



Bioadhesivos renovables y libres de formaldehído para la industria maderera argentina.

Alejandro Bacigalupe¹; Rivia Silveira Fonseca²

¹INTI-Caucho, Instituto Nacional de Tecnología Industrial. San Martín, Bs. As., B1650WAB, Argentina.

²FGV EBAPE, Fundação Getúlio Vargas. Botafogo, Rio de Janeiro, Brasil.

ABSTRACT

Las resinas a base de urea-formaldehído (UF) son ampliamente usadas como adhesivos para aglomerados y/o laminados debido a su bajo costo y alto poder de adhesión. Estos productos reemplazaron a los históricos adhesivos para madera de base proteica como los de caseína, sangre o concentrado de soja, que redujeron drásticamente su presencia en el mercado. Sin embargo, tanto en la fabricación del adhesivo como en las tareas posteriores realizadas sobre aglomerados y laminados, se libera formaldehído altamente tóxico. Los bioadhesivos son una potencial solución a esta problemática al tratarse de productos de fuentes renovables, libres de formaldehído y bajo impacto ambiental. El presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión del grado de avance en el desarrollo innovador de bioadhesivos en el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), y analizar los factores que favorecen y dificultan la posibilidad de realizar transferencias tecnológicas a la industria maderera argentina.

1. Introducción

Las resinas a base de urea-formaldehído (UF) son ampliamente usadas como adhesivos para aglomerados y/o laminados debido a su bajo costo y alto poder de adhesión. Estos productos remplazaron a los históricos adhesivos para madera de base proteica como los de caseína, sangre o concentrado de soja, que redujeron drásticamente su presencia en el mercado. Sin embargo, tanto en la fabricación del adhesivo como en las tareas posteriores realizadas sobre aglomerados y laminados (corte, pulido, etc.) se libera formaldehído, altamente tóxico, en cantidades que pueden superar los valores permitidos por las normas internacionales de seguridad. Debe tenerse en cuenta que en el año 2004, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró al formaldehído como agente cancerígeno. También es importante mencionar que las UF, como la casi totalidad de los adhesivos sintéticos, derivan del petróleo o del gas. La futura escasez de estos insumos básicos hace prever un aumento de los precios relativos y/o una falta de disponibilidad del producto.

El sector de Adhesivos y Selladores del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) trabaja en proyectos de I+D para desarrollar adhesivos a partir de materias primas de origen vegetal y animal, mejor conocidos como bioadhesivos. Sin embargo, la mayoría de los organismos de investigación de Argentina, y de América Latina, se caracterizan por compartir una misma problemática el desarrollo de nuevas invenciones que se ven truncadas en su camino a convertirse en innovaciones. Este fenómeno genera un contexto en el que los fondos públicos, destinados a las tareas de I+D, son utilizados para la formación y capacitación de los científicos, resultado no menor si se tienen en cuenta épocas anteriores en el que el trabajo y los logros de la comunidad científica no eran valorados. Pero estas inversiones no se ven reflejadas en un mejoramiento de la capacidad tecnológica de la industria y tampoco se ven reflejadas en mejorar la calidad de vida de la población, acortando las brechas socio-económicas que existen en un país desigual como lo es el argentino.

Las preguntas, entonces, a responder son: ¿Por qué las inversiones desarrolladas en el ambiente público, que son innovadoras y resuelven una problemática de la sociedad, no llegan a transferirse a la industria? ¿Cuáles son las causas que dificultan la comunicación entre industria y el INTI en lo que se refiere a I+D? Encontrar las respuestas a estas preguntas facilitará la transferencia tecnológica de los bioadhesivos desarrollados, esperando suplantarse a las UF, cancerígenas y no renovables, logrando así un impacto social al mejorar la calidad de vida de la población.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar una revisión del grado de avance en el desarrollo innovador de bioadhesivos en el INTI mediante la adaptación de la métrica de niveles de capacidad tecnológica, y analizar los factores que favorecen y dificultan la posibilidad de realizar transferencias tecnológicas a la industria maderera argentina.

2. Referencial Teórico

2.1 La soja, revisión histórica

La soja es un cultivo que se cosecha principalmente por su aceite y su proteína. Pero a pesar del considerable interés, público y comercial, que existen en los productos alimenticios derivados de la soja, la proporción de proteína consumida directamente para nutrición humana y otros usos industriales es realmente pequeña y existe una necesidad de buscar nuevos usos industriales para la proteína.

Estados Unidos, Brasil y Argentina son los principales productores de soja mundiales, y siendo en este último, el cultivo de mayor abundancia a nivel país. Es importante mencionar que el aumento mundial en la producción de soja se debió a los numerosos desarrollos que mejoraron los cultivos y las técnicas agropecuarias [1] (Gráfico 1)

