

## Leidy Johanna Paramo Cadena

---

**De:** Arantxa Andrea Iguaran Fajardo - Cont  
**Enviado el:** lunes, 25 de agosto de 2025 4:27 p. m.  
**Para:** Leidy Johanna Paramo Cadena; Juan Andres Perez Almeida - Cont  
**Asunto:** RV: D105-02-139 - Oposición a las tachas formuladas por CARVAJAL- SYLVAMO ·  
**Datos adjuntos:** Oposición a tacha de testimonio – Expediente D-105-02-139.pdf

---

**De:** Gustavo Ibarra Ibarra <gustavoibarra@ibarrarimon.com>  
**Enviado el:** viernes, 22 de agosto de 2025 8:23 p. m.  
**Para:** Francisco Melo Rodríguez <fmelo@mincit.gov.co>; Luciano Chaparro <lchaparro@mincit.gov.co>; Carlos Andres Camacho Nieto <ccamacho@mincit.gov.co>; Arantxa Andrea Iguaran Fajardo - Cont <aiguaran@mincit.gov.co>  
**CC:** info <info@mincit.gov.co>; Gabriel Ibarra <gibarra@ibarrarimon.com>; Alejandro Ibarra <aibarra@ibarrarimon.com>; Dylan Andres Arias <darias@ibarrarimon.com>  
**Asunto:** D105-02-139 - Oposición a las tachas formuladas por CARVAJAL- SYLVAMO ·

Doctores  
**FRANCISCO MELO**  
Director de Comercio Exterior

**CARLOS CAMACHO**  
Subdirector de prácticas comerciales

**MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO**  
Ciudad

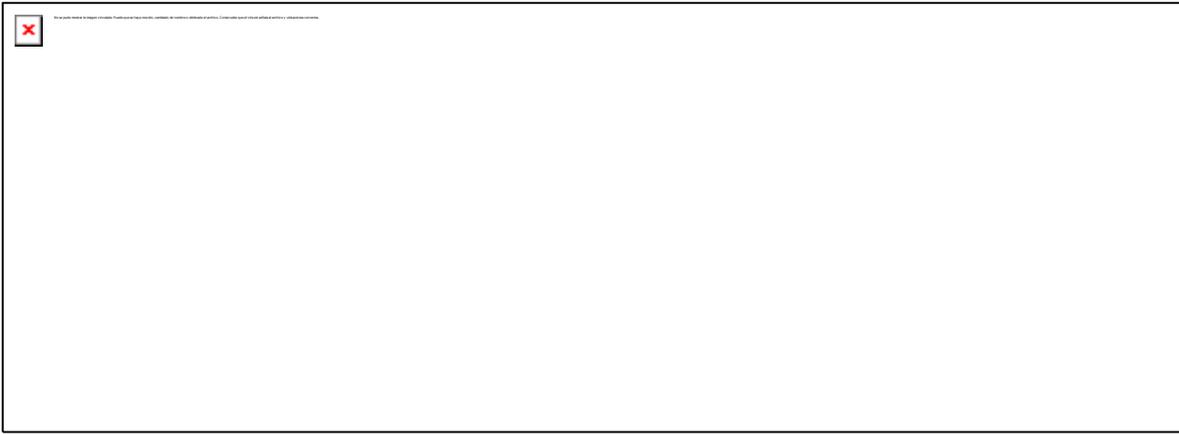
**Referencia:** Oposición a las tachas formuladas por CARVAJAL

**GUSTAVO IBARRA IBARRA**, mayor de edad, domiciliado en la ciudad de Bogotá D.C., identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.136.888.014, abogado titulado y en ejercicio, portador de la tarjeta profesional 367.977 del Consejo Superior de la Judicatura, obrando en mi calidad de apoderado especial de **SYLVAMO DO BRASIL LTDA** y **SYLVAMO EXPORTS LTDA**, acudo al Despacho para presentar los argumentos de oposición a las tachas formuladas por CARVAJAL en contra de los testimonios de los señores Fabian Tatis y Luis Solano, en los términos del documento adjunto.

Agradezco de antemano acusar recibo del presente correo y de su adjunto.

Respetuosamente,

**GUSTAVO IBARRA IBARRA**  
C.C. 1.136.888.014  
T.P. 367.977 del C.S. de la J.



**CONFIDENTIAL –**

*The issues addressed here are subject to the attorney-client privilege and should not be made known to any person, other than those to whom this document is addressed, without the express written consent of a member of Ibarra Abogados SAS. This e-mail and all attachments transmitted with it may contain legally privileged and confidential information intended solely for the use of addressee. If the reader of this message is not the intended recipient or if you have received this message in error, please notify the sender immediately and delete this message and all copies and backups thereof. Thank you.*

## Leidy Johanna Paramo Cadena

---

**De:** Arantxa Andrea Iguaran Fajardo - Cont  
**Enviado el:** lunes, 25 de agosto de 2025 4:19 p. m.  
**Para:** Leidy Johanna Paramo Cadena  
**Asunto:** RV: Grabaciones testimonios - Papel Bond expediente D-105-02-139

**Importancia:** Alta

---

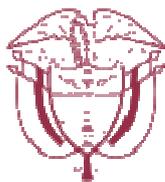
**De:** Carlos Andres Camacho Nieto <ccamacho@mincit.gov.co>  
**Enviado el:** lunes, 25 de agosto de 2025 4:15 p. m.  
**Para:** Juan Andres Perez Almeida - Cont <jperez@mincit.gov.co>; Arantxa Andrea Iguaran Fajardo - Cont <aiguaran@mincit.gov.co>; Mariam Ibeth Guerra de Luque - Cont <mguerra@mincit.gov.co>; Maria Victoria Cardozo Maglioni -Cont <mcardozo@mincit.gov.co>  
**Asunto:** Grabaciones testimonios - Papel Bond expediente D-105-02-139  
**Importancia:** Alta

Estimadas partes interesadas intervinientes,

De manera atenta informamos que en el siguiente enlace pueden consultar las grabaciones de la recepción de testimonios, conforme con lo ordenado por la Resolución 200 del 4 de agosto de 2025: **CONFIDENCIAL**

Agradecemos la atención sobre el particular y quedamos atentos en caso en que no se puedan acceder o descargar.

Cordialmente:



**Comercio,  
Industria y Turismo**



Subdirector de Prácticas  
Comerciales (E)  
**Carlos Andrés Camacho  
Nieto**  
[ccamacho@mincit.gov.co](mailto:ccamacho@mincit.gov.co)  
Teléfono: (+57) 601  
6067676 ext. 2225/1694  
Subdirección de  
Prácticas Comerciales  
Calle 28 No. 13 A – 15  
Piso 16  
Bogotá, Colombia  
[www.mincit.gov.co](http://www.mincit.gov.co)

*ADVERTENCIA: Este mensaje y cualquier archivo anexo son confidenciales y para uso exclusivo de su destinatario. La utilización, copia, reimpresión y/o reenvío del mismo por personas distintas al destinatario están expresamente prohibidos. Si usted no es destinatario, favor notificar en forma inmediata al remitente y borrar el mensaje original y cualquier archivo anexo*

Doctor

**FRANCISCO MELO**

Director de Comercio Exterior

**MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO**

Ciudad

**Referencia:** Oposición a tacha de testimonio – Expediente D-105-02-139

**GUSTAVO IBARRA IBARRA**, mayor de edad, identificado como aparece al pie de mi firma, en calidad de apoderado especial de **SYLVAMO DO BRASIL LTDA** y **SYLVAMO EXPORT** (en adelante, **SYLVAMO**) acudo respetuosamente al Despacho para dejar constancia de nuestra oposición a las tachas formuladas en audiencia, contra los testimonios de los señores Fabián Tatis y Luis Rafael Antonio Solano Avendaño, rendidos en las diligencias de los días 19 y 20 de agosto de 2025, respectivamente, dentro de la investigación por presuntas prácticas de dumping.

## I. ANTECEDENTES

1. En la audiencia celebrada el 19 de agosto de 2025, la parte peticionaria formuló tacha contra el testimonio del señor Fabián Tatis, aduciendo que su vinculación a las compañías interesadas comprometía su imparcialidad y afectaba la credibilidad de sus manifestaciones.
2. En la diligencia del 20 de agosto de 2025, la misma parte interpuso tacha respecto del señor Luis Rafael Antonio Solano Avendaño, argumentando que, supuestamente, se vería afectada su credibilidad en cuanto que: (i) su declaración habría sido de oídas; (ii) que se refirió a hechos correspondientes a otras sociedades distintas a Comercializadora MAF; (iii) a hechos que según aduce, no le constaban; (ii) que formuló suposiciones sin respaldo, sobre hechos que no serían objeto de investigación; y (iii) que mantenía un interés en el desenlace del proceso que comprometía su objetividad.
3. En ambas oportunidades, los apoderados de SYLVAMO manifestamos de manera inmediata nuestra oposición a las tachas formuladas. Sin embargo, habida cuenta de la exigencia de este Despacho de presentar las constancias por escrito, se procede a desarrollar los fundamentos de dicha oposición en este memorial.

## II. MANIFESTACIÓN ESPECIAL

A la fecha, no tengo conocimiento de que el apoderado de CARVAJAL haya presentado sus argumentos escritos que sustentarían las tachas que formuló, y en caso de que los haya radicado, no se nos ha corrido traslado ni han sido cargados al expediente.

Adicionalmente, el 19 y 20 de agosto mis representadas formularon solicitudes a la autoridad, para que se aclarara cuál era el término que tiene la peticionaria para presentar, por escrito, las tachas a los testigos y cuál era el plazo dentro del cual mis poderdantes podían allegar las observaciones al respecto. En esos documentos, pusimos de presente que, en virtud del derecho de defensa y contradicción, SYLVMO y los otros intervinientes debían primero conocer las tachas escritas de CARVAJAL, para poderse pronunciar al respecto.

Las anteriores solicitudes no han sido resueltas y seguimos a la espera de esa determinación. Además, en la audiencia del 20 de agosto de 2025, el Despacho señaló que las tachas debían presentarse dentro del término de tres días (3),<sup>1</sup> que es el término dispuesto en el artículo 2.2.3.7.6.13 del Decreto 1794 de 2020, para aportar los argumentos escritos alegados en la audiencia pública.

Se desconoce en qué fundamenta el Despacho la conclusión de que las tachas y su oposición deben formularse por escrito, y que el término para esos efectos es el contemplado para presentar los resúmenes a los que se refiere el artículo 2.2.3.7.6.13 del referido Decreto. El artículo en cuestión se refiere a la audiencia pública entre intervinientes, diligencia que nada tienen que ver con las normas que rigen la práctica de testimonios ni la tacha de los testigos.

En todo caso, lo único que han conocido mis poderdantes son los argumentos expuestos por CARVAJAL, en las diligencias en las que se recibieron las declaraciones de los señores Tatis y Solano.

En este sentido, llamamos la atención del Despacho de que el mismo apoderado de CARVAJAL, al formular en audiencia la tacha contra el testigo Luis Rafael Antonio Solano Avendaño, anticipó que ahondaría y extendería sus argumentos en su escrito, así:

*“(…) sin perjuicio de que, en escrito posterior, lo explicaremos a mayor detalle. Ha hecho una serie de suposiciones que no le constan, no ha declarado sobre hechos objeto de la investigación y también ha declarado en un claro interés específico sobre las resultadas del proceso. Gracias.”<sup>2</sup>*

---

<sup>1</sup> Minuto 1:50:30 de la audiencia celebrada el 20 de agosto de 2025: “*Se les advierte a los apoderados que el mismo día, dentro del máximo de tres días que se ha tenido, que se tiene en cuenta en audiencias públicas para efectos de deposición escritas, se les ruega que por escrito ya lleguen las razones, teniendo en cuenta que el procedimiento administrativo especial de esta clase de investigaciones es por escrito. (...) Entonces, por favor, esta autoridad espera por escrito el de ayer, dentro de los tres días, el de hoy, dentro de los tres días, para el efecto de poder realizar las declaraciones correspondientes, al igual que se le advierte al doctor Gustavo Ibarra, como se le dijo al doctor Gabriel Ibarra, en la primera oportunidad, que también presente por escrito lo que están deponiendo aquí verbalmente.” (subrayado y negrillas como énfasis).*

<sup>2</sup> Minuto 1:50:00 de la audiencia celebrada el 20 de agosto de 2025.

Por consiguiente, dejamos la constancia de que desconocemos los argumentos y detalles adicionales que anunció presentar el apoderado. Desde ya solicitamos al Despacho que, para garantizar el debido proceso y el derecho de contradicción,

En consecuencia, en aras de garantizar el debido proceso y el derecho de defensa, solicito de manera expresa que, en caso de que la contraparte incorpore argumentos adicionales a los expresados en audiencia, o profundice en los mismos, se me restituyan los términos con el fin de pronunciarme al respecto. De lo contrario, esos argumentos no podrán ser considerados, so pena de quebrantarse de manera flagrante el artículo 29 de la Constitución Política.

Por lo expuesto, me permito pronunciarme, seguidamente, sobre los argumentos que adujo el apoderado de CARVAJAL en las audiencias de los testimonios referidos.

### III. OPOSICIÓN DE LA TACHA

Las tachas formuladas carecen de sustento, no satisfacen los requisitos exigidos por el artículo 211 del Código General del Proceso (en adelante “**CGP**”)<sup>3</sup> y pretenden cercenar el debido proceso y el derecho a la prueba de mis representadas, y, por ende, no pueden ser estimadas por el Despacho, tal y como procedo a explicar.

#### 3.1 *La credibilidad e imparcialidad de los testigos no se ha visto afectada*

El interés que los testigos puedan tener en el proceso corresponde a un interés legítimo, derivado de su calidad de representantes de sociedades directamente afectadas por las conductas de CARVAJAL que se han expuesto al interior de la actuación administrativa y por las decisiones que se adopten en el procedimiento. El ordenamiento jurídico no prohíbe, sino que autoriza y exige que dichas personas comparezcan y declaren sobre hechos de los que tienen conocimiento. Considerar lo contrario equivaldría a descalificar automáticamente a los sujetos que poseen la mayor idoneidad para dar fe de los hechos y efectos del comportamiento analizado.

En efecto, el objeto de la prueba comprendía la negativa de CARVAJAL a suministrar el producto investigado a Soluciones MAF S.A.S. en el testimonio de Fabian Tatis Mariano, y Comercializadora MAF S.A.S. en el caso de Luis Rafael Antonio Solano Avendaño.

Como es apenas lógico, los sujetos que podrían testificar de primera mano sobre esa negativa son precisamente las compañías y las personas al interior de las mismas que no han podido acceder a los productos y, por ende, que se han visto directamente perjudicadas, sin que por ello se pueda aducir una falta de credibilidad o de imparcialidad.

La insistencia en que la vinculación del señor Tatis o la representación legal del señor Solano Avendaño generan parcialidad constituye una desnaturalización y abuso de la figura de la tacha, que no fue concebida para eliminar testimonios incómodos sino para advertir a la autoridad sobre

---

<sup>3</sup> Artículo 211, Código General del Proceso, Ley 1564 de 2012.

la necesidad de valorar con especial cautela determinadas condiciones que pueden afectar la imparcialidad del testigo, que claramente no se han presentado en este caso: la simple vinculación no implica que haya una declaración viciada, es precisamente esa vinculación que legitima a los testigos para declarar de primera mano los hechos relacionados con la adquisición de materia prima de las compañías. Mal podría pensarse que sería un tercero el llamado a declarar sobre esas situaciones fácticas, lo que no solo sería contraevidente sino atentaría contra el más elemental sentido común.

La jurisprudencia del Consejo de Estado ha señalado que la tacha debe fundarse en razones serias y objetivas, pues de lo contrario se transforma en un instrumento meramente dilatorio<sup>4</sup>. Dichas razones serias y objetivas se echan de menos en las argumentaciones planteadas por el apoderado de CARVAJAL en audiencia.

### **3.2 *Las declaraciones de Luis Rafael Antonio Solano Avendaño versaron sobre hechos que le constan al testigo***

La manifestación del apoderado de CARVAJAL, según la cual el testigo habría “actuado como testigo de oídas en los que no le constan directamente los hechos”<sup>5</sup> carece de todo sustento y solo pretenderá arrojar un manto de duda, sin fundamento alguno, sobre prueba practicada. El testigo le manifestó al mismo apoderado, al realizar su conainterrogatorio y las preguntas de aclaración y refutación, que tenía conocimiento directo de los hechos, como, por ejemplo, de la “decisión corporativa” de CARVAJAL de darle prioridad a sus compañías vinculadas y no suministrarles productos a las compañías del Grupo MAF, incluyendo a INAPEL S.A.S.,<sup>6</sup> tal y como se lo manifestó Juan Pablo Molina, presidente en ese entonces de CARVAJAL, directamente al testigo.<sup>7</sup>

De igual forma, no es cierto que el testigo no haya “declarado sobre hechos objeto de la investigación”<sup>8</sup>. El dicho del testigo trató, en síntesis, sobre las circunstancias relativas a las relaciones de Comercializadora MAF S.A.S. y demás compañías vinculadas del GRUPO MAF incluyendo a INAPEL S.A.S. con CARVAJAL, la negativa de CARVAJAL a suministrar el producto y sus motivos y efectos, los ofrecimientos alternativos de la peticionaria, y la imposibilidad de obtener

---

<sup>4</sup> Consejo de Estado, Sección Tercera, Sentencia del 23 de abril de 2015, Rad. 28855.

<sup>5</sup> Minuto 1:48:58 de la audiencia del 20 de agosto de 2025 en la que se practicó el testimonio de Luis Rafael Antonio Solano Avendaño

<sup>6</sup> Minuto 00:30:00 de la audiencia del 20 de agosto de 2025 en la que se practicó el testimonio de Luis Rafael Antonio Solano Avendaño.

<sup>7</sup> Minuto 00:58:04 de la audiencia del 20 de agosto de 2025 en la que se practicó el testimonio de Luis Rafael Antonio Solano Avendaño.

<sup>8</sup> Minuto 01:50:00 de la audiencia del 20 de agosto de 2025 en la que se practicó el testimonio de Luis Rafael Antonio Solano Avendaño

papel bond de bajo gramaje de CARVAJAL, entre otros hechos concretos que se enmarcan dentro del objeto de la prueba y los que deben esclarecerse al interior de la investigación.

Por lo anterior, los motivos que sustentan la tacha de CARVAJAL no tienen ningún fundamento serio, ni objetivo y así los debe valorar el Despacho.

### **3.3 *Las declaraciones de Luis Rafael Antonio Solano Avendaño versaron sobre hechos que hacen parte de la actuación administrativa***

Es del caso precisar que todas las declaraciones del señor Solano versaron sobre hechos concretos, de trascendental importancia para este procedimiento.

Aunque es cierto que en la Resolución 200 del 4 de agosto de 2025, se decretó el testimonio con fines de que se declarara “sobre la negativa de CARVAJAL a suministrar el producto investigado a COMERCIALIZADORA MAF S.A.S.” en el curso de la diligencia el testigo puso de presente que era representante legal de COMERCIALIZADORA MAF S.A.S y jefe de compras de INAPEL S.A.S.<sup>9</sup> compañía productora de cuadernos. Incluso, el testigo manifestó que “las tres empresas, que es Industria Nacional Papelera, Soluciones MAF y Comercializadora MAF, se toman muchas decisiones en conjunto porque el núcleo, el corazón, el core del negocio es compartido de cara a la apuesta comercial” y que “se trabaja muy de la mano entre compañías.”<sup>10</sup>

Por ello, el testigo también tenía conocimiento directo de la negativa a contratar con INAPEL y de otros asuntos que involucraban a esa compañía y así lo declaró en la audiencia. Que el objeto de la prueba no mencionara expresamente a INAPEL, de ninguna manera es un motivo para tachar al testigo o para descartar su declaración. Restarle credibilidad al testigo por ello, sería incurrir en un exceso de ritual manifiesto contrario al debido proceso y al derecho de defensa, que llevaría obstaculizar las funciones del Despacho.

De conformidad con la jurisprudencia del Consejo de Estado, se ha considerado que el hecho de que se soliciten los testimonios sin precisar los hechos que serán objeto de la prueba no impide su recepción, pues si de la demanda se pueden inferir los temas objeto de prueba, el testimonio debe practicarse. En tal caso, las preguntas versarán sobre los hechos, que según la demanda le constan a cada uno de los testigos. <sup>11</sup> De ahí que, más allá de las formalidades dispuestas en el

---

<sup>9</sup> Minuto 00:19:22 de la audiencia del 20 de agosto de 2025 en la que se practicó el testimonio de Luis Rafael Antonio Solano Avendaño.

<sup>10</sup> Minuto 00:59:20 de la audiencia del 20 de agosto de 2025 en la que se practicó el testimonio de Luis Rafael Antonio Solano Avendaño.

<sup>11</sup> Consejo de Estado. Sala de lo Contencioso Administrativo. Sección Primera, Auto del 10 de marzo de 2011, con No. de radicado 73001-23-31-000-2007-00175-01. [CP. María Elizabeth García González]: Ahora, en cuanto a que no se expresó de manera sucinta el objeto de la prueba, estima la Sala que tampoco le asistió razón al actor al no decretar los testimonios por este aspecto, pues si bien el actor se limitó a manifestar que “para que declaren sobre los hechos de la demanda”, sin precisar el objeto de aquéllos, tal circunstancia no impide su recepción, pues conforme lo señaló la Sala Plena de lo Contencioso Administrativo en proveído de 13 de julio de 2010 (Expediente núm. 2010-00183, Actor:

artículo 212 del Código General del Proceso, lo que se debe analizar al momento de decretar y practicar la prueba es el conocimiento del testigo sobre los hechos objeto de la demanda – en un proceso judicial-, y en este caso, de la solicitud y de los hechos objeto de la investigación.

En este sentido, la misma alta corporación ha establecido que el requerimiento de enunciar los hechos que se pretenden probar en el testimonio -artículo 212 del CGP- no puede convertirse en un formalismo excesivo que sacrifique valores, bienes jurídicos y el derecho sustancial. Al respecto, léase:

*“(...) si bien es cierto que la normativa procesal exige la enunciación concreta de los hechos que se pretenden probar a través de un testimonio, tal requerimiento no puede traducirse en un rigorismo que sacrifique valores y bienes jurídicos establecidos en normas sustanciales. En efecto, en el sub lite, una lectura armónica de los hechos de la demanda y la solicitud de la prueba testimonial, permite concluir que el objeto de la prueba es dar claridad frente a los supuestos fácticos sobre los cuales se edifican las pretensiones de la accionante.”<sup>12</sup>*

Por las mismas consideraciones expuestas por el Consejo de Estado, el objeto de la prueba decretado por el Despacho no puede implicar un exceso de ritual manifiesto, en el que se excluyan, se descarten, o se tachen las respuestas del testigo, por considerar que no se enmarcan en el objeto de la prueba. Máxime cuando se trata sobre hechos de los cuales el testigo tiene conocimiento directo y que son de la mayor importancia para este procedimiento administrativo.

Respetuosamente me permito llamar la atención del Despacho de que este es un proceso de interés público, en el que la autoridad administrativa no solo tiene facultades, sino también el deber de esclarecer los hechos de manera integral, garantizando el acceso efectivo a la prueba.

Debe recordarse que a diferencia de un escenario judicial que se caracteriza por ser justicia rogada, en el que la actividad de las partes y las pretensiones son las que delimitan el ámbito de actuación de un juez, en el presente caso estamos ante una actuación administrativa en donde está de por medio, insisto, el interés general. Mal podría el Ministerio negarse a mirar la realidad y a rechazar la colaboración de cualquier interesado que aporte elementos de juicio determinantes para la decisión que debe resolver el presente procedimiento administrativo.

Por lo expuesto, el objeto de los testimonios lejos de ser un factor que limita la actividad de la administración y de los peticionarios de las pruebas, constituye más bien un apoyo y una

---

***Pablo Bustos Sánchez, Consejero ponente doctor Mauricio Torres Cuervo), “si del escrito de la demanda -que no se puede escindir- se infieren los temas objeto de la prueba, nada impide que ésta se decrete. Por tanto, resulta jurídicamente viable decretarlos ..., con la advertencia de que al momento de recibir las declaraciones, en garantía del debido proceso, el contenido de las preguntas se limitará al contexto de los hechos que según la demanda le consta a cada uno de los testigos...”.***

<sup>12</sup> Consejo de Estado. Sala de lo Contencioso Administrativo. Sección Segunda, Auto del 8 de marzo de 2019, con No. de radicado 25000-23-25-000-2015-00006-01 [CP. Martha Cecilia Ramírez Ortiz].

colaboración a los deberes y funciones oficiosas del Ministerio, que en todo caso deben propender por encontrar la verdad en aras de adoptar la decisión más conveniente al interés general.

En gracia de discusión, si se considerase que el dicho del testigo escapó el objeto de la prueba, lo cierto es que los hechos son determinantes y esenciales para el buen suceso de la presente investigación, motivo por el cual la Autoridad se encuentra en el imperioso deber de valorar esas declaraciones, tomarlas en consideración y tener por probadas las situaciones fácticas que corresponda.

### **3.4 *La autoridad debe garantizar el derecho fundamental al debido proceso, las garantías de los intervinientes y el uso adecuado de las vías y mecanismos procesales***

Darle méritos a una tacha infundada desconocería el derecho fundamental al debido proceso, pues implicaría privar a mi representada de la posibilidad de hacer valer pruebas esenciales para la defensa de sus intereses. La Corte Constitucional<sup>13</sup> ha reiterado que las garantías de contradicción y de defensa previstas en el artículo 29 de la Constitución,<sup>14</sup> exigen que toda prueba válidamente practicada sea apreciada bajo parámetros de sana crítica, y no excluida de plano por objeciones carentes de base objetiva.

Además, la reiteración de tachas, sin motivos y fundamentos serios, contra testigos distintos en audiencias consecutivas revela una práctica procesal que excede el marco legítimo de defensa y podría configurar un uso abusivo de los mecanismos dispuestas en la legislación procesal. En este contexto, la actuación de la parte peticionaria no persigue esclarecer la verdad sino restar credibilidad y obstaculizar de manera sistemática cualquier testimonio contrario a sus intereses. Este comportamiento merece el mayor reproche, en la medida en que pretende hacer prevalecer formalidades infundadas sobre la búsqueda de la verdad material y el respeto por las garantías de las partes e intervinientes.<sup>15</sup>

En consecuencia, las tachas interpuestas, de acuerdo con las manifestaciones realizadas por el apoderado en audiencia, resultan improcedentes y deben ser desestimadas por el Despacho. No existe ningún motivo para que las declaraciones rendidas por los señores Tatis y Solano Avendaño sean ignoradas por el Despacho, motivo por el cual las tachas no están llamadas a prosperar.

---

<sup>13</sup> Sentencias T-698 de 2016 y la T 264 de 2009 de la Corte Constitucional.

<sup>14</sup> Constitución Política de Colombia, artículo 29.

<sup>15</sup> Consejo de Estado, Sección Tercera, Sentencia del 26 de febrero de 2009, Rad. 16727.

Con todo respeto,



**GUSTAVO IBARRA IBARRA**

C.C. 1.136.888.014

T.P. 367.977 del C.S. de la J

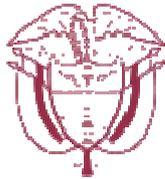
## Leidy Johanna Paramo Cadena

---

**De:** Carlos Andres Camacho Nieto  
**Enviado el:** lunes, 25 de agosto de 2025 10:36 p. m.  
**Para:** Leidy Johanna Paramo Cadena; Arantxa Andrea Iguaran Fajardo - Cont; Juan Andres Perez Almeida - Cont; Mariam Ibeth Guerra de Luque - Cont; Maria Victoria Cardozo Maglioni -Cont  
**Asunto:** RV: Documento mediante el cual se expresa por escrito la tacha de testigo realizada mediante audiencia el día 20 de agosto de 2025 en contra del testigo LUIS RAFAEL ANTONIO SOLANO - INVESTIGACIÓN ANTIDUMPING AL PAPEL BOND.  
**Datos adjuntos:** Tacha de testigo -Luis Rafael Antonio Solano.pdf

Estimados. PSI y fines pertinentes.

Cordialmente:



**Comercio,  
Industria y Turismo**



Subdirector de Prácticas  
Comerciales (E)  
**Carlos Andrés Camacho  
Nieto**  
[ccamacho@mincit.gov.co](mailto:ccamacho@mincit.gov.co)  
Teléfono: (+57) 601  
6067676 ext. 2225/1694  
Subdirección de  
Prácticas Comerciales  
Calle 28 No. 13 A – 15  
Piso 16  
Bogotá, Colombia  
[www.mincit.gov.co](http://www.mincit.gov.co)

*ADVERTENCIA: Este mensaje y cualquier archivo anexo son confidenciales y para uso exclusivo de su destinatario. La utilización, copia, reimpresión y/o reenvío del mismo por personas distintas al destinatario están expresamente prohibidos. Si usted no es destinatario, favor notificar en forma inmediata al remitente y borrar el mensaje original y cualquier archivo anexo*

---

**De:** Gerardo Rafael Chadid Santamaria <gchadid@bu.com.co>  
**Enviado:** lunes, 25 de agosto de 2025 20:19  
**Para:** info <info@mincit.gov.co>; Carlos Andres Camacho Nieto <ccamacho@mincit.gov.co>  
**Cc:** Francisco Melo Rodríguez <fmelo@mincit.gov.co>; José Francisco Mafla <jmafla@bu.com.co>; Jennifer Carolina Fernández Morales <cfernandez@bu.com.co>  
**Asunto:** Documento mediante el cual se expresa por escrito la tacha de testigo realizada mediante audiencia el día 20 de agosto de 2025 en contra del testigo LUIS RAFAEL ANTONIO SOLANO - INVESTIGACIÓN ANTIDUMPING AL PAPEL BOND.

Doctor  
**CARLOS ANDRES CAMACHO NIETO**  
**DIRECTOR DE COMERCIO EXTERIOR (E)**  
MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO  
Calle 28 No. 13ª – 15 Piso 16

Bogotá

- Asunto:** Tacha de testigo – Luis Rafael Antonio Solano
- Documento mediante el cual se expresa por escrito la tacha de testigo realizada mediante audiencia el día 20 de agosto de 2025 en contra del testigo Luis Rafael Antonio Solano, dentro de la investigación por dumping a las importaciones de papel bond clasificadas bajo las subpartidas 4802.56.90.00 y 4802.57.90.00 originarias de Brasil.

**GERARDO CHADID SANTAMARÍA**, mayor de edad, domiciliado en la ciudad de Bogotá D.C., identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.143.333.174 y portador de la tarjeta profesional No. 217.857 del C.S. de la J., actuando en calidad de apoderado especial de la compañía **CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A.** (“**CARVAJAL PULPA Y PAPEL**”). Por medio del presente escrito, me dirijo a usted muy respetuosamente con el fin de allegar documento mediante el cual se expresa por escrito la tacha de testigo realizada mediante audiencia el día 20 de agosto de 2025 en contra del testigo Luis Rafael Antonio Solano.

Atentamente,

Gerardo Chadid

**Gerardo Rafael Chadid Santamaria**

Asociado | Associate

**Brigard  
Urrutia**

[gchadid@bu.com.co](mailto:gchadid@bu.com.co) · [www.bu.com.co](http://www.bu.com.co)

+57-60-1-3462011 Ext.8446

Calle 70 Bis No. 4 - 41

Bogotá, Colombia

NIT: 800.134.536-3



---

Información confidencial protegida por la reserva profesional del abogado. Si usted no es el destinatario del correo, por favor comuníquese de inmediato al remitente y proceda a destruirlo. En este evento, estará prohibida la retención, utilización, copia o divulgación por cualquier medio de la información que se encuentre en el mensaje y en sus archivos adjuntos. Se deberá cumplir con lo dispuesto en la Ley 1581 de 2012 y demás normas que la complementen, sustituyan o modifiquen, en caso de ser aplicable.

Confidential information protected by attorney-client privilege. If you are not the intended recipient of this e-mail, please notify the sender immediately and proceed to delete it. In such an event, the retention, use, copy or distribution of the information contained herein or in any attachments, by any means is strictly prohibited. Law 1581 of 2012 should be adhered to as well as any other complementary, substitute or modifications to the norms, in the case that they are applicable.

Bogotá D.C., 25 de agosto de 2025.

Doctor  
**FRANCISCO MELO**  
**DIRECTOR DE COMERCIO EXTERIOR**  
DIRECCIÓN DE COMERCIO EXTERIOR  
MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO  
Calle 28 No. 13ª – 15 Piso 16  
[fmelo@mincit.gov.co](mailto:fmelo@mincit.gov.co)

**Referencia:** Tacha de testigo - Luis Rafael Antonio Solano

**GERARDO CHADID SANTAMARIA**, mayor de edad, domiciliado en la ciudad de Bogotá D.C., identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.143.333.174 y portador de la tarjeta profesional No. 217.857 del C.S. de la J., actuando en calidad de apoderado especial de la compañía **CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A.S (“CARVAJAL PULPA Y PAPEL”)**, tal como consta en el expediente, me permito aportar el siguiente documento mediante el cual se expresa por escrito la tacha de testigo realizada mediante audiencia el día 20 de agosto de 2025 en contra del testigo Luis Rafael Antonio Solano.

## I. TACHA DE TESTIGO.

---

En la diligencia de declaración celebrada el 20 de agosto de 2025, el señor Luis Rafael Antonio Solano, representante legal de Comercializadora M.A.F., rindió manifestaciones en relación con supuestas negativas de CARVAJAL PULPA Y PAPEL de venderle el producto objeto de investigación.

Sin embargo, su testimonio presenta inconsistencias y evidentes conflictos de interés, lo que hace procedente la tacha de testigo conforme al artículo 211 del Código General del Proceso, que dispone:

*“Cualquiera de las partes podrá tachar el testimonio de las personas que se encuentren en circunstancias que afecten su credibilidad o **imparcialidad**, en razón de parentesco, dependencias, sentimientos o **interés en relación con las partes o sus apoderados**, antecedentes personales u otras causas.”*

Durante su declaración, el señor Luis Rafael Antonio Solano reconoció expresamente que la sociedad Comercializadora M.A.F. S.A.S. no adquiere papel bond directamente de ningún molino, es decir, no actúa como comprador ni del producto nacional ni del producto importado objeto de investigación.

Por lo tanto, la comercializadora no tiene una relación directa con la materia prima investigada, toda vez que dentro de su objeto social y actividades económicas no se contempla el desarrollo de procesos productivos con papel bond, sino exclusivamente la labor de distribución de los cuadernos elaborados por otras compañías del grupo empresarial al que pertenece, a saber, Soluciones M.A.F. S.A.S. e INAPEL INDUSTRIA NACIONAL PAPELERA S.A.S.

Lo anterior se sustenta en la base de datos de importación publicada por LegisComex (base de datos que se basa en la información de importaciones de la DIAN), en donde se realizó la búsqueda de operaciones de importaciones de la sociedad en los últimos tres años sin obtener resultado alguno.

### Imagen 1: Operaciones de importación de Comercializadora M.A.F

#### Reporte de Estadísticas

**Resumen Reporte**  
Fuente de datos: Dirección De Impuestos Y Aduana De Colombia DIAN.

<b>País:</b> Colombia	<b>Filtros</b>	<b>Columnas</b>
<b>Tipo de intercambio:</b> IMPORTACIÓN <a href="#">Rango: Enero/2022 a Diciembre/2022</a>	<b>Importador (NIT - Razón Social):</b> 900338937/COMERCIALIZADORA MAF S.A.S.	<b>Código de Bandera</b> <b>Capítulo Del Arancel</b> <b>Valor CIF (USD)</b>

[Mostrar resumen completo](#)

NO HAY IMPORTACIONES O EXPORTACIONES PARA TU CRITERIO DE BÚSQUEDA. POR FAVOR REDEFINE LA CONSULTA.

### Imagen 2: Operaciones de importación de Comercializadora M.A.F



Universidad

#### Reporte de Estadísticas

**Resumen Reporte**  
Fuente de datos: Dirección De Impuestos Y Aduana De Colombia DIAN.

<b>País:</b> Colombia	<b>Filtros</b>	<b>Columnas</b>
<b>Tipo de intercambio:</b> IMPORTACIÓN <a href="#">Rango: Enero/2022 a Diciembre/2022</a>	<b>Importador (NIT - Razón Social):</b> 900338937/COMERCIALIZADORA MAF S.A.S.	<b>Código de Bandera</b> <b>Capítulo Del Arancel</b> <b>Valor CIF (USD)</b>

[Mostrar resumen completo](#)

NO HAY IMPORTACIONES O EXPORTACIONES PARA TU CRITERIO DE BÚSQUEDA. POR FAVOR REDEFINE LA CONSULTA.

### Imagen 3: Operaciones de importación de Comercializadora M.A.F



Universidad

#### Reporte de Estadísticas

**Resumen Reporte**  
Fuente de datos: Dirección De Impuestos Y Aduana De Colombia DIAN.

<b>País:</b> Colombia	<b>Filtros</b>	<b>Columnas</b>
<b>Tipo de intercambio:</b> IMPORTACIÓN <a href="#">Rango: Enero/2024 a Diciembre/2024</a>	<b>Importador (NIT - Razón Social):</b> 900338937/COMERCIALIZADORA MAF S.A.S.	<b>Código de Bandera</b> <b>Capítulo Del Arancel</b> <b>Valor CIF (USD)</b>

[Mostrar resumen completo](#)

NO HAY IMPORTACIONES O EXPORTACIONES PARA TU CRITERIO DE BÚSQUEDA. POR FAVOR REDEFINE LA CONSULTA.

En ese sentido, la declaración del señor Solano carece de pertinencia y relevancia para el esclarecimiento de los hechos materia de este proceso antidumping, pues se limita a describir la actividad de una sociedad que no es cliente de Carvajal Pulpa y Papel S.A., es decir, no compra ni importa el producto objeto de investigación. En ese sentido, se trata entonces de una sociedad que

no tiene interés real en la investigación, mas halla de favorecer a otras empresas del grupo empresarial al que pertenece.

En efecto, la función de Comercializadora M.A.F. S.A.S. es meramente la de colocar en el mercado los productos terminados —cuadernos— fabricados por las otras sociedades del grupo, sin que exista una relación contractual o comercial con Carvajal Pulpa y Papel S.A., en cuanto al suministro de papel bond.

Resulta, por tanto, contradictorio que el declarante afirme que Carvajal Pulpa y Papel S.A., se rehúsa a venderle papel bond a Comercializadora M.A.F. S.A.S., cuando es un hecho probado por nuestra representada que Comercializadora MAF S.A.S, nunca le ha solicitado la venta a Carvajal Pulpa y Papel S.A., de este producto. Mucho menos, cuando es cierto que Comercializadora MAF S.A. nunca ha mostrado interés alguno por comprar este producto de Carvajal Pulpa y Papel S.A.

Tal afirmación es no solo inconsistente con la realidad de las operaciones, sino también con el propio testimonio rendido, ya que el señor Solano compareció a declarar exclusivamente en calidad de representante de la comercializadora, y no como vocero de las demás sociedades del grupo (Soluciones M.A.F. o INAPEL), que sí mantienen relaciones comerciales con Carvajal Pulpa y Papel S.A.

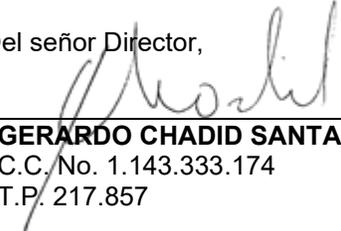
La confusión del testigo es evidente: sostiene que la comercializadora vende papel bond a terceros clientes, cuando ello no corresponde a la realidad ni a su objeto social, pues una sociedad comercializadora de cuadernos no produce, transforma ni adquiere papel bond como insumo, sino que únicamente distribuye el producto final ya elaborado por las compañías productoras. En consecuencia, el testigo se pronunció sobre circunstancias que no le constan directamente y que exceden el ámbito de su representación legal, generando un testimonio impreciso, subjetivo y carente de fundamento fáctico.

