO y NaOH en lugar de $Ca(ClO)_2$ o $Ca(OH)_2$ (Jansson y Wormald, 1995).

g) La vía más practica según Nelson *et al*. (1998) para eliminar los efectos negativos de lo extraíbles en la blancura de las pulpas químicas de coniferas, consiste en el uso de una primera etapa de extracción alcalina (E) seguido por un eficiente lavado anterior y entre las etapas intermedias de la secuencia de blanqueo a emplear. La eficiencia de remoción de extraíbles alcanza entre el 75 % y el 94 %.

Problemas en el sistema cerrado

Los efectos adversos de los extraíbles de la madera, en las distintas etapas de la fabricación de pulpa y papel, se incrementan de manera considerable cuando las plantas trabajan en ciclo cerrado. Foster y Rende (1997) estimaron que el costo de aditivos químicos para

reducir el impacto de los extraíbles representa hasta el 13 % del total empleado en la elaboración de papel. A medida que se incrementa la concentración de extraíbles dispersos, en las aguas de proceso en el ciclo cerrado aumenta la deposición y la formación de espuma debido a que las resinas actúan como agentes superficiales de gran actividad. Barnett y Grier (1996) concluyeron que la formación de espuma provoca pérdidas de vacío, baja capacidad de drenado, pobre formación, agujeros y roturas en la mesa formadora y excesivo uso de antiespumantes. El uso del sistema cerrado influye de manera directa en el comportamiento de los extraíbles durante el pulpeo *kraft*; debido a que el licor negro contiene ácidos grasos y jabones los cuales se comportan como surfactantes iónicos que actúan como dispersantes o solubilizadores de las resinas que sobreviven las condiciones alcalinas del proceso y posteriormente se precipitan sobre los equipos de lavado minimizando la eficiencia del sistema (Ström *et al*.,1990).

ASPECTOS RELEVANTES EN EL MANEJO Y CONTROL DE LOS PROBLEMAS RELACIONADOS CON LOS COMPONENTES EXTRAÍBLES DE LA MADERA

Debido al relevante papel e influencia que ejercen los extraíbles de la madera sobre las propiedades finales y de manufactura de los productos de pulpa y papel, se han desarrollado una gran cantidad de métodos químicos, biotecnológicos y convencionales para reducir su impacto.

Análisis de la madera. Es evidente, para el productor de pulpa y papel, que cuando se va a utilizar una nueva especie de madera, e incluso las que ya se están utilizando, el estudio de sus componentes extraíbles resulta de interés particularmente cuando se van a utilizar maderas de latifoliadas tropicales, pero inclusive los extractos de angiospermas de clima templado y ciertas coníferas merecen mayores estudios. Estas investigaciones según Wallis (1999) proporcionarían información sobre qué componentes pueden afectar las operaciones de obtención de pulpa, si su retención por la pulpa va a afectar la calidad de esta última y, también, si a partir de dichos componentes se pueden llegar a obtener subproductos comerciales útiles.

Empleo de aditivos. Los tratamientos utilizados para los depósitos resinosos varían de acuerdo con el tipo de componentes presentes. Ohtani (1993) en sus trabajos hace hincapié que estos tratamientos se relacionan con la distribución morfológica de las resinas y sus propiedades químicas; incluyen el uso de fijadores, surfactantes aniónicos, dispersantes y adsorbentes. Entre los fijadores se encuentran alumbre, polímeros catiónicos (agregados directamente en la pasta), que neutralizan a las resinas (naturaleza aniónica) evitando que éstas se separen de las fibras. También se usan absorbentes como el talco, caolín o tierra diatomácea que recubren la superficie de las resinas evitando el *pitch*.