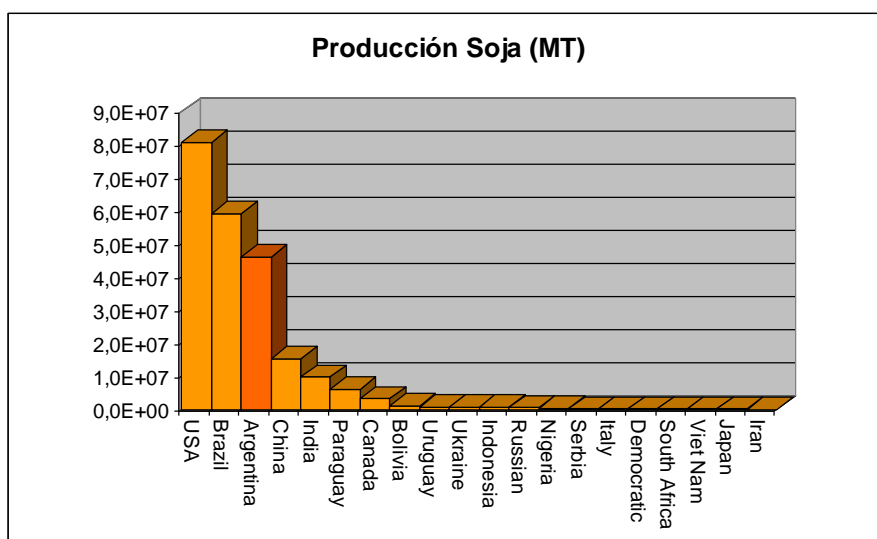


Gráfico 1. Producción de soja a nivel mundial.

Los adhesivos a base de soja fueron desarrollados por primera vez en 1923 cuando una patente fue concedida a un producto de este estilo. Y durante los años posteriores, la industria de la soja creció debido al valor agregado en varios rubros, como adhesivos para madera y papel, aglutinantes para recubrimientos y pinturas, y emulsificantes para suspensiones coloidales de caucho, plásticos y lubricantes.

Sin embargo, la alta disponibilidad del petróleo a bajo costo, y el desconocimiento de la toxicidad de estos productos, llevo a la industria de los derivados de la soja al desuso; siendo remplazados por otros adhesivos como urea-formaldehído (UF), fenol-formaldehido (FF), resorcinol-formaldehido (RF) y poli vinil acetato (PVA). Solo después de aproximadamente 50 años, la comunidad científica e industrial tomó conciencia de la utilización de productos amigables con el medio ambiente, volviendo al desarrollo de adhesivos, plásticos, composites y elastómeros derivados de la soja.

2.2 La sangre, revisión histórica

La harina de sangre seca es un producto secundario de la industria alimenticia, de alta disponibilidad en nuestro país; y al tratarse de una de las principales fuentes de nitrógeno natural, es utilizado comúnmente como fertilizante, debido a ser una fuente rica en nitrógeno, y como alimento animal de alto valor proteico. Sin embargo, debido a los grandes volúmenes generados en los mataderos, un alto porcentaje de la sangre es desechada generando un negativo impacto ambiental en los ríos a causa de la contaminación con material biológico.

La sangre está compuesta por plasma, la fracción celular y la fracción fibrilar. El plasma contiene diferentes tipos de sustancias, como las lipoproteínas, ácidos grasos, azúcares, proteínas solubles (albúminas y globulinas) y sales minerales. La fracción fibrilar (eritrocitos, leucocitos y plaquetas) es rica en hemoglobina. La harina de sangre seca es rica en proteínas (Tabla 1), macromoléculas complejas y también contiene un número de monómeros de amino ácidos unidos químicamente, que conforman las cadenas polipeptídicas, y constituyen la estructura primaria de la proteína. Estas propiedades estructurales pueden ser modificadas física, química o enzimáticamente. Estos tratamientos alteran la estructura secundaria, terciaria y cuaternaria de la proteína sin romper los enlaces covalentes y dando como resultante la desnaturalización de la misma.

Es conocido los mecanismos para modificar la estructura de la proteína para mejorar la propiedad adhesiva de los adhesivos de base proteica. Las moléculas de proteína desenrolladas aumentan sus áreas de contacto y sus sitios activos, mejorando la interacción con los sustratos [2].

Componente	g/100g de Producto
<i>Proteína</i>	80
Grasa (mín.)	1
Humedad (máx.)	8
Ceniza	10

Tabla 1. Composición porcentual de la sangre.

2.3 Disponibilidad de la materia prima

La soja es un recurso abundante en el país que, como se ha visto, es el 3er productor mundial de este cultivo. Acorde al Ministerio de Economía de la Nación, en el país este recuso es principalmente explotado en la región centro y este (Córdoba, Buenos Aires y Santa Fe principalmente) (Gráfico 2) debido a las condiciones climáticas favorables para este cultivo [3].

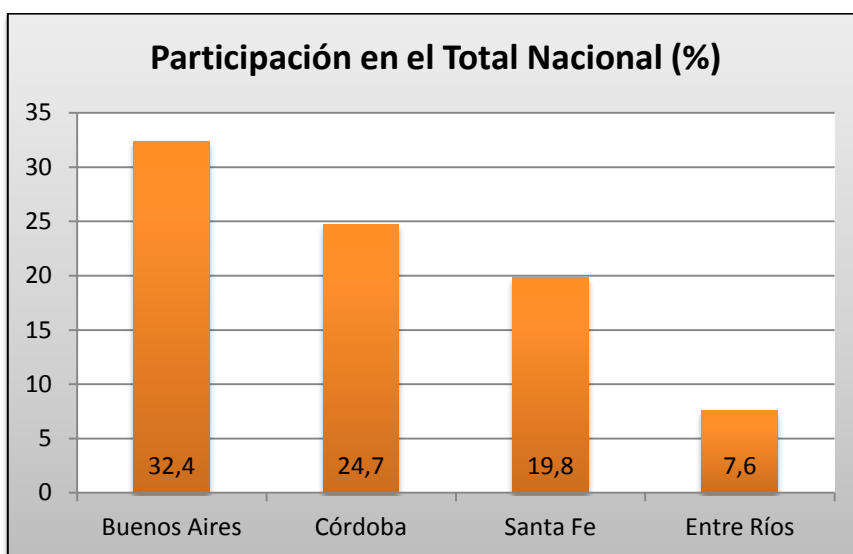


Gráfico 2. Producción de soja a nivel nacional.