Debe resaltarse que, en materia probatoria, la declaración de testigos debe **apreciarse con especial rigor cuando se advierten inconsistencias o imprecisiones que afectan su credibilidad**. En este caso, **el señor Solano incurre en un error sustancial al atribuir a Carvajal operaciones inexistentes, intentando vincular a Comercializadora M.A.F. S.A.S. como destinataria de ventas de papel bond que nunca ocurrieron, lo cual distorsiona la realidad económica del mercado y puede inducir a error a la autoridad investigadora.**

Empero, cuando resulta claro que, el testimonio del Sr. Solano busca es favorecer el interés del grupo empresarial al que pertenece Comercializadora M.A.F. S.A.S, de manera directa, quien es un competidor de Carvajal Pulpa y Papel S.A., el cual se ve beneficiado por las resultados del proceso.

Por todo lo anterior, y en aplicación del artículo 211 del Código General del Proceso, resulta procedente la tacha del testimonio rendido por el señor Luis Rafael Antonio Solano. Dicho testimonio no solo carece de imparcialidad y objetividad, sino que además se construye sobre hechos que no le constan directamente al testigo, que confunden las actividades de varias sociedades distintas y que no reflejan las verdaderas relaciones comerciales existentes. La comercializadora que representa el declarante no tiene calidad de comprador de papel bond, no ha adquirido dicho insumo de Carvajal y, en consecuencia, su dicho no puede tenerse como prueba idónea ni relevante dentro de esta investigación.

Del señor Director,

  
\_\_\_\_\_  
**GERARDO CHADID SANTAMARIA**  
C.C. No. 1.143.333.174  
T.P. 217.857

## Leidy Johanna Paramo Cadena

---

**De:** Carlos Andres Camacho Nieto  
**Enviado el:** lunes, 25 de agosto de 2025 10:42 p. m.  
**Para:** Arantxa Andrea Iguaran Fajardo - Cont; Juan Andres Perez Almeida - Cont; Leidy Johanna Paramo Cadena; Mariam Ibeth Guerra de Luque - Cont; Maria Victoria Cardozo Maglioni -Cont  
**Asunto:** Excusa testimonio Jesús Alfredo Sánchez Rojas - Papel Bond expediente D-105-02-139  
**Importancia:** Alta

Estimadas partes interesadas intervinientes,

De manera atenta se informa que el señor Jesús Alfredo Sánchez Rojas, en calidad de representante legal de la Cooperativa de Impresores de Bogotá, presentó ante esta Autoridad una excusa en la que expone la imposibilidad de comparecer para rendir testimonio en la fecha y hora programadas mediante Resolución 200 del 4 de agosto de 2025.

En consecuencia, la Dirección de Comercio Exterior se encuentra en proceso de evaluación del documento radicado y emitirá la correspondiente decisión sobre la excusa presentada y su reprogramación con oportunidad. Por lo tanto, el día 26 de agosto de 2025 no se llevará a cabo la diligencia de recepción del testimonio del señor Sánchez Rojas.

Cordialmente:



**Comercio,  
Industria y Turismo**



Subdirector de Prácticas  
Comerciales (E)  
**Carlos Andrés Camacho  
Nieto**  
[ccamacho@mincit.gov.co](mailto:ccamacho@mincit.gov.co)  
Teléfono: (+57) 601  
6067676 ext. 2225/1694  
Subdirección de  
Prácticas Comerciales  
Calle 28 No. 13 A – 15  
Piso 16  
Bogotá, Colombia  
[www.mincit.gov.co](http://www.mincit.gov.co)

*ADVERTENCIA: Este mensaje y cualquier archivo anexo son confidenciales y para uso exclusivo de su destinatario. La utilización, copia, reimpresión y/o reenvío del mismo por personas distintas al destinatario están expresamente prohibidos. Si usted no es destinatario, favor notificar en forma inmediata al remitente y borrar el mensaje original y cualquier archivo anexo*

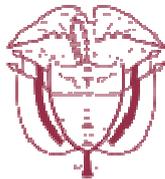
## Leidy Johanna Paramo Cadena

---

**De:** Carlos Andres Camacho Nieto  
**Enviado el:** miércoles, 27 de agosto de 2025 10:40 p. m.  
**Para:** Juan Andres Perez Almeida - Cont; Leidy Johanna Paramo Cadena  
**Asunto:** RV: D105-02-139 - Respuesta a la tacha escrita formulada por CARVAJAL en contra de Fabian Tatis- SYLVAMO  
**Datos adjuntos:** Respuesta tacha Fabián Tatis 27.08.2025.pdf

PSI y fines pertinentes.

Cordialmente:



**Comercio,  
Industria y Turismo**



Subdirector de Prácticas  
Comerciales (E)

**Carlos Andrés Camacho  
Nieto**

[ccamacho@mincit.gov.co](mailto:ccamacho@mincit.gov.co)

Teléfono: (+57) 601

6067676 ext. 2225/1694

Subdirección de

Prácticas Comerciales

Calle 28 No. 13 A – 15

Piso 16

Bogotá, Colombia

[www.mincit.gov.co](http://www.mincit.gov.co)

*ADVERTENCIA: Este mensaje y cualquier archivo anexo son confidenciales y para uso exclusivo de su destinatario. La utilización, copia, reimpresión y/o reenvío del mismo por personas distintas al destinatario están expresamente prohibidos. Si usted no es destinatario, favor notificar en forma inmediata al remitente y borrar el mensaje original y cualquier archivo anexo*

---

**De:** Gustavo Ibarra Ibarra <gustavoibarra@ibarrarimon.com>

**Enviado:** miércoles, 27 de agosto de 2025 22:34

**Para:** Francisco Melo Rodríguez <fmelo@mincit.gov.co>; Luciano Chaparro <lchaparro@mincit.gov.co>; Carlos Andres Camacho Nieto <ccamacho@mincit.gov.co>; Arantxa Andrea Iguaran Fajardo - Cont <aiguaran@mincit.gov.co>

**Cc:** info <info@mincit.gov.co>; Gabriel Ibarra <gIbarra@ibarrarimon.com>; Notificaciones Judiciales1 <notificaciones1@ibarrarimon.com>; Alejandro Ibarra <aibarra@ibarrarimon.com>; Dylan Andres Arias <darias@ibarrarimon.com>

**Asunto:** D105-02-139 - Respuesta a la tacha escrita formulada por CARVAJAL en contra de Fabian Tatis- SYLVAMO

Doctores

**FRANCISCO MELO**

Director de Comercio Exterior

**CARLOS CAMACHO**

Subdirector de prácticas comerciales

**MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO**  
Ciudad

Precedente:

Referencia: Respuesta a la tacha escrita formulada por CARVAJAL en contra de Fabian Tatis

**GUSTAVO IBARRA IBARRA**, mayor de edad, domiciliado en la ciudad de Bogotá D.C., identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.136.888.014, abogado titulado y en ejercicio, portador de la tarjeta profesional 367.977 del Consejo Superior de la Judicatura, obrando en mi calidad de apoderado especial de **SYLVAMO DO BRASIL LTDA** y **SYLVAMO EXPORTS LTDA**, acudo al Despacho para pronunciarme sobre los argumentos escritos que sustentan la tacha al testigo Fabian Tatis, presentados por CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A. y dar alcance al escrito presentado el 22 de agosto de 2025, en los términos del documento adjunto.

Agradezco de antemano acusar recibo del presente correo y de su adjunto.

Respetuosamente,

**GUSTAVO IBARRA IBARRA**  
C.C. 1.136.888.014  
T.P. 367.977 del C.S. de la J.

**Gustavo Ibarra**  
Asociado Senior



FIRMA ALIADA DE  
**SIGNATURE**  
LEGAL GROUP

www.ibarrarimon.com  
Calle 98 No 9A 41 Oficina 309  
PBX +571 7495739 - 7495740  
Bogotá, Colombia



Reconocidos por  
**Best Lawyer**  
2025

**CONFIDENTIAL –**

*The issues addressed here are subject to the attorney-client privilege and should not be made known to any person, other than those to whom this document is addressed, without the express written consent of a member of Ibarra Abogados SAS. This e-mail and all attachments transmitted with it may contain legally privileged and confidential information intended solely for the use of addressee. If the reader of this message is not the intended recipient or if you have received this message in error, please notify the sender immediately and delete this message and all copies and backups thereof. Thank you.*

Doctor

**FRANCISCO MELO**

Director de Comercio Exterior

**MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO**

Ciudad

**Referencia:** Alcance a la oposición a la tacha del testimonio de Fabian Tatis – Expediente D-105-02-139

**GUSTAVO IBARRA IBARRA** mayor de edad, identificado como aparece al pie de mi firma, en calidad de apoderado especial de **SYLVAMO DO BRASIL LTDA** y **SYLVAMO EXPORT LTDA** (en adelante, **SYLVAMO**) acudo respetuosamente al Despacho para pronunciarme sobre los argumentos escritos que sustentan la tacha al testigo Fabian Tatis, presentados por **CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A.S.** (en adelante, "**CARVAJAL**") y dar alcance al documento presentado el 22 de agosto de 2025, en los términos que expongo seguidamente.

## I. ANTECEDENTES

1. En las audiencias celebradas el 19 y el 20 de agosto de 2025, se practicaron los testimonios del señor Fabián Tatis y de Luis Antonio Solano Avendaño.
2. **CARVAJAL** formuló, en los términos del artículo 211 del Código General del Proceso (en adelante, "**CGP**"), tachas contra ambos testimonios, frente a las cuales **SYLVAMO** se pronunció en audiencia.
3. Sin embargo, el Despacho solicitó que las tachas y su oposición se presentaran por escrito.
4. El 22 de agosto de 2025, presenté un documento con los motivos de oposición a las tachas formuladas, de manera verbal, contra ambos testigos (en adelante, la "**Oposición**").
5. El mismo día, al finalizar la tarde, el Ministerio de Comercio Industria y Turismo me remitió la tacha escrita que radicó **CARVAJAL**, en contra del testigo Fabian Tatis.
6. Al momento de presentar el escrito con los motivos de oposición, no tenía aún conocimiento de la tacha escrita recién referenciada, que contempla argumentos adicionales a los presentados en audiencia.
7. El pasado 22 de agosto de 2025 el Despacho nos dio traslado del escrito de tacha presentado por los apoderados de **CARVAJAL** y se me concedió un término de tres (3) días para pronunciarme.
8. Por lo anterior, en virtud del debido proceso y el derecho de defensa y contradicción, a continuación, me pronuncio sobre los argumentos escritos de **CARVAJAL**, relativos a la tacha de Fabian Tatis, que no habían sido presentados con anterioridad.

## II. OPOSICIÓN A LA TACHA

En la tacha escrita, CARVAJAL adicionó lo expuesto en la audiencia con argumentos que conocimos hasta ahora y según los cuales, el testigo supuestamente: (i) habría afirmado hechos que no le constan de primera mano; y (ii) que CARVAJAL no le suministraba papel desde el año 2018 y anexan los apoderados de CARVAJAL unas facturas que, según ellos, acreditarían contrario.

Además, también formularon reparos en torno de la vinculación del señor Tatis a las compañías del GRUPO MAF, en relación con lo cual me permito solicitar al Despacho que se remita al documento de Oposición radicado previamente.

Los argumentos adicionales presentados por CARVAJAL no tienen fundamento alguno, no satisfacen los requisitos exigidos por el artículo 211 del CGP<sup>1</sup> y tan solo pretenden confundir e inducir a error al Despacho. Más aún, el apoderado de CARVAJAL abusa y desnaturaliza por completo la figura de la tacha, al intentar utilizarla para controvertir y discutir el dicho del testigo, tarea que no es procedente realizar a través de este mecanismo procesal.

No sobra recalcar que no le está permitido a los apoderados, bajo la figura de la tacha, controvertir la versión de los hechos narrados por el testigo. La tacha tiene por finalidad llamar la atención del juez o del funcionario sobre los factores que pueden afectar la credibilidad del testigo, pero no se puede utilizar la figura para controvertir todo lo que digan los testigos y mucho menos al amparo de citas desfiguradas y sacadas de contexto, y poniendo en boca del declarante afirmaciones inexactas.

### *2.1 El testigo tiene conocimiento directo de los hechos que narró y no hay ninguna evidencia de que los hubiera alterado en su narración, o de que no correspondieran a la realidad*

El señor Tatis, en su testimonio, afirmó que CARVAJAL tomó una decisión corporativa de no venderle. El apoderado de CARVAJAL aseveró, en su tacha, que al testigo no le consta lo que dijo y que él se limitó a “asumir” la existencia de la decisión corporativa de no venderle y que, además, posteriormente habría aceptado no conocer directamente esa “decisión”. Igualmente, aduce que la manifestación del testigo es “incorrecta” e “injuriosa”.

Si el apoderado de CARVAJAL tiene reparos o evidencias para demostrar o controvertir el dicho del testigo, las debe esgrimir en el momento de los alegatos de conclusión, razón por la cual lo que el apoderado está pretendiendo hacer con la tacha es totalmente inapropiado e irregular.

Pero más grave aún es que el apoderado de CARVAJAL, sin tener ninguna prueba ni fundamento, le haya imputado una conducta delictuosa al testigo -delito de injuria-, lo que constituye una afirmación temeraria.

---

<sup>1</sup> Artículo 211, Código General del Proceso, Ley 1564 de 2012.

Ahora bien, CARVAJAL, en una evidente actuación contraria a la buena fe y a la lealtad procesal, pretende inducir a error al Despacho, con transcripciones entrecorridas que no corresponden al dicho del testigo. Para claridad del Despacho, a continuación, cito la errónea transcripción que hizo CARVAJAL del dicho del testigo, en comparación con lo que él realmente dijo en el minuto 00:42:00 -no en el 00:40:00-:

Transcripción errónea de CARVAJAL consignada entre comillas en la tacha	Lo que realmente dijo el testigo en su declaración (minuto 00:42:00)
<p><i>“Carvajal tomó una decisión corporativa de no venderme porque soy su competidor y decidió darles prioridad a sus filiales”.</i></p>	<p>Minuto 00:42:00 <i>“Bueno, yo creo que una de las razones cuando Juan Pablo Molina me visitó en su momento, que era el presidente, me decían que quisiera tener razones financieras, una razón comercial, <u>pero era un direccionamiento corporativo que se había tomado una decisión corporativa no atenderme</u> y bueno, <u>después posteriormente me visitaron para atenderme con cuadernos ya fabricados</u> y yo creo que ahí está muy claro el juego de intereses que había para ellos muy importante y tenían que sacarme del camino porque en este momento pues yo me estaba volviendo para ellos una empresa competitiva y veníamos creciendo en Colombia y eso no era bien visto. <u>En algún momento el expresidente pasado de Carvajal, Henry Sánchez, me manifestó en un almuerzo y me dijo “yo tenía un problema serio con la Junta porque no es bien visto que nosotros estemos dándole proveeduría a ustedes,</u> en este caso a la FabriFolder y Persona, <u>y que nosotros hemos permitido que ustedes crezcan en Colombia y eso fueron las palabras de su momento que Henry me manifestó y me dicen que nos echan la culpa de esto,</u> pero la verdad es que yo vengo del Propal de ayer que era una empresa neutra, atendíamos el mercado nacional <u>y hoy pues Carvajal tiene unos direccionamientos diferentes donde está dándole totalmente relevancia a las empresas filiales y a mí me está costando mucho esto, Fabián,</u> pero yo tengo que ser honesto contigo, tengo problemas serios” y fue cuando empezamos a revisar, hicieron</i></p>

*el cambio de presidente, a los dos o tres meses cambiaron de presidente y el presidente que llegó sustentó prácticamente lo que Henry me había dicho dos o tres meses atrás y me dijo no te puedo atender más, si quieres tener razones diferentes, pero bueno, eso se dio y fue un día para otro, nos tocó salir a importar y todo lo de que eso demanda. Ahorita estamos manejando papel importado de otros países, de Asia, y eso pues de todas maneras nos está llevando a un mayor inventario a un tema de flujo de caja, nos cambió todo el tema, el tema de tránsito de la mercancía, hay una cantidad de perjuicios que estamos asumiendo hoy porque al no tener Brasil, que le acercaría con Brasil, era una de las razones más claras de trabajar con ellos, era más atractivo, al pasar ahorita para Asia y para Europa, nos ha tocado un poquito el tema de tránsito, el tema de mayor inventario y eso pues trae consigo también unos perjuicios para uno como industrial porque el tema financiero es totalmente diferente, pero bueno, ahí estamos luchando por seguir en este mundo empresarial y este mundo industrial.” (subrayado y negrillas como énfasis).*

Como puede evidenciar el Despacho, CARVAJAL presenta como una transcripción, lo que en realidad es un parafraseo manifiestamente inexacto de lo que narró Fabian Tatis. Ello, además de ser contrario a la buena fe y a la lealtad procesal, podría constituir una falta contra la recta y leal realización de la justicia y los fines del estado, en los términos del numeral 10 del artículo 33 de la Ley 1123 de 2007 -Código Disciplinario del Abogado-. Dice con total claridad la norma citada lo siguiente:

*“Son faltas contra la recta y leal realización de la justicia y los fines del Estado: “(...) **Efectuar afirmaciones o negaciones maliciosas, citas inexactas, inexistentes** o descontextualizadas **que puedan desviar el recto criterio de los funcionarios**, empleados o auxiliares de la justicia **encargados de definir una cuestión judicial o administrativa.**”*

Convenientemente, el apoderado de CARVAJAL omite considerar que, según el testigo, fue precisamente Juan Pablo Molina, presidente de CARVAJAL en ese entonces, quien le manifestó la decisión corporativa de no atenderlos. También pasa por alto que fue Henry Sánchez, otro expresidente de CARVAJAL, quien le dijo directamente al mismo testigo que tenía un problema serio con la junta directiva, pues no era bien visto *“que nosotros estemos dándole proveeduría a ustedes”*

que era CARVAJAL el que ha “*permitido que ustedes crezcan en Colombia*” y que “*Carvajal tiene unos direccionamientos diferentes donde está dándole totalmente relevancia a las empresas filiales*”.

Por consiguiente, no es cierto que el señor Tatis se haya limitado a “asumir” la existencia de la decisión corporativa que narró, y mucho menos que su dicho sea “incorrecto” o “injurioso”. El testigo tuvo el conocimiento directo de esa decisión y de lo que expuso, porque Juan Pablo Molina, presidente de CARVAJAL, que por supuesto, representaba a esa compañía, así se lo hizo saber, lo que el testigo corrobora con lo que también le informó Henry Sanchez.

Finalmente, el señor Tatis reiteró en varias ocasiones el conocimiento directo que tenía de la decisión corporativa de CARVAJAL de no atenderlos, como, por ejemplo, en los minutos 00:22:00,<sup>2</sup> 00:24:00<sup>3</sup> y 00:42:00,<sup>4</sup> por lo que no se entiende, ni tampoco se ocupa CARVAJAL de precisarlo, en qué fundamenta su afirmación de que el testigo habría aceptado no conocer directamente tal determinación. Esa afirmación de CARVAJAL carece de todo sustento, y no puede ser estimada por el Despacho.

## **2.2 El testigo manifestó en su declaración que las compañías del GRUPO MAF compraban las cantidades que CARVAJAL buenamente quería venderles**

CARVAJAL afirma que en los años 2019 y 2020 realizó ventas del producto investigado a INAPEL, lo que, en su criterio, desvirtúa el dicho del testigo, que habría declarado que la peticionaria le dejó de vender en el 2018. Esta manifestación es un intento más de CARVAJAL de inducir a error, confusión en la que estamos seguros, no caerá el Despacho.

De una valoración seria y ponderada de la prueba, podrá el Despacho evidenciar que el señor Fabian Tatis manifestó que hasta el 2018 obtenían la materia prima principalmente de CARVAJAL y, tras la decisión corporativa de la peticionaria de no atenderlos, comenzaron a importar. Según lo manifestado por el señor Tatis, con posterioridad al 2018, CARVAJAL les ha vendido un tipo de papel bond que tiene poca demanda, que no es el que tradicionalmente se les suministraba y en una porción ínfima en comparación con las necesidades de INAPEL y las compañías del Grupo MAF.

---

<sup>2</sup> Minuto 00:22:00 de la declaración de Fabian Tatis: “(...) Empezamos a importarlo ya que Carvajal pues se negó en su momento a atendernos y nos visitó acá en la ciudad de Barranquilla a su presidente, Juan Pablo Molina, en su momento, y me dijo que quisiera tener muchas razones para no atenderme, pero era una decisión corporativa a raíz de muchas cosas que teníamos afinidad y que no nos podía atender en ese momento y que debíamos buscar sustituir eso con importaciones, (...).”

<sup>3</sup> Minuto 00:24:20 de la declaración de Fabian Tatis: “(...) y después en el 2018, a mediados de año, Carvajal tomó la decisión de no atendernos más y ahí se acabó la relación y hemos estado como que hablando ahí, pero muy suave. Desde el papel no se habla nada.”

<sup>4</sup> Minuto 00:42:00 de la declaración de Fabian Tatis: “Juan Pablo Molina me visitó en su momento, que era el presidente, me decían que quisiera tener razones financieras, una razón comercial, pero era un direccionamiento corporativo que se había tomado una decisión corporativa no atenderme (...).”

En respuesta a la pregunta del apoderado de CARVAJAL en la que indagaba sobre si en el año 2022 alguna de las compañías del Grupo MAF presentó órdenes de compra a CARVAJAL, el señor Tatis expresamente respondió que sí, que se les compraba lo que ofrecían, pero no el papel de 56 gramos -el papel que en el pasado principalmente le compraban a la peticionaria:-

***“Se les compra lo que nos ofrecen, no papel de 56 gramos. Lo que pasa es que el papel se maneja en diferentes gramajes. El papel donde yo manejaba mayor relación con Carvajal era 56 gramos, que es fabricación de cuadernos. Y hay veces que llamaban y decían, ya tenemos un saldo de 75 gramos, tenemos una cartulina de 150 gramos. Entonces, pues cartulina le llamamos también papel. Es 150 gramos, y eso cuando en la pandemia Carvajal dejó de fabricarla, y en el 2022 reactivaron otra vez la fabricación de ese producto, y cuando nos han ofrecido, pues lo que nos ofrecen les compramos, pero nada más es el gramaje de 150 gramos de cartulina Bristol.”***<sup>5</sup>

Acto seguido, el señor Tatis dejó claro que las empresas del Grupo MAF consumen 25 mil toneladas de papel bond al año, al paso que CARVAJAL tan solo le ha querido suministrar la pírrica suma de 500 toneladas al año:

***“(…) La pregunta que está haciendo el doctor, que si papel bond, le he comprado a Carvajal, le he dicho que sí, claro, porque él tiene un histórico y ahí aparece un histórico. Lo que **pasa es que yo soy consumidor de 25 mil toneladas de papel bond, al año y lo que le estoy comprando son 500 toneladas** porque **el papel que me está ofertando es el papel que menos se vende, o sea, es un gramaje, es papel bond, totalmente la respuesta, pero si no no importara, porque para qué voy a importar, si cuando hablamos generalizamos una expresión papel bó, pero tiene que entrar en detalle de que hay unos gramajes y los gramajes que se mueven, sí compro, sí totalmente la respuesta, pero puede confundir porque en algún momento están diciendo sí, pero si Carvajal sí le vende, **no, Carvajal vende un producto que es un papel bond, totalmente de acuerdo, pero en la participación de la compra el 5%.**”*****<sup>6</sup>

Así las cosas, es evidente que la existencia de facturas o de órdenes de compra que den cuenta de compras de papel bond por parte de INAPEL S.A.S. a CARVAJAL no desvirtúa ni desdice el testimonio. El testigo fue claro: INAPEL S.A.S. le compra a CARVAJAL lo que buenamente les ofrece, dicho de otra forma, lo que CARVAJAL le quiere vender, que no supera más del 5% de lo requerido.

Lo único que probarían las facturas – a las que no he tenido acceso- es precisamente el dicho del testigo sobre la cantidad que suministraba CARVAJAL. El apoderado de la peticionaria omite

---

<sup>5</sup> Minuto 00:47:37 de la declaración de Fabian Tatis.

<sup>6</sup> Minuto 00:50:31

mencionar que el mismo señor Tatis reconoció que CARVAJAL sí les vendía papel bond y al amparo de esa omisión cuestiona la credibilidad de lo dicho por el testigo, lo cual es inadmisibile.

En todo caso, me permito precisar que las facturas que aportó la peticionaria no se han puesto a disposición de mis representadas y no se pueden evidenciar en el correo enviado por el Ministerio con la tacha escrita y por ese motivo, no se pueden contradecir. Lo anterior, de conformidad con el artículo 2.2.3.7.6.20 del Decreto 1794 de 2020<sup>7</sup>, implica que CARVAJAL deberá levantar la confidencialidad de esas facturas al no justificar su carácter reservado o, de lo contrario, no podrán ser tenidas en cuenta en la presente investigación.

Nótese, además, que la actuación de los apoderados de CARVAJAL constituye un nuevo abuso a la figura de la tacha porque ella no puede utilizarse para aportar nuevas pruebas que no tienen relación con los motivos que deben inspirar esta figura. Todo lo anterior quebranta, con una gravedad inusitada, el debido proceso, más aún cuando se han adjuntado las facturas de manera oculta y clandestina por cuanto, se reitera, no se presentó siquiera un resumen del anexo contentivo de las facturas que nos permita saber qué se acompañó, a qué corresponden las facturas, sobre qué tipo de papel bond versan y a qué cantidades, y en qué gramaje. Lo anterior me impide por completo controvertir su contenido.

En síntesis, no hay ningún motivo serio ni fundado que le reste credibilidad al testimonio de Fabian Tatis o que ponga en duda su imparcialidad y, por ende, debe ser valorado y tenido en cuenta de manera integral, por el Despacho, al momento de adoptar una decisión.

Con todo respeto,



**GUSTAVO IBARRA IBARRA**

C.C. 1.136.888.014

T.P. 367.977 del C.S. de la J

---

<sup>7</sup> (...) Quienes aporten documentos confidenciales deberán allegar resúmenes no confidenciales de ellos, así como la correspondiente justificación de su petición. Tales resúmenes deberán ser lo suficientemente detallados para permitir una comprensión razonable del contenido sustancial de la información aportada y deberán tener la forma de un índice de las cifras y datos proporcionados en la versión confidencial o de tachaduras marcadas en el texto. (...) PARÁGRAFO 2. Cuando en desarrollo de lo dispuesto en el presente artículo se aporten documentos como confidenciales y no se alleguen los resúmenes correspondientes o no se levante su confidencialidad sin ninguna justificación, estos no se tendrán en cuenta dentro de la investigación.

SPC

Bogotá D.C, 28 de agosto de 2025

Señor  
JESÚS ALFREDO SÁNCHEZ ROJAS  
Representante Legal  
COOPERATIVA DE IMPRESORES DE BOGOTÁ  
gerencia@cipb.net

Doctor  
GUSTAVO IBARRA IBARRA  
Apoderado Especial  
SYLVAMO DO BRASIL LTDA y SYLVAMO EXPORT LTDA  
gustavoibarra@ibarrarimon.com

Asunto : Reprogramación testimonio Jesús Alfredo Sánchez – Expediente D-105-02-139

Respetados señores,

De manera atenta nos referimos a la excusa presentada por el señor Jesús Alfredo Sánchez, en la cual manifiesta que no le es posible rendir su declaración programada para el día 26 de agosto de 2025, en el marco de lo ordenado por medio de la Resolución 200 del 4 de agosto de 2025 de la Dirección de Comercio Exterior, por cuanto presenta una convocatoria a Asamblea General Extraordinaria de la persona jurídica que representa.

Al respecto, el artículo 204 del Código General del Proceso (Ley 1564 de 2012), aplicable por remisión, dispone que:

*“La inasistencia del citado a interrogatorio solo podrá justificarse mediante prueba siquiera sumada de una justa causa que el juez podrá verificar por el medio más expedito, si lo considera necesario.*

*Si el citado se excusa con anterioridad a la audiencia, el juez resolverá mediante auto contra el cual no procede ningún recurso.*

*(...)*

*La decisión que acepte la excusa y fije nueva fecha se notificará por estado o en estrados, según el caso, y contra ella no procede ningún recurso.”*

**Ministerio de Comercio, Industria y Turismo**

Dirección: Calle 28 No. 13 A – 15 Bogotá D.C, Código postal: 110311

Conmutador: (+57) 601 6067676

Línea Gratuita: (+57) 01 8000 95 8283

GD-FM-009.V21

Conforme con la normativa aplicable, y que la excusa presentada es anterior a la realización de la audiencia, acompañada de prueba sumaria, se informa que la recepción de las declaraciones del señor Jesús Alfredo Sánchez Rojas se hará el 1 de septiembre de 2025, a las 10:00 a.m.

Para cualquier aclaración sobre el particular, podrá comunicarse a los correos electrónicos [ccamacho@mincit.gov.co](mailto:ccamacho@mincit.gov.co) y [aiguaran@mincit.gov.co](mailto:aiguaran@mincit.gov.co)

"De conformidad con el Decreto 2150 de 1995 y la Ley 962 de 2005, la firma mecánica que aparece a continuación, tiene plena validez para todos los efectos legales y no necesita autenticación, ni sello.  
Adicionalmente este documento ha sido firmado digitalmente de conformidad con la ley 527 de 1999 y la resolución 2817 de 2012."

Cordialmente,



**FRANCISCO MELO RODRIGUEZ  
DIRECTOR DE COMERCIO EXTERIOR  
DIRECCIÓN DE COMERCIO EXTERIOR**

CopiaInt: Copia interna:

CARLOS ANDRES CAMACHO NIETO (E) - SUBDIRECTOR DE PRACTICAS COMERCIALES (E)

ARANTXA ANDREA IGUARAN FAJARDO - CONT - PROFESIONAL UNIVERSITARIO

CopiaExt:

Folios: 2

Anexos:

Nombre anexos:

Elaboró: JUAN ANDRES PEREZ ALMEIDA - CONT

Aprobó: FRANCISCO MELO RODRIGUEZ

**Ministerio de Comercio, Industria y Turismo**

Dirección: Calle 28 No. 13 A – 15 Bogotá D.C, Código postal: 110311

Conmutador: (+57) 601 6067676

Línea Gratuita: (+57) 01 8000 95 8283

GD-FM-009.V21

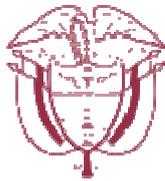
## Leidy Johanna Paramo Cadena

---

**De:** Carlos Andres Camacho Nieto  
**Enviado el:** lunes, 1 de septiembre de 2025 7:28 p. m.  
**Para:** Juan Andres Perez Almeida - Cont; Leidy Johanna Paramo Cadena  
**Asunto:** RV: D105-02-139 - Respuesta a la tacha escrita formulada por CARVAJAL en contra de Luis Solano- SYLVAMO  
**Datos adjuntos:** Oposición a la tacha Luis Solano.pdf

PSI y fines pertinentes.

Cordialmente:



**Comercio,  
Industria y Turismo**



Subdirector de Prácticas  
Comerciales (E)

**Carlos Andrés Camacho  
Nieto**

[ccamacho@mincit.gov.co](mailto:ccamacho@mincit.gov.co)

Teléfono: (+57) 601

6067676 ext. 2225/1694

Subdirección de

Prácticas Comerciales

Calle 28 No. 13 A – 15

Piso 16

Bogotá, Colombia

[www.mincit.gov.co](http://www.mincit.gov.co)

*ADVERTENCIA: Este mensaje y cualquier archivo anexo son confidenciales y para uso exclusivo de su destinatario. La utilización, copia, reimpresión y/o reenvío del mismo por personas distintas al destinatario están expresamente prohibidos. Si usted no es destinatario, favor notificar en forma inmediata al remitente y borrar el mensaje original y cualquier archivo anexo*

---

**De:** Gustavo Ibarra Ibarra <gustavoibarra@ibarrarimon.com>

**Enviado:** lunes, 1 de septiembre de 2025 18:37

**Para:** Francisco Melo Rodríguez <fmelo@mincit.gov.co>; Luciano Chaparro <lchaparro@mincit.gov.co>; Carlos Andres Camacho Nieto <ccamacho@mincit.gov.co>; Arantxa Andrea Iguaran Fajardo - Cont <aiguaran@mincit.gov.co>

**Cc:** Gabriel Ibarra <gIbarra@ibarrarimon.com>; Notificaciones Judiciales1 <notificaciones1@ibarrarimon.com>; Dylan Andres Arias <darias@ibarrarimon.com>; Alejandro Ibarra <aibarra@ibarrarimon.com>; info <info@mincit.gov.co>

**Asunto:** D105-02-139 - Respuesta a la tacha escrita formulada por CARVAJAL en contra de Luis Solano- SYLVAMO

Doctores

**FRANCISCO MELO**

Director de Comercio Exterior

**CARLOS CAMACHO**

Subdirector de prácticas comerciales

**MINISTERIO DE COMERCIO INDUSTRIA Y TURISMO**

Ciudad

Referencia:

Referencia: Respuesta a la tacha escrita formulada por CARVAJAL en

contra de Luis Solano

**GUSTAVO IBARRA IBARRA**, mayor de edad, domiciliado en la ciudad de Bogotá D.C., identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.136.888.014, abogado titulado y en ejercicio, portador de la tarjeta profesional 367.977 del Consejo Superior de la Judicatura, obrando en mi calidad de apoderado especial de **SYLVAMO DO BRASIL LTDA** y **SYLVAMO EXPORTS LTDA**, acudo al Despacho para pronunciarme sobre los argumentos escritos que sustentan la tacha al testigo Luis Solano, presentados por CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A. y dar alcance al escrito presentado el 22 de agosto de 2025, en los términos del documento adjunto.

Agradezco de antemano acusar recibo del presente correo y de su adjunto.

Respetuosamente,

**GUSTAVO IBARRA IBARRA**

C.C. 1.136.888.014

T.P. 367.977 del C.S. de la J.

**Gustavo Ibarra**

Asociado Senior



FIRMA ALIADA DE  
**SIGNATURE**  
LEGAL GROUP

[www.ibarrarimon.com](http://www.ibarrarimon.com)

Calle 98 No 9A 41 Oficina 309

PBX +571 7495739 - 7495740

Bogotá, Colombia



Reconocidos por  
**Best Lawyer**  
2025

**CONFIDENTIAL –**

*The issues addressed here are subject to the attorney-client privilege and should not be made known to any person, other than those to whom this document is addressed, without the express written consent of a member of Ibarra Abogados SAS. This e-mail and all attachments transmitted with it may contain legally privileged and confidential information intended solely for the use of addressee. If the reader of this message is not the intended recipient or if you have received this message in error, please notify the sender immediately and delete this message and all copies and backups thereof. Thank you.*

Doctor

**FRANCISCO MELO**

Director de Comercio Exterior

**MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO**

Ciudad

**Referencia:** Alcance a la oposición a la tacha del testimonio de Luis Solano – Expediente D-105-02-139

**GUSTAVO IBARRA IBARRA** mayor de edad, identificado como aparece al pie de mi firma, en calidad de apoderado especial de **SYLVAMO DO BRASIL LTDA** y **SYLVAMO EXPORT LTDA** (en adelante, **SYLVAMO**) acudo respetuosamente al Despacho para pronunciarme sobre los argumentos escritos que sustentan la tacha al testigo Luis Solano Avendaño, presentados por **CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A.S.** (en adelante, "**CARVAJAL**") y dar alcance al documento presentado el 22 de agosto de 2025, en los términos que expongo seguidamente.

## I. ANTECEDENTES

1. En las audiencias celebradas el 19 y el 20 de agosto de 2025, se practicaron los testimonios del señor Fabián Tatis y de Luis Antonio Solano Avendaño.
2. **CARVAJAL** formuló, en los términos del artículo 211 del Código General del Proceso (en adelante, "**CGP**"), tachas contra ambos testimonios, frente a las cuales **SYLVAMO** se pronunció en audiencia.
3. Sin embargo, el Despacho solicitó que las tachas y su oposición se presentaran por escrito.
4. El 22 de agosto de 2025, presenté un documento con los motivos de oposición a las tachas formuladas, de manera verbal, contra ambos testigos (en adelante, la "**Oposición**").
5. El 25 de agosto de 2025 **CARVAJAL** radicó el escrito contentivo de los argumentos que sustentan la tacha en contra del testimonio de Luis Solano Avendaño, que contempla argumentos adicionales a los expuestos en audiencia.
6. El pasado 27 de agosto de 2025, el Despacho dio traslado, por un término de tres (3) días, del escrito de tacha presentado por los apoderados de **CARVAJAL**

## II. OPOSICIÓN A LA TACHA

Es menester recordar que en el documento de oposición a la tacha que se presentó el pasado 22 de agosto de 2025, al cual solicito respetuosamente remitirse al Despacho, se manifestaron las razones por las cuales queda claro que el señor **LUIS SOLANO** testificó sobre los hechos que le

constan directamente y que ocurrieron en el periodo y en relación con el producto investigado en esta actuación administrativa.

Ahora bien, en el documento de tacha que se nos remitió el pasado 27 de agosto de 2025, el apoderado de CARVAJAL señaló que el testigo

*“ (...) incurre en un error sustancial al atribuir a Carvajal operaciones inexistentes, intentando vincular a Comercializadora M.A.F. S.A.S. como destinataria de ventas de papel bond que nunca ocurrieron, lo cual distorsiona la realidad económica del mercado y puede inducir a error a la autoridad investigadora”*

De cara a esta infundada afirmación, es imperioso destacar que el señor Solano, además de ser representante legal de Comercializadora MAF S.A.S., es a su vez jefe del Comité de Compras de INAPEL,<sup>1</sup> sociedad productora de cuadernos, tal como lo declaró en la diligencia probatoria.

En esa medida, resulta evidente que el testigo en ningún momento “intentó vincular a Comercializadora M.A.F. S.A.S. como destinataria de venta de papel bond”. Del dicho del testigo se puede colegir con total claridad que su conocimiento de la negativa de CARVAJAL a atender al grupo se debe, entre otras, a su participación permanente como miembro del Comité de Compras de INAPEL.

Así lo manifestó, por ejemplo, al aclarar el impacto y los efectos de la propuesta realizada por CARVAJAL consistente en que las empresas del Grupo MAF dejaran de producir cuadernos:

*“(…). En el contexto de la pregunta, y de lo que hemos venido conversando, INAPEL hace la producción de los cuadernos, como miembro del comité de compras de INAPEL y del cargo que tengo ya de cara a las empresas que comercializan en el mismo grupo, siempre se evalúa el impacto que puede tener en conjunto, dentro de toda la integración del grupo empresarial, que tiene una integración vertical, hay unas empresas que están de cara a la producción y otras que están de cara a la comercialización a nivel país, entonces el impacto de este cierre o de esta propuesta de cierre era prácticamente desaparecer INAPEL y que únicamente quedaran participando en este mercado de papel bond y de distribución de cuadernos, soluciones MAF y Comercializadora MAF, es decir, por colocarlo en palabras coloquiales, sacar de la mesa a INAPEL es lo que estaba buscando, para que no compitiera con Carvajal educación que era o es su competencia en cuanto a producción de cuadernos.” (negrillas como énfasis)<sup>2</sup>*

Por consiguiente, la tacha solicitada por el apoderado de CARVAJAL carece de todo sustento y solo se trata de un intento de controvertir el testimonio, sin encontrarse en oportunidad para hacerlo.