En muchas etapas secuenciales de blanqueo la deposición progresiva de *pitch*, donde los químicos empleados, la temperatura de reacción y el pH varían de manera permanente, se encuentran grandes cantidades de resinas acumuladas en la pulpa blanqueada y los equipos. En estos casos, la adición de talco para controlar el *pitch* en los sistemas de blanqueo es efectiva. Sin embargo, en algunas maderas tropicales la deposición de resinas ocurre después de la cocción debido a lo pegajoso de las resinas presentes en las cavidades celulares. Así, el talco directamente adicionado y dispersado sobre las astillas puede remover de 85 % a 90 % de las resinas presentes en la madera antes de

la cocción; la eficiencia de absorción de las resinas coloidales por el talco dispersa las resinas instantáneamente. Posteriormente el blanqueo a través de operaciones como la Extracción alcalina (E) o bien el uso de reactivos como Dióxido de cloro (D) Cloro (C), Oxigeno (O) en las secuencias D, OD(EO)OD y CEDED reduce las resinas de manera considerable (Ohtani y Shigemoto,1991).

La adición de solventes como keroseno reduce la viscosidad de las resinas y masa pegajosas. El empleo de polifosfatos o silicato de sodio estabiliza la dispersión de las resinas y atrapa los iones calcio. En el caso de pulpas de angiospermas se requieren agentes adicionales para activar la superficie y emulsificar la acción protectiva de los coloides sobre la fracción de resinas.

Extracción de las astillas de madera. La desresinación de las astillas de madera mediante el empleo de solventes neutros como éter etílico, etanol, acetona, triclorometano, se ha llevado a cabo con éxito a nivel laboratorio. En escala industrial, esta tecnología permitiría generar productos útiles como rosina, ácidos grasos y trementina con características similares a la de los productos del *tall oil* comercial. La extracción de las astillas con los solventes propuestos tiene un efecto benéfico ya que disminuye la cantidad de extraíbles presentes de 80 % a 90 %, reactivos de digestión, número de Kappa y la drástica caída del pH durante el proceso. Por el contrario, se tendrá un incremento en el rendimiento de la pulpa así como en la blancura con el uso de triclorometano y éter etílico (Sierra y Romero, 1990).

Cambio de condiciones de operación en el pulpeo mecánico. La producción de pulpa mecánica de maderas con un alto contenido de resinas puede resultar más perjudicial que benéfico. La remoción de las resinas puede ser en muchos casos costosa; sin embargo, un eficiente lavado de la pulpa, blanqueo con peroxido (P), la regulación de la presión de alimentación y la temperatura en los refinadores han demostrado ser más efectivos en este tipo de pulpas, ya que se puede eliminar hasta un 30 % de los extraíbles originales. Esto ocurre debido a la localización de los ácidos resinosos dentro de los canales resiníferos de la madera, los cuales pueden ser fácilmente quebrados o comprimidos bajo la acción del refinador. Los extraíbles no removidos en el paso anterior pueden ser retirados al lavar las pulpas mecánicas con agua fresca o blanca. La eficiencia del lavado depende de factores como temperatura, pH, conductividad del agua, consistencia de la suspensión fibrosa, tiempo de lavado, limpieza del agua de lavado y tipo de lavadoras. El lavado de pulpas mecánicas y la optimización de las variables involucradas constituyen un efectivo medio para reducir el contenido de resinas de la pulpa. Sin embargo, la pulpa lavada siempre contendrá extraíbles remanentes y la contaminación de efluentes con las resinas tóxicas de la madera requiere de un tratamiento adicional antes de ser descargadas o recirculadas (Lloyd y Deacon, 1991).

Control biológico del *pitch*. En los últimos años, la biotecnología ha tomado importancia en todos los aspectos del quehacer humano. Se han desarrollado procesos biotecnológicos en el área de pulpa y papel que están permitiendo mejorar las tecnologías clásicas y superar los resultados. Como ejemplo, Brush y Farrell (1994) utilizaron el hongo de mancha azul, que en el pasado llegó a causar pérdidas económicas debido a que genera una coloración en la madera que disminuye la calidad en la producción de madera aserrada y papel. En las astillas de madera pulpeadas mecánicamente, la presencia del hongo de mancha azul disminuye la brillantez de éstas,

requiriendo más químicos de blanqueo. Recientes investigaciones han demostrado su capacidad de degradar ácidos grasos y resinas de la madera. Desde que fue descubierta esta propiedad de los hongos, de colonizar rápidamente las astillas y remover el *pitch*, son considerados ideales para un pretratamiento biológico de la madera antes del pulpeo.