La Argentina ha sido históricamente un gran productor de carnes de todo tipo, principalmente de ganado vacuno. Esto hace que la harina de sangre seca sea también una materia prima abundante, económica y de fácil acceso para la región. La producción ganadera se concentra principalmente en la misma zona del país donde se cultiva la soja, con algunas variaciones dependiendo del tipo de ganado (Gráfico 3), facilitando la disponibilidad de ambas materias primas para la industria maderera; permitiendo el uso del recurso que sea deseado o bien, la mezcla de las mismas.

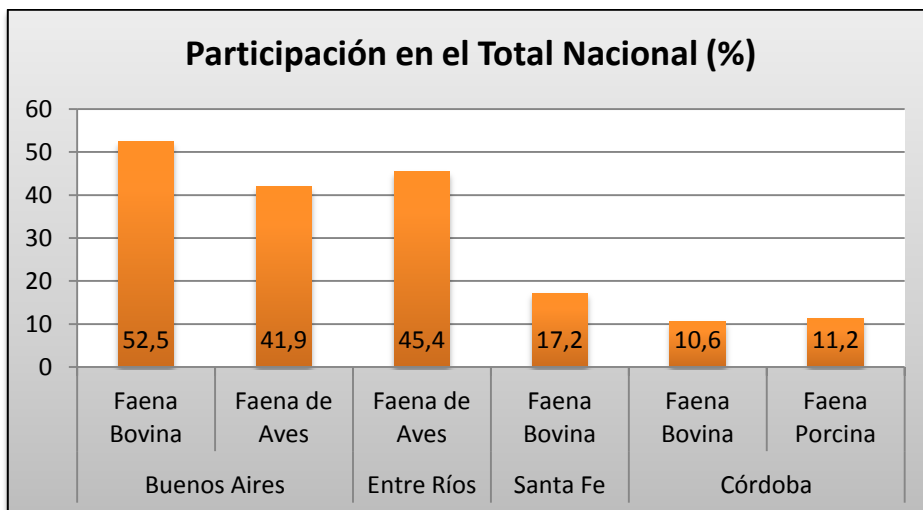


Gráfico 3. Producción ganadera a nivel nacional.

Por último, es importante remarcar que las principales industrias madereras se encuentran en la región mesopotámica del país: Santa Fe, Entre Ríos y Misiones (Gráfico 4), siendo las industrias de estas provincias las más propicias para poder innovar utilizando los bioadhesivos en sus líneas de producción ya que cuentan con la infraestructura necesaria y con abundante materia prima disponible.

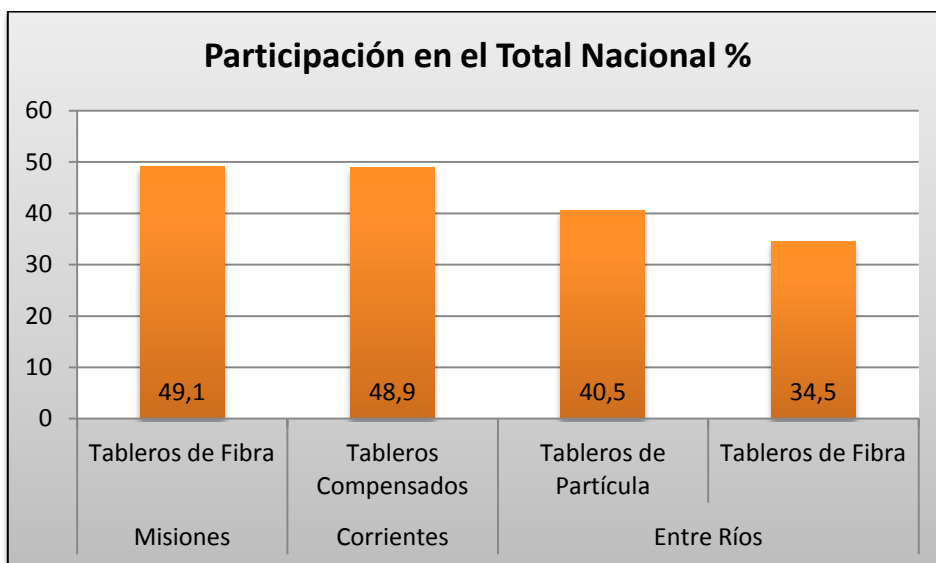


Gráfico 4. Producción maderera a nivel nacional.

3. Propiedades innovadoras de los bioadhesivos

3.1 Bioadhesivos a base de soja

El uso de la harina de soja como adhesivo es de reciente desarrollo en vista de su largo historial como alimento. Requiere de la existencia de una harina de soja de la cual se ha extraído el aceite sin alterar la solubilidad de su proteína, que es principal componente adhesivo. Este producto contiene una adecuada cantidad de aceite residual que actúa como un agente desespumante durante la preparación del adhesivo.

Para que se convierta en una base útil para adhesivos, el grano de soja entero debe ser roto, descascarado, secado, hecho en escamas, extraer el aceite con solvente, resecado y finalmente molido para convertirlo en harina [4]. El contenido de proteína de la harina de soja varía considerablemente con la fuente geográfica del grano y con la variedad en particular, promediando alrededor del 35 hasta el 55% sobre la base de cómo se recibe. El grueso de la harina de soja industrial contiene, por lo general, entre el 44 al 50% de proteína. Como un material base para un adhesivo, la soja refleja la variabilidad de un producto natural. Usualmente se mezcla en grandes cantidades para minimizar estas variaciones; sin embargo aun así se necesita de un cuidadoso control durante la manufactura para obtener adhesivos con propiedades uniformes.