Como ya lo hemos expuesto al interior de este procedimiento, la finalidad de la tacha contemplada en el artículo 211 del CGP es llamar la atención del juez o del funcionario sobre los factores que pueden afectar la credibilidad o la imparcialidad del testigo. Dicho de otra forma, la tacha está contemplada para que la prueba testimonial sea valorada de forma rigurosa y acorde

---

<sup>1</sup> Minuto 0:19:45 de la audiencia en la que se practicó el testimonio de Luis Solano

<sup>2</sup> Minuto 1:33:00 de la audiencia en la que se practicó el testimonio de Luis Solano

con las reglas de la sana crítica, en atención a las particularidades y circunstancias del caso,<sup>3</sup> pero no es un mecanismo para que las partes o intervinientes controviertan el dicho del declarante como pretende hacerlo CARVAJAL.

En este caso, lo que realmente lleva a CARVAJAL a formular la tacha no son dudas sobre la credibilidad o imparcialidad del testigo. Lo que busca la peticionaria es controvertir un testimonio que afecta sus intereses y que, de forma contundente, elimina por completo la posibilidad de que exista un nexo causal entre las importaciones originarias de Brasil y el supuesto daño sufrido por CARVAJAL.

Lo anterior, toda vez que las declaraciones comprueban con certeza que la razón por la cual las compañías del grupo al que pertenecen INAPEL, Comercializadora M.A.F. y Soluciones M.A.F. importan de Brasil es la negativa de CARVAJAL a suministrarles el producto investigado para la elaboración de cuadernos.

Con todo respeto,



**GUSTAVO IBARRA IBARRA**

C.C. 1.136.888.014

T.P. 367.977 del C.S. de la J

---

<sup>3</sup> Así lo ha dicho la Corte Constitucional al referirse al antiguo artículo 217 del CPC, en Sentencia C-622 de 1998, reiterada en la Sentencia C-790 de 2006: “En cuanto al artículo 217 del C.P.C., éste lo que hace es definir como sospechosos a aquellos testigos que se encuentren en circunstancias que puedan afectar su credibilidad o imparcialidad, en razón de parentesco, dependencia, sentimientos o intereses que tengan con las partes o sus apoderados, de sus antecedentes personales u otras causas que determine el juzgador ; ello por cuanto si bien la sola circunstancia de que los testigos sean parientes de una de las partes, no conduce necesariamente a deducir que ellos inmediatamente falten a la verdad, “...la razón y la crítica del testimonio aconsejan que se le aprecie con mayor severidad, que al valorarla se someta a un tamiz más denso de aquel por el que deben pasar las declaraciones libres de sospecha.”<sup>[13]</sup>, lo que permite concluir que dicha norma no es más que una especificación de las reglas de la sana crítica aplicadas al proceso civil.”

## INFORME VISITA DE VERIFICACIÓN

El día 26 de agosto de 2025, se realizó una visita de verificación en las instalaciones de la sociedad CADENA S.A (en adelante CADENA), ubicada en la Carrera 34 No 13ª -87 en el municipio de Yumbo - Valle del Cauca.

La visita se realizó en el marco de la investigación iniciada mediante la Resolución 046 del 28 de febrero de 2025 y en cumplimiento de la Resolución 200 del 4 de agosto de 2025, en la cual la Dirección de Comercio Exterior decretó la práctica de una visita a las instalaciones de CADENA, con el fin de establecer el desempeño del Papel Bond importado en su proceso de producción, así como las razones por las que el producto nacional no puede cumplir las mismas condiciones de desempeño.

Para su desarrollo se contó con el acompañamiento de funcionarios de la empresa CADENA, Luis Villegas, Vicepresidente de Protección contra el Fraude, Yulieth Martinez Gabela, Gerente de ventas y operaciones de Protección contra el Fraude. Las consultoras externas de la firma Araujo-Ibarra Consultores Internacionales S.A.S, Olga Lucia Salamanca y Amena Maestre, por parte del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, las profesionales de la Subdirección de Prácticas Comerciales, Arantxa Iguaran y Mariam Guerra.

En primera instancia, Luis Villegas realizó una explicación de los servicios y portafolios de la empresa CADENA, así como la importancia de la calidad y los tiempos de entrega que deben cumplir los productos elaborados por la empresa, para satisfacer los requerimientos de sus clientes, principalmente del sector financiero, educativo y entidades públicas. Seguidamente, en compañía de Yulieth Martinez se inicia el recorrido a la planta de producción.

### 1. PRODUCTO INVESTIGADO

Se aclaró que el *Papel Bond* objeto de investigación que es comprado por CADENA, según la clasificación arancelaria es un papel sin estucar ni recubrir, de los tipos utilizados para escribir, imprimir u otros fines gráficos que se fabrica con pulpa de madera blanqueada, de peso superior o igual a 40 g/m<sup>2</sup> pero inferior o igual a 150 g/m<sup>2</sup>, en presentación de rollos o bobinas, clasificado por las subpartidas arancelarias 4802.55.90.00 y 4802.57.90.00. CADENA afirma que, solo importa por la subpartida 4802.55.90.00 papel bond en bobinas originario de Brasil, de los siguientes proveedores:

Proveedor	Tipo de Papel	Línea de negocio	Nombre Comercial
SUZANO S.A.	Papel Laser 75g Bond-offset 60-90g	Formas comerciales, Impresión digital, Sistemas de evaluación	Paperfect Laser
SYLVAMO	Papel Inkjet 80-90g Bond-offset 60-90g	Bond-offset 60-90g: Formas comerciales, Impresión digital.	Chambril Digital

		Papel Inkjet 80-90g: Impresión digital inkjet donde las especificaciones del producto requieren que no fugue la tinta, ejemplo, facturas de Acueducto de Bogotá y Loterías.	
--	--	---	--

De otra parte, argumentan que el papel bond que les provee CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A. (en adelante, CARVAJAL) es *Papel Laser 75g Bond-offset 60-90g*, el cual es utilizado para las líneas de negocio de formas comerciales, impresión digital y sistemas de evaluación. También señalan que el productor nacional sólo puede proveer papel laser de 75g y bond-offset de 60 a 90g, el cual es utilizado en productos sencillos y con un bajo nivel de exigencia debido a la naturaleza y cualidades de este tipo de papel. Sin embargo, afirman que el papel bond importado de Brasil, específicamente el vendido por SUZANO S.A, presenta una mayor resistencia al rasgado en comparación con el del productor nacional, menor porcentaje de humedad y ancho de la bobina, de acuerdo con los requerimientos de su proceso productivo. Finalmente, afirman que estas características representan una ventaja en términos de durabilidad, calidad y desempeño, en su proceso y la calidad de sus productos.

Adicionalmente, mencionan que las diferencias existentes entre el papel bond tipo laser y el papel bond tipo inkjet, se basa principalmente en la funcionalidad y los tipos de productos que fabrica CADENA como loterías, estado de cuenta, exámenes, entre otros. Entre las características principales del papel bond tipo inkjet, mencionan que a diferencia del papel bond tipo laser, está diseñado específicamente para lograr una impresión de alta calidad, precisión y rendimiento en el proceso de impresión digital inkjet, además cuenta con un anclaje especial que permiten una absorción rápida de la tinta inkjet. Adicionalmente, afirman que utilizan el papel bond tipo inkjet porque para la fabricación de sus productos requieren garantizar una impresión nítida y resistente (fuga al agua), capaz de soportar la manipulación constante y un almacenamiento prolongado, que solo se presenta cuando se utiliza este tipo de papel bond como materia prima. Por último, señalan que CARVAJAL no produce papel bond tipo inkjet e indican que en su portafolio de productos publicado en su página web no existe esta referencia.<sup>1</sup>

## 2. PROCESO PRODUCTIVO

CADENA aporta explicación general del proceso productivo donde utilizan el papel bond tipo laser y el papel bond tipo inkjet como materia prima (Anexo 1).

### -Papel Bond tipo laser

Durante la visita a la planta de producción, se examinaron las líneas de producción que emplean como materia prima el papel bond tipo láser e inkjet. Se observó que en algunos de sus procesos utilizan el papel *Paperfect laser* de

<sup>1</sup> <https://www.propal.com.co/papel-para-artes-graficas>

SUZANO. Según CADENA, la razón principal es que este material cumple con los requisitos técnicos y de rendimiento necesarios para su producción, a diferencia del papel bond tipo laser producido por CARVAJAL.

En el recorrido se evidenciaron varios inconvenientes al usar el papel de producción nacional, como atascos y trabas en el equipo de impresión digital. Los operarios consultados confirmaron que se presentan problemas al utilizar dicho papel, lo que genera retrasos en la producción y altos desperdicios.

Adicionalmente, se realizó una prueba de resistencia en la que la Directora de Operaciones de CADENA en Cali, comparó una fajilla bancaria (producto final), producida con el papel bond tipo laser de producción nacional y una fabricada con el papel bond tipo laser que les vende Suzano. La fajilla fabricada con el papel bond de producción nacional mostró una menor resistencia al rasgado, rompiéndose con más facilidad. Además, explicaron los problemas en cuanto a costos financieros y logísticos que tuvieron con un cliente por utilizar como materia prima el papel de producción nacional. Finalmente, aportan informe de calidad por una novedad por baja resistencia al rasgado del producto de fajilla bancaria en cual se realizó una comparación entre la fajilla bancaria producida con el producto nacional y con el importado. (Anexo 2).

#### - **Papel bond tipo Inkjet**

CADENA afirma que, el papel bond tipo laser no tiene anclaje a la tinta inkjet, ya que sus fibras son porosas y absorben el líquido de manera desigual. Es decir que, la tinta se esparce, los bordes se ven borrosos, los colores pierden saturación y el secado es lento. Además, al penetrar profundamente en la celulosa el colorante queda expuesto al aire y la luz, lo que reduce resistencia a la decoloración (una especificación de calidad y de seguridad que debe cumplir los productos que elabora CADENA).

Por lo expuesto anteriormente, el papel bond tipo inkjet se convierte en el indicado para la elaboración de los productos de CADENA, como los billetes de lotería, ya que su estructura resuelve los problemas antes mencionados. La capa superior del papel bond tipo inkjet regula la cantidad de tinta que entra, esto evita que la tinta se corra, asegurando que los bordes de los textos y las imágenes se mantengan nítidos y definidos. En lugar de penetrar en las fibras del papel, los colorantes de la tinta se anclan en la capa superficial. Este anclaje no solo intensifica el color, el brillo y la nitidez, sino que también protege la impresión de la degradación. Los poros microscópicos del recubrimiento absorben rápidamente el agua de la tinta y la retienen, permitiendo que el colorante se fije de forma casi instantánea en la superficie y evitando las manchas.

Al mantener la tinta en la superficie, el recubrimiento lo protege de la exposición al oxígeno y a la luz. Esto incrementa significativamente la resistencia a la decoloración, haciendo que la impresión dure mucho más tiempo.

Afirman que, el papel bond tipo inkjet no es un simple soporte, sino un medio optimizado para que la tinta:

- No se fuge la tinta.
- No se corra ni traspase.
- Mantenga colores vivos y nítidos.
- Seque rápido sin manchas.
- Aumente su durabilidad frente a luz y humedad.

A continuación, se detalla las diferencias que CADENA desde su conocimiento de mercado plantea sobre algunas de las características entre el papel bond tipo laser y el papel bond tipo inkjet:

<b>Criterio</b>	<b>Papel bond tipo láser</b>	<b>Papel bond tipo Inkjet</b>
<b>Absorción de tinta</b>	Alta y descontrolada (las fibras chupan el agua)	Regulada gracias al recubrimiento microporoso o swellable
<b>Definición de bordes</b>	Baja: los bordes se ven difusos o corridos (bleeding)	Alta: bordes nítidos y líneas precisas
<b>Saturación de color</b>	Colores apagados y poco intensos	Colores vivos, brillantes y con mayor contraste
<b>Secado</b>	Lento, con riesgo de manchas	Rápido: los microporos absorben el solvente y fijan el colorante
<b>Resistencia al agua</b>	Muy baja: el tinte se corre con humedad	Moderada: el recubrimiento retiene el tinte en superficie
<b>Durabilidad / resistencia a la luz</b>	Baja: se decolora rápido	Media-Alta: el recubrimiento reduce oxidación y fading
<b>Uso recomendado</b>	Textos de oficina, borradores	Fotografía, gráficos de alta resolución, impresiones finales

- **Comparación del desempeño dentro del proceso productivo de CADENA, utilizando como materia prima el papel bond tipo laser producido por CARVAJAL (bagazo de caña) y el papel bond de SUZANO (fibra de eucalipto):**

Teniendo en cuenta la tecnología que utiliza CADENA en sus procesos productivos, el papel utilizado debe cumplir ciertas especificaciones de los fabricantes de los equipos de impresión, corte y empaque (RICOH, IBIS, entre otras). En ese sentido, a continuación se presentan las diferencias y efectos que CADENA ha identificado en su proceso productivo entre el papel bond nacional (fibra corta/bagazo de caña) y el importado originario de Brasil (fibra larga/pulpa de eucalipto):

Criterio	Papel de Pulpa de Eucalipto	Papel de Bagazo de Caña de Azúcar	Variable asociada
Calidad de impresión	Alta definición de color	Media (limitada en impresión de alta exigencia)	Longitud de fibra
Blancura	Alta (aparición blanca refinada)	Moderada (tono más amarillento)	Blancura
Opacidad	Alta (ideal para impresión a doble cara)	Media (puede presentar traspaso de tinta)	Opacidad
Resistencia al rasgado	Alta (mayor integridad estructural)	Baja (menos resistente en manipulación)	Rasgado Transversal y Longitudinal
Comportamiento en impresión digital	Excelente anclaje de tinta, baja generación de polvo	Aceptable en impresoras básicas, menor estabilidad	Tracción y rasgado
Sostenibilidad	Plantaciones sostenibles, economía circular	Muy alta (residuo agroindustrial, bajo impacto ecológico)	No aplica
Aplicaciones recomendadas	Revistas, catálogos, libros ilustrados, etiquetas, empaques premium, material POP	Papelería ecológica, formularios, empaques biodegradables, productos promocionales sostenibles	No aplica

VARIABLES CRITICAS DE PROCESO				
Variable	Papel de Pulpa de Eucalipto	Papel de Bagazo de Caña de Azúcar	Funcionalidad en Papel fabricado con Bagazo de Caña de Azúcar para Cadena	Desempeño en proceso productivo
Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	75	75	Funcional	Sin Novedad
Calibre (micra)	101	102	Funcional	Sin Novedad
Opacidad (%)	91	87	No Funcional	En % por debajo de 90% genera variación de tono
Blancura (%)	98	No especifica en ficha técnica	No Funcional	Papel de Bagazo de caña tiene coloración amarilliza, generando variación en los colores de la impresión
Humedad (%)	4,3	4,3*	No Funcional	El papel bond de CARVAJAL en el control de calidad de CADENA registra % de humedad mayor al valor máximo que registra la ficha técnica, es decir, mayor a 4,6% (Anexo 3). La humedad alta presenta inconvenientes de encocamiento de papel, atascamiento en máquina y mala presentación en productos impresos.
Tracción Longitudinal (kgf/15mm)	9,2	5,4	No Funcional	Genera problemas de desempeño en máquinas de corte por atascamiento cuando se tienen valores bajos
Tracción Transversal (kgf/15mm)	2,2	2,5	Funcional	Sin Novedad
Rasgado Longitudinal (gf)	43	40	No Funcional	Genera fractura del papel en proceso de impresión, así como en la manipulación del uso final de los productos impresos
Rasgado Transversal (gf)	54	47	No Funcional	
Longitud de fibra (mm)	4-6	1,5	No Funcional	En fibras cortas, se presenta menos estabilidad de los papeles en la impresión y son menos resistentes a la tensión en máquinas, tienden a
Tipo de Fibra	Fibra Larga	Fibra Corta	No Funcional	
Presentación Rollo/ ancho de bobina (cm)	Desde 25,5	Desde 50	No Funcional	Genera altos desperdicios y sobrecostos en medidas por encima de 43,2 cm, por requerir convertir a medidas para producción y/o desperdicio por cortes a medida final del cliente (quien asume este costo es el fabricante del producto)

\*Valor objetivo de la ficha técnica de CARVAJAL

Fuente: fichas técnicas papel bond tipo laser proporcionadas por los proveedores. (Anexo 4)

### 3. IMPORTACIONES DE PAPEL BOND

Cadena aporta información respecto al volumen de las importaciones de papel bond clasificada por subpartida arancelaria 4802.55.90.00 originarias de Brasil, relacionando origen, proveedor y el tipo de papel importado.

Año	País	Proveedor	cantidad kg	Tipo de Papel
2021	Otros países	Otros proveedores	328.818	Papel inkjet
2022	Brasil	SUZANO SA	786.290	Papel Laser
2022	Brasil	COPAP EUROPE SAS (Sylvamo)	46.922	Papel Offset 94% y Papel inkjet 6%
2022	Otros países	Otros proveedores	311.268	Papel Inkjet
2023	Brasil	SUZANO SA	845.215	Papel Laser
2023	Brasil	SIGMA TRADE FINANCE INC (Sylvamo)	24.788	Papel inkjet 80,1% y Papel offset 19,9
2023	Brasil	COPAP EUROPE SAS (Sylvamo)	48.603	Papel Offset 61,5% y Papel inkjet 38,5%
2023	Otros países	Otros proveedores	187.739	Papel Inkjet
2024	Brasil	SUZANO SA	638.238	Papel Laser
2024	Brasil	COPAP INC (Sylvamo)	74.875	Papel Inkjet
2024	Brasil	SIGMA TRADE FINANCE INC (Sylvamo)	73.040	Papel Inkjet
2024	Otros países	Otros proveedores	216.771	Papel Inkjet

Fuente: CADENA S.A

CADENA afirma que en el año 2022 la compañía comenzó a importar papel bond desde Brasil debido al cierre de la planta de Cartón de Colombia que, hasta ese momento, abastecía a la empresa del papel bond tipo láser que cumplía con las especificaciones técnicas requeridas para los productos finales elaborados por la compañía.

#### **4. INFORMACIÓN APORTADA**

- Anexo 1: Flujo proceso general de cadena (confidencial)
- Anexo 2: Informe área de calidad de CADENA S.A (público)
- Anexo 3: Análisis de control calidad de materia prima (confidencial)
- Anexo 4: Fichas técnicas de Carvajal y Suzano (público)

El presente informe se firma en Yumbo - Valle del Cauca el día veintiséis (26) de agosto del año dos mil veinticinco (2025), por los que en ella intervinieron, según se relaciona a continuación:

**Por: CADENA S.A:**



**LUIS ALFONSO VILLEGAS AGUILAR**  
Vicepresidente de Protección contra el Fraude

**Por el MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO:**



**ARANTXA ANDREA IGUARAN FAJARDO**  
Contratista  
Subdirección de Prácticas Comerciales

*Mariam Guerra De Luque*

**MARIAM GUERRA DE LUQUE**

Contratista

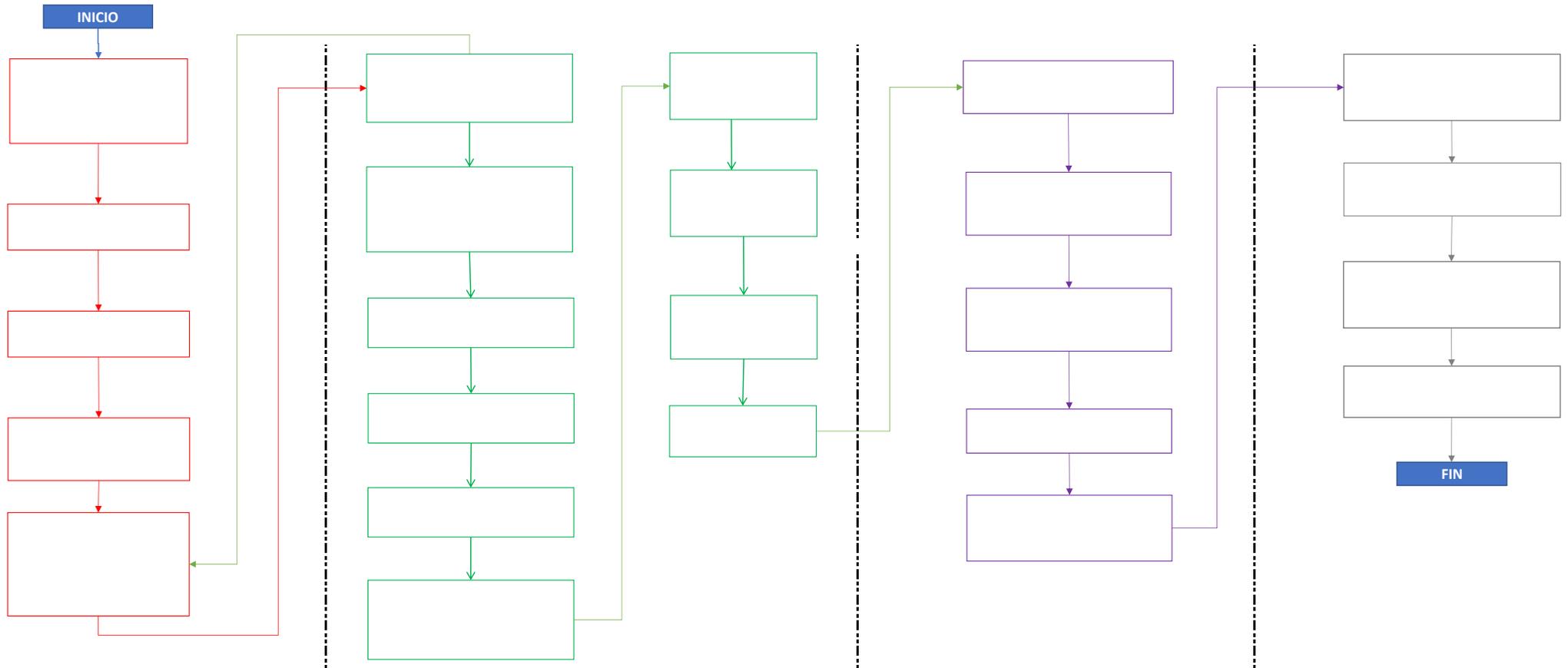
Subdirección de Prácticas Comerciales

RECEPCIÓN MATERIA PRIMA

PROCESO IMPRESIÓN

PROCESO EMPAQUE

PROCESO DESPACHO



## Informe de Calidad: Novedad Baja Resistencia al Rasgado del Producto Fajilla Genérica.

**Objetivo:** El objetivo de este informe es investigar las causas de la baja resistencia al rasgado del producto y proponer soluciones adecuadas.

### 1. Validaciones y Resultados

#### 1.1. Validación con el Proveedor Carvajal.

Se contactó al proveedor Carvajal para analizar posibles causas del problema. Carvajal sugirió evaluar la tensión durante la fabricación del producto y la exposición del papel a la humedad. Se enviaron muestras del producto fabricado con papel de Carvajal y papel de Suzano a un laboratorio para un análisis detallado.

#### 1.2. Resultados de las Pruebas de Laboratorio.

Los resultados del análisis de laboratorio mostraron que, a pesar de tener el mismo gramaje y calibre, el papel de Carvajal presentó una menor resistencia al rasgado en comparación con el papel de Suzano. Esta diferencia sugiere que las propiedades físicas del papel suministrado por Carvajal están contribuyendo significativamente al problema.

#### 1.3. Prueba de Impresión en Máquina Rotativa 1.

El 25 de abril de 2024, se realizó una prueba en la máquina rotativa 1 para evaluar el comportamiento del papel durante la producción. Se observó que el papel de Suzano presentó una mejor apariencia de color en comparación con el papel de Carvajal.

#### 1.4. Pruebas de Fajado.

Durante las pruebas de fajado realizadas con ambos tipos de papel (impresos y papel virgen) el 25 de abril, se confirmó que el papel de Carvajal tiene una menor resistencia al rasgado. El papel de Carvajal se rompió con mayor facilidad al aplicar tensión para fajado, mientras que el papel de Suzano mostró una mayor resistencia.

#### 1.5. Consideraciones sobre Humedad y Condiciones Ambientales.

Se tuvo en cuenta la recomendación del proveedor Carvajal para descartar influencias de la humedad. No obstante, debido al tiempo transcurrido entre la producción inicial y la reclamación, no fue posible medir con precisión la humedad del papel. Las condiciones ambientales cambiantes en la planta podrían haber alterado los resultados.

### 2. Conclusiones y Recomendaciones

#### Medellín

Carrera 50 No. 97A Sur - 150  
La Estrella • Antioquia  
Tel: (604) 378 66 66

#### Bogotá

Carrera 68 B No. 17 - 73  
Bogotá • Colombia  
Tel: (601) 405 02 00

#### Cali

Carrera 34 No. 13 A - 87  
Acopi Yumbo • Valle del Cauca  
Tel: (602) 609 60 60

## 2.1. Conclusiones

La baja resistencia al rasgado del producto Fajilla genérica está directamente relacionada con las características del papel suministrado por Carvajal. No se identificaron problemas adicionales en el proceso de producción que pudieran haber afectado la resistencia al rasgado si se hubiera utilizado papel de Suzano.

## 2.2. Recomendaciones

- **Cambio de Proveedor:** Se recomienda reemplazar el papel de Carvajal por el papel de Suzano en la producción futura para asegurar una mayor resistencia al rasgado.
- **Revisión de Especificaciones:** Actualizar las especificaciones de los materiales para incluir criterios de resistencia al rasgado en futuros proyectos de cotización.
- **Evaluación Continua:** Implementar un sistema de control de calidad que incluya pruebas de resistencia al rasgado para futuros lotes.

## ANEXOS

### Resultados análisis Cadena

Especificación	Carvajal			Suzano			Diferencia	
	Material	Estándar	Medición	Material	Estándar	Medición	Variación	%
Gramaje	M0.01.000061-ID 201463-7	73-77 gr	77,8	M0.01.000079	73-77 gr	78,3	0,5 gr	0,6%
	Producto Impreso	73-77 gr	77,2		73-77 gr	78,3	1,1 gr	1,4%
Calibre	M0.01.000061	100-107 µm	101,6	M0.01.000079	99-104 µm	101,6	0 µm	0,0%
	M0.01.000061-ID 201463-7	100-107 µm	101,6		99-104 µm	101,6	0 µm	0,0%

### Resultado análisis Blendpaper

Item	Unidad	Papel (Propal)	Papel (Suzano)
Tracción LO	kgf/15mm	5,4	9,2
Tracción TR	kgf/15mm	2,5	2,2
Rasgado LO	gf	40	43
Rasgado TR	gf	47	54

### Resultado análisis Carvajal

**Medellín**  
Carrera 50 No. 97A Sur - 150  
La Estrella • Antioquia  
Tel: (604) 378 66 66

**Bogotá**  
Carrera 68 B No. 17 - 73  
Bogotá • Colombia  
Tel: (601) 405 02 00

**Cali**  
Carrera 34 No. 13 A - 87  
Acopi Yumbo • Valle del Cauca  
Tel: (602) 609 60 60

PROPIEDAD		PAPEL BLANCO	PAPEL IMPRESO
GRAMAJE	Gr/mt <sup>2</sup>	75	78
Calibre	micras	100	111
Tensión	LB/0.5PLG	15	11
Rasgado CD	Gramos	54	47
Lisura	Sheffield	122/127	145/187

## Ficha técnica Carvajal y Suzano



### CARVAJAL PULPA Y PAPEL FICHA TÉCNICA



**PRODUCTO** : PROPALFORMAS LASER ULTBCO 75 G  
**CÓDIGO** : 189807534  
**FECHA DE EMISIÓN** : 14/06/2023  
**ÚLTIMA REVISIÓN** : 11/05/2022

Características	Unidades	Método	LÍMITE DE ESPECIFICACION		
			Máximo	Mínimo	Objetivo
BRIGHTNESS ISO	%			91.00	92.00
CALIBRE	MICRA	T411	107.00	100.00	102.00
CENIZAS	%	T413		16.00	
HUMEDAD	%	T412	4.60	3.80	4.30
OPACIDAD TECHNI	% TECH	T425		87.00	
PESO BASICO	GR/M2	T410	77.00	73.00	75.00
RIGIDEZ TAB CD	GRAMOS * CENTIMETRO	T489	1.70	0.70	1.40
RIGIDEZ TAB MD	GRAMOS * CENTIMETRO	T489	3.50	1.70	2.20
TONO AH TECN.	HUNTER	T524	4.00	3.00	3.50
TONO BH TECN	HUNTER	T524	-8.50	-7.50	-7.00

## Paperperfect® Laser



**Descrição**  
 Descrição  
 Papel off-set alcalino, feito com 100% de celulose de eucalipto branqueada ECF.  
 Alcaline woodfree off-set paper, made with 100% ECF bleached eucalyptus pulp.

**Principais Usos**  
 Main Uses  
 Formulários contínuos, cadernos, livros e impressos em geral.  
 Continuous forms, notebooks, books and printed in general.

Gramatura / Grammage	Norma Ref. Standard	Unidade Unit	70		75		80		90	
			N	T	N	T	N	T	N	T
Gramatura / Grammage	ISO 536	g/m <sup>2</sup>	70	68-72	75	73-77	80	78-82	90	88-92
Espessura / Thickness	ISO 534	micra	95	92-97	101	99-106	108	105-111	122	119-124
Apertura Bendown / Bendown Roughness	ISO 8791/2	m/min	180	100-270	180	100-270	180	100-270	180	100-270
Opacidade / Opacity	ISO 2471	%	90	≥ 87	91	≥ 87	93	≥ 90	95	≥ 93
Alvura ISO (C2) / ISO Brightness	ISO 2470	%	98	≥ 96	98	≥ 96	98	≥ 96	98	≥ 96
Branco ISO / ISO Whiteness	ISO 1470	°	190	158-162	190	158-162	190	158-162	190	158-162

N = Nominal T = Tolerância / Tolerance Norma Ref = Norma de referência Standard = Reference method

\* Unidade de fabricação / ISO-MQC/BCR  
 \* Condições de ensaio: 23°C / 50% UR (de acordo com a ISO 187). Tolerâncias baseadas em 95% de intervalo de confiança, aplicadas para média de bobina ou pallet. Para verificação, a média deve ser calculada em 5 medições de amostras escolhidas aleatoriamente no pallet/bobina. Deve-se estar dentro da limite especificado no mesmo 19 ou 20 pallets/bobinas analisadas./ Teste em condições: 23°C / 50% UR (de acordo com a ISO 187). Tolerâncias baseadas em 95% de intervalo de confiança. Para verificar, a média deve ser calculada com base em 5 medições de amostras escolhidas aleatoriamente dentro do pallet/bobina. Deve-se estar dentro do limite especificado no mesmo 19 ou 20 pallets/bobinas dentro da especificação.

\* Para aplicações diferentes das citadas acima, entrar em contato com a Suzano. / For applications other than those mentioned above, contact Suzano.



REFERÊNCIA: EPP 04.00001  
 EMISSÃO: 07/06/2023  
 VALIDADE: 07/06/2024

**Medellín**  
 Carrera 50 No. 97A Sur - 150  
 La Estrella • Antioquia  
 Tel: (604) 378 66 66

**Bogotá**  
 Carrera 68 B No. 17 - 73  
 Bogotá • Colombia  
 Tel: (601) 405 02 00

**Cali**  
 Carrera 34 No. 13 A - 87  
 Acopi Yumbo • Valle del Cauca  
 Tel: (602) 609 60 60

## Anexo 4.1

### Correo enviado por el laboratorio de Blend Paper

El papel nuevo (muestra impresa): Corresponde al papel de Propal.

El papel antiguo (muestra sin impresión): Corresponde al papel de Suzano

---

**De:** Acacio Bannvart <[Acacio.Bannvart@bpsec.com.br](mailto:Acacio.Bannvart@bpsec.com.br)>  
**Enviado el:** miércoles, 10 de abril de 2024 10:19 a. m.  
**Para:** Alexander Sanchez Perdomo <[alexander.sanchez@cadena.com.co](mailto:alexander.sanchez@cadena.com.co)>  
**CC:** André Felipe Sanavio <[andre.sanavio@bpsec.com.br](mailto:andre.sanavio@bpsec.com.br)>  
**Asunto:** RES: Análisis muestras Cadena SA

¡Ten cuidado! Este correo proviene de una cuenta externa, no abras adjuntos o enlaces de este mensaje sin antes estar seguro que el remitente de este correo, envíalo adjunto en un nuevo correo al buzón [correosospchoso@cadena.com.co](mailto:correosospchoso@cadena.com.co)

Hola Alex,

Espero que este correo te encuentre bien.

De acuerdo con el análisis las muestras impresas presentan una resistencia física menor que el papel no impreso.

Ítem	Unidad	Papel Nuevo (muestra impresa)	Papel Antiguo (muestra sin impresión)
Tracción LO	kgf/15mm	5,4	9,2
Tracción TR	kgf/15mm	2,5	2,2
Rasgado LO	gf	40	43
Rasgado TR	gf	47	54

¿Crees que es posible que pensemos en alguna propuesta con seguridad para este papel?

Gracias

Acacio

---

**De:** Alexander Sanchez Perdomo <[alexander.sanchez@cadena.com.co](mailto:alexander.sanchez@cadena.com.co)>  
**Enviada em:** quarta-feira, 10 de abril de 2024 12:56  
**Para:** Acacio Bannvart <[Acacio.Bannvart@bpsec.com.br](mailto:Acacio.Bannvart@bpsec.com.br)>  
**Cc:** André Felipe Sanavio <[andre.sanavio@bpsec.com.br](mailto:andre.sanavio@bpsec.com.br)>  
**Assunto:** RE: Análisis muestras Cadena SA

Hola Acacio

Quería solicitarte una ayuda adicional, ¿puedes explicarme brevemente como se interpreta cada variable del análisis?

Ítem
Tracción LO
Tracción TR
Rasgado LO
Rasgado TR

**cadena.**

**Alexander Sanchez Perdomo**

Negociador  
57 (2) 609 6060 Ext. 635  
[alexander.sanchez@cadena.com.co](mailto:alexander.sanchez@cadena.com.co)  
Carrera 34 #13a - 87  
Acopi - Yumbo  
[www.cadena.com.co](http://www.cadena.com.co)

Enviado el: miércoles, 10 de abril de 2024 12:30 p. m.

Para: Alexander Sanchez Perdomo <[alexander.sanchez@cadena.com.co](mailto:alexander.sanchez@cadena.com.co)>

CC: André Felipe Sanavio <[andre\\_sanavio@bpsec.com.br](mailto:andre_sanavio@bpsec.com.br)>

Asunto: RES: Análisis muestras Cadena SA

¡Ten cuidado! Este correo proviene de una cuenta externa, no abras adjuntos o enlaces de este mensaje sin antes estar seguro que el remitente sea conocido y confiable. Si sospechas de la procedencia y/o contenido de este correo, envíalo adjunto en un nuevo correo al buzón [correosospchoso@cadena.com.co](mailto:correosospchoso@cadena.com.co)

Alex,

Siguen alguns comentarios:

**Tracción:**

La resistencia a la tracción es la tensión directa necesaria para rasgar ("arrebentar") el papel cuando se aplica una fuerza sobre lo mismo. Normalmente el papel tiene maior resistencia de tracción en el sentido paralelo a la dirección de las fibras de celulose (LO).

**Rasgado:**

Es el esfuerzo necesario para rasgar el papel después del rasgo se haver iniciado.

Normalmente el papel tiene maior resistencia ao rasgado en el sentido perpendicular a la dirección de las fibras de celulose (ST)



Normalmente esos dos características son relacionadas para inferir a respecto de la resistencia mecanica del papel. Muchas cosas pueden afectar los valores de esos testes y entre ellas están el largo de las fibras de celulosa y la cantidad de carga mineral utilizada en la producción del papel.

Acacio

## Anexo 4.2

Correo respuesta de Carvajal sobre el incidente de calidad

Papel Blanco: Corresponde a Suzano

Papel impreso: Corresponde a Propal

¡Ten cuidado! Este correo proviene de una cuenta externa, no abras adjuntos o enlaces de este mensaje sin antes estar seguro que el remitente sea conocido y confiable. Si sospechas de la procedencia y/o contenido de este correo, envíalo adjunto en un nuevo correo al buzón [correosospedioso@cadena.com.co](mailto:correosospedioso@cadena.com.co)

Alexander , buenos días . adjunto información de los análisis realizado a los papeles :

PROPIEDAD		PAPEL BLANCO	PAPEL IMPRESO	
GRAMAJE	Gr/mt <sup>2</sup>	75	78	
Calibre	micras	100	111	
Tensión	LB/0.5PLG	15	11	
Rasgado CD	Gramos	54	47	
Lisura	Sheffield	122/127	145/187	

En la propiedades de resistencia se observa con mayor valor el papel en blanco , sin embargo la tensión del papel impreso a sido sometida a velocidades 2000 metros/minuto. Un aspecto importante es revisar el tema de la humedad .