Del trabajo de Blanchette y Farell (1992) se concluye que hongos de la especie *Ophiostoma piliferum* son rápidos colonizadores de la madera recién cortada o almacenada, a través de los canales resiníferos en coníferas y en las traqueidas y células de parénquima de los radios tanto en gimnospermas como en angiospermas. Los canales resiníferos contienen oleorresinas (ácidos resinosos diterpenicos, componentes de trementina y algunos triglicéridos); después de tres semanas de tratamiento biológico son completamente vaciados. El hongo no degrada la celulosa, las hemicelulosas o la lignina. La total colonización y rompimiento de las células radiales de parénquima debilita los enlaces entre las traqueidas, teniendo como resultado una separación más fácil de ellas durante la refinación mecánica y un requerimiento menor de energía. El debilitamiento de las células radiales según Gerhardus (2002) permite obtener traqueidas más largas, mejorando así las propiedades de resistencia mecánica del papel elaborado a partir de ellas. Con este tratamiento se puede remover hasta el 52 % de los compuestos extraídos con éter etílico, el 60 % de ellos lo forman trigliceridos y el 36 % ácidos grasos.

Blanqueo oxidativo de pulpas kraft. En la producción de pulpas kraft, una gran porción de extraíbles lipofílicos se remueve en el pulpeo y en el paso de deslignificación con oxigeno. Una parte menor de ellos es llevado al blanqueo, donde reaccionan con los químicos de blanqueo para formar extractivos oxidados o modificados. Estos son difíciles de eliminar en el lavado y producen depósitos pegajosos en los equipos de proceso; los extractivos, principalmente clorados, tienen una fuerte influencia sobre la estabilidad del brillo de pulpas blanqueadas, especialmente en pulpas de coníferas con un contenido más alto de extractivos que las pulpas de pinos. El uso de secuencias de blanqueo oxidativo libres de Cl_2 más eficientes utilizando agentes oxidantes como ozono, ClO_2, oxigeno o H_2O_2 no producen compuestos clorados problemáticos y se puede llegar por medio de la combinación de estas etapas con extracciones alcalinas, a una desresinación aceptable sin afectar la blancura de la pulpa. Extraíbles como el escualeno y el betulin presentes en las pulpas de abedul pueden eliminarse en el blanqueo con peroxido. El ClO_2 complementa la reducción en el contenido de ácidos grasos insaturados iniciado con ozono o peroxido.

CONCLUSIONES

La importancia de los compuestos extraíbles presentes en la madera no puede medirse por las cantidades en que forman parte de la composición química de la madera, pero sí por los efectos secundarios de índole técnica y económica que producen en las distintas etapas de su procesamiento al transformarla en pulpa y papel.

Para el productor de pulpa y papel, el estudio del comportamiento de los componentes extraíbles de la madera puede resultar de interés particularmente en el desarrollo y economía de los procesos productivos, control e ingeniería del mismo; esta información demostraría si cualquiera de los extraíbles de la madera puede interferir con las operaciones de obtención, manejo y comercialización de pulpa, si su retención por esta

va a afectar sus propiedades y, también si a partir de dichos componentes se pueden llegar a obtener subproductos comerciales útiles.

Para reducir el impacto de los extraíbles en las plantas de pulpa y papel es necesario minimizar la cantidad que entran al proceso a través de operaciones como almacenamiento de la madera, buen descortezado y emplear, en la medida de lo posible, maderas o mezcla de especies menos resinosas, tener puntos estratégicos dentro del proceso para eliminar o modificar extraíbles residuales, y principalmente emplear el conocimiento global del proceso de producción de pulpa, papel y cartón y de las especies maderables a utilizar en su producción.

REFERENCIAS

Allen, L.H.; B.B. Sithole y J.M. Macleod. 1991. The importance of seasoning and barking in the kraft pulping of aspen, J. Pulp Paper Sc. Vol. 17(3):J85-J91.