Los productos derivados de la soja que son propicio para la fabricación de adhesivos proteicos son la *Harina*, el *Concentrado Proteico* (CPS) y, preferentemente, el *Aislado Proteico* (APS); siendo la diferencia entre cada uno el porcentaje de proteína en su composición (Tabla 2). Es importante mencionar que, si bien el APS contiene la mayor cantidad de proteína, es la materia prima de mayor valor económico y su utilización encarecerá el producto final.

g/100g de Producto	Harina	CPS	APS
Proteína	48	64	92
Grasa (mín.)	0,3	0,3	0,5
Humedad (máx.)	100	10	<5
Fibra	3,0	4,5	<1
Ceniza	7	7	4
Carbohidrato	31-32	14-15	-

Tabla 2. Composición porcentual de las harinas de soja.

Una sustancia debe ser altamente polar para ser adhesiva para adherentes polares tales como la madera. Las moléculas de proteína de la harina de soja, a pesar de contener muchos grupos polares, están fuertemente enrolladas; por consecuencia estos grupos polares no pueden aprovecharse debidamente entre sí, para ligaduras internas. Por esta razón, una simple pasta de harina de soja en agua es un adhesivo relativamente pobre. Se requiere un cambio químico para poder romper las uniones internas y desenrollar o “dispersar” las partes polares de la proteína. El tratamiento más efectivo para lograr este propósito es el aumento del pH de la mezcla de soja a once o más [5]. A este pH las moléculas de proteína están casi total o irreversiblemente desenrolladas, haciendo aprovechable el total del potencial adhesivo de su compleja estructura polar.

También se inicia la destrucción, por hidrólisis, de la proteína de soja conforme aumenta el pH; sin embargo el gran aumento de sus propiedades adhesivas, ganado por la completa dispersión, compensa más que la pérdida moderada de la actividad de la proteína producida por hidrólisis. Tanto la dispersión alcalina como la hidrólisis son reacciones de tiempo, la primera se inicia a velocidad rápida por un periodo corto de tiempo y la última a una velocidad baja, constante sobre una base continua. Ambas están sujetas al efecto de la temperatura, mientras más alta más rápida es la reacción y a la inversa. Estos factores de velocidad causan la curva típica de las mayorías de los bioadhesivos alcalinos; por ejemplo, una viscosidad baja aumenta rápidamente hasta un pico o cima de una máxima viscosidad, después se regresa lentamente a una viscosidad baja en un periodo de horas. Para el tiempo que este ciclo se ha contemplado, la hidrólisis ha acabado con el tiempo de vida útil del bioadhesivo. La performance de un adhesivo a base de soja dependerá de su tamaño de partícula, la estructura de la proteína, su viscosidad y su pH. Otros parámetros que pueden afectar son la temperatura en prensa, la presión y la temperatura. Estos parámetros determinarán la fuerza de adhesión y la resistencia al agua del bioadhesivo.

Casi cualquier material alcalino dispersa a la harina de soja en el agua, cuando menos en un grado limitado. Una completa dispersión de la fuerza adhesiva final requiere varios porcentajes de una base fuerte tal como los hidróxidos de sodio, potasio o litio; sin embargo, estas sales causan invariablemente una coloración alcalina o quemada en los adherentes celulósicos.

Aunque las dispersiones alcalinas simples de harina de soja en agua son adhesivos adecuados para algunos propósitos, se pueden ganar muchas mejoras en las propiedades con posteriores refinamientos en el sistema de dispersión. Asumiendo por un momento que el hidróxido de sodio es la mejor y más barata base fuerte para dispersar a la mayoría de los bioadhesivos, el agregarle una sal ligeramente soluble de calcio o magnesio, tal como el hidróxido de calcio junto con el hidróxido de sodio, hacen que ambos mejoren la resistencia al agua y el tiempo de tolerancia del ensamble de los adhesivos de soja por medio de la reacción de la porción proteica para rendir proteínatos insolubles y alterar la consistencia del adhesivo. Agregando algunos porcentajes de un silicato de sodio líquido o de un grado de silicato rápidamente soluble, especialmente con un desnaturizante de proteína, aumenta la capacidad de retención de agua, nivela la viscosidad y prolonga el tiempo de vida útil de los adhesivos a base de proteína de soja.

La principal ventaja de utilizar adhesivos de soja es que pueden curar tanto en caliente como en frío. Estas condiciones variaran en función del espesor del tablero que se quiera fabricar. La otra ventaja importante es que estos adhesivos pueden utilizarse para adherir madera verde sin necesidad de secarla previamente.

La principal desventaja de los adhesivos de soja es su bajo poder de adhesión y su prácticamente nula resistencia al agua. Por lo tanto, es necesario modificar la proteína para poder contrarrestar estas propiedades y mejorar su performance. Estas modificaciones se llevan a cabo mediante la utilización de agentes físicos, químicos o enzimáticos que modifican la estructura secundaria, terciaria y cuaternaria de la proteína.

Entre los agentes modificantes más conocidos se encuentran los álcalis, que aumentan el poder de adhesión, y los agentes entrecruzantes, en donde los más utilizados son los compuestos azufrados: CS_2 , tiourea y el xantato de potasio. Estos agentes tienen la propiedad de mejorar la resistencia al agua, la vida útil y la consistencia. Otros agentes entrecruzantes que se pueden

utilizar son las resinas epoxis, que son entrecruzantes muy fuertes y muy buenos como aditivos para adhesivos alcalinos, pero tiene la desventaja de su elevado costo.