Cordial Saludo,

Francisco Gonzalez C  
Ingeniero Aplicaciones Papel  
Carvajal Pulpa y Papel S.A.  
Pbx/ext:(57) (2) 6512000 ext:72255  
[Francisco.GonzalezC@carvajal.com](mailto:Francisco.GonzalezC@carvajal.com)  
Santiago de Cali-Colombia



LIBERACIÓN MATERIA PRIMA (PAPEL DE CONVERTIDORA)

cadena.		Código:	FI-AC-87-5.1	Fecha:	abr-25	Proceso:	Calidad
Clasificación de la información: Este documento es de uso interno							
MARQUE CON UNA X EL TIPO DE MATERIAL A LIBERAR		ROLLOS <input checked="" type="checkbox"/> HOJAS <input type="checkbox"/>		PROVEEDOR CONVERTIDORA		Polina Visbal	
REFERENCIA		papel papel app 2et x90 gr		N° PLATAFORMA O ROLLO			
FECHA DE RECEPCIÓN		21 07 2025					
FECHA DE ANÁLISIS		21 07 2025					
VALOR DE HUMEDAD %		5.4   5.2   4.9   5.2   6.0					
ANÁLISIS DE CALIDAD		CNC-NA	CANTIDAD AUDITADA	CANTIDAD RECHAZADA	CANTIDAD APROBADA		
N° PLATAFORMA O ROLLO			15	1	14		
MATERIAL SIN PUNTOS			TOTAL: 15	TOTAL: 1	TOTAL: 14		
MATERIAL SIN GOLPES			OBSERVACIONES:				
MATERIAL SIN RAYAS							
MATERIAL SIN VARIACIÓN DE TONO							
MATERIAL SIN ARRUGA							
MATERIAL SIN PELUSA (PRUEBA CON CINTA TRANSPARENTE)							
MATERIAL CON IDENTIFICACIÓN DE LA CONVERTIDORA							
TIENE LA MISMA MEDIDA Y GRAMAJE DE LA IDENTIFICACIÓN							
VALIDAR EL CALIBRE DEL PAPEL vs INFORMACIÓN LA FICHA TECNICA							
MATERIAL PROTEGIDO CON PLASTICO ESTRECH Y SUNCHOS							
VALIDAR SI LAS BOBINAS ESTAN BIEN ALINEADAS Y REVISAR QUE LOS CORES ESTEN A RAS CON EL ROLLO							
VALIDAR QUE LA ALTURA DE LAS PLATAFORMAS SEA MAXIMO 150 CM (APLICA PARA LOS PLIEGOS MAYORES A 50 CM) PARA LOS TAMAÑOS MENORES 50 CM MAXIMO DE 70 CM (PLIEGOS).							
VALIDAR QUE EL DIAMETRO DE LOS ROLLOS PARA PAPEL BOND SEA MAXIMO DE 120 - PROPALCOTE SE MAXIMO DE 100 CM Y PARA METALIZADO SE MAXIMO DE 70 CM (TOLERANCIA EN ANCHO +0.5 MM)							
MATERIAL PAREJO Y CON ESQUINEROS							
CONTEO DEL PRIMER BANDERIN CON 200/500 PLIEGOS							
ESTIBA VIENE CON ETIQUETA ORIGINAL DE IDENTIFICACION DEL ROLLO MADRE							
RESISTENCIA A LA HUMEDAD, APLICA SOLO PARA METALIZADO							
ADHERENCIA DE PARTICULAS DEL METALIZADO CON LA CINTA 3M							
MEDICIÓN DEL L*A*B* CON EL ESPETOFOTODENCITOMETRO, SOLO EN CASO DE HOMOLOGACIÓN.							
MEDICIÓN DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL, SOLO EN CASO DE HOMOLOGACIÓN, CON LOS MARCADORES DE DINAS.							
MEDICIÓN DEL BLANCO PAPEL, SOLO EN CASO DE HOMOLOGACIÓN							
NOMBRE QUIEN AUDITA:		Mara U					

cadena.	LIBERACIÓN MATERIA PRIMA (PAPEL DE CONVERTIDORA)					
	Código:	FI-AC-87-6.1	Fecha:	jun-25	Proceso:	Calidad
Clasificación de la información: Este documento es de uso interno						
MARQUE CON UNA X EL TIPO DE MATERIAL A LIBERAR	ROLLOS <input checked="" type="checkbox"/> HOJAS <input type="checkbox"/>		PROVEEDOR CONVERTIDORA	Molina Visbal		
REFERENCIA	Propal offset x 90 g.		N° PLATAFORMA O ROLLO			
FECHA DE RECEPCIÓN	12/08/2025					
FECHA DE ANÁLISIS	13/08/2025					
VALOR DE HUMEDAD %	5.8.	5.6	5.7	5.6	5.7	5.7.
ANÁLISIS DE CALIDAD	C-NC-NA	CANTIDAD AUDITADA	CANTIDAD RECHAZADA	CANTIDAD APROBADA		
N° PLATAFORMA O ROLLO		31	7	24		
MATERIAL SIN PUNTOS		TOTAL: 31	TOTAL: 7	TOTAL: 24		
MATERIAL SIN GOLPES						
MATERIAL SIN RAYAS						
MATERIAL SIN VARIACIÓN DE TONO						
MATERIAL SIN ARRUGA						
MATERIAL SIN PELUSA ( PRUEBA CON CINTA TRANSPARENTE)						
MATERIAL CON IDENTIFICACIÓN DE LA CONVERTIDORA						
TIENE LA MISMA MEDIDA Y GRAMAJE DE LA IDENTIFICACIÓN						
VALIDAR EL CALIBRE DEL PAPEL vs INFORMACIÓN LA FICHA TECNICA						
MATERIAL PROTEGIDO CON PLASTICO ESTRECH Y SUNCHOS						
VALIDAR SI LAS BOBINAS ESTAN BIEN ALINEADAS Y REVISAR QUE LOS CORES ESTEN A RAS CON EL ROLLO						
VALIDAR QUE LA ALTURA DE LAS PLATAFORMAS SEA <b>MAXIMO</b> 150 CM (APLICA PARA LOS PLIEGOS MAYORES A 50 CM) PARA LOS TAMAÑOS MENORES 50 CM <b>MAXIMO</b> DE 70 CM (PLIEGOS).						
VALIDAR QUE EL DIAMETRO DE LOS ROLLOS PARA PAPEL BOND SEA <b>MAXIMO</b> DE 120 - PROPALCOTE SE <b>MAXIMO</b> DE 100 CM Y PARA METALIZADO SE <b>MAXIMO</b> DE 70 CM (TOLERANCIA EN ANCHO +0.5 MM)						
MATERIAL PAREJO Y CON ESQUINEROS						
CONTEO DEL PRIMER BANDERIN CON 200/ 500 PLIEGOS						
ESTIBA VIENE CON ETIQUETA ORIGINAL DE IDENTIFICACION DEL ROLLO MADRE						
RESISTENCIA A LA HUMEDAD, APLICA SOLO PARA METALIZADO						
ADHERENCIA DE PARTICULAS DEL METALIZADO CON LA CINTA 3M						
MEDICIÓN DEL L*A*B* CON EL ESPETO FOTODENCITOMETRO, SOLO EN CASO DE HOMOLOGACIÓN.						
MEDICIÓN DE LA TENSIÓN SUPERFICIAL, SOLO EN CASO DE HOMOLOGACIÓN, CON LOS MARCADORES DE DINAS.						
MEDICIÓN DEL BLANCO PAPEL, SOLO EN CASO DE HOMOLOGACIÓN						
NOMBRE QUIEN AUDITA:	Maria N.					

REFERENCIA: EPP.04.00101  
EMISIÓN: Arthur Marino – 07/06/2021  
VALIDEZ: 07/06/2022

### **Descripción**

Papel offset alcalino, fabricado con 100% de celulosa de eucalipto blanqueada ECF.

### **Usos principales**

Formularios continuos, cuadernos, libros e impresos en general.

	<b>Norma Ref.</b>	<b>Unidad</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
Gramaje	ISO 536	g/m <sup>2</sup>	70 (68-72)	75 (73-77)	80 (78-82)	90 (88-92)
Espesor	ISO 534	micras	95 (92-97)	101 (99-104)	108 (105-111)	122 (119-124)
Aspereza Bendtsen	ISO 8791/2	ml/min	180 (100-270)	180 (100-270)	180 (100-270)	180 (100-270)
Opacidad	ISO 2471	%	90 (≥87)	91 (≥87)	93 (≥90)	95 (≥93)
Brillo ISO (C2)	ISO 2470	%	98 (≥96)	98 (≥96)	98 (≥96)	98 (≥96)
Blancura CIE	ISO 11475	nº	160 (158-162)	160 (158-162)	160 (158-162)	160 (158-162)

### **Notas**

- Unidad de fabricación: MUCURI.
- Condiciones de ensayo: 23°C / 50% HR (según ISO 187). Tolerancias: basadas en un 95% de intervalo de confianza, aplicadas al promedio de la bobina o pallet. Para verificación, el promedio debe calcularse en 5 mediciones de muestras elegidas aleatoriamente en la bobina/pallet. Debe estar dentro del límite especificado al menos 19 de cada 20 bobinas/pallets analizados.
- Nos reservamos el derecho de realizar cambios.
- Para aplicaciones diferentes a las citadas arriba, contactar a Suzano.

**PRODUCTO** : PROPALFORMAS LASER ULTBCO 75 G  
**CÓDIGO** : 189807534  
**FECHA DE EMISIÓN** : 14/06/2023  
**ÚLTIMA REVISIÓN** : 11/05/2022

Características	Unidades	Método	LIMITE DE ESPECIFICACION		
			Máximo	Mínimo	Objetivo
BRIGHTNESS ISO	%			91.00	92.00
CALIBRE	MICRA	T411	107.00	100.00	102.00
CENIZAS	%	T413		16.00	
HUMEDAD	%	T412	4.60	3.80	4.30
OPACIDAD TECHNI	% TECH	T425		87.00	
PESO BASICO	GR/M2	T410	77.00	73.00	75.00
RIGIDEZ TAB CD	GRAMOS * CENTIMETRO	T489	1.70	0.70	1.40
RIGIDEZ TAB MD	GRAMOS * CENTIMETRO	T489	3.50	1.70	2.20
TONO AH TECN.	HUNTER	T524	4.00	3.00	3.50
TONO BH TECN	HUNTER	T524	-6.50	-7.50	-7.00



El papel suministrado en la presentación de **ROLLOS** tiene las siguientes tolerancias

DIMENSION	TOLERANCIA en mm
Ancho de Rollo	Ancho nominal + 3,0 mm
Diámetro	Diámetro nominal $\pm$ 50 mm

El papel suministrado en las presentaciones de **HOJAS** tiene las siguientes tolerancias

FORMATO DE LA HOJA en centímetros		TOLERANCIA en milímetros	
LARGO	ANCHO	en el LARGO	en el ANCHO
Largo hasta 100 cm	Ancho hasta 120 cm	- 0,0 a + 2,0 mm	- 0,0 a + 1,0 mm
Largo hasta 130 cm		- 0,0 a + 2,5 mm	
Largo mayor a 130 cm		- 0,0 a + 3,0 mm	

#### NOTAS

\* Se recomienda usar en un tiempo no mayor a seis meses a partir del despacho de la planta de producción. Mantenerlo bajo condiciones óptimas de almacenamiento como son protegido de la humedad ambiental, de la luz solar y de los cambios fuertes de temperatura. En todo momento conservar el empaque original.

\* Las fichas técnicas de producto contienen los valores estándares de nuestra producción con sus respectivos rangos de tolerancia. Los datos de producción se consideran que cumplen apropiadamente cuando el 95% de las veces están en el rango dado (95% de la probabilidad), según con la norma técnica Tappi T-1206. Nos reservamos el derecho a la modificación de las tolerancias de las pruebas del papel.

\* Las mediciones son realizadas bajo condiciones controladas de temperatura a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  y Humedad relativa de  $50 \pm 5\%$  acorde con la norma técnica Tappi T-402. El usuario es responsable de la seguridad en los procedimientos cuando realice sus propias verificaciones en el producto. Recomendamos que contacte a CARVAJAL Pulpa y Papel - [www.propal.com.co](http://www.propal.com.co) si tiene dudas sobre el tipo de uso que le debe dar al producto o sobre la seguridad para las evaluaciones de este.

# Paperfect® Laser



## Descrição Description

Papel off-set alcalino, feito com 100% de celulose de eucalipto branqueada ECF.  
Alkaline woodfree off-set paper, made with 100% ECF bleached eucalyptus pulp.

## Principais Usos Main Uses

Formulários contínuos, cadernos, livros e impressos em geral.  
Continuous forms, notebooks, books and prints in general.

Gramatura / Grammage	Norma Ref. Standard	Unidade Unit	70		75		80		90	
			N	T	N	T	N	T	N	T
Gramatura / Grammage	ISO 536	g/m <sup>2</sup>	70	68-72	75	73-77	80	78-82	90	88-92
Espessura / Thickness	ISO 534	micra	95	92-97	101	99-104	108	105-111	122	119-124
Aspereza Bendtsen / Bendtsen Roughness	ISO 8791/2	ml/min	180	100-270	180	100-270	180	100-270	180	100-270
Opacidade / Opacity	ISO 2471	%	90	≥ 87	91	≥ 87	93	≥ 90	95	≥ 93
Alvura ISO (C2) / ISO Brightness	ISO 2470	%	98	≥ 96	98	≥ 96	98	≥ 96	98	≥ 96
Branco CIE / CIE Whiteness	ISO 11475	nº	160	158-162	160	158-162	160	158-162	160	158-162

N = Nominal

T = Tolerância / Tolerance

Norma Ref = Norma de referência

Standard = Reference method

- Unidade de fabricação / Mill: MUCURI.
- Condições de ensaios: 23°C / 50% UR (de acordo com a ISO 187). Tolerâncias: baseadas em 95% do intervalo de confiança, aplicadas para média da bobina ou pallet. Para verificação, a média deve ser calculada em 5 medições de amostras escolhidas aleatoriamente no pallet/bobina. Deverá estar dentro do limite especificado ao menos 19 dos 20 pallets/bobinas analisados. / Test climate conditions: 23°C / 50% RG (according to ISO 187). Tolerances: based upon 95% confidence limits, apply to reel/pallet average. In order to verify, reel/pallet average shall be based on 5 single measurements randomly sampled within the reel/pallet. These averages will be for at least 19 of 20 reels/pallets within the specification limits.
- Reservamo-nos o direito a alterações / We reserve the right to change.
- Para aplicações diferentes das citadas acima, entrar em contato com a Suzano. / For applications other than those mentioned above, contact Suzano.

REFERÊNCIA: EPP.04.00101

EMIÇÃO: Arthur Marino – 07/06/2021

VALIDADE: 07/06/2022



The mark of responsible forestry

## **INFORME VISITA DE VERIFICACIÓN**

Durante los días 27 al 29 de agosto de 2025, se realizó una visita de verificación, en la planta de producción de la empresa CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A. en adelante "CARVAJAL" ubicada en la vereda el Guabal Vía Ingenio la Cabaña, Guachené - Cauca, correspondiente a la revisión de las cifras económicas y financieras aportadas por la empresa y el proceso productivo para la elaboración del producto investigado, en el marco de la investigación por dumping en las importaciones de papel bond clasificado por la subpartida arancelaria 4802.55.90.00 y 4802.57.90.00, originarios de la República Federativa de Brasil, abierta mediante Resolución 046 del 28 de febrero de 2025.

Para ello, se contó con la participación de los siguientes funcionarios: por parte de la empresa CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A, Mauricio Posso - director de ventas y mercadeo y Ana Maria Ochoa - Gerente de competitividad; por parte del apoderado especial de la firma BRIGARD URRUTIA, Gerardo Chadid SantaMaria; por parte del MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO, Arantxa Iguarán, María Victoria Cardozo y Mariam Guerra De Luque, profesionales de la Subdirección de Prácticas Comerciales.

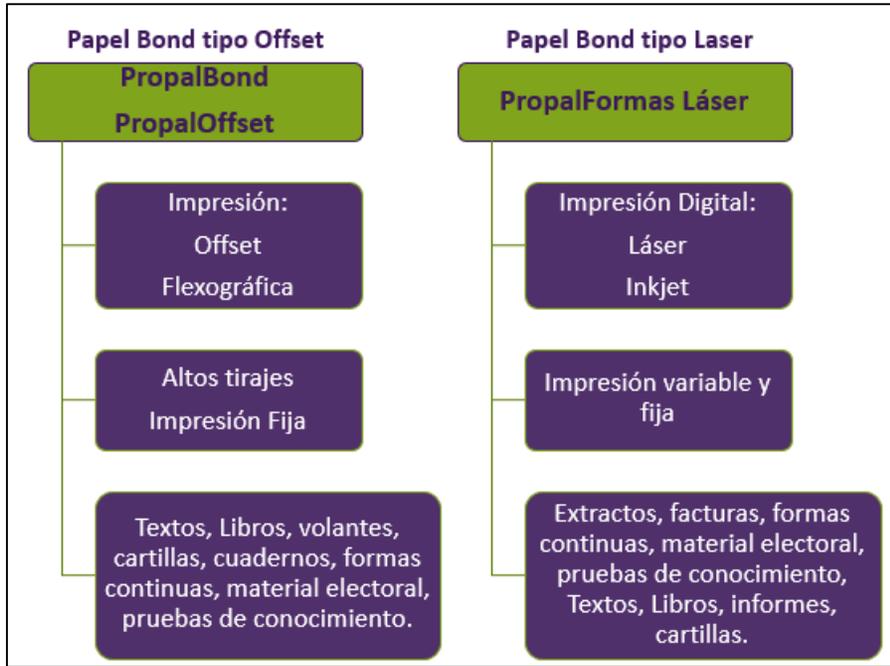
### **1. PRODUCTO OBJETO DE INVESTIGACIÓN**

En primera instancia, se aclara que el papel Bond, objeto de la investigación y fabricado por CARVAJAL, es un papel sin estucar ni recubrir, apto para escritura, impresión y otros fines gráficos. Este papel se produce con pulpa blanqueada o natural (bagazo de caña y/o pulpa de eucalipto) y su peso oscila entre 40 y 150 g/m<sup>2</sup>; se presenta en bobinas (rollos) o en hojas de forma cuadrada o rectangular, de cualquier tamaño, y se clasifica bajo las subpartidas arancelarias 4802.55.90.00 y 4802.57.90.00. CARVAJAL, considera el papel bond como un papel de alta calidad para escritura e impresión, sin recubrimiento. Aclara que, las denominaciones como "láser", "inkjet" u "offset" se refieren a la tecnología de impresión para la cual se utiliza el papel bond, sin que esto altere las características antes mencionadas. También afirman que, el papel bond que producen puede ser utilizado en los tipos de impresión offset, flexográfica y digital (inkjet y laser).

Detallan que, el papel bond tipo Offset que fabrican es papel bond de pulpa química sin recubrimiento para impresión en tecnologías Offset o Flexográfica. Así mismo, el papel bond tipo laser elaborado por CARVAJAL,

es un papel de pulpa química sin recubrimiento para impresión digital (inkjet o Laser).

De acuerdo a lo expuesto por CARVAJAL el papel bond se clasifica de la siguiente manera, teniendo en cuenta su nombre comercial y tecnología de impresión:



Fuente: CARVAJAL - Anexo 5.

Durante el recorrido por la planta de producción se evidenció que CARVAJAL emplea principalmente bagazo de caña (fibra corta) como materia prima para la elaboración de sus productos. Asimismo, se indicó que, en situaciones en las que no se disponga de suficiente bagazo o cuando el proceso lo requiera, se realizan mezclas aproximadas en una proporción de 20% pulpa de eucalipto y 80% bagazo de caña. De igual forma, la empresa incorpora Broke o material recuperado a lo largo del proceso, el cual se mezcla tanto con bagazo como con la combinación 20%-80% mencionada.

Los ingenieros señalaron que, independientemente de si se emplea bagazo de caña, pulpa de eucalipto o Broke como materia prima, los equipos y operaciones del proceso productivo no presentan variaciones significativas, ya que las variables son monitoreadas y controladas dentro de los parámetros establecidos para cada tipo de papel, en cumplimiento con los

estándares de calidad de la empresa, el uso final del producto y los requerimientos de los clientes.

También resaltaron que la utilización de pulpa de eucalipto puede mejorar ciertas propiedades del producto final, sin comprometer el cumplimiento de las normas técnicas internacionales, ni las especificaciones establecidas en las fichas técnicas del papel bond.

Al consultar sobre las diferencias entre un papel elaborado con bagazo de caña y otro con pulpa de eucalipto, se indicó que, debido a la naturaleza del proceso, la pulpa de eucalipto puede otorgar una mayor blancura al papel, aunque esto no afecta su desempeño funcional para fines de impresión, manteniendo la misma calidad en papeles tipo bond.

Finalmente, CARVAJAL precisó que tanto el bagazo de caña como la pulpa de eucalipto corresponden a fibras cortas, con longitudes muy similares, lo cual se refleja en el cuadro comparativo que se presenta a continuación:

<b>TABLA 9.1 Propiedades promedio típicas de la celulosa de bagazo de caña de azúcar, madera dura y madera blanda</b>					
<b>Fuente de celulosa</b>	<b>PM (g/mol)</b>	<b>Tamaño de fibra (mm)</b>	<b>GP</b>	<b>Diámetro (µm)</b>	<b>ICr (%)</b>
Bagazo de caña de azúcar	157,800 – 168,000	1.0 – 1.5	974 – 1,039	20	56.7
Madera dura	648,000 – 891,000	1.25	4,000 – 5,500	25	54
Madera blanda	648,000 – 891,000	3.0	4,000 – 5,500	30	57

Notas:

Cr = índice de cristalinidad  
 GP = grado de polimerización  
 PM = peso molecular

Fuente: Barbara Pereira and Valdeir Arantes: (2018) Nanocelluloses From Sugarcane Biomass DOI: 10.1016/B978-0-12-804534-3.00009-4. Traducido por CARVAJAL.

Aportan bibliografía (anexo 3) respecto a:

- Tamaño de la fibra de bagazo y madera dura: Fuente: Barbara Pereira and Valdeir Arantes: (2018) Nanocelluloses From Sugarcane Biomass DOI: 10.1016/B978-0-12-804534-3.00009-4.
- Eucalipto como madera dura: Isabel Carrillo, Claudia Vidal, Juan P Elissetche & Regis T Mendonça (2017): Wood anatomical and chemical properties related to the pulpability of Eucalyptus globulus: a review, Southern Forests: a Journal of Forest Science, DOI: 10.2989/20702620.2016.1274859
- Eucalipto como fibra corta: PETER W. HART AND RICARDO B. SANTOS: Changing the face of short fiber – a review of the eucalyptus revolution.

Afirman que enviarán las traducciones oficiales antes del 10 septiembre de 2025.

Aportan pruebas del ensayo para el papel bond utilizando impresión inkjet (anexo 1).

## **2. PROCESO PRODUCTIVO DEL PAPEL BOND**

Se realizó una visita a la planta, durante el recorrido, se observaron las principales etapas del proceso productivo, que se describen a continuación:

1. Recepción del bagazo proveniente de los ingenios azucareros.
2. Almacenamiento del bagazo en los patios de CARVAJAL.
3. Traslado del bagazo para iniciar el proceso de limpieza y desmedulado.
4. Lavado y separación de impurezas (piedras, tierra, entre otros).
5. Cocción de la fibra en el digestor con soda cáustica.
6. Lavado para remover la lignina, componente que actúa como agente aglutinante natural de las fibras.
7. Reducción de presión y temperatura, además de la eliminación de fibras con cocción incompleta.
8. Blanqueamiento de la pulpa mediante dióxido de cloro, con el fin de eliminar el tono natural de la caña. Para los papeles de la marca Earth Pact, este paso no se realiza.

9. Almacenamiento de la pulpa en tanques antes de su ingreso a las máquinas papeleras.
10. Formación de la hoja en la máquina papelera, controlando peso básico, calibre y humedad, así como la adición de químicos según el producto a fabricar.
11. Presentación final del producto en rollos o en hojas.

Se visitaron las áreas de almacenamiento de bagazo de caña y fibra de eucalipto, las zonas de lavado y limpieza, el almacén de químicos, las áreas de cocción, reducción de presión, blanqueamiento, la máquina papelera, y laboratorio.

Se verificó que la planta produce tanto papel blanqueado como papel de color natural (ligeramente amarillo o rosado), elaborado a partir de la fibra de bagazo de caña de azúcar. Asimismo, se observó que en las diferentes etapas del proceso se realizan muestreos del producto para analizar las características y parámetros requeridos según el tipo de papel en elaboración.

Al consultar al área de calidad sobre el porcentaje de humedad en las distintas referencias de papel bond registrados en las fichas técnicas, se informó que este parámetro varía en función de la tecnología de impresión a utilizar (offset o digital). La principal diferencia entre el papel bond para offset y el bond para impresión digital radica en su contenido de humedad. Esto obedece a que la impresión digital (láser o inkjet) alcanza temperaturas más elevadas y, por lo tanto, requiere un papel con menor humedad para evitar que se "encoque", es decir, que se enrosque o curve en los bordes.

Adicionalmente, se consultó sobre la posibilidad de que el papel bond terminado incremente su porcentaje de humedad al estar en contacto con el ambiente. CARVAJAL explicó que esto sí puede ocurrir, y que es algo común en la industria papelera, ya que el papel es un material higroscópico debido a su origen orgánico (fibras de celulosa). Esto significa que posee la capacidad natural de absorber y liberar humedad del aire hasta alcanzar un equilibrio con las condiciones ambientales: si el aire es húmedo, el papel absorberá humedad; si es seco, liberará parte de su contenido, comportándose de manera similar a una esponja. Por esta razón, CARVAJAL informa a sus clientes las recomendaciones de uso, almacenamiento y manipulación.

### **3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO Y CONTABLE DE CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A.**

#### **Finanzas (FI):**

Gestiona las transacciones y operaciones financieras, ofreciendo una visión en tiempo real de la situación económica de la empresa. SAP FI se incorpora con otros módulos de SAP como SAP SD, SAP MM o SAP PP más para obtener mejores resultados de trabajo.

Los usuarios tienen autorizadas las transacciones de su rol y otras de consulta.

#### **Contabilidad General (FI-GL)**

(Generales Ledger): Se encarga del registro y seguimiento de todas las transacciones contables, el mantenimiento de los libros contables principales y la generación de informes financieros.

<b>Mandante</b>	<b>Empresa</b>	<b>Libro IFRS</b>	<b>Libros fiscales</b>
500	CARVAJAL PULPA Y PAPEL	0L	2L

#### **Cuentas por Pagar (FI-AP)**

(Accounts Payable): Gestiona las transacciones con proveedores, incluyendo la entrada de facturas, pagos y el control de las obligaciones de la empresa. Administrado por el área de Cuentas por pagar.

#### **Cuentas por Cobrar (FI-AR)**

(Accounts Receivable): Administra las transacciones con clientes, el registro de ventas y el seguimiento de los pagos que la empresa tiene pendientes de recibir. El área realiza el cargue diario de la interfaz desde Optivision con ventas de papel. Administrado por el área de Cartera.

#### **Contabilidad Bancaria (FI-BL)**

Centraliza las operaciones bancarias, facilitando la gestión de cuentas bancarias, conciliaciones bancarias y la gestión de la tesorería.

Se realiza el cargue diario de forma automática y manual de los extractos bancarios.

#### **Gestión de Activos Fijos (FI-AA):**

Controla y administra el ciclo de vida de los activos fijos de la empresa, incluyendo su adquisición, depreciación y venta.

**Gestión de Costos (CO):**

Se enfoca en organizar y analizar los costos y gastos empresariales para optimizarlos.

**Ventas y Distribución (SD):**

Administra los procesos de ventas, desde el pedido hasta la entrega, de productos y servicios. En SD se realizan las facturaciones de ventas distintas a la venta de papel como ventas de excedentes del almacén, arrendamientos, intereses, entre otros.

**Gestión de Materiales (MM):**

Se encarga del aprovisionamiento, inventario, gestión de stocks y compras de materiales y servicios. En los módulos de SAP se encuentran los inventarios de materia prima, material de empaques, repuestos y suministros. Son administrados por Contraloría y el Almacén.

**Planificación de la Producción (PP):**

Ayuda a las empresas a planificar, ejecutar y gestionar sus procesos de producción. Se maneja con la pulpa moldeada.

**Gestión de Calidad (QM):**

Permite implementar y monitorear los procesos de control de calidad. Gestiona los resultados del laboratorio del carbón.

**Mantenimiento de Planta (PM):**

Se enfoca en el mantenimiento y control de la maquinaria y equipos de las fábricas. A cargo del área de mantenimiento.

**Gestión de Recursos Humanos (HR):**

Cubre la gestión del personal, nómina, desarrollo del empleado, reclutamiento y capacitación. Lo administra nómina.

**3. VERIFICACIÓN DE ESTADO DE RESULTADOS Y DE COSTOS DEL TOTAL EMPRESA CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A., DESDE EL PRIMER SEMESTRE DE 2021 HASTA EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2024.**

Para verificar estas cifras se compararon los rubros que componen tanto el Estado de Resultados como el de Costos de Ventas del total empresa desde segundo semestre de 2021 hasta el segundo semestre de 2024. Se encontró exactitud en las cifras aportadas. En el anexo 6 se aportan los soportes correspondientes.

#### **4. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGIA PARA LA SEGMENTACIÓN DE LAS CIFRAS DE LA LINEA DE PAPEL BOND, DESDE EL PRIMER SEMESTRE DE 2021 HASTA EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2024.**

##### **Estados de resultados:**

**Ventas netas:** Se realiza la descarga de la base de datos de ventas desde Optivision que incluye facturación y las notas crédito. Desde la base de datos se puede obtener el mercado del que se obtuvo el ingreso (nacional o exportación), por código de producto y por tipo de corte.

**Gastos de ventas:** Se toma de la matriz de gastos, tanto los fijos de ventas como los variables de ventas (sin fletes), y se hace la distribución asignando a cada línea de mercado los gastos por tonelada y multiplicando por las toneladas asignables al periodo evaluado. Luego, se le suman a estos resultados los fletes domésticos a la línea de doméstico y los fletes internacionales a la línea de exportación.

**Gastos de Administración:** Se toma de la matriz de gastos y se hace la distribución asignando a cada línea de mercado los gastos por tonelada y multiplicando por las toneladas asignables al periodo evaluado.

**Intereses:** Se hace el prorrateo de los intereses para su asignación partiendo de la participación en los ingresos de cada línea de producto objeto de investigación.

**Intereses en moneda nacional:** Se hace el prorrateo de los intereses para su asignación partiendo de la participación en los ingresos de cada línea de producto objeto de investigación.

**Impuesto a la renta:** Se hace el prorrateo para la asignación del impuesto sobre la renta, usando como base la utilidad antes de impuestos de cada línea de producto objeto de investigación.

##### **Estados de Costos**

**Materia Prima utilizada:** Se toma como base el total de la materia prima utilizada para el proceso de la línea objeto de investigación, el cual se

multiplica por la prorrata que se obtiene dividiendo el total de toneladas destinadas al mercado doméstico o de exportación sobre las toneladas totales de materia prima, obteniendo así el monto de materia prima utilizada por cada una de las líneas nacional o de exportación.

**Compras de materia prima:** Se asume que es el total de materia prima utilizada.

**Inventario inicial y final:** Se asume que no hay cambios de inventarios.

**Mano de obra directa:** Desde la matriz de gastos, se filtra el grupo matricial correspondiente a la nómina directa y se hace el prorrateo asignando a la línea de producto investigado la proporción correspondiente a las toneladas producidas para esta misma línea.

**Costos indirectos de fabricación:** Desde la matriz de gastos, se filtra el grupo correspondiente a los costos indirectos de fabricación fijos y variables y se hace el prorrateo asignando a la línea de producto investigado la proporción correspondiente a las toneladas producidas para esta misma línea. Los grupos matriciales que componen los costos indirectos en la matriz de gastos también se prorratea asignando a la línea de producto investigado la proporción correspondiente a las toneladas producidas para esta misma línea para desagregar los CIF.

**Inventarios de producto en proceso y terminado:** Se toman los inventarios correspondientes a la línea de producto investigado y se hace el prorrateo asignando la proporción correspondiente a las toneladas producidas para esta misma línea.

## **5. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE RESULTADOS Y DE COSTO DE PRODUCCIÓN DE LA LÍNEA DE PAPEL BOND, DESDE EL PRIMER SEMESTRE DE 2021 HASTA EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2024.**

Se revisaron los Estados de Resultados y Costos de Producción de la línea de papel bond, con la metodología explicada en el numeral 4 del presente informe de visita, desde el segundo semestre de 2021 hasta el segundo semestre de 2024, se encontró exactitud en las cifras. En el anexo 6 se aportan los soportes correspondientes.

Sin embargo, se ajusta el *Anexo 12: Estado de Resultados* por corrección de la metodología empleada para la distribución entre ventas domésticas y ventas al exterior del producto investigado (Anexo 7). Se comprometen a enviar dicho anexo firmado por contador antes del 10 de septiembre de 2025.

## **6. METODOLOGIA DEL CALCULO DE CUADRO DE VARIABLES DE DAÑO DE LA LINEA DE PAPEL BOND, DESDE EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2021 HASTA EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2024.**

- **VOLUMEN DE PRODUCCION (kilos):** Se obtuvieron del sistema OPTIVISION para la línea investigada, se encontró exactitud en las cifras.
- **VOLUMEN DE VENTAS NETAS DOMESTICAS (Kilos):** Se obtuvieron del sistema OPTIVISION para la línea investigada, se encontró exactitud en las cifras.
- **INVENTARIO INICIAL Y FINAL PRODUCTO TERMINADO (Kilos):** Se obtuvieron del sistema OPTIVISION para la línea investigada. Se encontró exactitud en las cifras aportadas.
- **EXPORTACIONES:** Se obtuvieron del sistema OPTIVISION para la línea investigada. Se encontró exactitud en las cifras aportadas.
- **CAPACIDAD INSTALADA ASIGNADA AL PRODUCTO:** Se verificó la metodología con la cual se elaboró el cálculo de capacidad instalada asignada al producto. Se encontró exactitud en las cifras aportadas.
- **NÚMERO DE EMPLEOS y SALARIO PROMEDIO MENSUAL (pesos):** Toman el número promedio mensual de empleados por los seis meses que componen el semestre analizado, por centro de costos asignados a la producción del producto investigado extraído de SAP. Aplicaron la misma metodología para el cálculo de los salarios mensuales, dividido entre el número de empleados.

Afirman que enviarán los anexos 10, 11 y 12 firmados por el revisor fiscal correspondientes al primer semestre de 2025 antes del 10 septiembre de 2025.

## **7. INFORMACION ADICIONAL APORTADA**

- A. Pruebas del ensayo para el papel bond utilizando impresión inkjet (CONFIDENCIAL)
- B. Costos de las materias primas (CONFIDENCIAL)
- C. Destinos de exportación de la línea objeto de investigación (PÚBLICO)
- D. Certificado de sistema de gestión de calidad (PÚBLICO)
- E. Lista de precios de CARVAJAL 2023-2024 (CONFIDENCIAL)
- F. Política de precios (CONFIDENCIAL)
- G. Correos electrónicos informando fecha de corte de pedidos (PÚBLICO)
- H. Tabla comparativa referencia nacional e importación (PÚBLICO)
- I. Compras de pulpa de eucalipto (CONFIDENCIAL)

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Pruebas del ensayo para el papel bond utilizando impresión inkjet  
**(CONFIDENCIAL)**

**Anexo 2.** Bibliografía respecto a la longitud de la fibra y la similitud de la pulpa de bagazo y pulpa de eucalipto. **(PÚBLICO)**

**Anexo 3.** Tamaño de la fibra de bagazo y madera dura: Fuente: Barbara Pereira and Valdeir Arantes: (2018) Nanocelluloses From Sugarcane Biomass DOI: 10.1016/B978-0-12-804534-3.00009-4.; Eucalipto como madera dura: Isabel Carrillo, Claudia Vidal, Juan P Elissetche & Regis T Mendonça (2017):

Wood anatomical and chemical properties related to the pulpability of Eucalyptus globulus: a review, Southern Forests: a Journal of Forest Science, DOI: 10.2989/20702620.2016.1274859; Eucalipto como fibra corta: PETER W. HART AND RICARDO B. SANTOS: Changing the face of short fiber – a review of the eucalyptus revolution. **(PÚBLICO)**

**Anexo 4.** Papel inkjet como papel estucado: Mitsubishi Paper Mills Limited - Inkjet Paper (2024). **(PÚBLICO)**

**Anexo 5.** Presentación - Información papeles bond y tipos de impresión **(PÚBLICO)**

**Anexo 6.** Soportes de la verificación de los Estados de Resultados y Costos del total empresa; Soportes de la verificación de los Estados de Resultados y Costos del total empresa de la línea objeto de investigación; soportes verificación cuadro inventarios, producción y ventas; soporte de la verificación de la metodología del cuadro de variables de daño. **(CONFIDENCIAL)**

- **Anexo 7.** Anexo 12. Estados de Resultados **(CONFIDENCIAL)**

**Anexo 8.** Costos de las materias primas **(CONFIDENCIAL)**

**Anexo 9.** Destinos de exportación del producto objeto de investigación **(CONFIDENCIAL)**

- **Anexo 10.** Certificado de calidad y las políticas de gestión de calidad **(PÚBLICO)**
- **Anexo 11.** Lista de precios de CARVAJAL 2023-2024 **(CONFIDENCIAL)**
- **Anexo 12.** Política de precios **(CONFIDENCIAL)**
- **Anexo 13.** Correos electrónicos informando fecha de corte de pedidos **(PÚBLICO)**
- **Anexo 14.** Tabla comparativa referencia nacional e importación **(PÚBLICO)**

- **Anexo 14.** Compras de pulpa de eucalipto (**CONFIDENCIAL**)

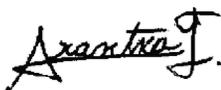
El presente informe se firma en Yumbo - Valle del Cauca el día veintinueve (29) de agosto del año dos mil veinticinco (2025), por los que en ella intervinieron, según se relaciona a continuación:

**Por: CARVAJAL PULPA Y PAPEL S.A.**



**MAURICIO POSSO VEGA**  
Director Comercial

**Por el MINISTERIO DE COMERCIO, INDUSTRIA Y TURISMO**



**ARANTXA ANDREA IGUARAN FAJARDO**  
Contratista  
Subdirección de Prácticas Comerciales



**MARIA VICTORIA CARDOZO**  
Contratista  
Subdirección de Prácticas Comerciales



**MARIAM GUERRA DE LUQUE**  
Contratista  
Subdirección de Prácticas Comerciales

Corresponde a información que es secreto empresarial de la compañía, que no susceptible de resumen, al ser información específica y concreta de las pruebas técnicas realizadas, así como del estándar necesario para la operación.

En ese sentido, es información que goza de reserva y que en ningún momento puede trascender a ser conocida por los competidores, partes interesadas o público en general, conforme al artículo 61 del Código de Comercio, numeral 2 del artículo 39 del Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio –ADPIC, vinculante en Colombia por mandato de la Ley 170 de 1994, el artículo 260 de la decisión 486 de 2000 de la Comisión de la Comunidad Andina de Naciones y el numeral 6 del artículo 24 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo.

Pruebas  
impresión  
Anexo 1 INKJET

PUBLICO

# Changing the face of short fiber – a review of the eucalyptus revolution

PETER W. HART AND RICARDO B. SANTOS

**ABSTRACT:** Eucalyptus plantations have been used as a source of short fiber for papermaking for more than 40 years. The development in genetic improvement and clonal programs has produced improved density plantations that have resulted in fast growing, increased fiber volume eucalypts becoming the most widely used source of short fibers in the world. High productivity and short rotation times, along with the uniformity and improved wood quality of clonal plantations have attracted private industry investment in eucalypt plantations. Currently, only a handful of species or hybrids are used in plantation efforts. Many more species are being evaluated to either enhance fiber properties or expand the range of eucalypt plantations. Eucalyptus plantations are frequently planted on non-forested land and may be used, in part, as a means of conserving native forests while allowing the production of high quality fiber for economic uses. Finally, eucalypt plantations can provide significant carbon sinks, which may be used to help offset the carbon released from burning fossil fuels. The development and expansion of eucalypt plantations represents a substantial revolution in pulp and paper manufacturing.

**Application:** By understanding the breeding and clonal developments that have occurred in the past and the results of those developments, the industry may be better equipped to rapidly advance the next stage of eucalypt progress.

Eucalypts are a major source of raw material for the pulp and paper industry. Breeding efforts to improve the quality of eucalyptus have been ongoing since the late 1960s [1]. Over the last four decades, advances in genetics, plantation culture, and clonal management techniques have substantially improved the productivity and quality of several eucalypt species [2]. The rapid growth of eucalypts and shorter rotation length (less than 7-year rotation for eucalypts compared to 12-21 years for *Pinus* species) have made these species desirable for plantation development [3]. Eucalyptus is becoming one of the most important fiber sources for papermaking worldwide. It was predicted that by 2015, market pulp production would reach 70 million tons, with about 35 million coming from hardwoods and more than 50% of this coming from eucalypts [4]. More recent estimates and the announced CMPC 2015 startup of 1.3 million metric tons and the two announced 2016 startups of the OKI APP (2 million metric tons) and Klabin Origueira (1.5 million metric tons) mills suggest that the 70 metric million ton mark will not be achieved until 2016, with about 58% of the short fiber being supplied by eucalyptus [5].

Eucalypts are native to Australia, Tasmania, and a few of the surrounding islands. Although more than 600 species of *Eucalyptus* are known, only a handful of these species are commonly used in tropical and subtropical plantations. These commercially important species include *E. camaldulensis*, *E. dunnii*, *E. grandis*, *E. nitens*, *E. globulus*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. pellita*, and *E. tereticornis* [6].

Eucalypts can yield commercially desirable interspecies hybrids. Probably the most common one in commercial application today is *E. urograndis* (*urophylla* x *grandis*). Hybrids are used in most commercial plantations in Brazil, South Africa, and the Congo [1]. Typical breeding programs have selected for high volume yield within the plantation, resistance to major pests and diseases, high pulp yield, and reasonably high bulk density [1]. Recently, breeding programs have also attempted to produce raw materials for pulping that would produce pulps with improved key papermaking properties such as bulk, opacity, formation, softness, porosity, smoothness, absorbency, and dimensional stability [7].

In addition to pulp and paper and energy uses, eucalypts are being used extensively in other forest-based industries. Eucalypts have been used successfully in Brazil to produce charcoal for smelting iron and steel and to produce wood panels, including low-density and medium-density fiber board, oriented-strand board, and plywood. Value-added wood products such as doors and windows and furniture are also produced from plantation eucalyptus [8].