Barnett, D.J. y L. Grier. 1996. Mill closure forces focus on fines retention, foam control. Pulp & paper 70(4):89-95.

Blanchette, A.R. y T.L. Farell. 1992. Biological control of pitch in pulp and paper production by *Ophiostoma piliferum*. TAPPI Journal 75(12):102-106.

Browning B.l. 1967. Methods of Wood Chemistry. Vol. 1. Interscience Publishers. Nueva York. 689 p.

Brush, S.T. y L.R. Farell. 1994. Biodegradation of wood extractives from southern yellow pine by *Ophiostoma piliferum*. TAPPI Journal 77(1):155-160.

Caperos, S.A. y S.A. Romero. 1991. Kinetics of wood extraction with solvents. TAPPI Journal 74(5):191-196.

Fengel, D. y G. Wegener. 1989. Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Walter de Gruyter. Berlin. 613 p.

Foster, C. y D. Rende. 1997. How recycling, water reuse impact chemistry. PIMA 79(1):48-53.

Gerhardus, C.S. 2002. Fungal pitch control in the Kraft pulping and bleaching of *Eucalyptus* spp. TAPPSA Journal 34-38.

Glazer, A.J. 1991. Overview of deposit control. TAPPI Journal 74(7):73-77.

Jansson, B.M. y P. Wormald. 1995. Reactions of wood extractives during ECF and TCF bleaching of kraft pulps. Pulp & paper Canada 96(4):42-45.

Karlberg, A.T. 1991. Air oxidation increases the allergenic potential of tall oil rosin. Colophony contact allergens also identified in tall oil resin. Am. J. Contact Dermatitis 2:43-49.

Lloyd, A.J. y A.N. Deacon. 1991. The influence of pulping and washing conditions on the resins content of radiata pine mechanical pulps. APPITA Journal 43(6):427-432.

Lee, K.H. y M. Summimoto. 1991. Pitch problems in pulping and bleaching of sarawak hardwood. Part 4. An efficient method of resin speck removal from *Dipterocarpaceae* pulps. APPITA Journal 44(3):201-204.

Nelson, P.J.; W.J. Chin y J.P. Mulcahy. 1998. Removal of extractives during TCF bleaching of radiata pine bisul-

fite pulp. Proceedings APPITA 98. p:347-352.

Ohtani, Y. 1993. Utilization of carbon fibres for quantitative estimation and removal of pitch from the papermaking system. APPITA Journal 46(1):38-43.

Ohtani, Y. y T. Shigemoto. 1991.Chemical aspects of pitch deposits from japanese pulp and paper mills. APPITA Journal 44(1):29-32.

Sanjuán D., R. 1997. Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel. Edit. Ágata. México. 293 p.

Sierra, C.A. y S.A. Romero. 1990. Extraction of wood with solvents. TAPPI Journal 73(11):221-224.

Sithole B., B. y L. Allen. 2003. The effects of wood extractives on system closure. http://www.tappsa.co.za.

Sjöstrom, E. 1993. Wood Chemistry: Fundamentals and aplications. 2a ed. Academic Press, Inc. San Diego, CA. 189 p.

Ström, G.; P. Stenius; M. Lindström y L. Ödberg. 1990. Surface chemical aspects of the behaviour of soaps in pulp washing. Nord. Pulp Paper J. 5(1):44-51.

TAPPI (Technical association of the pulp and paper industries). 2000. TAPPI Test Methods 2000-2001. Atlanta GA EUA.

Wallis A., F.A. y R.H. Wearne. 1999. Analysis of resin in eucalypt woods and pulps. APPITA Journal 52:295-299.

Wiik, K. 1997. Odour analysis of paper. Part II. A case study of the odour analysis and abatement. Proceedings, Process and Product Quality Conference and Trade Fair. TAPPI PRESS, p:11-17.◈

Manuscrito recibido el 20 de septiembre de 2003.
Aceptado el 2 de marzo de 2004.

Este documento se debe citar como:
Aguilar R., N. 2004. Importancia, manejo y control de extraíbles e incrustaciones (*pitch*) en la fabricación de papel. Madera y Bosques 10(1):89-99.