3.2 Bioadhesivos a base de sangre

Durante la década pasada, las investigaciones en adhesivos a base de proteínas estuvieron principalmente enfocadas a la utilización de proteína de soja como materia prima. Sin embargo, a pesar del bajo costo y la gran disponibilidad de este recurso, los adhesivos preparados a partir de proteína de soja sufren de una baja resistencia al agua.

Las ventajas de la utilización de sangre como materia prima son: (1) la sangre animal es abundante y de muy bajo costo debido a que es prácticamente descartada por los frigoríficos, (2) es fácil de manejar debido a su baja viscosidad y (3) los adhesivos a base de sangre se pueden aplicar utilizando una prensa de platos caliente o fríos. [6]

Existen tres categorías de sangre seca basadas sobre la severidad del tratamiento de secado: soluble, parcialmente soluble e insoluble. La primera y más importante categoría de la sangre seca para adhesivos es la sangre “soluble”, que incluye sangres con alrededor de un 85 a un 100% de solubilidad en agua fría logradas por medio de pruebas estándar; sin embargo muy pocas de las sangres secas comerciales llegan a más del 95% de solubilidad. Este valor agua-solubilidad actúa como un índice preliminar de las otras propiedades de la sangre seca, tal como el requerimiento del agua, contenido de nitrógeno soluble, y tiempo de gel, todos los cuales son importantes para su comportamiento total como adhesivo. Las sangres solubles son cuidadosamente secadas por rociado o secadas al vacío a temperaturas abajo del punto de desnaturalización de la proteína de la sangre. Como en el caso de la soja sus propiedades adhesivas están íntimamente relacionadas con su solubilidad lograda después del proceso.

La segunda categoría de sangre seca es la parcialmente insoluble o sangre desnaturalizada, que se entiende que incluye solubilidades en agua de un 15 a un 80% y cubre un amplio margen del comportamiento de los adhesivos actuales. Las sangres secas, uniformes y estables de una solubilidad intermedia son los productos de sangre mas nuevos y probablemente los más importantes que han aparecido en el mercado desde el desarrollo de la misma sangre soluble. Las propiedades adhesivas inherentes en estos productos son, sin duda alguna, los responsables del continuo aumento en su campo de aplicación y en el volumen usado dentro de la industria maderera.

La tercera categoría de sangre seca es totalmente insoluble, sangre completamente desnaturalizada. Este material se usa principalmente para fertilizante más bien que para usos como adhesivos y rara vez se hace alguna preparación para el secado. Estos productos se pueden gelatinizar o disolver usando solamente agua caliente y un álcali fuerte. Está envuelto en el proceso una considerable cantidad de amoníaco, dando una burda indicación de la extensión real de la hidrólisis. La sangre insoluble es una base adhesiva relativamente pobre y actualmente se usa muy rara vez, excepto como una carga orgánica que contribuye ligeramente a las propiedades adhesivas de otros materiales activos.

La fuente de donde se obtiene la sangre animal tiene una gran influencia en su comportamiento y en sus propiedades adhesivas. Las sangres difieren considerablemente de una especie animal a otra, al igual que de un animal a otro de una especie dada, debido a las variaciones en su edad, condiciones, alimentación, etc. La respuesta comercial a este problema ha sido la de secar las

existencias de sangre de diferentes especies animales separadamente y luego combinar grandes cantidades de sangre de una sola de ellas para rendir una masa total con propiedades promediadas.

Las principales sangres secas del comercio son bovinas y porcinas, que se pueden obtener separadamente y en mezclas especificadas. Asumiendo que haya niveles normales de solubilidad, la sangre bovina produce adhesivos de una viscosidad más alta y una respuesta más positiva a los aditivos desnaturizantes que la sangre porcina. Ambas sangres pueden ser parcialmente insolubilizadas durante o después de la operación de secado que rinden productos de grandes variaciones y, sin embargo, se pueden reproducir sus comportamientos.

Todas las sangres secas solubles son polvos de densidad media y libre flujo, fluctuando su color de un rojo negro a un casi negro. Conforme aumenta la insolubilidad, el color es más café y la densidad de la masa cae considerablemente. La mayoría de las partículas se convierten en burbujas secas en lugar de gotitas sólidas. Todas las sangres secas son higroscópicas y deben de protegerse contra la humedad.

Como en la harina de soja, el principal constituyente adhesivo de la sangre soluble seca es su proteína, la albúmina del suero. En realidad, la sangre contiene otros constituyentes de proteína, tales como los compuestos de coagulación (fibrina) y las células rojas (hemoglobina), pero la fibrina se elimina por necesidad antes del secado y la hemoglobina forma complejos muy pesados con iones de metal, dejando solamente la albúmina aprovechable para los propósitos adhesivos.

Las moléculas de la albúmina de sangre son altamente polares y muy complejas pero muy enroscadas o de forma globular, consecuentemente sus muchos grupos reactivos no se pueden aprovechar en gran parte debido a las uniones internas del hidrógeno. La albúmina cuidadosamente secada se disuelve rápidamente en agua dando una solución coloidal moderadamente adhesiva, pero la potencia total adhesiva de su compleja estructura sólo se desarrolla a través de una dispersión alcalina. Como con las otras proteínas animales y vegetales, la albúmina de sangre está sujeta a la destrucción por hidrólisis en soluciones alcalinas. Frecuentemente la velocidad de la hidrólisis es lo suficientemente rápida como para interferir seriamente en el tiempo laborable de los adhesivos de sangre, a menos que la solución sea taponada o que la albúmina sea modificada químicamente por degradación o desnaturización.