Significant effort is being expended to extend the range of operational eucalypt plantations. These efforts include selective breeding programs for improved cold tolerance and the introduction of more cold-hardy species such as *E. nitens*, *E. smithii*, *E. maidenii*, *E. camaldulensis*, *E. ampifolia*, *E. dunnii*, and *E. benthamii*, among others [1,9,10]. These programs are focused primarily on South Central China [10], higher elevation areas in Brazil [9], and in the southern United States, from Florida to Texas [11,12].

## FIBER SUPPLY

The expansion of eucalyptus plantations into temperate regions and subtropical areas prone to freezing temperatures has not always been easy. As in many tropical regions, there is public concern that monoculture plantations will replace native stands with potentially invasive, non-native species and that the extensive use of hybrid or genetically-modified trees would have significant environmental and ecological impacts in the new areas being opened for eucalyptus plantations [13,14]. Excessive water use is an additional potential concern with eucalyptus plantations [13,14]. Comprehensive research has shown many of the environmental concerns to be relatively minor and identified management practices that will minimize or eliminate the risks for negative impacts. Many environmentalists are now touting the virtues of eucalyptus plantations as a means of protecting native stands, thus maintaining biodiversity, and as a potential carbon sink capable of significant greenhouse gas sequestration [15]. Eucalyptus is also being grown as a source of short rotation, carbon neutral biomass for energy and chemical production [16].

### BREEDING AND EXPANSION OF EUCALYPTUS PLANTATIONS

Breeding programs for eucalyptus started in the late 1960s in Brazil, Portugal, and the Congo and spread to Thailand in the 1970s [17]. The first reports of provenance trials of eucalyptus as an exotic species were submitted to the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations and covered trials starting in 1966 using seeds collected in Australia during the early 1960s. Extensive progress has been made in breeding eucalypts for pulp and paper plantations since that time.

In addition to traditional selective breeding, eucalyptus lends itself to inter-specific hybridization programs. Eucalypts are quite adaptable to inter-specific hybrid formation. Several of the species are genetically close and frequently produce natural hybrids. Naturally occurring crosses in arboreta and plantations have produced vigorous and well adapted hybrid land races. With improved clonal techniques, large forest product companies in many countries were able to rapidly develop clonal plantations of superior hybrid trees. Continued tree improvements for yield, physical properties, and other desirable characteristics for plantation use are occurring through the current practices of flower induction and controlled crossings.

Developments in plantation methods have also resulted in increases in wood production and reduced rotation times. The use of coppice regeneration was first reported in the Congo in 1973 [18], and Aracruz was widely applying the technique in Brazil in the mid-1970s [19]. From there, improvements in the rooted-cutting system and the development of in vitro culture made cloning a common practice for eucalypts [20]. Further clonal efforts included the development of the mini-cutting system, which integrates in vitro and in vivo multiplication in an intensive manner using auxiliary sprouts collected on vitro-plantlets and cultivated via indoor hydroponic systems [21].

With the rapid pace of superior tree development and improvements in plantation and seedling development, there is

an ongoing debate about the optimal use of established clones and coppicing systems in eucalypt plantations. Continued usage of the same clone via the coppicing process might delay the introduction of superior species into the plantation process [22]. The use of newer hybrids instead of established clones might be more desirable as a means to make rapid gains or maintain or increase genetic diversity in the clonal program.

Reports from Morocco suggest production of between 100 and 200,000 crosses of *E. grandis* and *E. camaldulensis* per year [23]. Chile is satisfying about 40% of its seed requirements with controlled pollination of *E. globulus* and *E. nitens* [24]. The results of these large-scale crosses are plantations with improved production and the development of “superior trees” for next generation clonal production. Crossing on a large scale is now the common practice, facilitated by flower induction techniques and controlled pollination [25,26].

According to a 2005 FAO survey, eucalyptus is the most valuable and widely planted hardwood in the world, with more than 18 million hectares (ha) in cultivation in 90 countries [27]. In 2009, eucalypt plantings filled more than 20 million ha [28]. Eucalypts are grown extensively as exotic plantation species in tropical and subtropical regions throughout Africa, South America, and Asia, and in more temperate regions of Europe, South America, and North America. They are grown as naturally occurring forests and as managed plantations in tropical, subtropical, and temperate regions of Australia. India had 8.0 million ha of mostly low productivity plantations. Brazil had 3.0 million ha of mostly intensively cultivated plantations in 2000. The Brazilian plantations achieved average productivities of 45-60 m<sup>3</sup>/ha/year, with some areas in Brazil averaging 100 m<sup>3</sup>/ha/year [29].

Of the 12.75 million hectares of eucalypt plantations reported to FAO in 2005, about 12 million hectares were classified as productive forest [30]. Since that time, productive plantation land has expanded in Brazil and China [31]. Productive plantations were reported to exist in only 12 countries. Eucalypt planting has intensified in recent years and continues to do so, especially in tropical countries. In these regions, rotations as short as 5 years, with yields as high as 70 m<sup>3</sup>/ha/year, have been reported. Commercially planted eucalypts are also reported in the Congo, Indonesia, Malaysia, Thailand, France, Portugal, New Zealand, and the United States. China is currently committed to expanding commercial eucalypt plantations at a rate of 3,500-43,000 ha/year. Plantation area in southern China has more than tripled, from 325,000 to 1.1 million ha in 20 years. Extensive effort is being conducted in China to develop cold tolerant eucalypt species for use in higher elevation plantation areas [10].

### RISKS ASSOCIATED WITH EUCALYPT PLANTATIONS

One potential risk associated with intensive plantation development is a reduction in soil fertility. However, eucalyptus plantations are frequently established on lower quality land that has been degraded by poor harvesting practices, farming,

and ranching [10,13]. Phosphorous and nitrogen deficiencies may be overcome by fertilization techniques typically used in agriculture during the rotation and at the time of replanting.

Erosion and soil degradation or sterilization are two more concerns that have been raised against the formation of exotic eucalyptus plantations. Several species of eucalypts have a high content of oils in their leaves and bark, which slows the decomposition of tree litter. It is true that eucalyptus litter does degrade somewhat slower than does litter from some other trees, but it does decay in a reasonable timeframe and contributes toward long-term organic matter enrichment [33]. Additionally, eucalypt oils have not been found to inhibit other forms of herbaceous growth. In fact, one potential problem with eucalypt plantations is that intensive weeding and weed control is required during the first 1-2 years of the plantation life to prevent weeds from invading and dominating the plantation at the expense of the eucalypt seedlings [32].

Eucalypt plantations are often grown on land that has been degraded by other sources [33]. Limited fertilizer application tends to work well with many eucalypt species resulting in vigorous plantations on land that has been devoid of other uses. Eucalypts are often planted on lands that have already experienced significant erosion and are often used to revitalize areas of limited productivity. As with all types of plantations or agricultural applications, some amount of thought and planning must be used to ensure that erosion does not become significant; however, this is not an aspect specific to eucalyptus but rather of the use of accepted agricultural and silviculture practice.

Water use is another potential issue associated with intensive eucalyptus plantation development. In some areas, eucalypt plantings have been used to mitigate marshy ground. Most fast growing species consume more water than slower growing species, but eucalyptus is also highly adaptable to drought. Eucalyptus can reduce its water uptake as the soil dries out, controlling its water loss by regulating the opening of stomata, the microscopic pores on the underside of their leaves. In general, eucalypts use less water per kilogram of biomass production than other agricultural applications. For instance, eucalypts use about 785 kg of water per kilogram of biomass, whereas potatoes require about 1000 kg of water per kg of biomass [10]. Relative to most forest tree species, eucalypts typically exhibit high water use efficiency.

Despite the potential high water consumption, eucalyptus is considered to be a fire hazard. Eucalypts contain a high amount of oils and extractives, which are highly flammable [34]. Oils vaporized from some plantations have been known to create a blue haze in the air above the forests, leading to the name of blue gum trees for some species of eucalypts. There are recorded instances of wildfires where trees have exploded. The oil content also slows the decomposition process of tree litter, further increasing the potential for fire. In intensively managed plantations, this is not a particular problem because the trees are harvested within 5-7 years and the litter is plowed back into the soil. This litter is typically composed

of bark, leaves, branches, and seedpods [10]. Eucalyptus forests in California have been cited as contributory factors in the frequent wildfires in the state, but no extensive documentation is available to prove this hypothesis [35]. Recent modeling studies suggest that eucalyptus plantations with limited undergrowth present no more of a fire danger than do southern pine plantations [36].

## INSECT AND FUNGAL SUSCEPTIBILITY

Even though eucalypts are exotic species, monoculture plantations could be subject to local or introduced pests and diseases. Insect and fungal contamination can significantly reduce wood production in infected plantations. Insect infestation has been documented all over the world. For example, *Helopeltis schoutrdeni* (mosquito bugs) has been shown to cause severe damage to young plantations in the Congo [37]. *Phoracanta semipunctata* (eucalyptus long-horned borer) attacks drought-stressed trees in *E. globulus* plantations in the Mediterranean area and has been reported to have spread into California [38]. *Gonipterus scutellatus* (eucalyptus snout beetle) has been shown to defoliate commercial species in Australia, South Africa, and Spain [39].

Fungal attack has also been documented. *Cryphonectria cubensis* has been shown to cause cankers on tree trunks [40]. *Puccinia psidii*, *Cylindrocladium spp.*, and *Coniobirium spp.* have been shown to cause rust in nurseries [41]. *Mycosphaerella juvenis* causes significant damage, including defoliation to juvenile species [42].

In spite of the myriad of insect and fungal pests that are able to attack exotic eucalypt plantations, typical control strategies such as chemicals application, hybridization, and selective breeding programs have been able to produce robust plantations, which have allowed eucalyptus fiber to dominate the market for short fiber pulp. The use of pest and disease resistance clones has been a powerful tool in controlling many of these potential pests, even though the genetic base is reduced through clonal application [43]. Brazil and other regions have been extremely successful in the use of natural biological controls to reduce the impact of disease and insect attack on eucalyptus plantations [44-46]. The creation of transgenic, genetically modified organism (GMO) eucalypts has also been demonstrated, in limited and contained studies, as another potential method of controlling against susceptibility toward parasite attack [47,48]. However, legislation and public opinion [49,50] would need to be ensured if the GMO approach was adopted on a commercial scale.

## BIODIVERSITY

The objective of eucalyptus plantations is to supply a maximum volume of wood per hectare, not to increase the biodiversity of a specific location. Ironically, the use of intensively grown eucalypt plantations has been found to improve the biodiversity of the surrounding areas. Specifically, eucalypt plantations are frequently planted on savannahs or on abandoned pasture and agricultural land, which reduces

## FIBER SUPPLY

the pressures on natural forests. Sustainably managed plantations provide a high-quality wood resource with minimal environmental footprint, while protecting biodiversity by providing an alternative source of wood supply to the harvesting of native forest [51]. Intensively grown eucalypt plantations reduce the area of forest required to service active industrial needs such as fuel production and pulpwood for paper mills. Thus, pressure is reduced on natural stands, allowing for industrial and human use of the forest and continued biodiversity.

Eucalyptus is well known as an effective reforestation tree species because of its fast growth and high adaptability to various environments. In the specific area of the eucalypt plantation, the indigenous plant species are reduced after about 2-3 years of intensive plantation growth, when crown closure is achieved. The indigenous plant species in most of the eucalypt plantations studied had greater plant diversity than those of other exotic species plantations, mainly because of the unique eco-physiological characteristics of eucalyptus and the plantation design and harvesting techniques, among which human factors played leading roles [52].

### CARBON SINKS

Eucalyptus plantations have been cited as potential sites of carbon storage [53-55]. Sequestration of carbon in forests and wood products helps to offset emissions of carbon dioxide to the atmosphere that can result from deforestation, forest fires, and fossil fuel emissions. With the development of carbon markets within the United States, trees are being used as a method of carbon sequestration and in developing markets as carbon sinks [56]. In addition to the above ground woody biomass of trees, root biomass is also a contributor in carbon sequestration. The use of eucalypt plantations as sites for carbon sequestration has been modeled and verified [57]. Studies have been performed that determine the optimal rotation time for coppiced and non-coppiced plantations, taking carbon sequestration into account [58].

Coppiced plantations are formed when stumps from harvested trees are allowed to selectively sprout and grow [59,60]. The best sprout is selected and all other sprouts are cut off from the stump. This single sprout will then rapidly develop into a new tree, with the advantage of having an already developed root system. Coppice-managed plantations may undergo two to as many as five growth and harvest cycles prior to the land being replanted with new seedlings or clones. After a few growth and harvest cycles, the growth process slows down. At that point, it is no longer economical to continue growing trees on a coppiced plantation and the land is replanted with improved seedlings or clones. Non-coppiced plantations are replanted after one growth and harvest cycle.

Studies have been conducted that show eucalypts are not as good at storing carbon as are nitrogen-fixing trees [61]. Studies of carbon storage were conducted in 17-year-old multispecies plantations (*Albizia* and *Eucalyptus*) planted on old sugarcane fields. These inter-planted stands were compared

with stands of the two pure species. Above ground tree carbon accumulation showed a synergistic response to increasing a percentage of *Albizia*, with the mixed stands having more tree carbon than pure stands of *Eucalyptus* or *Albizia*. In addition, areas of pure *Albizia* sequestered about 20% more carbon in the soil than did the pure eucalyptus stands [62]. One theory is that nitrogen added to the soil by the *Albizia*s might inhibit the decomposition of old, sugarcane-derived soil carbon relative to eucalyptus. Nitrogen additions also might decrease carbon turnover in the field [62].

### RECENT DEVELOPMENTS

Recently, a portion of the genetic development work has shifted from increased production per hectare toward improved end use properties [63-69] and cold and frost tolerant species [3,9-11]. A significant amount of work has focused on density improvements and the relationship between wood density, pulp yield, and pulp quality [65,66,68]. Ongoing scientific and technical advances with eucalyptus fibers are being directed at modifying fiber properties for specific paper properties [70].

Two distinctly different approaches have been used to extend eucalypts into frost prone areas. One is the selection of naturally frost tolerant species [3,9]. The other is the use of genetic manipulation using traditional intra-specific and inter-specific breeding and hybridization to improve frost tolerance [71-73]. Both methods are currently being used in the southeastern United States.

### CONCLUSIONS

The use of eucalyptus plantations to supply short fiber demand has grown substantially since the initial exotic plantation trials in the late 1960s. It has been projected that eucalypts will supply more than half of the short fiber market pulp demand in 2015. Eucalyptus has been shown to be a favorable species with respect to reforestation of depleted land. Eucalyptus plantations have relatively low fertilizer requirements and high productivity rates. These plantations provide a good method of carbon sequestration and contribute to the conservation of natural forests by limiting the land area required to support commercial development, thus actually contributing to biodiversity at the landscape scale. Eucalyptus plantations have been identified as potential sources of fuels production (both as firewood and as charcoal for iron production), value-added solid timber applications, hardboard and structural lumber production, and for pulp and paper applications. Eucalyptus has an extremely varied genus, which lends itself to genetic improvement and to intensified farming techniques. Recent efforts to expand eucalypts into colder regions have met with some success and show continued promise. From the humble beginnings in the early 1960s, eucalypt plantation development continues to attract multinational corporate interest and capital. Recent efforts to improve the volume of wood per hectare and improve the end product properties through genetic and

hybridization improvements are only enhancing the value of eucalyptus plantations. The development and exploitation of eucalypt plantations for economic and ecological gains has represented a true revolution to the short fiber supply for the pulp and paper industry. **TJ**

**ACKNOWLEDGEMENT**

The proofreading and editorial assistance of John Johnson of MWV Forestry and Humphrey Moynihan, MWV Process Technology and Innovation, is greatly appreciated.

**LITERATURE CITED**

1. Borralho, N.M.G., in *Eucalyptus Plantations; Research, Management and Development* (R.-P. Wei and D. Xu, Eds.), World Scientific Publishing, Hackensack, NJ, USA, 2003, pp. 79-89.
2. Dossa, D., da Silva, H.D., Bellote, A.F.J., et al., "Producao e rentabilidade do eucaliptos em Empresas Florestais," *Comunicado Tecnico 83*, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brazil, 2002. Available [Online] <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/307451/1/comtec83.pdf> <15June2015>.
3. Hart, P.W. and Nutter, D.E., *TAPPI J.* 11(7): 29(2012).
4. Magaton, A.S., Colodette, J.L., Gouvêa, A.F.G., et al., *TAPPI J.* 8(8): 32(2009).
5. RISI, *World Market Pulp Capacity Report for 2014*, RISI, Bedford, MA, USA, 2015.
6. Thaitutsa, B., in *Eucalyptus Plantations; Research, Management and Development* (R.-P. Wei and D. Xu, Eds.), World Scientific Publishing, Hackensack, NJ, 2003, pp. 404-412.
7. Foelkel, C. "Advances in eucalyptus fiber properties and paper products," *3rd Int. Colloq. Eucalyptus Pulp*, Belo Horizonte, Brazil, 4-7 March 2007, University of Vicosa, Vicosa, Brazil p. 6.
8. Colodette, J.L., Gomes, C.M., Gomes, F.J., et al., "The Brazilian wood biomass supply and utilization focusing on eucalypt," *Chem. Biol. Technol. Agric.* 1(25): 1(2014).
9. Samistraro, G., Hart, P.W., Colodette, J.L., et al., *TAPPI J.* 14(2): 73(2015).
10. Arnold, R. and Luo, J., in *Eucalyptus Plantations; Research, Management and Development* (R.-P. Wei and D. Xu, Eds.), World Scientific Publishing, Hackensack, NJ, 2003, pp. 90-100.
11. Kellison, R.C., Lea, R., and Marsh, P., "Introduction of *Eucalyptus* ssp. into the United States with special emphasis on the southern United States," *Int. J. For. Res.* 2013: Article ID 189393(2013). Available [Online] <http://dx.doi.org/10.1155/2013/189393> <15June2014>.
12. Rockwood, D.L. and Peters, G.F., "*Eucalyptus* and *Corymbia* species for pulpwood, mulchwood, energywood, windbreaks, and/or phytoremediation," Circular 1194, University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), Gainesville, FL, USA, 1997.
13. Holland, P., "The pros and cons of eucalyptus," *Pulp Pap. News*, 22 April 2009.
14. Stanturf, J.A., Vance, E.D., Fox, T.R., et al., "Eucalyptus beyond its native range: environmental issues in exotic bioenergy plantations," *Int. J. For. Res.* 2013: Article ID 463030(2013). Available [Online] <http://dx.doi.org/10.1155/2013/463030> <15June2015>.
15. Shield, E.D., in *Eucalyptus Plantations; Research, Management and Development* (R.-P. Wei and D. Xu, Eds.), World Scientific Publishing, Hackensack, NJ, 2003, pp. 375-390.
16. Rockwood, D.L., Rudie, A.W., Ralph, S.A, et al., *Int. J. Mol. Sci.* 9: 1361(2008).
17. Food and Agriculture Organization, "*Eucalyptus camaldulensis* dehnii in the Mediterranean and Africa," in *Forest Genetic Resources No. 2*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1973. Available [Online] <http://www.fao.org/docrep/006/E4209E/E4209E09.htm> <24June2015>.
18. Martin, B. and Quillet, G., *Bois For. Trop.* 154: 41(1974).
19. Marcus Wallenberg Foundation, "The new eucalypt forest," in *Proc. Marcus Wallenberg Symp.*, Falun, Sweden, 14 September 1984, Wallenberg Foundation, Stockholm, Sweden.
20. Chaperon, H., "Selection individuelle et clonage de l'eucalyptus," *Proc. AFOCEL-IUFRO Conf.*, Bordeaux, France, 26-30 September 1983, IUFRO Press, Vienna, Austria, p. 535.
21. de Assis, T.F., "Evolution of technology for cloning *Eucalyptus* in large scale," *Proc., SIMPOSIO IUFRO*, Valdivia, Chile, 3-15 September 2001, IUFRO Press, Vienna, Austria.
22. Clarke, C.R.E., *South African For. J.* 190: 61(2001).
23. Martin, B., in *Eucalyptus Plantations; Research, Management and Development* (R.-P. Wei and D. Xu, Eds.), World Scientific Publishing, Hackensack, NJ, 2003, pp. 3-17.
24. Sanhueza, R.P. and Griffin, A.R., "FAMASA fiber yield improvement program: 10 years experiences breeding *Eucalyptus globulus*," *Proc., SIMPOSIO IUFRO*, Valdivia, Chile, 3-15 September 2001, IUFRO Press, Vienna, Austria.
25. Cauvin, B., in *Sexual Reproduction in Higher Plants* (P. Gore and E. Pacine, Eds.), University of Siena, Siena, Italy, 1988, pp. 321-325.
26. Cauvin, B., *Annales des Recherches Sylvicoles*, Association Forêt Cellulose (AFOCEL), Nangis, France, 1991, pp. 71-88.
27. Food and Agriculture Organization, "Global forest resources assessment 2005 – Progress towards sustainable forest management (main report)," FAO Forestry Paper 147, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2005. Available [Online] <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/A0400E/A0400E00.pdf> <15June2015>.
28. GIT Forestry Consulting SL - Ingeniería Agro-forestal, Consultoría y Servicios, "Global eucalyptus map 2009 – XIII World Forestry Congress," GIT Forestry Consulting, Lugo, Spain, 2009. Available [Online] [http://git-forestry.com/Global\\_Eucalyptus\\_Map.htm](http://git-forestry.com/Global_Eucalyptus_Map.htm) <15June2015>.
29. Fernandes, D.E., Gomide, J.L., Colodette, J.L., et al., *Scientia Forestalis* 39(90): 143(2011).
30. Food and Agriculture Organization, "Global planted forests thematic study: results and analysis. Planted forests and trees," FAO Working Paper FP38E, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2006.
31. Food and Agriculture Organization, "Global forest resources assessment 2010–main report," FAO Forestry Paper 163, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2010. Available [Online] <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf> <15June2015>.
32. Eyles, A., Worledge, D., Sands, P., et al., *Tree Physiol.* 32(8): 1008(2012).

# FIBER SUPPLY

33. Liu, H. and Li, J., *J. Sustainable Dev.* 3(1): 197(2010).
34. McCaw, L. and Smith, B., "Fire behavior in a 6 year old *Eucalyptus globulus* plantation during conditions of extreme fire danger – a case study from south-western Australia," Science Division, Department of Conservation and Land Management, Manjimup, Western Australia, Australia, 2005.
35. Sierra Club, San Francisco Bay Chapter, "Park District can't afford to keep eucalyptus plantations—economics and ecology agree: convert to native species," *Sierra Club Yodeler*, 6 March 2014. Available [Online] <http://theyodeler.org/?p=9152> <15June2015>.
36. Goodrick, S.L. and Stanturf, J.A., "Evaluating potential changes in fire risk from eucalyptus plantings in the southern United States," *Int. J. For. Res.* 2012: Article ID 680246(2012). Available [Online] <http://www.hindawi.com/journals/ijfr/2012/680246/> <15June2015>.
37. Diabangouaya, M., "Entomofauna of industrial plantations of eucalyptus in coastal savannas in Congo: *Helopeltis schoutedeni reuter* (*Heteroptera miridae*) depredator of young plantations," Ph.D. thesis, Université de Paris XI, Orsay, France, 1994.
38. Hanks, L.M., McElfresh, S., Millar, J.G., et al., *Arthropod Biol.* 86(1): 96(1993).
39. Loch, A.D., *Biol. Control* 47(1): 1(2008).
40. Gryzenhout, M., Rodas, C.A., Portales, J.M., et al., *Mycol. Res.* 110(7): 833(2006).
41. Kliejunas, J.T., Tkacz, B.M., Burdsall, H.H., Jr., et al., "Pest risk assessment of the importation into the United States of unprocessed *Eucalyptus* logs and chips from South America," General Technical Report FPL-GTR-124, U.S. Department of Agriculture Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, USA, 2001, p. 134. Available [Online] [http://www.fs.fed.us/forestryhealth/publications/pest\\_risk\\_assmt\\_logs\\_chips\\_samerica.pdf](http://www.fs.fed.us/forestryhealth/publications/pest_risk_assmt_logs_chips_samerica.pdf) <15June2015>.
42. Hunter, G.C., Roux, J., Wingfield, B.D., et al., *Mycol. Res.* 108(6): 672(2004).
43. Martin, B., "Contribution majeure a la foresterie clonale," Ph.D. thesis, Université Paris XI, Orsay, France, 1987.
44. Zanuncio, J.C., Leadsmes, P.G., Santos, G.P., et al., *Forests* 5: 72(2014).
45. de Souza, A.R., Venâncio, D.D.F.A., Prezoto, F., et al., *Fla. Entomol.* 95(4): 1000(2012).
46. Ribeiro, G.T., Poderoso, J.C.M., Serrão, J.E., et al., *Int. J. Environ. Res.* 7(4): 937(2013).
47. Harcourt, R., Zhu, X., Llewellyn, D., et al., "Genetic engineering for insect resistance in temperate plantation eucalypts," *Proc. CRC/THF-IUFRO Conf.*, Hobart, Australia, 19-24 February 1995, IUFRO Press, Vienna, Austria, p. 406.
48. Harcourt, R., Kyojuka, J., Floyd, R.B., et al., *Mol. Breed.* 6(3): 307(2000).
49. Kikuchi, A., Watanabe, K., Tanaka, Y., et al., *Plant Biotechnol.* 25: 9(2008).
50. Global Justice Ecology Project, "Genetically engineered trees and bioenergy: a growing threat to forests and communities," Global Justice Ecology Project, Buffalo, NY, USA, 2013. Available [Online] <http://globaljusticeecology.org/files/Analysis%20of%20the%20State%20of%20GE%20Trees%20May%202013.pdf> <15June2015>.
51. StoraEnso, "Myths about eucalyptus," Stora Enso, Helsinki, Finland/Stockholm, Sweden, 2014. Available [Online] <http://storaensobeihai.com/news/Myths-About-Eucalyptus.html> <15June2015>.
52. Ling, L. and Xie, Z.Q., *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao* 20(7): 1765(2009).
53. Bala, S., Biswas, S., and Mazumdar, A., *ARPN J. Eng. Appl. Sci.* 7(12): 1614(2012).

## ABOUT THE AUTHORS

The current work was conducted as part of a raw materials review prepared for the TAPPI 100th anniversary celebration at PaperCon 2015. Because eucalyptus fiber has rapidly become the predominant short fiber in the world, it was decided that a review of its past and development into the predominant short fiber was warranted. The current paper is simply a review so readers can better understand the history and development of the eucalyptus revolution. The paper sets the stage for the next steps in eucalyptus development

Currently, a considerable amount of research and breeding effort is being expended to extend the range of viable eucalyptus plantations into frost-prone areas. Additionally, eucalyptus breeding efforts are focused on enhancing the papermaking properties associated with eucalyptus fiber. The current paper reviews the accomplishments to date that have helped make eucalyptus a predominant fiber source for papermaking.

So much material has been published about eucalyptus over the last 40 years that it was difficult to limit the review paper to a reasonable size. As such,

significant limitations had to be adhered to during the writing. For example, nothing about hexuronic acid or bleaching eucalypts was reviewed.

With the multitude of eucalyptus species available, only nine are currently being exploited for extensive commercial application. The next steps are to continue working with the breeding programs to enhance the desirable papermaking and frost tolerant properties of some of the eucalypt species.



**Hart**



**Santos**

---

*Hart is director, Fiber Science, MWV Corp., Atlanta, GA, and Santos is senior applied technology specialist, MWV Corp., Covington, VA, USA. Email Hart at [peter.hart@mwv.com](mailto:peter.hart@mwv.com).*

54. Arroja, L., Dias, A.C., and Capela, I., *Clim. Change* 74(1-3): 123(2006).
55. Liew, J.J., "Carbon sequestration of *Eucalyptus polybractea* and D2 as an indicator of below ground biomass," Honour's Dissertation, School of Environmental Systems Engineering, The University of Western Australia, Crawley, Perth, Australia, 2009.
56. U.S. Department of Agriculture Forest Service, "Carbon sequestration," U.S. Department of Agriculture Forest Service, Washington, DC, USA, 2013. Available [Online] <http://www.fs.fed.us/ecosystemservices/carbon.shtml> <15June2015>.
57. Miehle, P., Livesley, S.J., Feikema, P.M., et al., *Ecol. Model.* 192(1-2): 83(2006).
58. Diaz-Balteiro, L. and Rodriguez, L.C.E., *For. Ecol. Manage.* 229(1-3): 247(2006).
59. Archibald, R., "Managing blue gum (*Eucalyptus globulus*) coppice," *TreeNote No. 35*, Government of Western Australia, Department of Agriculture and Food, South Perth, Australia, May 2002.
60. Cost Reduction and Efficiency Improvement of Short Rotation Coppice (CREFF), "Technical guide, short rotation coppice" (N. Marron and L. van den Kerchove, coordinators), Cost Reduction and Efficiency Improvement of Short Rotation Coppice (CREFF), 2009. Available [Online] [http://www.creff.eu/var/creff/storage/htmlarea/2977/file/Annex%2001\\_%20CREFF%20SRC%20technical%20guideline\\_english.pdf](http://www.creff.eu/var/creff/storage/htmlarea/2977/file/Annex%2001_%20CREFF%20SRC%20technical%20guideline_english.pdf) <15June2015>.
61. Resh, S.C., Binkley, D., Parrotta, J.A., *Ecosystems* 5(3): 217(2002).
62. Kaye, J.P., Resh, S.C., Kaye, M.W., et al., *Ecol.* 81(12): 3267(2000).
63. Dutt, D. and Tyagi, C.H., *Indian J. Chem. Technol.* 18: 145(2011).
64. Hicks, C.C. and Clark, N.B., "Pulpwood quality of 13 eucalypt species with potential for farm forestry. A report for the RIRDC/Land & Water, Australia/FWPRDC, Joint Venture Agroforestry Program," Publication No. 01/164, RIRDC Project No CSF-56A, Rural Industries Research and Development Corporation, Barton, Australian Capital Territory, Australia, 2001.
65. Santos, A., Amaral, M.E., Vaz, A., et al., *TAPPI J.* 7(5): 25(2008).
66. Pisuttipiched, S., *Thai J. For.* 023: 152(2004).
67. Ona, T., Sononda, T., Ito, K., et al., *Wood Sci. Technol.* 35(3): 229(2001).
68. Wimmer, R., Downes, G.M., Evans, R., et al., *Holzforchung*, 56(3): 244(2002).
69. Zini, C.A., deAssis, T.N.F., Ledford, E.B. Jr., et al., *J. Agric. Food Chem.* 51(27): 7848(2003).
70. Jardim, C.M., Oliveira, R.C., Hsieh, J.S., et al., "Eucalyptus fiber modification using di-electric barrier discharge," *TAPPI J.*, in press, 2015.
71. Voosen, P., "Genetically modified forest planned for US Southeast," *Sci. Am.*, 29 January 2010. Available [Online] <http://www.scientificamerican.com/article/eucalyptus-genetically-modified-pine-tree-southwest-forest> <15June2015>.
72. Stape, J.L., Fox, T., Albaugh, T., et al., "Potential *Eucalyptus* species and the required silvicultural system for biomass production in the ecological regions of the southeastern United States," *Woody Crops Conf.*, University of Tennessee Bioenergy Program for the Short Rotation Woody Crops Operations Working Group, Oak Ridge, TN, USA, 8 November 2012.
73. Stape, J.L., Binkley, D., and Ryan, M.G., *For. Ecol. Manage.* 193(1): 17(2004).

## Expert Program + Quality Attendees + Expert Access = the PEERS Advantage

There's no better place to find the technical knowledge and personal contacts you need to make your pulp and paper mill more effective and boost your career than the TAPPI PEERS Conference. TAPPI's peer-reviewed process for speaker selection assures the highest-quality presentations with minimal commercialism.

- **Fiber Processing** – improving yields, processing fundamentals
- **Steam & Power** – upgrading for cost reduction, boiler MACT, recovery boiler and kiln optimization
- **Mill Reliability & Engineering** – asset management, corrosion resistance, shutdown optimization
- **Panel Discussions** – interactive conversations on exciting new innovations and ideas
- **More Networking Opportunities** – meeting field experts and people who share your issues
- **New and Returning Exhibitors** – helping you solve your problems
- **Hot Topic Breakfasts** – starting every day off right

Learn more and register at: [www.tappipeers.org](http://www.tappipeers.org)



**Sustainable Solutions for Our Future**

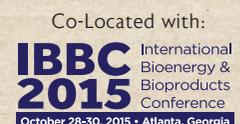
PEERS is an acronym for Pulping, Engineering, Environmental, Recycling, Sustainability

### Keynote Speaker

John D. Williams  
President/CEO of Domtar

*Embracing Sustainability as a Business Framework to Enhance Long-Term Shareholder Value*

Our industry will deliver sustainability improvements in the next 100 years in an environment sure to be incrementally more costly, competitive, global resource-constrained.



See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/323620473>

# Nanocelluloses From Sugarcane Biomass

Chapter · January 2018

DOI: 10.1016/B978-0-12-804534-3.00009-4

CITATIONS

44

READS

3,392

2 authors:



**Bárbara Pereira**

University of São Paulo

16 PUBLICATIONS 404 CITATIONS

SEE PROFILE



**Valdeir Arantes**

University of São Paulo

85 PUBLICATIONS 5,706 CITATIONS

SEE PROFILE

## Chapter 9

# Nanocelluloses From Sugarcane Biomass

**Bárbara Pereira and Valdeir Arantes**

*University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil*

### 9.1 INTRODUCTION

Lignocellulosic biomass is abundant in nature, and is considered to be the largest renewable resource on earth. In addition, it has the advantage of being available worldwide, with large quantities in many regions of the planet (Field et al., 2008). It also holds tremendous potential as a sustainable and renewable source of carbon for production of bio-based fuels, chemicals, and materials as substitutes for petroleum-based products.

Sugarcane is one of the most widespread agricultural crops in the world, and one of major lignocellulosic feedstocks that has been industrially exploited, generating a large amount of bagasse (an agro-industrial waste) after processing for sucrose extraction and subsequent production of sugar and first-generation ethanol (1G) (Bezerra and Ragauskas, 2016; Rocha et al., 2015). Sugarcane bagasse, like any other lignocellulosic biomass, is composed mostly of polysaccharides (cellulose and hemicellulose) and lignin. Cellulose is the earth's most widely available renewable polymer, with  $7.5 \times 10^{10}$  ton per year available (Habibi and Lucia, 2012). In sugarcane bagasse, cellulose represents almost half of its composition (Rocha et al., 2015), making sugarcane bagasse a material with a huge potential for obtaining cellulosic pulp for industrial applications.

Cellulose has long been attracting industrial interest, as cellulose is a very versatile natural biopolymer with well-established applications in many industries (i.e., pulp and paper, textile, pharmaceutical, cosmetic, and animal feeding) (Klemm et al., 2005; Rebouillat and Pla, 2013). Owing to the large commercial market and the demand for cellulose over the decades, many methods are available for the production of cellulosic pulp by isolating cellulose from lignocellulosic materials. In general, this is typically accomplished through combined mechanical, thermal, and chemical treatments. Further processing of cellulose, that is, the controlled deconstruction of the isolated

cellulose, can lead to nanometer-sized particles having at least one of their dimensions, diameter or length, less than 100 nm (Dufresne, 2012; Shatkin et al., 2014). These particles are called nanocelluloses, and when obtained from plant biomass they are basically divided into two types: cellulose nanocrystals (CNC) and cellulose nanofibrils (CNF).

Nanocelluloses are a new class of biomaterials that, due to their unique properties, are attracting increasing attention from researchers worldwide in academia, government, and industry. Although a relatively new biomaterial, the number of potential applications for nanocelluloses are countless and growing, and many of them are already a reality.

In the following sections, a brief overview of cellulose from sugarcane and methods suitable for the isolation of cellulose from sugarcane bagasse is provided, followed by a discussion on production and properties of nanocelluloses from sugarcane bagasse.

## 9.2 CELLULOSE FROM SUGARCANE BAGASSE

A detailed characterization of the chemical composition of 60 samples of sugarcane bagasse from different varieties, cultivated places, soils, harvest season, and climate, showed that on average, the chemical composition of sugarcane bagasse ranged from 39.5% to 45.7% for cellulose, 25.6%–29.6% for hemicellulose, 18.9%–26.1% for lignin, 2.3%–10.5% for extractives, and 1.1%–6.0% for ashes (Rocha et al., 2015).

Cellulose, the major component in sugarcane bagasse, is a linear biopolymer of anhydroglucose units bound by  $\beta$ -1,4 glycosidic linkages. The linear conformation of the cellulose chains is given by a rotation of 180 degrees of the surrounding glucose residues in the glycosidic bond, with a degree of polymerization (the number of anhydroglucose residues constituting a cellulose chain) that may vary between 7,000 and 15,000 (Fengel and Wegener, 1983; Sjöström, 1993). The free hydroxyls in the carbons of the anhydroglucose residues of the cellulose chains are capable of forming inter and intramolecular interactions through hydrogen bonds. In addition to these linkages, cellulose chains also undergo the action of van der Waals interactions, which promote the formation of the longitudinal agglomerates of cellulose chains called fibrils (Ek et al., 2009).

For a long time, it was believed that cellulose fibrils were formed by about 36 cellulose chains (Delmer and Amor, 1995; Ek et al., 2009; Fengel and Wegener, 1983) with approximately 3 nm in diameter (Ek et al., 2009; Ha et al., 1998). However, recent studies indicate that fibrils are formed by a number of cellulose chains, ranging from 18 to 24 (Fernandes et al., 2011; Thomas et al., 2013), with a tendency to 24 chains due to the geometry observed in the cross-section of the fibrils (Cosgrove, 2014). In addition, cellulose fibrils further agglomerate longitudinally forming microfibrils, which

**TABLE 9.1** Typical Average Properties of Cellulose From Sugarcane Bagasse, Hardwood, and Softwood

Source of Cellulose	MW (g/mol)	Fiber Size (mm)	DP	Diameter ( $\mu\text{m}$ )	CrI (%)
Sugarcane bagasse	157,800–168,000	1.0–1.5	974–1,039	20	56.7
Hardwood	648,000–891,000	1.25	4,000–5,500	25	54
Softwood	648,000–891,000	3.0	4,000–5,500	30	57

CrI, crystallinity index; DP, degree of polymerization; MW, molecular weight. Values are based on [Bezerra and Ragauskas \(2016\)](#) and [Hurter \(2001\)](#) for sugarcane bagasse cellulose, and [Hallac and Ragauskas \(2011\)](#), [Hunter \(2001\)](#), and [Newman and Hemmingson \(1990\)](#) for hardwood and softwood celluloses.

have regions of high and low organization known as crystalline and amorphous regions, respectively ([Fengel and Wegener, 1983](#)).

While cellulose from different sources shares many structural similarities, fiber sizes may vary according to the source from which it is extracted. Cellulose from sugarcane bagasse has been reported to have an average molecular weight of around 157,800–16,800 g/mol, fiber size in the range of 1.0–1.5 mm, average degree of polymerization ( $DP_w$ ) of about 974–1,039, and crystallinity index of about 57% ([Table 9.1](#)). Compared to hardwood and softwood fibers, the most common and industrially relevant sources of cellulose, cellulosic fibers from sugarcane, are smaller than softwood fibers and similar in size to hardwood fibers ([Table 9.1](#)).