Casi cualquier material alcalino dispersará, en cierto grado, a la sangre soluble seca. La proteína de sangre parece que se vuelve fuertemente adhesiva a niveles más bajos de pH que las proteínas vegetales, pero se necesitan por lo general varios porcentajes de una base fuerte como los hidróxidos de sodio, potasio o litio para desarrollar su potencia adhesiva total. En la forma alcalina de dispersión, las soluciones de sangre solubles son uniformes y de apariencia limosa. Las dispersiones de sangre parcialmente solubles son pegajosas y granulares. Todas las dispersiones de sangre tienen un color negro y tienden a manchar profundamente a los adherentes celulósicos.

La dispersión alcalina de albúmina de sangre es extremadamente sensitiva a los desnaturizantes físicos y químicos. Por consecuencia el uso de desnaturizantes para la modificación de sus propiedades de trabajo debe de ser manejado con gran cuidado. Dentro de las fuerzas desnaturizantes físicas, probablemente la más común y útil es la del calor húmedo o seco. Se pueden emplear aplicaciones controladas de calor para espesar un adhesivo de sangre, alterar su

consistencia, aumentar su tiempo de trabajo, mejorar sus propiedades de adhesión en frío, o su irreversibilidad de curado. Este efecto es el principal responsable de la popularidad actual de los adhesivos de sangre, al causarles un rápido fraguado en caliente con un alto grado de resistencia al agua.

Otras formas de energía física, aparte del calor y la agitación mecánica, también causan la desnaturalización de la proteína de sangre, pero estos no se encuentran seguidos en la preparación y uso normal de adhesivos. Ejemplos de ellos son la molienda en cualquier forma, presión, irradiación, congelación, vibraciones subsónicas o supersónicas y energías de radiofrecuencia. Es muy posible que puedan ser usadas una o más de estas fuentes de energía física para desnaturalizar y, cuando menos, curar parcialmente una línea de adhesivo de sangre mientras se pone un laminado.

3.3 Combinaciones de sangre – soja.

Ciertamente que el uso individual más grande de la sangre seca soluble durante los últimos años ha sido como un constituyente activo en los adhesivos de prensado en caliente y resistentes al agua para maderas contrachapada, sola o en combinación con otros materiales proteicos como la harina de soja. Los adhesivos de este tipo se han convertido, desde la Segunda Guerra Mundial, en el soporte de la producción de la madera suave contrachapada resistente al agua. La sangre soluble y la harina de soja hacen una combinación particularmente útil ya que cada uno contribuye con propiedades que en la otra son básicamente deficientes. La sangre dispersada, a pesar de ser muy reactiva al calor y retenedora de agua, le faltan buenas propiedades de trabajo y tolerancia en el tiempo de ensamble. La proteína de soja dispersada tiene excelentes propiedades de trabajo y tolerancia en el tiempo de ensamble, pero le falta velocidad en el curado de prensado en caliente y resistencia al agua. Juntos, estos materiales hacen series de adhesivos extremadamente útiles de bajo costo, resistentes al agua y de curado rápido, apropiados para muchas laminaciones de madera en operaciones tales como el ligado de madera contrachapada, laminación de madera de almacenado caliente, laminación de madera suave y cartón duro, etc.

3.4 Resistencia al moho.

La resistencia al moho de las proteínas curadas al calor promedia de pobre a buena, dependiendo del contenido de sangre. Por ejemplo, los adhesivos de proteína de soja con una limitada cantidad de sangre no tienen resistencia al moho; mientras que aquellas que tienen más de la mitad de sangre en alguna forma soluble, frecuentemente han pasado las pruebas de protección contra moho de una considerable severidad. Este hecho generalmente se le atribuye al alto contenido de proteína de la sangre soluble seca, comparada con otra fuente de proteína natural al grado de cómo reacciona irreversiblemente en presencia de calor y álcali. Sin esta conversión por el calor, como en la madera contrachapada prensada en frío, las colas de sangre sujetas al ataque del moho y las bacterias, en casi la misma forma como cualquier otro adhesivo de proteína sin proteger o almidón. En donde se anticipe que va a haber una extrema exposición de moho, se puede agregar, al adhesivo de proteína de sangre, casi cualquier inhibidor de moho en cantidades que promedian del 1 al 5%, por lo general, como paso final en la preparación del adhesivo. A diferencia de los adhesivos de soja, estos compuestos inhibidores reactivos no deben combinarse dentro de los adhesivos secos que contengan sangre, ya que tienden a actuar de una manera desfavorable sobre su proteína durante el prolongado almacenamiento en seco.

Los adhesivos de resinas fenólicas también imparten una excelente resistencia al moho a las colas de sangre para prensado en caliente cuando le son agregados en una proporción del 10% de sólidos de resina, basado en el peso seco del adhesivo. Esta forma de protección tiene la ventaja de ser muy resistente a la filtración de la película de adhesivo curada en condiciones húmedas desde el momento en que la resina misma se convierte en termofija en el lugar.