### 9.2.1 Methods for Extraction of Cellulose from Sugarcane Bagasse

At the industrial scale, the most employed methods for isolation of cellulose are the alkaline-based Kraft and acidic-based sulfite pulping processes. In the former, most of the lignin is chemically solubilized, and part of the hemicelluloses are dissolved, generating a pulp with about 65%–80% cellulose. Further processing using bleaching agents removes most of the remaining lignin, consequently increasing the cellulose content of the pulp. Kraft pulp is responsible for about 75% of the global cellulosic pulp market. The latter produces a cellulose-rich pulp that is almost pure cellulose (> 90% cellulose) ([Sixta, 2006](#)), but only represents a small segment of the global cellulosic pulp market. Compared to sulfite pulping, Kraft pulping has the advantages of producing stronger fibers, and the ability to accept a greater variety of feedstocks ([Sixta, 2006](#); [Young, 1994](#)).

The steam explosion treatment has previously been investigated as a method aiming to extract the hemicellulose from wood chips prior to chemical pulping, the so-called “adding value prior to pulping” concept (Mosier et al., 2005; Zhu and Pan, 2010). Over the last decades the steam explosion treatment has been attracting increasing interest worldwide, and lately it has become the preferred method for pre-treatment of lignocellulosic biomass (Mosier et al., 2005; Taherzadeh and Karimi, 2008), especially for agricultural residues like sugarcane bagasse, in the bioconversion of lignocellulose-to-ethanol process (Kaar et al., 1998; Kumar et al., 2009). The steam explosion process consists of the treatment of biomass with saturated steam under high pressure for a short time (30 s–20 min) (Taherzadeh and Karimi, 2008), promoting thermal expansion of the biomass, followed by a rapid decompression that can lead to size reduction of the particles, and to an increase of biomass pore size (Alvira et al., 2010; Mosier et al., 2005). It can be performed in the absence or presence of an exogenous acid catalyst added to the plant biomass. Addition of an acid catalyst has been shown to increase hemicellulose removal (Alvira et al., 2010; Mosier et al., 2005). However, besides being effective in the removal of hemicellulose, the steam explosion treatment is not able to completely break the lignin–carbohydrate complex and promotes changes in lignin structure that can make it difficult to extract (Agbor et al., 2011; Hendriks and Zeeman, 2009; Li et al., 2007), therefore, to generate a pulp with a high cellulose content, subsequent steps are required, such as alkaline treatments for the removal of the modified lignin.

Alkaline treatments are able to remove large amounts of the lignin, and part of the hemicelluloses present in biomass, increasing the purity of the cellulose. Sodium hydroxide (NaOH) is among the most commonly used alkaline reagents (Hu and Ragauskas, 2012). Alkaline treatments are also able to increase the surface area of the cellulose by swelling of the cellulose structure (Alvira et al., 2010). However, some disadvantages can be highlighted such as cost, process safety, and the difficulty of recovering the alkali (Hu and Ragauskas, 2012). Another disadvantage related to the treatment using the alkaline medium is the peeling reaction that takes place at temperatures above 100°C, and causes a decrease in the degree of polymerization and yield of the cellulose (Ek et al., 2009; Fengel and Wegener, 1983).

Another effective method for the isolation of cellulose is the organosolv process, which is based on lignin and hemicellulose removal through the action of organic solvents, or a mixture of water and organic solvents (i.e., ethanol, methanol, acetone, ethylene glycol) catalyzed or not by acid. Although quite efficient for the isolation of cellulose, it is a high cost process due to the use and recovery of the organic solvents (Kumar et al., 2009), and it has also some safety and environmental drawbacks (Agbor et al., 2011).

Methods such as steam explosion and organosolv have been applied for extraction of cellulose from sugarcane bagasse, but alkaline treatment is the most used approach for isolation of sugarcane bagasse cellulose for

**TABLE 9.2** Treatments That Have Already Been Applied for Isolation of Cellulose From Sugarcane Bagasse for Production of Nanocelluloses

References	Treatment Steps	Conditions
Lam et al. (2017)	Steam explosion	1.3 MPa, 190°C, 15 min
	NaClO <sub>2</sub> /acetic acid	70°C, 6 h
Bansal et al. (2016)	Steam explosion (NaOH)	15 lb, 5–6 h
	NaOH/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	≈ 14 h
Camargo et al. (2016)	NaOH/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	55°C, 1 h
Oliveira et al. (2016)	Organosolv (ethanol/H <sub>2</sub> O)	190°C, 2 h
	NaOH/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	70–80°C
Santucci et al. (2016)	Hydrothermal (H <sub>2</sub> O)	160°C, 30 min
	Organosolv (ethanol/H <sub>2</sub> O)	180–200°C, 1.5–2 h
Kumar et al. (2014)	NaClO <sub>2</sub> /acetic acid	75°C, 1 h
	KOH	90°C, 2 h
Slavutsky and Bertuzzi (2014)	NaOH	60°C, 4 h
	NaClO <sub>2</sub>	Room temperature, 24 h
Campos et al. (2013)	NaOH	90°C, 1 h
	NaClO <sub>2</sub> /acetic acid	75°C, 4 h
Li et al. (2012)	NaOH	90°C, 1.5 h
Bhattacharya et al. (2008)	NaOH	80°C, 4 h
	NaClO <sub>2</sub> /acetic acid	Not reported

production of nanocelluloses (Table 9.1). In this case, some steps of the industrial alkaline process have been applied. Typically, high chemical loads are used to obtain a high purity cellulosic pulp from sugarcane bagasse (Table 9.1).

Following an alkaline treatment for cellulose isolation, a bleaching step (or steps) is (are) necessary for removal of the remaining lignin from the cellulosic pulp. Hydrogen peroxide in alkaline medium is one of the commonly used bleaching agents for removal of the residual lignin in the pulp and paper industry, and it has already been applied in the process of obtaining cellulose for nanocellulose production from sugarcane bagasse (Table 9.2). The process takes place at temperature between 80 and 110°C, with a hydrogen peroxide loading varying between 0.5% and 4% (w/w) (Ek et al., 2009). Another method widely used for selective removal of the residual sugarcane bagasse lignin is treatment with sodium chlorite in dilute acetic acid

(Table 9.2). It is noteworthy that this method can also promote acid hydrolysis or oxidative cleavage of the cellulose, consequently reducing its degree of polymerization (Hubbell and Ragauskas, 2010).

In general, alkaline treatment, together with hydrogen peroxide, have been the preferred methods for the isolation of cellulose from sugarcane bagasse aiming at the production of nanocellulose. This approach, despite decreasing crystallinity, increases cellulose surface area and removal of the residual lignin in the cellulosic fibers. In addition, it does not employ chlorine-based chemicals, making this approach less harmful to the environment.

### 9.3 PRODUCTION OF NANOCELLULOSES

Nanocellulose is a material in the nanometer scale that has at least one dimension smaller than 100 nm (Dufresne, 2012; Habibi et al., 2010; Moon et al., 2011). It can be obtained from several sources of native cellulose such as plants, animals, bacteria, and algae. Nanocellulose can be divided into three categories: cellulose nanocrystals (CNC) and cellulose nanofibrils (CNF) obtained from plant biomass (lignocellulose), and bacterial cellulose (CB) produced mainly by bacteria of the species *Acetobacter xylinum* (Dufresne, 2012). Among the cellulose sources for production of nanocellulose, lignocellulosic biomass is the most abundant. However, the properties of plant-based nanocelluloses are dependent on the properties of the fibers in the lignocellulosic biomass, the cellulose isolation method, and also on the method employed for nanocellulose production.

#### 9.3.1 Production of Cellulose Nanocrystals (CNC)

Cellulose nanocrystals are produced through the preferential hydrolysis of the less organized regions of cellulose, which are more susceptible to catalytic action in the breakdown of the glycosidic bonds. Thus, the particles released during the hydrolysis of isolated cellulose constitute a highly crystalline material called CNC, or cellulose whiskers (Dufresne, 2012; Habibi et al., 2010; Moon et al., 2011).

##### 9.3.1.1 Acid Hydrolysis

The method traditionally used for the production of CNC is based on the acid hydrolysis of the cellulose pulp with strong acid. The tightly-packed nature of the cellulose decreases the accessibility of the crystalline regions, making them more resistant to acid attack, so the less organized (amorphous) regions of the cellulose are preferably hydrolyzed. Thus, the nanocrystals are particles constituted by the crystalline regions of the cellulose, in the shape of cylindrical rods, which often have diameters smaller than 10 nm

(Bondeson et al., 2006; Jonoobi et al., 2015), and a length in the range of 100–1000 nm (Jonoobi et al., 2015).

The production of CNC by acid hydrolysis typically involves the following steps (Brinchi et al., 2013):

1. Acid hydrolysis of cellulose under controlled conditions (acid concentration, temperature, time, agitation, and acid to cellulose ratio);
2. Interruption of the hydrolytic reaction by addition of water (this step dilutes the solubilized products), followed by successive washing and centrifugation of the solid residue;
3. Extensive dialysis to remove residual acid;
4. Mechanical treatment by sonication for dispersion of the particles and formation of a uniform and stable suspension;
5. Concentration of the nanoparticles and, when needed, drying to obtain solid CNC.

The extraction of CNC by hydrolysis with strong acids generally results in yields around 30% (Habibi et al., 2010; Bondeson et al., 2006), although a recent study by Chen et al. (2015) reported a yield of up to 70%.

The most commonly used acid is sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ) at a concentration that may vary around 65% (w/w), room temperature to 70°C, and reaction time that can be from a few minutes to a few hours (Dufresne, 2012; Habibi et al., 2010). The nanocrystals obtained by hydrolysis with sulfuric acid have negative surface charges, because of the insertion of sulfate groups on the surface of the cellulose during hydrolysis. This decreases CNC's thermal stability and increases the stability of the nanocrystal colloidal suspension. In addition, the degree of polymerization of the cellulose chains is significantly altered, and may be associated with the length of the nanocrystal (Brinchi et al., 2013; Habibi et al., 2010).

### 9.3.1.2 Enzymatic Hydrolysis

The first study to obtain CNC through enzymatic hydrolysis was performed by Filson et al. (2009) using recycled pulp and the commercial enzyme preparation Celluclast 1.5 L (Novozymes). In their study, the nanocrystals obtained had a diameter between 30 and 80 nm and length ranging from 100 nm to 1.8  $\mu m$ .

The enzymatic method to obtain CNC is an attractive alternative to the traditional acid hydrolysis, since it is able to reduce the environmental impacts such as the high water demand, and the generation of chemical residues (Brinchi et al., 2013; Filson et al., 2009; Zhu et al., 2011). In addition, it favors the recovery of sugars in an integrated process to obtain bioproducts (Duran et al., 2011; Zhu et al., 2011). The nanocrystals produced through the enzymatic hydrolysis also require mechanical treatment by sonication for dispersion of the particles (Anderson et al., 2014). The nanocrystals formed

by the enzymatic hydrolysis of the amorphous regions are not negatively charged, which decreases the stability of the suspension. On the other hand, the nanoparticles produced by the enzymatic hydrolysis method have been shown to have higher thermal stability and differential mechanical properties (Anderson et al., 2014; Filson et al., 2009).

### 9.3.2 Production of Cellulose Nanofibrils (CNF)

Cellulose nanofibrils are long particles of cellulose elementary fibrils that have both crystalline and non-crystalline regions. The diameter of CNF can vary from 2 to 20 nm, and the length may be up to a few micrometers, and consequently the CNF has a high aspect ratio (particle length to diameter ratio) (Jonoobi et al., 2015). The disintegration of the cellulose fibers to obtain CNF can be achieved by mechanical methods, such as homogenization or microfluidization at high pressure, and mechanical defibrillation by nanogrinding. Ultrasonication has also been reported as a method for production of CNF.

To reduce the energy requirement of the mechanical treatment—mainly by homogenization and microfluidization—for production of CNF, and to make the process more economically and environmentally attractive, chemical or enzymatic pre-treatments are usually associated to the disintegration processes of cellulose fibers.

#### 9.3.2.1 Homogenization and Microfluidization at High Pressure

High pressure homogenization is a known method that can be applied for defibrillation of cellulose in a diluted suspension (1%–2% w/w) that is pumped through a slit that opens and closes rapidly by means of a spring valve assembly. This process submits the cellulose fibers to shear and decompression forces under a controlled temperature (70–90°C). For the suspension to acquire a translucent gelatinous appearance, an indication that cellulose fibers have been disintegrated, several passes through the homogenizer are required (10–15 passes) (Dufresne, 2012; Henriksson et al., 2007; Khalil et al., 2014).

In the microfluidization process, a suspension of cellulose fibers is subjected to pressure pumping through a z-shaped channel, with dimensions ranging from 200 to 400  $\mu\text{m}$ . When compared to the homogenization process, microfluidization is able to produce particles with more uniform sizes (Khalil et al., 2014). Although high pressure homogenization and microfluidization are efficient methods for producing CNF, these processes have two major bottlenecks: the high energy consumption due to the need for many passes to reach cellulose particles at the nanoscale; and frequent clogging (Dufresne, 2012; Wang et al., 2015).

### 9.3.2.2 Nanogrinding

Another method of CNF production is nanogrinding in a disk refiner. The separation of the fibers is carried out through porous stone discs arranged one above the other with a small gap between them. The upper disc is fixed, and the lower one performs rotations typically set at about 1500 rpm (Khalil et al., 2014). In this method, cellulose fibers are subjected to shear and friction forces capable of isolating fibrils with diameters of 20–90 nm. When compared to the homogenizer and microfluidizer, the disc refiner has lower energy consumption for cellulose defibrillation (Dufresne, 2012; Siqueira and Arantes, 2017; Wang et al., 2012).

### 9.3.2.3 High Intensity Ultrasonication

The high-intensity ultrasonication method is less studied than the other methods for the production of CNF. Zhao et al. (2007) used an ultrasonicator equipped with a titanium alloy probe with a diameter of 2.5 cm and frequency of 20 kHz to generate nanoparticles with a diameter in the range of 25–120 nm. Later, Wang and Cheng (2009) employed the same method to isolate CNF, which was subsequently characterized in Cheng et al. (2009), showing particles of 20–30 nm. In this method, the action of hydrodynamic forces promotes the cavitation of the cellulose fibers, including the formation, expansion, and implosion of the microbubbles in the liquid. The defibrillation efficiency by high-intensity ultrasonication is dependent on energy, fiber size, temperature, time, cellulose suspension concentration, and the distance of the probe (Campos et al., 2013; Dufresne, 2012; Khalil et al., 2014; Wang and Cheng, 2009).

### 9.3.2.4 Pre-treatments

Among the chemical pre-treatments investigated to reduce the energy demand during CNF production, those that stand out are oxidation with TEMPO (2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-oxyl radical) that promotes modification of cellulose's surface charges (Jonoobi et al., 2015; Saito et al., 2009), oxidation with NaBr and NaClO used as catalysts or primary oxidants (Jonoobi et al., 2015), and carboxymethylation (Jonoobi et al., 2015). The negative charges introduced by the oxidation reaction promote repulsion of the nanofibrils, favoring the action of shear forces or delamination responsible for the defibrillation (Khalil et al., 2014; Siró and Plackett, 2010).

A controlled enzymatic pre-treatment can also be used as an efficient method before mechanical defibrillation. It has been suggested that the enzymatic treatment can promote loosening of the cellulose fibers, which in turn would favor energy saving (Henriksson et al., 2007; Pääkkö et al., 2007; Zhu et al., 2011). In addition, it has been demonstrated that the residue from the enzymatic hydrolysis of eucalypt kraft pulp, under controlled conditions for the production of fermentable sugars, can also be used for production of CNF (Zhu et al., 2011; Song et al., 2014).

## 9.4 PRODUCTION OF NANOCELLULOSES FROM SUGARCANE BAGASSE

Regardless of the source, cellulose has many similar characteristics, such as biodegradability and renewability. Differences in morphology and nanoparticle sizes are generally associated with the method by which cellulose is isolated from the lignocellulosic matrix and processed into nanocelluloses (Jonoobi et al., 2015).

The first required step in the production of nanocelluloses is to obtain a cellulose-rich pulp. Most methods for the isolation of cellulose from sugarcane bagasse have employed treatments for total or partial removal of lignin and hemicellulose, followed by bleaching of the cellulose-enriched pulp (Table 9.2). Chemical characterization of the cellulose pulp produced is important, as the presence of noncellulosic materials in the cellulose-rich pulp can interfere in the subsequent method chosen for nanocellulose production, increasing yield, altering the thermal stability, and even generating nanocellulose with potential new applications (Santucci et al., 2016; Jonoobi et al., 2015).

The most used method for production of CNC from sugarcane bagasse pulp is acid hydrolysis, which leads to an increase in the crystallinity index of 56.7% (Bezerra and Ragauskas, 2016) to values around 74% (average values of crystallinity shown in Table 9.3). The yield of nanocrystals from sugarcane bagasse has only been reported in a limited number of studies. For example, Oliveira et al. (2016) reported a CNC yield of 9%–24%, and Teixeira et al. (2011) about 50%–58%. These yields are distinct from most studies on CNC production from wood-based pulp, typically around 30% Bondeson et al. (2006).

Although the lower crystallinity of CNF compared to the starting materials seems to be a general tendency, as shown by Li et al. (2012) who reported a decrease from 60% to 36%, and Zhang et al. (2016) from 65% to 40%, Saelee et al. (2016) reported an increase in the crystallinity index from 59.5% for the starting material to 68.1% for the CNF produced.

Besides the commonly taken approach of producing nanocelluloses in a stand-alone process, the production of nanocellulose has also been proposed within the biorefinery concept. Studies have shown that reaching cellulose conversion near 100% for the production of monomeric sugars is not considered a viable strategy for producing 2G ethanol (Arantes and Saddler, 2011; Horn et al., 2012). However, reaching cellulose conversion values close to 70% makes the process more attractive, and still generates a viable concentration of monomeric sugars (Modenbach and Nokes, 2013). Consequently, a highly recalcitrant residue rich in crystalline cellulose (Camargo et al., 2016, Oksman et al., 2011; Tsukamoto et al., 2013; Zhu et al., 2011) is also obtained. This residue can be used to produce nanocelluloses as a high value-added co-product, improving the economic viability of 2G ethanol

**TABLE 9.3** Production Methods and Properties of Nanocelluloses From Sugarcane Bagasse

NC	Method	Diameter (nm)	Length (nm)	CrI (%)	References
CNC	AH	9.8 ± 6.3	280.1 ± 73.3	68.54 ± 1.3	Lam et al. (2017)
	EH	14.0–18.0	193–246	77.7–81.7	Camargo et al. (2016)
	AH	4.1–7.0	89–117	77–86	Oliveira et al. (2016)
	Grinding/EH	4–12	1000–5000	63.95–61.59	Teixeira et al. (2015)
	AH	20–60	250–480	72.5	Kumar et al. (2014)
	AH	10.11 ± 3.36	247.51 ± 32.34		Slavutsky and Bertuzzi (2014)
	AH	35	170		Mandal and Chakrabarty (2011)
	AH	4 ± 2	255 ± 55	70.5–87.5	Teixeira et al. (2011)
CNF	HG	5–10	264 ± 69	68.10 ± 0.18	Saelee et al. (2016)
	HG	15 ± 8		40.0	Zhang et al. (2016)
	HG	60–100	3000–4000		Bansal et al. (2016)
	HIUS	31–33			Santucci et al. (2016)
	Grinding	4–35	500–1500	59.6	Teixeira et al. (2015)
	HIUS	≈ 40			Campos et al. (2013)
	HG	10–20		36	Li et al. (2012)
	HG/AH	30			Bhattacharya et al. (2008)

AH, acid hydrolysis; CrI, crystallinity index; EH, enzymatic hydrolysis; HG, homogenization; HIUS, high intensity ultrasonication.

production (Duran et al., 2011; Leistriz et al., 2006). This appears to be a new strategy for the implantation or adequacy of large-scale, second-generation ethanol plants and biomaterials (Camargo et al., 2016). Indeed, the integrated production of nanocellulose with the production of sugar for 2G ethanol has been investigated in a few recent studies (Camargo et al. 2016; Chirat et al., 2010; Oksman et al., 2011; Song et al., 2014; Tsukamoto et al., 2013; Zhu et al., 2011). In the most recent study (Camargo et al., 2016), sugarcane bagasse was used as the raw material for the integrated production of monomeric sugars and nanocellulose.

#### 9.4.1 Properties of Nanocelluloses From Sugarcane Bagasse

The mechanical properties of nanocelluloses are important parameters to define their applications. These properties depend not only on the source of the cellulosic material, but also on the morphology, dimensions, and degree of crystallinity of the nanoparticles, which in turn depend on the production method used to obtain the nanocellulose (Rebouillat and Pla, 2013). In addition, it has been suggested that the dimensions of the cellulose particles with high aspect ratio (length/width) have superior Young's modulus, ranging from 129 to 250 GPa (Lin and Dufresne, 2014; Moon et al., 2011; Wang et al., 2015). The biocompatibility (ability of the implanted material to not cause harmful changes) is a property that depends on the mode of isolation of nanocellulose, and makes nanocellulose highly applicable in the biomedical sector, such as in formulations with antibacterial agents in dressings, implants, artificial skin for burns, drug delivery, support for enzyme immobilization, and cosmetics (Lin and Dufresne, 2014; Rebouillat and Pla, 2013).

Microscopy techniques such as scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM), and atomic force microscopy (AFM) are used to measure nanocellulose sizes and determine their morphology. However, it has been reported that AFM (Kvien et al., 2005) and SEM (Chinga-Carrasco et al., 2011; Fukuzumi et al., 2009) techniques overestimate the true particle dimensions, due to the tip broadening effects and metal coating of the nanoparticles prior to examination, respectively. TEM has been the microscopy technique widely recommended to accurately monitor the morphology and dimensions of cellulose nanoparticles (Brinchi et al., 2013; Habibi et al., 2010).

In general, CNC produced from sugarcane bagasse has been shown to have a diameter and length within the range of 4–60 nm and 89–280 nm, respectively (Table 9.3). For comparison purposes, the typical diameter and length of CNC produced from softwood and hardwood cellulosic pulp—the most commonly used cellulose for production of nanocellulose—is about 4–5 nm and 100–150 nm, respectively, for the acid hydrolysis method (Beck-Candanedo et al., 2005), and 4–80 nm and 70 nm–1.8  $\mu\text{m}$ , respectively, for the enzymatic hydrolysis method (Filson et al., 2009; Siqueira and

Arantes, 2017). When compared to CNCs from wood pulps, CNCs from sugarcane seems to have particles with larger diameter and smaller length.

The crystallinity index, commonly measured by X-ray diffraction and analyzed by the method of Segal et al. (1959), is another important parameter of nanocelluloses, and indicates the level of organization of material. For sugarcane CNC, the crystallinity index has been reported to vary from 68.5% to 87.5% (Camargo et al., 2016; Kumar et al., 2014; Lam et al., 2017; Oliveira et al., 2016; Teixeira et al., 2011). Although the crystallinity index for CNF from bagasse has been reported only in a few studies (Table 9.3), there is no general consensus as to what happens to the crystallinity index during cellulose processing for CNC production. It was recently shown that there are reports in the literature indicating an increase in CrI after processing, while others have observed a decrease, and even the maintenance of the crystallinity of the starting material (Siqueira and Arantes, 2017). These sometimes contradictory observations on the crystallinity of the NFC were likely caused by the differences in production processes. Agoda-Tandajawa et al. (2010) and Iwamoto et al. (2007) produced CNF by homogenization and grinding, respectively, and they observed a decrease in the crystallinity index. On the other hand, Cheng et al. (2007) and Abe and Yano (2009) observed an increase in the crystallinity index of the CNF they produced using high intensity sonication and grinding, respectively.

## 9.5 CONCLUSION

Sugarcane bagasse seems to be a suitable source of cellulose for production of nanocelluloses. While the most commonly employed method for obtaining a cellulose-rich pulp from sugarcane bagasse has been a combination of sodium hydroxide followed by delignification with hydrogen peroxide in alkaline medium, in a stand-alone process, a more attractive approach appears to be the production of nanocellulose within the biorefinery concept, along with cellulosic ethanol production. The nanocelluloses produced from sugarcane bagasse seem to have only small differences in their characteristics (diameter, length, and crystallinity) when compared to nanocelluloses produced from wood pulp. Therefore, it is an abundant agro-industrial waste with a tremendous potential resource for production of nanocelluloses, as renewable, biodegradable, and high added-value products.

## ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the São Paulo Research Foundation (FAPESP, grant no. 2015/02862-5) and the Brazilian National Council for Scientific and Technological Development (CNPq, grants no. 308715/2015-2 and 429895/2016-0) for the financial support for research on production of nanocelluloses from sugarcane bagasse.

## REFERENCES

- Abe, K., Yano, H., 2009. Comparison of the characteristics of cellulose microfibril aggregates of wood, rice straw and potato tuber. *Cellulose* 16 (6), 1017–1023.
- Agbor, V.B., Cicek, N., Sparling, R., Berlin, A., Levin, D.B., 2011. Biomass pretreatment: fundamentals toward application. *Biotechnol. Adv.* 29 (6), 675–685.
- Agoda-Tandjawa, G., Durand, S., Berot, S., Blassel, C., Gaillard, C., Garnier, C., et al., 2010. Rheological characterization of microfibrillated cellulose suspensions after freezing. *Carbohydr. Polym.* 80 (3), 677–686.
- Alvira, P., Tomás-Pejó, E., Ballesteros, M.J., Negro, M.J., 2010. Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: a review. *Bioresour. Technol.* 101 (13), 4851–4861.
- Anderson, S.R., Esposito, D., Gillette, W., Zhu, J.Y., Baxa, U., Mcneil, S.E., 2014. Enzymatic preparation of nanocrystalline and microcrystalline cellulose. *TAPPI J.* 13 (5), 35–42.
- Arantes, V., Saddler, J.N., 2011. Cellulose accessibility limits the effectiveness of minimum cellulase loading on the efficient hydrolysis of pretreated lignocellulosic substrates. *Biotechnol. Biofuels* 4 (1), 1–16.
- Bansal, M., Chauhan, G.S., Kaushik, A., Sharma, A., 2016. Extraction and functionalization of bagasse cellulose nanofibres to Schiff-base based antimicrobial membranes. *Int. J. Biol. Macromol.* 91, 887–894.
- Beck-Candanedo, S., Roman, M., Gray, D.G., 2005. Effect of reaction conditions on the properties and behavior of wood cellulose nanocrystal suspensions. *Biomacromolecules* 6 (2), 1048–1054.
- Bezerra, T.L., Ragauskas, A.J., 2016. A review of sugarcane bagasse for second-generation bioethanol and biopower production. *Biofuels, Bioprod. Biorefin.* 10, 634–647.
- Bhattacharya, D., Germinario, L.T., Winter, W.T., 2008. Isolation, preparation and characterization of cellulose microfibrils obtained from bagasse. *Carbohydr. Polym.* 73 (3), 371–377.
- Bondeson, D., Mathew, A., Oksman, K., 2006. Optimization of the isolation of nanocrystals from microcrystalline cellulose by acid hydrolysis. *Cellulose* 13 (2), 171–180.
- Brinchi, L., Cotana, F., Fortunati, E., Kenny, J.M., 2013. Production of nanocrystalline cellulose from lignocellulosic biomass: technology and applications. *Carbohydr. Polym.* 94 (1), 154–169.
- Camargo, L.A., Pereira, S.C., Correa, A.C., Farinas, C.S., Marconcini, J.M., Mattoso, L.H.C., 2016. Feasibility of manufacturing cellulose nanocrystals from the solid residues of second-generation ethanol production from sugarcane bagasse. *Bioenergy Res.* 9 (3), 894–906.
- Campos, A., Correa, A.C., Cannella, D., de M Teixeira, E., Marconcini, J.M., Dufresne, A., et al., 2013. Obtaining nanofibers from curauá and sugarcane bagasse fibers using enzymatic hydrolysis followed by sonication. *Cellulose* 20 (3), 1491–1500.
- Chen, L., Wang, Q., Hirth, K., Baez, C., Agarwal, U.P., Zhu, J.Y., 2015. Tailoring the yield and characteristics of wood cellulose nanocrystals (CNC) using concentrated acid hydrolysis. *Cellulose* 22 (3), 1753–1762.
- Cheng, Q., Wang, S., Rials, T.G., Lee, S.H., 2007. Physical and mechanical properties of polyvinyl alcohol and polypropylene composite materials reinforced with fibril aggregates isolated from regenerated cellulose fibers. *Cellulose* 14 (6), 593–602.
- Cheng, Q., Wang, S., Han, Q., 2009. Novel process for isolating fibrils from cellulose fibers by high-intensity ultrasonication. II. Fibril characterization. *J. Appl. Polym. Sci.* 115 (5), 2756–2762.

- Chinga-Carrasco, G., Yu, Y., Diserud, O., 2011. Quantitative electron microscopy of cellulose nanofibril structures from eucalyptus and pinus radiata kraft pulp fibers. *Microsc. Microanal.* 17 (4), 563–571.
- Chirat, C., Lachenal, D., Dufresne, A., 2010. Biorefinery in a kraft pulp mill: from bioethanol to cellulose nanocrystals. *Cellul. Chem. Technol.* 44 (1), 59.
- Cosgrove, D.J., 2014. Re-constructing our models of cellulose and primary cell wall assembly. *Curr. Opin. Plant Biol.* 22, 122–131.
- Delmer, D.P., Amor, Y., 1995. Cellulose biosynthesis. *Plant Cell* 7 (7), 987–1000.
- Dufresne, A., 2012. *Nanocellulose: From Nature to High Performance Tailored Materials*. Walter de Gruyter, Berlin and Boston, MA.
- Duran, N., Lemes, A.P., Duran, M., Freer, J., Baeza, J., 2011. A minireview of cellulose nanocrystals and its potential integration as co-product in bioethanol production. *J. Chil. Chem. Soc.* 56 (2), 672–677.
- Ek, M., Gellerstedt, G., Henriksson, G. (Eds.), 2009. *Wood Chemistry and Biotechnology*, vol. 1. Walter de Gruyter, Berlin.
- Fengel, D., Wegener, G. (Eds.), 1983. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter, Berlin.
- Fernandes, A.N., Thomas, L.H., Altaner, C.M., Callow, P., Forsyth, V.T., Apperley, D.C., et al., 2011. Nanostructure of cellulose microfibrils in spruce wood. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108 (47), E1195–E1203.
- Field, C.B., Campbell, J.E., Lobell, D.B., 2008. Biomass energy: the scale of the potential resource. *Trends Ecol. Evol.* 23 (2), 65–72.
- Filson, P.B., Dawson-Andoh, B.E., Schwegler-Berry, D., 2009. Enzymatic-mediated production of cellulose nanocrystals from recycled pulp. *Green Chem.* 11 (11), 1808–1814.
- Fukuzumi, H., Saito, T., Iwata, T., Kumamoto, Y., Isogai, A., 2009. Transparent and high gas barrier films of cellulose nanofibers prepared by TEMPO-mediated oxidation. *Biomacromolecules* 10 (1), 162–165.
- Ha, M.A., Apperley, D.C., Evans, B.W., Huxham, I.M., Jardine, W.G., Viëtor, R.J., et al., 1998. Fine structure in cellulose microfibrils: NMR evidence from onion and quince. *Plant J.* 16 (2), 183–190.
- Habibi, Y., Lucia, L.A., 2012. *Nanocelluloses: emerging building blocks for renewable materials*, *Polysaccharide Building Blocks: A Sustainable Approach to the Development of Renewable Biomaterials*, first ed. Wiley, Hoboken, NJ, pp. 105–125.
- Habibi, Y., Lucia, L.A., Rojas, O.J., 2010. Cellulose nanocrystals: chemistry, self-assembly, and applications. *Chem. Rev.* 110 (6), 3479–3500.
- Hallac, B.B., Ragauskas, A.J., 2011. Analyzing cellulose degree of polymerization and its relevancy to cellulosic ethanol. *Biofuels, Bioprod. Biorefin.* 5 (2), 215–225.
- Hendriks, A.T.W.M., Zeeman, G., 2009. Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass. *Bioresour. Technol.* 100 (1), 10–18.
- Henriksson, M., Henriksson, G., Berglund, L.A., Lindström, T., 2007. An environmentally friendly method for enzyme-assisted preparation of microfibrillated cellulose (MFC) nanofibers. *Eur. Polym. J.* 43 (8), 3434–3441.
- Horn, S.J., Vaaje-Kolstad, G., Westereng, B., Eijsink, V., 2012. Novel enzymes for the degradation of cellulose. *Biotechnol. Biofuels* 5 (1), 45–57.
- Hu, F., Ragauskas, A., 2012. Pretreatment and lignocellulosic chemistry. *Bioenergy Res.* 5 (4), 1043–1066.
- Hubbell, C.A., Ragauskas, A.J., 2010. Effect of acid-chlorite delignification on cellulose degree of polymerization. *Bioresour. Technol.* 101 (19), 7410–7415.

- Hurter, R.W., 2001. Nonwood plant fiber characteristics. *Agric. Residues* 1–4.
- Iwamoto, S., Nakagaito, A.N., Yano, H., 2007. Nano-fibrillation of pulp fibers for the processing of transparent nanocomposites. *Appl. Phys. A* 89 (2), 461–466.
- Jonoobi, M., Oladi, R., Davoudpour, Y., Oksman, K., Dufresne, A., Hamzeh, Y., et al., 2015. Different preparation methods and properties of nanostructured cellulose from various natural resources and residues: a review. *Cellulose* 22 (2), 935–969.
- Kaar, W.E., Gutierrez, C.V., Kinoshita, C.M., 1998. Steam explosion of sugarcane bagasse as a pretreatment for conversion to ethanol. *Biomass Bioenergy* 14 (3), 277–287.
- Khalil, H.P.S.A., Davoudpour, Y., Islam, M.N., Mustapha, A., Sudesh, K., Dungani, R., et al., 2014. Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: a review. *Carbohydr. Polym.* 99, 649–665.
- Klemm, D., Heublein, B., Fink, H.P., Bohn, A., 2005. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angew. Chem. Int. Ed.* 44 (22), 3358–3393.
- Kumar, P., Barrett, D.M., Delwiche, M.J., Stroeve, P., 2009. Methods for pretreatment of lignocellulosic biomass for efficient hydrolysis and biofuel production. *Ind. Eng. Chem. Res.* 48 (8), 3713–3729.
- Kumar, A., Negi, Y.S., Choudhary, V., Bhardwaj, N.K., 2014. Characterization of cellulose nanocrystals produced by acid-hydrolysis from sugarcane bagasse as agro-waste. *J. Mater. Phys. Chem.* 2 (1), 1–8.
- Kvien, I., Tanem, B.S., Oksman, K., 2005. Characterization of cellulose whiskers and their nanocomposites by atomic force and electron microscopy. *Biomacromolecules* 6 (6), 3160–3165.
- Lam, N.T., Chollakup, R., Smitthipong, W., Nimchua, T., Sukyai, P., 2017. Characterization of cellulose nanocrystals extracted from sugarcane bagasse for potential biomedical materials. *Sugar Tech* 1–14.
- Leistriz, F.L., Senechal, D.M., Stowers, M.D., McDonald, W.F., Saffron, C.M., Hodur, N.M., 2006. Preliminary feasibility analysis for an integrated biomaterials and ethanol biorefinery using wheat straw feedstock. In: *Agribusiness & Applied Economics Report-Department of Agribusiness and Applied Economics, North Dakota State University, Report no. 590.*
- Li, J., Henriksson, G., Gellerstedt, G., 2007. Lignin depolymerization/repolymerization and its critical role for delignification of aspen wood by steam explosion. *Bioresour. Technol.* 98 (16), 3061–3068.
- Li, J., Wei, X., Wang, Q., Chen, J., Chang, G., Kong, L., et al., 2012. Homogeneous isolation of nanocellulose from sugarcane bagasse by high pressure homogenization. *Carbohydr. Polym.* 90 (4), 1609–1613.
- Lin, N., Dufresne, A., 2014. Nanocellulose in biomedicine: current status and future prospect. *Eur. Polym. J.* 59, 302–325.
- Mandal, A., Chakrabarty, D., 2011. Isolation of nanocellulose from waste sugarcane bagasse (SCB) and its characterization. *Carbohydr. Polym.* 86 (3), 1291–1299.
- Modenbach, A.A., Nokes, S.E., 2013. Enzymatic hydrolysis of biomass at high-solids loadings—a review. *Biomass Bioenergy* 56, 526–544.
- Moon, R.J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J., Youngblood, J., 2011. Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites. *Chem. Soc. Rev.* 40 (7), 3941–3994.
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y.Y., Holtzapple, M., et al., 2005. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresour. Technol.* 96 (6), 673–686.
- Newman, R.H., Hemmingson, J.A., 1990. Determination of the degree of cellulose crystallinity in wood by carbon-13 nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Holzforschung* 44 (5), 351–356.

- Oksman, K., Etang, J.A., Mathew, A.P., Jonoobi, M., 2011. Cellulose nanowhiskers separated from a bio-residue from wood bioethanol production. *Biomass Bioenergy* 35 (1), 146–152.
- Oliveira, F.B., Bras, J., Pimenta, M.T.B., da Silva Curvelo, A.A., Belgacem, M.N., 2016. Production of cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse fibers and pith. *Ind. Crops Prod.* 93, 48–57.
- Pääkkö, M., Ankerfors, M., Kosonen, H., Nykänen, A., Ahola, S., Österberg, M., et al., 2007. Enzymatic hydrolysis combined with mechanical shearing and high-pressure homogenization for nanoscale cellulose fibrils and strong gels. *Biomacromolecules* 8 (6), 1934–1941.
- Rebouillat, S., Pla, F., 2013. State of the art manufacturing and engineering of nanocellulose: a review of available data and industrial applications. *J. Biomater. Nanobiotechnol.* 4 (02), 165–188.
- Rocha, G.J.M., Nascimento, V.M., Goncalves, A.R., Silva, V.F.N., Martín, C., 2015. Influence of mixed sugarcane bagasse samples evaluated by elemental and physical–chemical composition. *Ind. Crops Prod.* 64, 52–58.
- Saelee, K., Yingkamaeng, N., Nimchua, T., Sukyai, P., 2016. An environmentally friendly xylanase-assisted pretreatment for cellulose nanofibrils isolation from sugarcane bagasse by high-pressure homogenization. *Ind. Crops Prod.* 82, 149–160.
- Saito, T., Hirota, M., Tamura, N., Kimura, S., Fukuzumi, H., Heux, L., et al., 2009. Individualization of nano-sized plant cellulose fibrils by direct surface carboxylation using TEMPO catalyst under neutral conditions. *Biomacromolecules* 10 (7), 1992–1996.
- Santucci, B.S., Bras, J., Belgacem, M.N., da Silva Curvelo, A.A., Pimenta, M.T.B., 2016. Evaluation of the effects of chemical composition and refining treatments on the properties of nanofibrillated cellulose films from sugarcane bagasse. *Ind. Crops Prod.* 91, 238–248.
- Segal, L.G.J.M.A., Creely, J.J., Martin Jr, A.E., Conrad, C.M., 1959. An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Text. Res. J.* 29 (10), 786–794.
- Shatkin, J.A., Wegner, T.H., Bilek, E.T., Cowie, J., 2014. Market projections of cellulose nanomaterial-enabled products-Part 1: applications. *TAPPI J.* 13 (5), 9–16.
- Siqueira, G., Arantes, V., 2017. *Nanocellulose from lignocellulosic biomass, Valorization of Lignocellulosic Biomass in Biorefinery: From Logistics to Environmental and Performance Impact.*, first ed. Nova Publishers, New York, pp. 293–320.
- Siró, I., Plackett, D., 2010. Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review. *Cellulose* 17 (3), 459–494.
- Sixta, H. (Ed.), 2006. *Handbook of Pulp*, vol. 1. Wiley-VCH, Weinheim, pp. 343–345.
- Sjöström, E., 1993. *Wood Chemistry Fundamentals and Applications*. Academic Press, New York.
- Slavutsky, A.M., Bertuzzi, M.A., 2014. Water barrier properties of starch films reinforced with cellulose nanocrystals obtained from sugarcane bagasse. *Carbohydr. Polym.* 110, 53–61.
- Song, Q., Winter, W.T., Bujanovic, B.M., Amidon, T.E., 2014. Nanofibrillated cellulose (NFC): a high-value co-product that improves the economics of cellulosic ethanol production. *Energies* 7 (2), 607–618.
- Taherzadeh, M.J., Karimi, K., 2008. Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review. *Int. J. Mol. Sci.* 9 (9), 1621–1651.
- Teixeira, E.M., Bondancia, T.J., Teodoro, K.B.R., Correa, A.C., Marconcini, J.M., Mattoso, L.H.C., 2011. Sugarcane bagasse whiskers: extraction and characterizations. *Ind. Crops Prod.* 33 (1), 63–66.

- Teixeira, R.S.S., da Silva, A.S.A., Jang, J.H., Kim, H.W., Ishikawa, K., Endo, T., et al., 2015. Combining biomass wet disk milling and endoglucanase/ $\beta$ -glucosidase hydrolysis for the production of cellulose nanocrystals. *Carbohydr. Polym.* 128, 75–81.
- Thomas, L.H., Forsyth, V.T., Šturcová, A., Kennedy, C.J., May, R.P., Altaner, C.M., et al., 2013. Structure of cellulose microfibrils in primary cell walls from collenchyma. *Plant Physiol.* 161 (1), 465–476.
- Tsakamoto, J., Durán, N., Tasic, L., 2013. Nanocellulose and bioethanol production from orange waste using isolated microorganisms. *J. Braz. Chem. Soc.* 24 (9), 1537–1543.
- Wang, S., Cheng, Q., 2009. A novel process to isolate fibrils from cellulose fibers by high intensity ultrasonication, Part 1: Process optimization. *J. Appl. Polym. Sci.* 113 (2), 1270–1275.
- Wang, Q.Q., Zhu, J.Y., Gleisner, R., Kuster, T.A., Baxa, U., McNeil, S.E., 2012. Morphological development of cellulose fibrils of a bleached eucalyptus pulp by mechanical fibrillation. *Cellulose* 19 (5), 1631–1643.
- Wang, W., Mozuch, M.D., Sabo, R.C., Kersten, P., Zhu, J.Y., Jin, Y., 2015. Production of cellulose nanofibrils from bleached eucalyptus fibers by hyperthermostable endoglucanase treatment and subsequent microfluidization. *Cellulose* 22 (1), 351–361.
- Young, R.A., 1994. Comparison of the properties of chemical cellulose pulps. *Cellulose* 1 (2), 107–130.
- Zhang, K., Sun, P., Liu, H., Shang, S., Song, J., Wang, D., 2016. Extraction and comparison of carboxylated cellulose nanocrystals from bleached sugarcane bagasse pulp using two different oxidation methods. *Carbohydr. Polym.* 138, 237–243.
- Zhao, H.P., Feng, X.Q., Gao, H., 2007. Ultrasonic technique for extracting nanofibers from nature materials. *Appl. Phys. Lett.* 90 (7), 073112.
- Zhu, J.Y., Pan, X.J., 2010. Woody biomass pretreatment for cellulosic ethanol production: technology and energy consumption evaluation. *Bioresour. Technol.* 101 (13), 4992–5002.
- Zhu, J.Y., Sabo, R., Luo, X., 2011. Integrated production of nano-fibrillated cellulose and cellulosic biofuel (ethanol) by enzymatic fractionation of wood fibers. *Green Chem.* 13 (5), 1339–1344.

# Contents

List of Contributors	xv
Biography	xvii
Foreword	xix
Preface	xxi
<b>1. Sugarcane Cultivation: Soil Mapping, Environmental Effects, and New Sugarcane Varieties</b>	<b>1</b>
<i>Jorge L. Donzelli, Fernando C. Bertolani and Natalia de Campos Trombeta</i>	
1.1 Introduction	1
1.2 Soil Mapping and Sugarcane Cultivation Environment	2
1.3 Soil Groups for Agricultural Management: Base for Applying Agronomic Technologies	5
1.4 Technological Advancements for Improved Sugarcane New Varieties	9
1.4.1 Brazilian Sugarcane Breeding Program: Historical Features	9
1.4.2 The Main Features of Sugarcane Breeding Programs	10
1.4.3 Sugarcane Variety Census and Planting Intention—Season 2016/17	11
1.5 Conclusion	13
References	13
Further Reading	15
<b>2. Sugarcane Trash as Feedstock for Biorefineries: Agricultural and Logistics Issues</b>	<b>17</b>
<i>Marcelo A. Pierossi and Fernando C. Bertolani</i>	
2.1 Introduction	17
2.2 Biomass Supply Chain	20
2.3 Agronomic and Sustainability Issues	23
2.4 Baling System	24
2.4.1 Agricultural Logistics	25
2.4.2 Bale Processing	28
2.5 Integral Harvesting	30
2.5.1 Agricultural Logistics	32
2.5.2 Industrial Processing	32

<b>2.6 Biomass Critical Dimensions</b>	33
2.6.1 Supply Guarantee	33
2.6.2 Agricultural Operations	34
2.6.3 Factory Processing	35
2.6.4 Biomass Quality	35
2.6.5 Storage	35
2.6.6 Investment	36
<b>2.7 Conclusion</b>	37
<b>References</b>	37
<b>3. The Use of Synthetic Biology Tools in Biorefineries to Increase the Building Blocks Diversification</b>	41
<i>André T.V. Hermann, Aline L. Gonçalves, Josman Velasco, Bianca Oliva, Awana da Silva Lima, Bruno A. França, Gislene Ferreira, Evandro J. Mulinari, Carlaile F. de Oliveira Nogueira and Fernando Segato</i>	
<b>3.1 Introduction</b>	41
<b>3.2 Concept of Biorefineries</b>	42
3.2.1 Biomass Valorization: A Key Process in Biorefinery	42
3.2.2 Biorefinery: Aspects and Technologies	43
3.2.3 Synthetic Biology: New Frontiers for Lignocellulosic Biorefineries	44
<b>3.3 Sugarcane as Bio-Based Raw Material in Biorefineries</b>	45
<b>3.4 The Basic Concept of Synthetic Biology and Its Application</b>	46
<b>3.5 Tools Used in Synthetic Biology to Allow Novel Metabolic Pathways</b>	49
3.5.1 Type IIS Restriction Endonuclease-Based Methods	51
<b>3.6 Transformation-Associated Recombination Cloning</b>	54
<b>3.7 Preferred and Possible Utilized Chassis in Synthetic Biology</b>	55
3.7.1 Bacteria	56
3.7.2 Yeasts	57
3.7.3 Filamentous Fungi	58
<b>3.8 The Building Block Portfolio Possibilities</b>	59
3.8.1 Cell Factories	60
3.8.2 Building Blocks	60
3.8.3 Succinic Acid	60
3.8.4 Lactic Acid	62
3.8.5 Itaconic Acid	62
3.8.6 Xylitol	62
3.8.7 Adipic Acid	63
3.8.8 Ethanol	63
3.8.9 Fumaric Acid	63
3.8.10 Butanol	64
3.8.11 Putrescine	64
3.8.12 Cadaverine	64
3.8.13 Building Blocks for Aromatic Polymers	64

3.8.14	Special Chemicals	65
3.8.15	Biohydrocarbons	65
3.9	Conclusion and Future Prospects	66
	Conflict of Interest	66
	Acknowledgements	66
	References	67
4.	<b>Technological Advancements in 1G Ethanol Production and Recovery of By-Products Based on the Biorefinery Concept</b>	73
	<i>Jessica C. Bergmann, Débora Trichez, Lunalva P. Sallet, Flávia Cristina de Paula e Silva and João R.M. Almeida</i>	
4.1	Introduction	73
4.2	Techniques in Ethanol Production From Sugarcane	75
4.2.1	Crop Production, Harvesting and Transportation	76
4.2.2	Cleaning, Grinder and Juice Extraction	76
4.2.3	Sugar Production and Molasses Generation	77
4.2.4	Fermentative Processes	77
4.3	New Technologies Involved in the Production of Ethanol 1G	79
4.3.1	Yeast Research	79
4.3.2	Improvement of Sugarcane	82
4.3.3	Coproducts in the Bioethanol Industry	84
4.4	Conclusions	89
	References	90
5.	<b>Bioconversion of Hemicellulose Into Ethanol and Value-Added Products: Commercialization, Trends, and Future Opportunities</b>	97
	<i>Anuj K. Chandel, Felipe A.F. Antunes, Ruly Terán-Hilares, Junio Cota, Simo Ellilä, Marcos H.L. Silveira, Júlio C. dos Santos and Silvio S. da Silva</i>	
5.1	Introduction	97
5.2	Biomass Pretreatment, Dilute Acid Hydrolysis, Detoxification	99
5.2.1	Enzymatic Hydrolysis of Lignocellulose Carbohydrate	101
5.3	Fermentation Process for Ethanol and Bioproducts of Commercial Significance	106
5.3.1	Ethanol	106
5.3.2	Xylitol Production	108
5.3.3	Butanediol	109
5.3.4	Polyhydroxyalkanoates and Polyhydroxybutyrate	110
5.3.5	Organic Acids	111

5.4	<b>Fermentation Strategies for C5 Sugar Utilization (Batch, Fed-Batch, Continuous Process)</b>	112
5.5	<b>Improvement of Fermentation Performance of C5 Sugars to 2G Ethanol Through Strain Engineering</b>	114
5.6	<b>Commercial Solutions for the Fermentation of Xylose</b>	118
5.6.1	Processes Utilizing <i>S. cerevisiae</i>	118
5.6.2	Alternative Microorganisms and/or Processes	123
5.7	<b>Conclusions and Future Recommendations</b>	124
	<b>Acknowledgments</b>	125
	<b>References</b>	125
	<b>Further Reading</b>	133
6.	<b>Second Generation Ethanol Production: Potential Biomass Feedstock, Biomass Deconstruction, and Chemical Platforms for Process Valorization</b>	135
	<i>Marcos H.L. Silveira, Bruno A. Vanelli and Anuj K. Chandel</i>	
6.1	<b>Introduction</b>	135
6.2	<b>Potential Biomass Feedstock: Base of Biorefinery</b>	137
6.2.1	Biomass Deconstruction	138
6.2.2	Enzymatic Hydrolysis of Pre-treated Lignocellulosic Substrates	143
6.2.3	Promising Chemical Pathways for Lignocellulose Biorefineries	144
6.3	<b>Conclusion</b>	149
	<b>References</b>	149
	<b>Further Reading</b>	152
7.	<b>Sugarcane Vinasse, Molasses, Yeast Cream: Agricultural, Environmental, and Industrial Aspects</b>	153
	<i>Amol Sheth and Prasanna Borse</i>	
7.1	<b>Introduction</b>	153
7.2	<b>Process Overview of Ethanol Industry With Respect to Molasses, Yeast, and Vinasse</b>	154
7.2.1	Fermentation: Batch, Fed-Batch or Continuous Operation	154
7.2.2	Distillation	156
7.2.3	Vinasse Evaporation	157
7.3	<b>Molasses and Sugarcane Production in India (Industry Research, ISMA, Secondary Information)</b>	158
7.4	<b>Yeast: Critical Ingredient for Better Efficiency (Proprietary Information of Praj Industries Limited)</b>	159
7.5	<b>About Praj Industries Ltd. Pune, India</b>	160
7.6	<b>Conclusions</b>	161
	<b>References</b>	161

<b>8. Valorization of By-Products Following the Biorefinery Concept: Commercial Aspects of By-Products of Lignocellulosic Biomass</b>	163
<i>Richa Arora, Nilesh K. Sharma and Sachin Kumar</i>	
8.1 Introduction	163
8.2 By-Products From Sugarcane Biorefinery	164
8.2.1 Hemicellulose	165
8.2.2 Lignin	165
8.3 Valorization of By-Products and Their Commercial Aspects	165
8.3.1 Hemicellulose	165
8.3.2 Lignin	170
8.4 Challenges	172
8.5 Conclusions	173
Acknowledgements	173
Abbreviations	174
References	174
<b>9. Nanocelluloses From Sugarcane Biomass</b>	179
<i>Bárbara Pereira and Valdeir Arantes</i>	
9.1 Introduction	179
9.2 Cellulose from Sugarcane Bagasse	180
9.2.1 Methods for Extraction of Cellulose from Sugarcane Bagasse	181
9.3 Production of Nanocelluloses	184
9.3.1 Production of Cellulose Nanocrystals (CNC)	184
9.3.2 Production of Cellulose Nanofibrils (CNF)	186
9.4 Production of Nanocelluloses From Sugarcane Bagasse	188
9.4.1 Properties of Nanocelluloses From Sugarcane Bagasse	190
9.5 Conclusion	191
Acknowledgment	191
References	192
<b>10. Techno-Economic Analysis of Cogeneration of Heat and Electricity and Second-Generation Ethanol Production from Sugarcane</b>	197
<i>Marina O.S. Dias, Danilo R. Lima and Adriano P. Mariano</i>	
10.1 Introduction	197
10.2 Sugarcane Facilities: Present and Future Configurations	199
10.3 Cogeneration and Second Generation Ethanol Production	200
10.4 Methods for Techno-Economic Analysis: Software Assisted Simulations, Economic Engineering Principles	205

10.5	Factors Governing Techno-Economic Analysis of Combined Heat and Power and Cellulosic Ethanol Production	208
10.6	Final Remarks	210
	References	210
11.	<b>Life Cycle Assessment of Sugarcane Biorefinery: Energy Use, Environmental Assessment, and Other Sustainability Indicators</b>	213
	<i>Mahdi Mazuchi</i>	
11.1	Introduction	213
11.2	Basic Elements of Biorefinery	214
	11.2.1 Location Importance	216
11.3	Biofuels in the Realm of Biorefinery Profile in Various Countries	217
	11.3.1 The Case of Brazil	217
	11.3.2 The Case of India	218
	11.3.3 The Case of China	218
	11.3.4 The Case of Australia	219
	11.3.5 The Case of Thailand	220
	11.3.6 The Case of South Africa	221
11.4	Important Products in the Biorefinery Line	221
	11.4.1 Bioethanol	221
	11.4.2 Biobutanol	222
	11.4.3 Biomethanol	222
	11.4.4 Biomass Derived Energy	223
	11.4.5 Bioplastics From Bioethanol	224
	11.4.6 Biogas	225
11.5	Techno-Economic and Life Cycle Assessment	226
	11.5.1 Methodology	227
	11.5.2 Cycle Type	229
	11.5.3 Indicators	230
	11.5.4 Interpretation	231
	11.5.5 Footprint Strategy Map	231
	11.5.6 Virtual Sugarcane Biorefinery Tool	232
11.6	Conclusion	233
	References	233
12.	<b>Comparative Account of Carbon Footprints of Burning Gasoline and Ethanol</b>	241
	<i>Rajiv Ganguly and Vijay Kumar Garlapati</i>	
12.1	Introduction	241
12.2	Greenhouse Gas Emissions	241

12.3	Role of Greenhouse Gas Emissions in Climate Change	243
12.4	Gasoline Versus Bioethanol	243
12.5	Low Carbon Fuel Properties	244
12.6	Fuel Life Cycle	245
12.7	Emissions From Conventional Fuels	247
12.8	Emissions From Biofuels	247
12.9	IPCC Recommendations for Control of Greenhouse Gas Emissions	248
	References	250
	Further Reading	252
<b>13.</b>	<b>Global Ethanol Market: Commercialization Trends, Regulations, and Key Drivers</b>	<b>253</b>
	<i>Lilian Maluf de Lima and Mirian Rumenos Piedade Bacchi</i>	
13.1	Introduction	253
13.1.1	The Importance of Biofuels in the Global Context	253
13.2	World Ethanol Market	254
13.2.1	World Ethanol Fuel Production	254
13.2.2	World Ethanol Fuel Consumption, Imports and Exports	257
13.3	The United States Biofuel Policy	259
13.3.1	Advanced Ethanol	262
13.3.2	United States Legislation for the Increased Use of Renewable Fuels	262
13.3.3	Ethanol Renewable Identification Numbers (RINS)	265
13.4	Mandates in Force in World Countries: Mandatory Addition of Biofuels to Fossil Fuels	267
13.5	Regulation in Brazil: Specific Case of the Change in the Percentage of Anhydrous Ethanol in Gasoline	269
13.5.1	Internal Brazilian Ethanol Market	270
13.6	Final Considerations	275
	References	276
	Further Reading	277
<b>14.</b>	<b>Evolution in Public Policies Designed to Develop the Sugar–Energy Industry in Brazil</b>	<b>279</b>
	<i>Carlos E.F. Vian, Luciano Rodrigues and Haroldo J.T. da Silva</i>	
14.1	Introduction	279
14.2	Emergence of Ethanol Fuel in Brazil, the incentive policies for Main Production	279
14.3	Evolution of Public Sector Regulatory Policies in the 1970s and 1980s	286
14.4	Industrial Deregulation in the 1990s	290

<b>14.5 The Dynamics of the Sugar–Energy Industry in the Free Market Environment</b>	295
14.5.1 Changes in the Sugarcane Marketing Structure	295
14.5.2 The Launch of the Flexible Fuel Vehicle (FFV) or Dual Fuel Vehicle (In Portuguese, “Flex” Vehicle) and the New Cycle of Expanding Sugarcane Production	297
14.5.3 The Relationship Between the Ethanol Industry and the Policy Regarding the Oil Industry	300
<b>14.6 Biofuels and Public Policies</b>	303
<b>14.7 Final Considerations</b>	304
<b>References</b>	306
<b>Further Reading</b>	306
 Index	 307

# Advances in Sugarcane Biorefinery

Technologies, Commercialization, Policy Issues and Paradigm Shift for Bioethanol and By-Products

---

Edited by

**Anuj Kumar Chandel**

Sugarcane Technology Centre (Centro de Tecnologia Canavieira),  
Piracicaba, São Paulo, Brazil  
Engineering School of Lorena, University of São Paulo,  
Lorena, São Paulo, Brazil

**Marcos Henrique Luciano Silveira**

Sugarcane Technology Centre (Centro de Tecnologia Canavieira),  
Piracicaba, São Paulo, Brazil  
Fibria Cellulose S.A., Technological Center, Jacareí, São Paulo, Brazil



Elsevier

Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, Netherlands  
The Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, United Kingdom  
50 Hampshire Street, 5th Floor, Cambridge, MA 02139, United States

Copyright © 2018 Elsevier Inc. All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from the publisher. Details on how to seek permission, further information about the Publisher's permissions policies and our arrangements with organizations such as the Copyright Clearance Center and the Copyright Licensing Agency, can be found at our website: [www.elsevier.com/permissions](http://www.elsevier.com/permissions).

This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright by the Publisher (other than as may be noted herein).

#### Notices

Knowledge and best practice in this field are constantly changing. As new research and experience broaden our understanding, changes in research methods, professional practices, or medical treatment may become necessary.

Practitioners and researchers must always rely on their own experience and knowledge in evaluating and using any information, methods, compounds, or experiments described herein. In using such information or methods they should be mindful of their own safety and the safety of others, including parties for whom they have a professional responsibility.

To the fullest extent of the law, neither the Publisher nor the authors, contributors, or editors, assume any liability for any injury and/or damage to persons or property as a matter of products liability, negligence or otherwise, or from any use or operation of any methods, products, instructions, or ideas contained in the material herein.

#### British Library Cataloguing-in-Publication Data

A catalogue record for this book is available from the British Library

#### Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

A catalog record for this book is available from the Library of Congress

ISBN: 978-0-12-804534-3

For Information on all Elsevier publications  
visit our website at <https://www.elsevier.com/books-and-journals>



Working together  
to grow libraries in  
developing countries

[www.elsevier.com](http://www.elsevier.com) • [www.bookaid.org](http://www.bookaid.org)

*Publisher:* Joe Hayton

*Acquisition Editor:* Raquel Zanol

*Editorial Project Manager:* Mariana Kuhl

*Production Project Manager:* Anitha Sivaraj

*Cover Designer:* Matthew Limbert

Typeset by MPS Limited, Chennai, India

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/314256857>

# Wood anatomical and chemical properties related to the pulpability of *Eucalyptus globulus* : a review

Article in *Southern Forests: a Journal of Forest Science* - February 2017

DOI: 10.2989/20702620.2016.1274859

---

CITATIONS

46

---

READS

2,127

4 authors:



**Isabel Carrillo-Varela**

Centro de Investigación de Polímeros Avanzados

21 PUBLICATIONS 514 CITATIONS

SEE PROFILE



**Claudia Vidal**

University of Concepción

11 PUBLICATIONS 226 CITATIONS

SEE PROFILE



**Juan Elissetche**

University of Concepción Facultad Ciencias Forestales

34 PUBLICATIONS 548 CITATIONS

SEE PROFILE

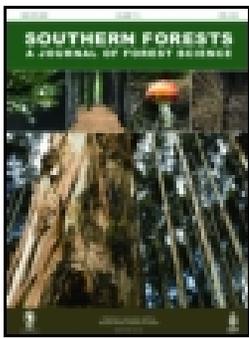


**Regis Teixeira Mendonça**

University of Concepción

106 PUBLICATIONS 2,663 CITATIONS

SEE PROFILE



## Wood anatomical and chemical properties related to the pulpability of *Eucalyptus globulus*: a review

Isabel Carrillo, Claudia Vidal, Juan P Elissetche & Regis T Mendonça

To cite this article: Isabel Carrillo, Claudia Vidal, Juan P Elissetche & Regis T Mendonça (2017): Wood anatomical and chemical properties related to the pulpability of *Eucalyptus globulus*: a review, *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, DOI: [10.2989/20702620.2016.1274859](https://doi.org/10.2989/20702620.2016.1274859)

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.2989/20702620.2016.1274859>



Published online: 22 Feb 2017.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 13



View related articles [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)

# Wood anatomical and chemical properties related to the pulpability of *Eucalyptus globulus*: a review

Isabel Carrillo<sup>1</sup>, Claudia Vidal<sup>1</sup>, Juan P Elissetche<sup>1</sup> and Regis T Mendonça<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Recursos Renovables, Centro de Biotecnología, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile

\* Corresponding author, email: [rteixeira@udec.cl](mailto:rteixeira@udec.cl)

*Eucalyptus globulus* is one of the most important hardwood species used by the pulp and paper industry due to its high pulp yield, high wood density, excellent fibre quality and good handsheet properties. However, the wood is a highly variable and complex material that has different chemical, physical and anatomical properties that influence its commercial value. Therefore, based on the wide variability between *Eucalyptus* trees and their economic importance, different studies have been focused on the amount, structure and behaviour of xylem components and their influence during pulping procedures. This review explores the most recent results on the chemical and anatomical variation in trees contrasting in wood density and pulp yield that explains the pulpability of *E. globulus*. In particular, the lignin chemistry, xylans features and fibre biometric properties of contrasting *E. globulus* trees are discussed in order to understand the remarkable performance of *E. globulus* during pulping procedures and paper manufacture. In addition, a genetic approach is made using the main results on the relationship between transcript abundance of genes associated with wood formation and the chemical properties of contrasting *E. globulus* genotypes.

**Keywords:** F5H, fibre biometry, lignin chemistry, pulp yield, transcript abundance, wood density, xylans

## Introduction

*Eucalyptus* species have become one of the most important hardwood resources for pulp mills worldwide because of their fast growth, straight form, valuable wood properties, wide adaptability to soils and climates, and easy management (Turnbull and Pryor 1984; Turnbull 1999; Myburg et al. 2007; Gomes et al. 2015). In addition, their fibres are relatively numerous (fibres per gram of pulp) and smaller than most hardwood fibres, which provides a smooth surface for printing and writing papers (Clarke et al. 2008; Dutt and Tyagi 2011). Among the different *Eucalyptus* species, *E. globulus* has several advantages for Kraft pulp manufacturing, including high pulp yield, high wood density, excellent fibre quality and handsheet properties (Doughty 2000; Kibblewhite et al. 2000; del Río et al. 2005; Patt et al. 2006; Gominho et al. 2015). The result of these main characteristics is what is termed 'pulpability', which implies the feasibility to produce cellulosic pulp with higher yields and better strength properties than other hardwood species. Consequently, extensive plantations of *E. globulus* are found throughout Asia, South America, Africa and southern Europe, with approximately 2.5 million ha planted worldwide (Potts et al. 2004).

Among the most important wood quality indicators for industrial processes, wood density is a property of interest, because it is directly related to the type and quality of product to be obtained, and is the most informative

property about the physical–mechanical behaviour of wood for timber, pulp and paper production (Lima et al. 2000; Raymond and Muneri 2001; Magaton et al. 2009). In hardwoods, wood density is determined by its anatomical structure, as vessels features, fibre width, cell wall thickness, parenchyma proportion and chemical composition. Thus, species with similar density can differ in fibre properties and cell dimensions, which affect the quality of pulp and paper produced (Sandercock et al. 1995; Downes et al. 1997; Butterfield 2006; Gomes et al. 2015; Gominho et al. 2015). In chemical pulping processes, it is known that the pulping and bleaching performance is highly dependent on the abundance, structure and reactivity of lignin, cellulose and hemicelluloses. In particular, lignin content and its composition are important parameters in pulp production for the delignification rates, chemical consumption and pulp yield (del Río et al. 2005; Pinto et al. 2005; Rencoret et al. 2008; Magaton et al. 2009; Rencoret et al. 2011; Gominho et al. 2015; Saito et al. 2016).

There are several studies published on the fibre and chemical properties of different hardwood species, including *Eucalyptus*, which reflect the wide variability within the *Eucalyptus* genus and their different influence on pulping (Cotterill and Macrae 1997; Raymond et al. 1998; Kibblewhite et al. 2000; Kibblewhite and Riddell 2000; Kube et al. 2001; Ona et al. 2001; Miranda and

Pereira 2002; Wimmer et al. 2002; Kibblewhite et al. 2004; Pinto et al. 2005; Quilhó et al. 2006; Dutt and Tyagi 2011; Gomes et al. 2015). According to these characteristics, wood from different *Eucalyptus* species can require significantly different pulping and bleaching conditions to achieve the same extent of delignification and brightness, respectively. Therefore, based on the wide variability known within the *Eucalyptus* genus, our research group has focused on the study of the amount, structure and behaviour of wood components of *E. globulus* and their influence in Kraft pulping process. This information has been useful to achieve a better understanding and optimisation of pulping and bleaching, as well as for genetic studies aimed to select the best genotypes for commercial plantations. This review explores the most recent results on the chemical and anatomical variations in trees contrasting in wood density and pulp yield that explained the pulpability of *E. globulus*.

## Influence of chemical components

### Lignin features

Lignin is one of the most important chemical components of wood that affects the pulping process. Its content and composition, in terms of hydroxyphenyl (H), guaiacyl (G) and syringyl (S) units, are factors with a strong influence on delignification rates and chemical consumption during the pulp production. The monolignol units differ in the number of methoxy groups attached to the aromatic ring; the S unit has two methoxy groups, the G unit has one methoxy group, whereas the H unit has none. These units are connected via C–O and C–C linkages, including  $\beta$ -O-4,  $\beta$ -5,  $\beta$ - $\beta$ , 5-5, 4-O-5 and  $\beta$ -1 types (Ralph et al. 2004; Ralph 2010; Rencoret et al. 2011). The amount and composition of lignins vary among taxa, cell types and individual cell wall layers (Rencoret et al. 2011; Saito et al. 2016). Accordingly, softwood lignin contains G units, hardwood lignin contains G and S units (and traces of H units), and grasses have H, G and S units (Calvo-Flores and Dobado 2010; Li et al. 2015). G-type lignin contains more resistant linkages than S units, because the C5 positions of G-type monolignols are available for coupling, whereas those in S units are sterically inhibited (Pinto et al. 2005; del Río et al. 2005; Li et al. 2015). Thus, the linkages between monolignols determine the reactivity of lignin, where  $\beta$ -O-4 bonds are the most abundant and labile linkage types, whereas the C-C bonds ( $\beta$ - $\beta$ ,  $\beta$ -1,  $\beta$ -5, and 5-5) are more resistant to chemical degradation (Baucher et al. 2003; Saito et al. 2016). Therefore, it has been postulated that the lignin S/G ratio and the amount of  $\beta$ -O-4 linkages affect the pulping efficiency (Chiang and Funaoka 1990; Boerjan et al. 2003; Pinto et al. 2005). The higher reactivity of S lignin units compared with G units in alkaline systems is known to promote a lower degree of lignin recondensation during the pulping process, which has been demonstrated in different *Eucalyptus* species, facilitating the delignification and bleaching processes (González-Vila et al. 1999; del Río et al. 2005; Pinto et al. 2005; Rencoret et al. 2008, 2011; Lourenço et al. 2013; Saito et al. 2016).

Particularly for *E. globulus*, Pinto et al. (2002a, 2002b) investigated the behaviour of lignin from 12-year-old *E. globulus* trees during Kraft pulping, establishing that

lignin enriched in H and G units, which is highly condensed and bonded mainly with xylans, is removed first in the early stage of delignification. During the bulk and residual pulping stages lignin enriched in S units is gradually removed, increasing the S/G ratio of black liquor lignin to a similar ratio to that in wood. Regarding residual lignin, it goes through a condensation process where the content of  $\alpha$ -5, 5-5 and 4-O-5 structures increases, and the content of  $\beta$ -O-4 structures decreases, which makes lignin more recalcitrant.

In a different approach, Elissetche et al. (2011) studied the lignin features of 10 unrelated genotypes of 5- to 7-year-old *E. globulus* contrasting in wood density and pulp yield. In order to ensure that trees corresponded to different genotypes, the trees were genotyped using molecular microsatellite (or simple sequence repeat; SSR) markers. The high-density group (G1) had a wood density of 514–563 kg m<sup>-3</sup> and a pulp yield of 56.2–57.1%, whereas the low-density group (G2) had a wood density of 442–499 kg m<sup>-3</sup> and a pulp yield of 51.4–54.7%. The authors found significant differences between the groups for lignin content, S units and  $\beta$ -O-4 linkages, with G1 having 2.54% less lignin, 15.18% more S units and 6.72% more  $\beta$ -O-4 linkages than G2. The authors also established significant and positive correlations for pulp yield vs S units and  $\beta$ -O-4 linkages and  $\beta$ -O-4 vs S units, whereas for lignin content vs pulp yield the correlation was highly significant and negative. These results were in agreement with the chemical characterisation data reported by Gomide et al. (2005) for *E. grandis* and *E. grandis* × *E. urophylla* hybrids, and by Gomes et al. (2015) for different *Eucalyptus* hybrids clones with high pulpability. Guerra et al. (2008) also showed similar results in *E. globulus* clones; however, they did not find any correlation between the lignin content and pulp yield. These results suggest a significant and positive impact of the S/G ratio in alkali consumption and pulp yield, because S-type lignin degrades more easily during pulping (Collins et al. 1990; González-Vila et al. 1999; Rutkowska et al. 2009; Rencoret et al. 2011; Saito et al. 2016). Same conclusions were established in lignin studies made with different hardwoods (Pinto et al. 2005) and in *E. globulus* from different growth conditions (del Río et al. 2005).

Aguayo et al. (2013) also studied 10 unrelated genotypes of 15-year-old *E. globulus* contrasting in wood density and pulp yield to determine the influence of lignin chemistry and topochemistry during Kraft delignification. The samples were genotyped using SSR markers in order to ensure that the trees corresponded to different genotypes. The group of trees with high wood density and high pulp yield was named G1, whereas the low wood density and low pulp yield group was named G2. In order to determine the behaviour of lignin during Kraft pulping, the trees were cooked in Kraft liquor to generate pulp samples representing the early and intermediary steps of the bulk delignification phase (pulp P1 and P2, respectively). The authors found that the lignin levels of the P1 and P2 pulps from G1 were lower than pulps from G2, which was attributable to the lower initial lignin content in wood from G1. In addition, by using the thioacidolysis technique, they determined that lignins from G1 trees contained more  $\beta$ -O-4 linkages, S units and less-condensed structures. The lignin removal from G2 samples was incomplete, and P2 pulps from this group

showed more residual lignins and more non-cleaved  $\beta$ -O-4 bonds, mostly in G units, indicating that the G-aryl-glycerol-ether linkages resisted Kraft cooking. These results were in agreement with data reported by Guerra et al. (2008) in *E. globulus* clones. The authors also evaluated the lignin topochemistry during Kraft delignification by using ultraviolet microspectrophotometry. It was observed that the behaviour of lignin removal during Kraft pulping was similar for all the *E. globulus* trees evaluated, where the lignin is first dissolved from the S<sub>2</sub> layer, whereas lignin in the middle lamella and cell corner is more recalcitrant to degradation, even for prolonged reaction periods. A similar delignification pattern was observed in *E. globulus* delignification during neutral semi-chemical sulfite pulping (Rehbein et al. 2010).

Aguayo et al. (2015) evaluated the structural features of dioxane lignin of six unrelated *E. globulus* contrasting genotypes of 15-year-old (genotyped by SSR markers) also classified as high-density (G1) and low-density (G2) groups. From the elemental analysis, it was concluded that the number of methoxyl groups in dioxane lignins from wood did not present differences between G1 and G2 samples, but the demethoxylation degree in dioxane lignins from G2 pulps was higher than in G1 pulps. This is remarkable because one of the reactions that occur during Kraft pulping is the cleavage of the methyl-aryl-ether linkages in lignin. Therefore, higher lignin demethoxylation could increase the occurrence of condensation reactions, decreasing the efficiency of lignin removal during Kraft pulping (Gellerstedt 2009). The contents of phenolic and aliphatic hydroxyl groups associated to the lignin structure were determined using <sup>31</sup>P NMR spectroscopy. These results showed positive correlations for pulp yield vs S units and S/G ratio, whereas a negative correlation was observed for pulp yield vs G units and 5-5 biphenyl units.

As is known, high S units promote the delignification and decrease recondensation during the Kraft pulping (Sjöström 1993; Gellerstedt 2009; Rutkowska et al. 2009), therefore these results could be expected. Nevertheless, more samples should be evaluated in order to determine the significance of these correlations and confirm this behaviour in *E. globulus* trees. Moreover, the amount of 5-5 biphenyl units in lignin from G1 wood samples (0.10 mmol g<sup>-1</sup> lignin) was lower than in G2 wood samples (0.14 mmol g<sup>-1</sup> lignin). The same pattern was observed in the amount of 5-5 biphenyl units in lignin from pulp samples of G1 (0.30 mmol g<sup>-1</sup> lignin) and G2 (0.36 mmol g<sup>-1</sup> lignin). The 5-5 biphenyl units are present in small amounts in wood; however, these units have a negative influence on pulp yield because they decrease the delignification rate, hindering lignin fragmentation (Sjöström 1993; Gellerstedt 2009).

### Xylans features

Hemicelluloses from hardwood are mainly composed of O-acetyl-(4-O-methylglucuronic) xylans (usually called xylans), whereas galactoglucomannans are the most common hemicelluloses of softwoods. Hemicelluloses from both softwoods and hardwoods presented different behaviour during alkaline pulping that affected their retention in pulps (Sjöström 1993; Ek et al. 2009; Scheller and Ulvskov 2010). Xylans are less degraded and more stable than glucomannans during kraft delignification.

The molar mass of xylans, their substitution degree with methylglucuronic acid (MeGlcA) and alkali stability has been associated with the retention level of xylans in Kraft pulps from different *Eucalyptus* species (Pinto et al. 2005; Magaton et al. 2011, 2013).

Martínez et al. (2015) evaluated the retention and structure of xylans from six unrelated *E. globulus* genotypes. The genotypes evaluated in this study corresponded to the same samples used by Aguayo et al. (2015), which were contrasting in wood density and pulp yield. The main results showed that the xylan content was lower in G1 genotypes (11.2–11.6%) than in G2 genotypes (12.6–14.3%), and no differences were found for the amount of MeGlcA and acetyl groups attached to the xylan chains. The retention of xylans in G1 pulps was 54–59%, whereas in G2 pulps was 43–51%. These results indicated that, despite the lower initial xylans amount, the xylans from G1 genotypes were less degraded than xylans from G2 genotypes during the Kraft pulping process, and the lower degradation observed could be associated with a higher molar mass or more branched chains of the polysaccharide with MeGlcA (Magaton et al. 2011, 2013).

Analysis by <sup>1</sup>H-NMR showed that xylans isolated from wood samples from G1 presented up to 40% more MeGlcA than xylans from G2 wood samples. A similar difference was also observed in the Kraft pulps produced from these samples. Strong and positive correlations were established for xylans retention in pulps vs the amount of MeGlcA in wood and pulp and between xylans retention vs hexenuronic acid (HexA) in pulp. According to Pinto et al. (2005) and Sixta (2006), side-chain substituents of xylans hinder the alkaline degradation, contributing to xylans retention in pulps. Therefore, the formation of HexA from MeGlcA during Kraft pulping also stabilises the reducing ends of xylan chains and contributes to their retention in pulps. Molar weight (Mw) results showed higher values for xylans from G1 wood samples (33.3–33.7 kDa) than xylans from G2 wood samples (30.9–32.6 kDa). A strong and positive correlation was observed between xylans retention in pulps and the Mw of xylans from wood ( $r = 0.9$ ), which showed that a high molar mass is also a factor that contributes to the retention in xylans in Kraft pulps for different genotypes of *E. globulus*, as was also showed by Magaton et al. (2013) for different *Eucalyptus* species.

### Influence of fibre biometry

The anatomical structure and biometry of wood elements determines important parameters related with wood quality for pulp and paper purposes. It is expected that in high-density hardwoods, fibres with thicker cell walls represented a larger proportion of xylem (Butterfield 2006), producing papers with more compression, better printability and opacity (Downes et al. 1997; Raymond et al. 1998). Otherwise, in low-density hardwoods, vessels occupy a major proportion of wood and fibres have thin walls, which produces a denser paper with high tensile and burst strength (Downes et al. 1997; Butterfield 2006). Fibre length usually does not contribute to density, but is an important factor that influences the paper strength properties (Mansfield and Weineisen 2007; Ek et al. 2009). There are

several studies published on the effect of fibre features of *E. globulus* on pulp and paper properties, as well as, the site effect on the variation of xylem morphology, and the variation within and between individuals (Jorge et al. 2000; Kibblewhite et al. 2000; Ona et al. 2001; Miranda and Pereira 2002; Wimmer et al. 2002; Ramírez et al. 2009a, 2009b; Gominho et al. 2015).

Carrillo et al. (2015) evaluated variations in wood anatomy and fibre biometry of six unrelated *E. globulus* genotypes using a Fiber Tester and microscopic techniques. The genotypes evaluated in this study corresponded to the same samples used by Martínez et al. (2015), which were contrasting in wood density and pulp yield. Wood anatomical analyses were made at different sections along the radius from pith to bark, at 10%, 50% and 90% of the total radius at breast height of each tree. The authors showed that vessel and fibre dimensions increased from pith to bark, whereas vessel frequency decreased, reflecting the effect of cambial age on anatomical variations. Wood density varies among trees of the same species, as well as within a tree, where it usually increases from pith to bark and with height (Downes et al. 1997; Wate et al. 1999; Gominho et al. 2015), thus the variation of fibre and vessel dimensions was expected within the trees, given their influence on density variation.

Cell wall thickness, fibre length, Runkel ratio and coarseness were significantly superior in G1 (high-density genotypes) in almost each section along the radius analysed. For the *E. globulus* studied, average cell wall thickness for samples of G1 was 3.35  $\mu\text{m}$ , whereas for G2 it was 2.86  $\mu\text{m}$ . The average Runkel ratio and coarseness in G1 were 0.73 and 7.6 mg per 100 m, and 0.56 and 6.7 mg per 100 m in G2, respectively. Lumen width was also significantly different among the groups, being higher in G2, but no differences were observed for vessel features. High coarseness and cell wall thickness values are expected in trees with high density, because coarseness is related to cell wall thickness (Mansfield and Weineisen 2007). Coarseness has a close relationship with wood density and is a good index for predicting pulp properties, besides being closely related to the biometric properties of fibres (Via et al. 2004; Mansfield and Weineisen 2007). Moreover, in papermaking with hardwood fibres, Runkel ratio lower than 1.0 is desirable for fibre-to-fibre contact, which gives a good conformability of papers (Dean 1995), thus trees from G1 and G2 are suitable for this purpose.