3.5 Viscosidad.

Esta importante propiedad gobierna en gran parte el éxito de la operación de la mayoría de los adhesivos de proteína, y mucha de la tecnología está relacionada a su control. La viscosidad de los adhesivos de sangre de prensado en caliente varía de 2.500 a 25.000 cP. En el límite inferior de estos promedios los adhesivos son demasiados delgados para resistir la sobre penetración de muchos adherentes mientras que el límite superior se aproxima a la gelación [7]. El nivel práctico está entre 5.000 a 15.000 cP, y todas las formulaciones de adhesivos para prensado en caliente se encuentran en este rango, variando según el sistema de aplicación. Los adhesivos de proteína para prensado en frío requieren definitivamente una consistencia más pesada, por ejemplo, alrededor de 7.000 a 20.000 cP. Como todos los adhesivos de proteína exhiben una viscosidad no-Newtoniana, por lo que los viscosímetros deben operar a una velocidad de deslizamiento constante [8]. Como la mayoría de las colas de sangre son muy tixotrópicas, es usualmente deseable que la viscosidad se determine cuando menos después de 30 s de rotación, con el objeto de asegurar una lectura fija. Inclusive se puede tomar la diferencia entre la lectura máxima y la fija como un índice informal de tixotropía en aquellos casos que sea importante esa propiedad. Dentro de los aparatos más apropiados están los viscosímetros de McMichael, Stormer y Brookfield, los dos últimos con una sola velocidad.

4. Capacidad innovadora del INTI en el área de adhesivos.

La capacidad de las empresas para crear, adaptar, gestionar y generar el capital físico (sistemas técnicos-físicos), el capital organizacional (tejido y sistemas organizacionales y gerenciales), el capital humano, y los productos y servicios, así como también las interacciones entre ellos, se denomina *Capacidad Tecnológica*. Se trata de un activo cognitivo muy propio de cada empresa, organización o país, y que refleja el conocimiento tácito, caracterizado por el capital humano y el capital organizacional [9].

Para realizar una capacidad específica, tanto a nivel de empresa como de país, la pregunta no es si tiene o no Capacidad Tecnológica, sino de que tipo (de producción/operación o de innovación) y en qué grado o nivel. La distinción entre capacidades de producción y de innovación es importante para poder clasificar la empresa, la institución o el país. Estas capacidades pueden variar desde *Básica* hasta *Avanzada*. En este sentido puede existir una empresa o un país que tenga una capacidad tecnológica de producción y ninguna o limitada capacidad tecnológica de innovación. Para las empresas, o países de economías emergentes, esta clasificación toma vital importancia porque, a partir de conocer sus debilidades y fortalezas, puede plantear las estrategias más convenientes para alcanzar la frontera tecnológica, fortaleciendo la capacidad de innovación.

El concepto de innovación no se restringe sólo a productos y procesos, sino también incluye nuevas formas de gestión (para articulación de las nuevas combinaciones productivas), nuevos mercados y nuevos insumos en la producción. Así, la innovación consiste en un proceso continuo que implica la resolución de problemas de diferentes tipos de actividades, relativos a los stocks

de capacidad tecnológica y a los procesos de aprendizaje específicos de las empresas. Por eso, la perspectiva de la innovación como un proceso continuo de actividades con grados de dificultad y sofisticación es particularmente importante para comprender el proceso de innovación en las empresas o instituciones que operan en países en desarrollo o con economías emergentes.

La aplicación de la métrica para conocer las Capacidades Tecnológicas permitirá conocer que se hizo y que falta hacer dentro del Sector de Adhesivos y Selladores del INTI. Esto será de utilidad para saber si los proyectos de I+D, encarados por el Sector, son acordes a sus capacidades innovadoras, ya sean básicas o de avanzada.

Para medir la Capacidad Tecnológica del Sector, se dividieron sus actividades en dos funciones principales: **Control de Calidad** y **Proyectos de I+D**. A su vez, la capacidad tecnológica se dividió en 4 niveles: 2 niveles asociados a la Capacidad Tecnológica de Producción (Niveles *Básico* y *Avanzado*) y 2 niveles asociados a la Capacidad Tecnológica de Innovación (Niveles *Básico* y *Avanzado*).

Para poder cuantificar la Capacidad Tecnológica del Sector se analizó cada una de las actividades correspondientes a los distintos niveles de innovación del INTI para cada función (Tabla 6). La cuantificación fue realizada a partir de una escala que representa el grado de desarrollo de cada actividad. La escala se dividió en cuatro grados: *Nulo*, *Poco*, *Intermedio* y *Alto*. Se interpretó que, un grado *Alto* implica que la actividad está diseminada/incorporada/desarrollada por el personal del Sector de manera satisfactoria. En cambio, una actividad de grado *Poco*, implica que dicha actividad se realiza en forma aislada y/o sin alcanzar un nivel satisfactorio. Los colores adoptados para cada grado fueron:

NULO
POCO
INTERMEDIO
ALTO

Tipo y Niveles de Capacidades		FUNCIÓN 1:	FUNCIÓN 2:
		Control de Calidad	Proyectos de I+D
Producción	Básica	Realización de ensayos y análisis bajo metodologías normalizadas.	Realización de desarrollos de baja complejidad.
		Asesoramiento de baja complejidad a empresas (know-how básico).	Optimización de formulaciones simples para la industria.
		Servicio técnico externo para el mantenimiento de los equipos de medición y las máquinas de ensayo.	
	Avanzada	Realización de ensayos y análisis bajo un sistema de calidad.	Realización de desarrollos de mediana complejidad.
		Asesoramiento de mediana complejidad a empresas (know-how intermedio y avanzado).	Optimización de formulaciones complejas para la industria
		Capacidad para realizar el mantenimiento de los propios equipos de medición y máquinas de ensayo.	
Innovación	Básica	Cursos específicos de capacitación a terceros.	I+D consolidado: grupos de investigación consolidados, liderazgo en proyectos con financiamiento a nivel nacional.
		Participación en la elaboración de nuevas normas de calidad.	Alianzas con socios nacionales.
	Avanzada	Capacidad de desarrollar nuevas técnicas de ensayos y análisis, y elaboración de procedimientos.	I+D integrado: desarrollo de nuevos productos/tecnologías a nivel internacional.
		Contar con un laboratorio completamente equipado y con profesionales altamente capacitados para ser un organismo de referencia en el rubro.	Alianzas con socios internacionales.
			Publicaciones en revistas de divulgación científica.