Correlations of the anatomical properties evaluated at different sections along the radius showed to be significant and positive for density vs coarseness, cell wall thickness vs coarseness and fibre length vs density at 50% of the total radius. Density vs cell wall thickness and Runkel ratio were shown to be positive and significant at each section analysed, whereas fibre length vs coarseness showed a significant correlation at 10% and 50% of the total radius. Breast-height whole-tree data showed positive correlations between wood density and cell wall thickness, coarseness and Runkel ratio, whereas coarseness showed a close relation with almost each variable evaluated. These results demonstrate the wide variability between anatomical properties at different stages of xylem development within *E. globulus* trees.

## Transcriptional profile

The wood is a highly complex and variable material that has different chemical, physical and anatomical properties that influence its commercial value and industrial processing. These properties depend on the size, shape and arrangement of the different xylem cell types, and of the structure and chemical composition of the secondary cell wall of fibres. In turn, these properties are controlled by different environmental and genetic factors that regulate the biosynthesis pathways of the different wood components. To apply molecular and genetic tools to optimise the selection processes of forest species with superior characteristics, it is necessary to understand the mechanisms that regulate these properties, as the biosynthesis dynamics of the cell wall components. As already mentioned, lignin is an important component that affects the pulping process. Several studies have focused on selecting or generating genetically modified trees with lower lignin content or high S/G ratio, in order to increase pulp yield (Whetten et al. 1998; Kawaoka et al. 2006; Stewart et al. 2009; Rinaldi et al. 2016).

The genetic manipulation of genes involved in lignin biosynthesis has been largely carried out (van Doorselaere et al. 1995; Baucher et al. 1996; Vanholme et al. 2008), and an up-to-date review of lignin biosynthesis and bioengineering can be found elsewhere (Rinaldi et al. 2016). Some of the genes studied include phenylalanine ammonia-lyase (PAL), 4-coumarate:CoA ligase (4CL), ferulate 5-hydrolase (F5H) and cinnamyl alcohol dehydrogenase (CAD), which have been modified in different plants such as *Arabidopsis thaliana*, *Nicotiana tabacum*, *Pinus taeda* and *Populus* spp. (Anterola and Lewis 2002; Baucher et al. 2003). Another approach to determine the effect of some genes in the chemical characteristics of wood was reported by Elissetche et al. (2011), who evaluated the transcript abundance of four genes coding for enzymes involved in the lignin biosynthesis pathway in 10 unrelated *E. globulus* genotypes contrasting in pulp yield and wood density. The gene expression of PAL, CAD, 4CL and F5H was evaluated by quantitative real-time PCR (qRT-PCR). The authors observed no significant differences in the relative expression levels between G1 (high-density group) and G2 (low-density group) trees for PAL, CAD and 4CL. However, a significantly different transcript level was observed between both groups for F5H, with an average value of 0.9 for G1 and 0.5 for G2 trees. They also reported strong correlations for F5H transcript abundance vs lignin content ( $r = -0.90$ ) and vs S units content ( $r = 0.91$ ).

F5H is a cytochrome P450-dependent mono-oxygenase that catalyses the hydroxylation of ferulic acid to 5-hydroxyferulic acid, coniferaldehyde to hydroxyconiferaldehyde, and coniferyl alcohol to 5-hydroxyconiferyl alcohol. Several studies of transgenic plants demonstrated that over-expression of F5H produces high levels of the S monomer (Meyer et al. 1998; Osakabe et al. 1999; Franke et al. 2000; Stewart et al. 2009), a reduction in lignin content in transgenic tobacco plants (Franke et al. 2000) and no changes in total lignin content in *P. tremuloides* trees (Li et al. 2003). Novaes et al. (2009, 2010) reported a positive correlation between S units and the amount of the

total lignin content in *P. trichocarpa* × *P. deltoides* hybrid. Huntley et al. (2003) studied a F5H-overexpressing poplar hybrid (*P. tremula* × *P. alba*) and observed an increase in S units but no variation in total lignin content. A high correlation was observed between F5H abundance and pulp yield in *E. globulus* ( $r = 0.90$ ), showing that it could be used as a pulp yield predictor (Elissetche et al. 2011). Shinya et al. (2016) generated a transcriptional profile of *E. urophylla* × *E. grandis* hybrid genotypes with different lignin content. The authors reported that PAL, 4CL and cinnamate-4-hydroxylase, genes associated with the phenylpropanoid pathway, showed higher transcript levels in the genotype with higher lignin content. These reports suggest that genes related to monolignol biosynthesis may regulate the composition of wood in *Eucalyptus* trees, as well as its pulpability. However, more studies must be done in order to prove this hypothesis.

Regarding fibre biometry, Carrillo et al. (2013) discussed the genetic aspects involved in the determination of fibre characteristics based on studies with species of *Populus* and *Eucalyptus*. The authors reviewed investigations of the transcript abundance of genes associated with secondary cell wall growth, such as expansin, pectin methylesterase, xyloglucan endo-transglycosylase/hydrolase, tubulins and fasciclin-like-arabinogalactan, and compiled their influence on fibre morphology and biomechanical properties of wood. However, to date, no investigation has been published on genes involved in anatomical properties of *E. globulus* trees.

### Concluding remarks

*Eucalyptus globulus* is an important hardwood species used by the pulp and paper industry in countries with a Mediterranean climate. In order to optimise its selection for clonal propagation and understand its pulpability different approaches have been studied. The most recent results using contrasting genotypes were summarised in this review, with the feature that the *E. globulus* trees evaluated corresponded to unrelated trees growing in the same field or trial plantations. However, due to time-consuming methods for wood and pulp characterisation a low number of samples have been used and, in order to increase the statistical significance of the results, additional analysis of a higher number of trees is required. Given this drawback, one must also consider that some correlations may be overestimated owing to the contrasting features of the samples studied, and further investigations to confirm the findings are recommended. Nevertheless, the results are useful for formulation of hypotheses and a more focused approach to studying the behaviour of *E. globulus* traits in future.

Currently, most published investigations of *E. globulus* have focused on the implementation and evaluation of isolation methods, components valorisation and within-tree variation (Lourenço et al. 2010, 2012, 2013; Costa et al. 2014; Gominho et al. 2015; Gallina et al. 2016; Liang et al. 2016; Romani et al. 2016; Saito et al. 2016). However, the wood chemical and anatomical associations of the pulpability of *E. globulus* have not been fully established yet. The use of contrasting genotypes has been

useful to elucidate information on chemical and anatomical properties associated with its pulpability and behaviour; however, additional knowledge must be generated. Contrasting *E. globulus* genotypes showed differences in chemical characteristics including lignin content, amount of S and G units,  $\beta$ -O-4 linkages, lignin presence in the S<sub>2</sub> layer, xylan content, xylan retention, substitution degree of xylose residues with MeGlcA and HexA, and xylan molar mass, which have direct implications in delignification processes and pulp yield. However, the associations among wood components also are important and are not well understood in *E. globulus* trees. Salazar et al. (2016) evaluated *E. globulus* and *E. urophylla* with contrasting chemical features, where *E. urophylla* was more recalcitrant to lignin fragmentation and solubilisation than *E. globulus*. The authors attributed the recalcitrance of *E. urophylla*, besides its chemical composition, to the strong associations between lignin and cell wall polymers. In contrast, *E. globulus* cell wall polymers seem to be loosely linked, which facilitates the cell wall deconstruction.

Regarding anatomical properties, *E. globulus* of high wood density had thicker fibre cell walls, lower fibre lumen width, higher Runkel ratio and higher coarseness than *E. globulus* of low wood density. However, a proper evaluation of anatomical properties should include, besides radial variation, anatomical changes and traits correlations at different heights of the trees, in order to establish the uniformity of the anatomical variables along the tree stem. Present results indicate that the characteristics of lignin, xylan and fibre biometry from a single species show important differences that may influence pulp yield and pulp properties. As a consequence, breeding programmes and tree selection strategies are critical to obtain the best clonal genotypes with suitable features for pulp and paper production, including parameters associated with chemical and anatomical characteristics, in *E. globulus* improvement programmes.

An interesting result from research on contrasting genotypes is the correlations observed for F5H expression level with pulp yield and lignin characteristics, showing that F5H transcript levels could be used as an indirect measurement of these traits. However, as several genes are associated with wood formation, it is important to generate more information in order to understand the process of wood formation, as well as identify the most relevant genes involved in the biosynthesis of chemical and anatomical elements. With this knowledge it may be possible to design strategies that allow implementation of new technologies for tree improvement to aid in clonal selection, enhance the impact on traditional *Eucalyptus* breeding programmes, shorten the breeding cycle and identify useful genotypes for specific purposes.

Finally, we conclude that additional research on *E. globulus* is needed to confirm the results compiled in this review. For future research in forestry species, we consider that this is the information backbone that will be useful for forestry and pulp industry purposes, providing an integral vision that combines the effects of different anatomical and chemical traits on pulpability, allowing the design of strategies for genetic selection and improvement of the species.

## References

- Aguayo MG, Ferraz A, Elissetche JP, Masarin F, Mendonça RT. 2013. Lignin chemistry and topochemistry during kraft delignification of *Eucalyptus globulus* genotypes with contrasting pulpwood characteristics. *Holzforschung* 68: 623–629.
- Aguayo MG, Ruiz J, Norambuena M, Mendonça RT. 2015. Structural features of dioxane lignin from *Eucalyptus globulus* and their relationship with the pulp yield of contrasting genotypes. *Maderas: Ciencia y Tecnología* 17: 625–636.
- Anterola A, Lewis N. 2002. Trends in lignin modification: a comprehensive analysis of the effects of genetic manipulations/ mutations on lignifications and vascular integrity. *Phytochemistry* 61: 221–294.
- Baucher M, Chabbert B, Pilate G, van Doorselaere J, Tollier MT, Petit-Conil M, Cornu D, Monties B, van Montagu M, Inzé D, Jouanin L, Boerjan W. 1996. Red xylem and higher lignin extractability by down-regulating a cinnamyl alcohol dehydrogenase in poplar (*Populus tremula* × *P. alba*). *Plant Physiology* 112: 1479–1490.
- Baucher M, Halpin C, Petit Conil M, Boerjan W. 2003. Lignin: genetic engineering and impact on pulping. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology* 38: 305–350.
- Boerjan W, Ralph J, Baucher M. 2003. Lignin biosynthesis. *Annual Review of Plant Biology*. 54: 519–546.
- Butterfield B. 2006. The structure of wood: form and function. In: Walker JCF (ed), *Primary wood processing*. Dordrecht: Springer. pp 1–22.
- Calvo-Flores FG, Dobado JA. 2010. Lignin as renewable raw material. *ChemSusChem* 3: 1227–1235.
- Carrillo I, Aguayo MG, Valenzuela S, Mendonça RT, Elissetche JP. 2015. Variations in wood anatomy and fiber biometry of *Eucalyptus globulus* genotypes with different wood density. *Wood Research* 60: 1–10.
- Carrillo I, Elissetche JP, Valenzuela S, Mendonça RT. 2013. Anatomical elements formation in hardwoods: a review from a genomic perspective. *Maderas: Ciencia y Tecnología* 15: 93–104.
- Chiang VL, Funaoka M. 1990. The dissolution and condensation reactions of guaiacyl and syringyl units in residual lignin during kraft delignification of Sweetgum. *Holzforschung* 44: 147–155.
- Clarke CR, Palmer B, Gouden D. 2008. Understanding and adding value to *Eucalyptus* fibre. *Southern Forests* 70: 169–174.
- Collins DJ, Piloti CA, Wallis AFA. 1990. Correlation of chemical composition and kraft pulping properties of some Papua New Guinea reforestation woods. *Appita Journal* 43: 193–195.
- Costa CAE, Pinto PCR, Rodrigues AE. 2014. Evaluation of chemical processing impact on *E. globulus* wood lignin and comparison with bark lignin. *Industrial Crops and Products* 61: 479–491.
- Cotterill P, Macrae S. 1997. Improving eucalyptus pulp and paper quality using genetic selection and good organization. *Tappi Journal* 80(6): 82–89.
- Dean GH. 1995. Objectives for wood fibre quality and uniformity. In: Potts BM, Borralho NMG, Reid JB, Cromer RN, Tibbits WN, Raymond CA (eds), *Eucalypts plantations: improving fibre yield and quality: CRCTHF-IUFRO conference, 19–24 February, Hobart, Australia*. Hobart: CRC for Temperate Hardwood Forestry. pp 5–9.
- del Río JC, Gutiérrez A, Hernando M, Landín P, Romero J, Martínez AT. 2005. Determining the influence of eucalypt lignin composition in paper pulp yield using Py-GC/MS. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 74: 110–115.
- Doughty RW. 2000. *The Eucalyptus: a natural and commercial history of the gum tree*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Downes GM, Hudson IL, Raymond CA, Dean GH, Michell AJ, Schimleck LR, Evans R, Muneri A. 1997. *Sampling plantation eucalypts for wood and fibre properties*. Melbourne: CSIRO Publishing.
- Dutt D, Tyagi CH. 2011. Comparison of various *Eucalyptus* species for their morphological, chemical. Pulp and paper making characteristics. *Indian Journal of Chemical Technology* 18: 145–151.
- Ek M, Gellerstedt G, Henriksson G (eds). 2009. *Pulp and paper chemistry and technology, vol. 1: Wood chemistry and wood biotechnology*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Elissetche JP, Valenzuela S, García R, Norambuena M, Iturra C, Rodríguez J, Mendonça RT, Balocchi C. 2011. Transcript abundance of enzymes involved in lignin biosynthesis of *Eucalyptus globulus* genotypes with contrasting levels of pulp yield and wood density. *Tree Genetics and Genomes* 7: 697–705.
- Franke R, McMichael C, Meyer K, Shirley A, Cusumano J, Chapple C. 2000. Modified lignin in tobacco plants over-expressing the *Arabidopsis* gene encoding ferulate 5-hydroxylase. *The Plant Journal* 22: 223–234.
- Gallina G, Cabeza A, Biasi P, García-Serna J. 2016. Optimal conditions for hemicelluloses extraction from *Eucalyptus globulus* wood: hydrothermal treatment in a semi-continuous reactor. *Full Processing Technology* 148: 350–360.
- Gellerstedt G. 2009. Chemistry of bleaching of chemical pulp. In: Ek M, Gellerstedt G, Henriksson G (eds), *Pulp and paper chemistry and technology, vol. 2: Pulping chemistry and technology*. Berlin: Walter de Gruyter. pp 97–104.
- Gomes FJB, Colodette JL, Burnet A, Batalha LAR, Santos FA, Demuner IF. 2015. Thorough characterization of Brazilian new generation of eucalypt clones and grass for pulp production. *International Journal of Forestry Research* 2015: Art. #814071, 10 pages.
- Gomide J, Colodette J, Oliveira R, Silva C. 2005. Technological characterization of the new generation of *Eucalyptus* clones in Brazil for kraft pulp production. *Revista Arvore* 29: 129–137.
- Gominho J, Lourenço A, Neiva D, Fernandes L, Amaral ME, Duarte AP, Simoes R, Pereira H. 2015. Variation of wood pulping and bleached pulp properties along the stem in mature *Eucalyptus globulus* trees. *BioResources* 10: 7808–7816.
- González-Vila FJ, Almendros G, del Río JC, Martín F, Gutiérrez A, Romero J. 1999. Ease of delignification assessment of wood from different *Eucalyptus* species by pyrolysis (TMAH)-GC/MS and CP/MAS <sup>13</sup>C-NMR spectrometry. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 49: 295–305.
- Guerra A, Elissetche J, Norambuena M, Freer J, Valenzuela J, Rodríguez J, Balocchi C. 2008. Influence of lignin structural features on *Eucalyptus globulus* kraft pulping. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 47: 8542–8549.
- Huntley S, Ellis D, Gilbert M, Chapple C, Mansfield S. 2003. Significant increase in pulping efficiency in C4H:F5H-transformed poplars: improved chemical savings and reduced environmental toxins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 6178–6183.
- Jorge F, Quilhó T, Pereira H. 2000. Variability of fibre length in wood and bark in *Eucalyptus globulus*. *IAWA Journal* 21: 41–48.
- Kawaoka A, Nanto K, Ishii K, Ebinuma H. 2006. Reduction of lignin content by suppression of expression of the LIM domain transcription factor in *Eucalyptus camaldulensis*. *Silvae Genetica* 55: 269–277.
- Kibblewhite RP, Evans R, Riddell MJC. 2004. Interrelationships between kraft handsheet, and wood fiber and chemical properties for the trees and logs of 29 *Eucalyptus fastigata* and 29 *E. nitens*. *Appita Journal* 57: 317–325.
- Kibblewhite RP, Johnson BI, Shelbourne CJA. 2000. Kraft pulp qualities of *Eucalyptus nitens*, *E. globulus*, and *E. maidenii*, at ages 8 and 11 years. *New Zealand Journal of Forestry Science* 30: 447–457.

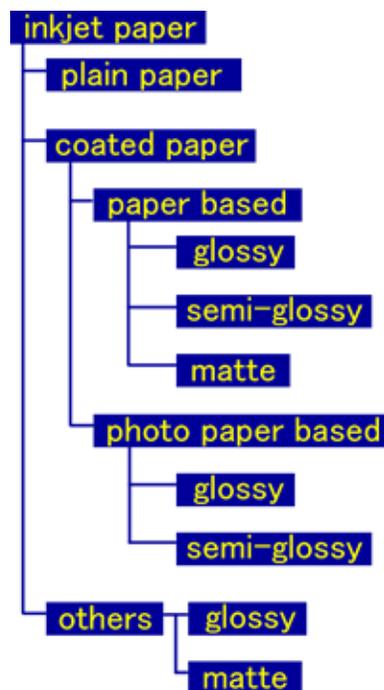
- Kibblewhite RP, Riddell MJC. 2000. Wood and kraft fibre property variation within and among nine trees of *Eucalyptus nitens*. *Appita Journal* 53: 237–244.
- Kube PD, Raymond CA, Banham PW. 2001. Genetic parameters for diameter, basic density, cellulose content and fibre properties for *Eucalyptus nitens*. *Forest Genetics* 8: 285–294.
- Li C, Zhao X, Wang A, Huber GW, Zhang T. 2015. Catalytic transformation of lignin for the production of chemicals and fuels. *Chemical Reviews* 115: 11559–11624.
- Li L, Zhou Y, Cheng X, Sun J, Marita JM, Ralph J, Chiang VL. 2003. Combinatorial modification of multiple lignin traits in trees through multigene cotransformation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 100: 4939–4944.
- Liang X, Liu J, Fu Y, Chang J. 2016. Influence of anti-solvents on lignin fractionation of *Eucalyptus globulus* via green solvent system pretreatment. *Separation and Purification Technology* 163: 258–266.
- Lima JT, Breese MC, Cahalan CM. 2000. Genotype-environment interaction in wood basic density of *Eucalyptus* clones. *Wood Science and Technology* 34: 197–206.
- Lourenço A, Gominho J, Marques AV, Pereira H. 2012. Reactivity of syringyl and guaiacyl lignin units and delignification kinetics in the kraft pulping of *Eucalyptus globulus* wood using Py-GC-MS/FID. *Bioresource Technology* 123: 296–302.
- Lourenço A, Gominho J, Marques AV, Pereira H. 2013. Variation of lignin monomeric composition during kraft pulping of *Eucalyptus globulus* heartwood and sapwood. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 33: 1–18.
- Lourenço A, Gominho J, Pererira H. 2010. Pulping and delignification of sapwood and heartwood from *Eucalyptus globulus*. *Journal of Pulp and Paper Science* 26: 63–69.
- Magaton AS, Colodette JL, Gouvêa AFG, Gomide JL, Muguet MCS, Pedrazzi C. 2009. *Eucalyptus* wood quality and its impact on kraft pulp production and use. *Tappi Journal* 2009(8): 32–39.
- Magaton AS, Colodette JL, Pilo-Veloso D, Gomide JL. 2011. Behavior of *Eucalyptus* wood xylans across kraft cooking. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 31: 58–72.
- Magaton AS, Silva T, Colodette JL, Pilo-Veloso D, Reis Milagres F. 2013. Behavior of xylans from *Eucalyptus* species. Part 1. The influence of structural features of eucalyptus xylans on their retention in kraft pulp. *Holzforschung* 67: 115–122.
- Mansfield SD, Weineisen H. 2007. Wood fiber quality and kraft pulping efficiencies of trembling aspen (*Populus tremuloides* Michx) clones. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 27: 135–151.
- Martínez P, Pereira M, Mendonça RT. 2015. Retention and structure of xylans from *Eucalyptus globulus* genotypes with different pulpwood characteristics. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 35: 129–136.
- Meyer K, Shirley A, Cusumano J, Bell-Lelong D, Capple C. 1998. Lignin monomer composition is determined by the expression of a cytochrome P450-dependent monooxygenase in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 95: 6619–6623.
- Miranda I, Pereira H. 2002. Variation in pulpwood quality with provenances and site in *Eucalyptus globulus*. *Annals of Forest Science* 59: 283–291.
- Myburg A, Potts B, Marques C, Kirst M, Gion J, Grattapaglia D, Grima Pettenati J. 2007. *Eucalyptus*. In: Kole C (ed.), *Genome mapping and molecular breeding in plants*. New York: Springer. pp 115–160.
- Novaes E, Kirst M, Chiang V, Winter-Sederoff H, Sederoff R. 2010. Lignin and biomass: a negative correlation for wood formation and lignin content in trees. *Plant Physiology* 154: 1–7.
- Novaes E, Osorio L, Drost D, Miles B, Boaventura-Novaes C, Benedict C, Dervinis C, Yu Q, Sykes R, Davis M, Martin T, Peter G, Kirst M. 2009. Quantitative genetic analysis of biomass and wood chemistry of *Populus* under different nitrogen levels. *New Phytologist* 182: 878–890.
- Ona T, Sonoda T, Ito K, Shibata M, Tamai Y, Kojima K, Ohshima J, Yokota S, Yoshizawa N. 2001. Investigation of relationships between cell and pulp properties in *Eucalyptus* by examination of within-tree property variations. *Wood Science and Technology* 35: 229–243.
- Osakabe K, Chung Tsao C, Li L, Popko J, Umezawa T, Carraway D, Smeltzer R, Joshi C, Chiang V. 1999. Coniferyl aldehyde 5-hydroxylation and methylation direct syringil lignin biosynthesis in angiosperms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 96: 8955–8960.
- Patt R, Kordsachia O, Fehr J. 2006. European hardwoods versus *Eucalyptus globulus* as a raw material for pulping. *Wood Science and Technology* 40: 39–48.
- Pinto PC, Evtuguin DV, Pascoal Neto CP. 2005. Effect of structural features of wood biopolymers on hardwood pulping and bleaching performance. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 44: 9777–9784.
- Pinto PC, Evtuguin DV, Pascoal Neto C, Silvestre AJD. 2002a. Behaviour of *Eucalyptus globulus* lignin during kraft pulping. I. Analysis by chemical degradation methods. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 22: 93–108.
- Pinto PC, Evtuguin DV, Pascoal Neto C, Silvestre AJD. 2002b. Behaviour of *Eucalyptus globulus* lignin during kraft pulping. II. Analysis by NMR, ESI/MS and GPC. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 22: 109–125.
- Potts B, Vaillancourt RE, Jordan GJ, Dutkowski GW, da Costa e Silva J, McKinnon GE, Steane DA, Volker PW, Lopez GA, Apiolaza L, Li J, Marques C, Borralho NMG. 2004. Exploration of the *Eucalyptus globulus* gene pool. In: Borralho N, Pereira JS, Marques C, Coutinho J, Madeira M, Tomé M (eds), *Eucalyptus in a changing world: international IUFRO conference of the WP2.08.03 on silviculture and improvement of eucalypts, 11–15 October, Aveiro, Portugal*. Aveiro: RAIZ – Instituto de Investigação da Floresta e Papel. pp 46–61.
- Quilhó T, Miranda I, Pereira H. 2006. Within-tree variation in wood fibre biometry and basic density of the urograndis eucalypt hybrid (*Eucalyptus grandis* × *E. urophylla*). *IAWA Journal* 27: 243–254.
- Ralph J. 2010. Hydroxycinnamates in lignification. *Phytochemistry Reviews* 9: 65–83.
- Ralph J, Lundquist K, Brunow G, Lu F, Kim H, Schatz PF, Marita JM, Hatfield RD, Ralph SA, Christensen JH, Boerjan W. 2004. Lignins: natural polymers from oxidative coupling of 4-hydroxyphenyl-propanoids. *Phytochemistry Reviews* 3: 29–60.
- Ramírez M, Rodríguez J, Balocchi C, Peredo M, Elissetche JP, Mendonça R, Valenzuela S. 2009a. Chemical composition and wood anatomy of *Eucalyptus globulus* clones: variations and relationships with pulpability and handsheet properties. *Journal of Wood Chemistry and Technology* 29: 43–58.
- Ramírez M, Rodríguez J, Peredo M, Valenzuela S, Mendonça R. 2009b. Wood anatomy and biometric parameters variation of *Eucalyptus globulus* clones. *Wood Science and Technology* 43: 131–141.
- Raymond CA, Banham P, Macdonald AC. 1998. Within tree variation and genetic control of basic density, fiber length, and coarseness in *Eucalyptus regnans* in Tasmania. *Appita Journal* 51: 299–305.
- Raymond CA, Muneri A. 2001. Nondestructive sampling of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* for wood properties. I. Basic density. *Wood Science and Technology* 35: 27–39.
- Rehbein M, Pereira M, Koch G, Kordsachia O. 2010. Topochemical investigation into the delignification of *Eucalyptus globulus* chips during semi-chemical sulfite pulping. *Wood Science and Technology* 44: 435–449.
- Rencoret J, Gutiérrez A, Nieto L, Jiménez-Barbero J, Faulds CB, Kim H, Ralph J, Martínez AT, del Río JC. 2011. Lignin

- composition and structure in young versus adult *Eucalyptus globulus* plants. *Plant Physiology*. 155: 667–682.
- Rencoret J, Marques G, Gutiérrez A, Ibarra D, Li J, Gellerstedt G, Santos JI, Jiménez-Barbero J, Martínez AT, del Río JC. 2008. Structural characterization of milled wood lignin from different eucalypt species. *Holzforschung* 62: 514–526.
- Rinaldi R, Jastrzebski R, Clough MT, Ralph J, Kennema M, Bruijninx CA, Weckhuysen BM. 2016. Paving the way for lignin valorization: recent advances in bioengineering, biorefining and catalysis. *Angewandte Chemie International Edition* 55: 8164–8215.
- Romani A, Ruiz HA, Teixeira JA, Domingues L. 2016. Valorization of *Eucalyptus* wood by glycerol-organosolv pretreatment within the biorefinery concept: an integrated and intensified approach. *Renewable Energy* 95: 1–9.
- Rutkowska EW, Wollboldt P, Zuckerstätter G, Weber HK, Sixta H. 2009. Characterization of structural changes in lignin during continuous batch kraft cooking of *Eucalyptus globulus*. *BioResources* 4: 172–193.
- Saito K, Horikawa Y, Sugiyama J, Watanabe T, Yoshinori K, Takabe K. 2016. Effect of thermochemical pretreatment on lignin alteration and cell wall microstructural degradation in *Eucalyptus globulus*: comparison of acid, alkali, and water pretreatments. *Journal of Wood Science* 62: 276–284.
- Salazar MM, Grandis A, Pattathil S, Lepikson N, Camargo ELO, Alves A, Rodrigues JC, Squina F, Cairo JPF, Buckeridge MS, Hahn MG, Pereira GAG. 2016. *Eucalyptus* cell wall architecture: Clues for lignocellulosic biomass deconstruction. *BioEnergy Research* 9: 969–979.
- Sandercock CF, Sands R, Ridoutt BG, Wilson LF, Hudson I. 1995. Factors determining wood microstructure in *Eucalyptus*. In: Potts BM, Borralho NMG, Reid JB, Cromer RN, Tibbits WN, Raymond CA (eds), *Eucalypt plantations: improving fibre yield and quality*. Hobart: CRC for Temperate Hardwood Forestry. pp 128–135.
- Scheller H, Ulvskov P. 2010. Hemicelluloses. *Annual Reviews in Plant Biology* 61: 263–289.
- Shinya T, Iwata E, Nakahama K, Fukuda Y, Hayashi K, Nanto K, Rosa AC, Kawaoka A. 2016. Transcriptional profiles of hybrid *Eucalyptus* genotypes with contrasting lignin content reveal that monolignol biosynthesis-related genes regulate wood composition. *Frontiers in Plant Science* 7: 443.
- Sixta H. 2006. *Handbook of pulp*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Sjöström E. 1993. *Wood chemistry: fundamentals and applications* (2nd edn). San Diego: Academic Press.
- Stewart J, Akiyama T, Chapple C, Ralph J, Mansfield SD. 2009. The effects on lignin structure of overexpression of ferulate 5-hydroxylase in hybrid poplar. *Plant Physiology* 150: 621–635.
- Turnbull JW. 1999. Eucalypt plantations. *New Forests* 17: 37–52.
- Turnbull JW, Pryor LD. 1984. Choice of specific and seed sources. In: Hillis WE, Brown AG (eds), *Eucalyptus for wood production*. London: Academic Press. pp 6–65.
- van Doorselaere J, Baucher M, Chognot E, Chabbert B, Tollier MT, Petit-Conil M, Leplé JC, Pilate G, Cornu D, Monties B, Van Montagu M, Inzé D, Boerjan W, Jouanin L. 1995. A novel lignin in poplar trees with a reduced caffeic acid/ 5-hydroxyferulic acid O-methyltransferase activity. *Plant Journal* 8: 855–864.
- Vanholme R, Morrel K, John R, Boerjan W. 2008. Lignin engineering. *Plant Biology* 11: 278–285.
- Via BK, Stine M, Shupe T, So CH, Groom L. 2004. Genetic improvement of fiber length and coarseness based on paper product performance and material variability—a review. *IAWA Journal* 25: 401–414.
- Wate PA, Chamshama SAO, Mugasha AG. 1999. The survival, growth and wood basic densities of 14 year old *Eucalyptus camaldulensis* at Michafutene, Mozambique. *Southern African Forestry Journal* 186: 19–27.
- Whetten R, MacKay J, Sederoff R. 1998. Recent advances in understanding lignin biosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 49: 585–609.
- Wimmer R, Downes GM, Evans R, Rasmussen G, French J. 2002. Direct effects of wood characteristics on pulp and paper handsheet properties of *Eucalyptus globulus*. *Holzforschung* 56: 244–252.



<a href="#">Products</a>	<a href="#">Feature of Inkjet</a>	<a href="#">World Network</a>	<a href="#">Contact Us</a>	<a href="#">Link</a>	<a href="#">Use of Site</a>
<b>Feature of Inkjet</b>		mitsubishijet.com			
	<a href="#">Inkjet media</a>	<a href="#">Storage of inkjet prints</a>	<a href="#">Inkjet printers</a>	<a href="#">FAQ</a>	

## Inkjet media



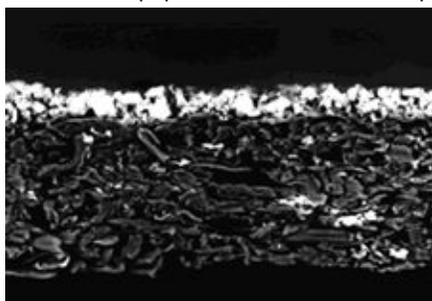
Commercially available packages of inkjet papers are sold under various product descriptions such as glossy paper, photo-quality paper, photo paper, coated paper, matte paper, plain paper, non-coated paper, etc. This is because the manufacturers all use different product category descriptions. Below is a brief explanation of inkjet papers. Inkjet papers can be classified as shown in the figure below. There are also some products that are not paper. Material for inkjet printing as a whole, including non-paper media such as cloth and film, are referred to as "inkjet media."

- Plain paper and coated paper

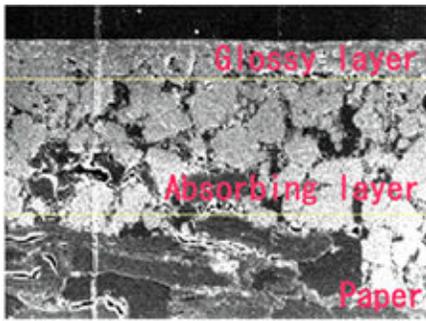
Classification is made depending on the existence of an ink receptor layer to absorb ink from an inkjet printer. Papers with no ink receptor layer are called "plain paper" or "non-coated paper," and those with an ink receptor layer are called "coated paper." Coated papers are greatly superior in image quality and color because their ink receptor layer is developed taking into consideration color development and fixing of ink. Coated papers are classified into several types such as glossy, non-glossy, etc., depending on the different kinds of surface. All plain papers have non-glossy surfaces, and are inexpensive. Plain paper is suitable for the printing of color data that mainly consists of text. Printing on media other than paper -- such as film, cloth, and metal foil -- becomes possible by forming an ink receptor layer on the material's surface.

- Coated paper

Coated papers are designed exclusively for use with inkjet printers to achieve the best image quality. Inkjet papers of this type are the most popular on the market. The picture below is a cross-sectional view of our representative inkjet paper.

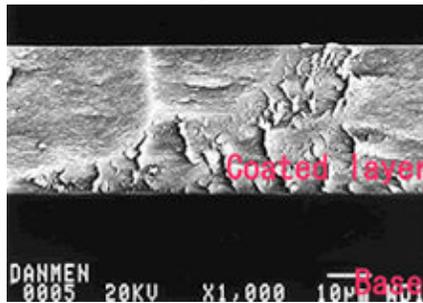
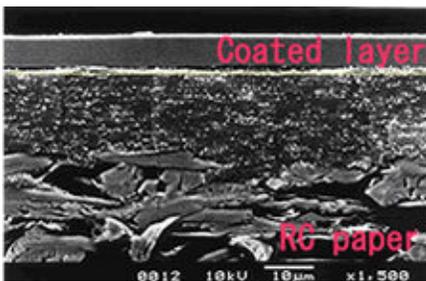


Coated papers are classified into several types such as "glossy paper," "semi-glossy paper," and "matte (non-glossy) paper," depending on the different features of their surfaces. Any of these papers can produce high-definition and quality full-color images. Glossy papers, having the same quality as cast-coated papers, are very glossy. Semi-glossy papers, having the same quality as art papers and A2 coated papers, are only slightly glossy. With regard to products other than paper, film products are also classified into the glossy type and matte type. The picture below is a cross-sectional view of a representative glossy paper.



- Photo-quality paper/photo papers

Among commercially available papers, photo papers are the most expensive. The "ink receptor layer" is formed on the surface of the photographic printing paper. Inkjet papers of this type are similar in quality to conventional photographs. As they are developed to print photographs by inkjet, prints of the highest quality and definition can be produced. The storage stability of printed materials is well considered. Inkjet papers of this type, including film and cloth products, display differences in performance, depending on the material from which the ink receptor layers are made, due to differences in ink absorption.



>Click here for details of the "Principles of ink absorption"

- **Materials of the ink receptor layer**

The ink receptor layer formed on coated papers uses various materials. The ink receptor layers of photo-quality papers/photo papers can be roughly classified into two groups: the "polymer type" and the "particle type." Both types have their advantages and disadvantages in respect to production method, cost, quality, and performance, and it is difficult to say which is better. However, the market seems to be polarizing into the two camps of the "cost-oriented polymer type" and the "quality performance-oriented particle type." The picture below is a cross sectional view of representative polymer-type and particle-type media.

- Polymer type

This type of ink receptor layer consists of water-soluble macromolecules. A water-soluble macromolecule means a compound that has a giant molecule soluble in water. Water-soluble macromolecules often used for the ink receptor layer include cellulose, gelatin, polyvinyl alcohol, etc.

Characteristics of this type are:

- 1) Easy to produce
- 2) Has a glossy surface
- 3) Has good storage stability

Problems of this type are:

- 1) Low ink absorption
- 2) Requires long drying time
- 3) Low water-fastness

- Particle type

This type of ink receptor layer consists of small particles, barely visible or invisible. They are also called colloidal particles. Particles used for the ink receptor layer are mainly inorganic compounds such as silica and alumina particles.

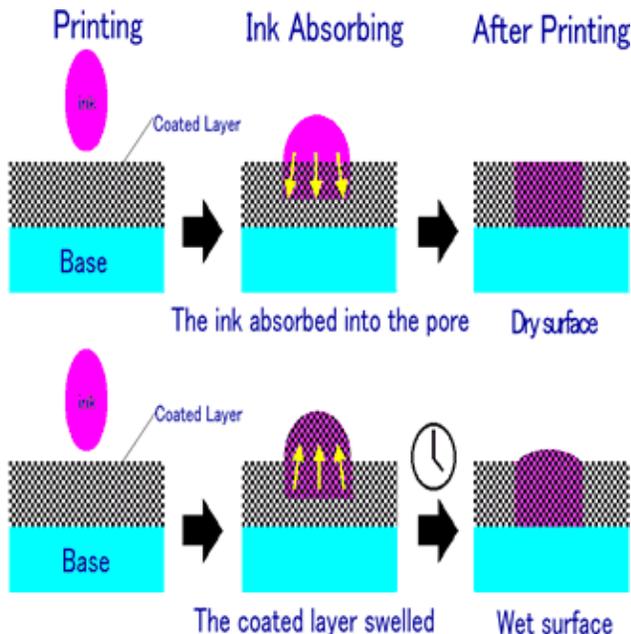
Characteristics of this type are:

- 1) Produces high-quality images
- 2) Requires no drying time
- 3) Water-fastness

Problems of this type are:

- 1) Difficult to produce
- 2) Easily damaged
- 3) Discoloration of the surface

#### - Principles of ink absorption



The principles of ink absorption of the "polymer-type" and the "particle-type" can be explained with familiar examples. The absorption principle of the polymer-type can be compared to the "principle of the paper diaper," and the particle-type can be compared to the "principle of the drying agent of silica gel." In the "principle of the paper diaper," moisture is absorbed by the swell of the filler. In the "principle of the drying agent of silica gel," moisture is absorbed into fine spaces of the filler.

- 1) The left figure shows the state in which an ink droplet is about to touch the surface of the particle-type and the polymer-type layers. There is no difference between them in this state.
- 2) The figure in the middle shows the very moment that an ink droplet reached the surface of the paper. The two types of papers are completely different in their principles of ink absorption. Ink is infiltrated into spaces among particles on the particle-type layer, while ink is absorbed by swelling polymers on the polymer-type layer.
- 3) The right figure shows the surface condition after printing. The surface of the particle-type is dry because ink has infiltrated the spaces between particles. The surface of the polymer-type, however, is wet because ink is absorbed in the structure of swelled polymers. Ink absorbed in polymers hardly ever dries completely.

- How are papers with a polymer-type layer and a particle-type layer distinguished among commercially available products?

Commercially available inkjet papers are not classified into the polymer-type and particle-type by their ink receptor layer. It is difficult to distinguish them by appearance. If the package of the product says "particle technology," "micro-technology," "no drying time," or "quick drying," it may be a package of inkjet papers with a particle-type ink receptor layer. When you touch the surface of inkjet papers with a polymer-type ink receptor layer you may feel some stickiness.

Copyright 2004-2017 MITSUBISHI PAPER MILLS LIMITED. All rights reserved.