Tabla 6. Niveles de capacidad tecnológica del sector de adhesivos y selladores del INTI.

4.1 Discusión de los resultados obtenidos de la métrica de niveles de capacidad tecnológica.

A continuación se presentan los argumentos que justifican la selección del grado de desarrollo adoptado para cada actividad propuesta.

FUNCIÓN 1: CONTROL DE CALIDAD.

Nivel 1: Capacidad de Producción BÁSICA.

Realización de ensayos y análisis bajo metodologías normalizadas.

Los ensayos y análisis que se realizan en el sector son bajo procedimiento normalizado, o siguiendo los lineamientos de una Norma.

Asesoramiento de baja complejidad a empresas (know-how básico).

La capacidad de los profesionales, y técnicos de laboratorio, que trabajan en el sector es adecuada para asistir al sector industrial en cuestiones específicas de baja complejidad.

Servicio técnico externo para el mantenimiento de los equipos de medición y las máquinas de ensayo.

El INTI posee un sistema integrado de proveedores externos para la manutención y servicio técnico de los equipamientos que utiliza para realizar los análisis y ensayos.

Nivel 2: Capacidad de Producción AVANZADA.

Realización de ensayos y análisis bajo un sistema de calidad.

El sistema de calidad de INTI, certificado en ISO 17025, involucra completamente las actividades de asistencia técnica que realiza.

Asesoramiento de mediana complejidad a empresas (know-how intermedio y avanzado).

La capacidad de los profesionales, y técnicos de laboratorio, que trabajan en el sector es adecuada para asistir al sector industrial en cuestiones específicas de mediana y alta complejidad.

Capacidad para realizar el mantenimiento de los propios equipos de medición y máquinas de ensayo.

Se presentan ciertas limitaciones en la reparación y mantenimiento de los equipos, utilizados con fines de servicios a terceros.

Nivel 3: Capacidad de Innovación BÁSICA.

Cursos específicos de capacitación a terceros.

El sector cuenta con cursos de capacitación sobre adhesivos y selladores para profesionales y técnicos de la industria.

Participación en la elaboración de nuevas normas de calidad.

Ha existido participación en la elaboración de normas, sin embargo está no es una tarea regular del sector.

Nivel 4: Capacidad de Innovación AVANZADA.

Capacidad de desarrollar nuevas técnicas de ensayos y análisis, y elaboración de procedimientos.

Se han realizado adaptaciones de normas para ensayos atípicos. Se elaboraron los procedimientos internos para los ensayos comúnmente solicitados.

Contar con un laboratorio completamente equipado y con profesionales altamente capacitados para ser un organismo de referencia en el rubro.

Se está llevando a cabo la construcción de un nuevo laboratorio con la correspondiente compra de equipos. La infraestructura aún no está a la altura de los organismos de frontera tecnológica.

FUNCIÓN 2: PROYECTOS DE I+D.

Nivel 1: Capacidad de Producción BÁSICA.

Realización de desarrollos de baja complejidad.

La capacidad, de los profesionales y técnicos de laboratorio que trabajan en el sector, es adecuada para encarar desarrollos de baja complejidad, como las tareas para catching-up de ingeniería inversa.

Optimización de formulaciones simples para la industria.

Se han realizado ajustes a formulaciones simples utilizadas actualmente por la industria para resolver un problema específico.

Nivel 2: Capacidad de Producción AVANZADA.

Realización de desarrollos de mediana complejidad.

La capacidad de los profesionales, y técnicos de laboratorio, que trabajan en el sector es adecuada para encarar desarrollos de mediana complejidad, como las tareas de diseño y adaptación de nuevos productos.

Optimización de formulaciones complejas para la industria.

Se han realizado ajustes a formulaciones complejas utilizadas actualmente por la industria para resolver un problema específico.

Nivel 3: Capacidad de Innovación BÁSICA.

I+D consolidado: grupos de investigación consolidados, liderazgo en proyectos con financiamiento a nivel nacional.

El grupo de investigación cuenta con experiencia en el área de bioadhesivos, llevando a cabo la transferencia tecnológica de algunos desarrollos y patentando sus investigaciones.

Alianzas con socios nacionales.

El INTI cuenta con convenios con instituciones como el INTA y el CONICET, sin embargo estos convenios no son actualmente utilizados por el sector.

Nivel 4: Capacidad de Innovación AVANZADA.

I+D integrado: desarrollo de nuevos productos/tecnologías a nivel internacional.

El desarrollo de bioadhesivos es tema de interés por institutos de investigación internacionales y los biopolímeros suelen ser el tema principal en muchos congresos de divulgación científica.

Alianzas con socios internacionales.

El sector no cuenta con convenios con socios internacionales.

Publicaciones en revistas de divulgación científica.

El sector no cuenta con publicaciones en revistas de divulgación científica.

4.2 Conclusiones de la métrica de capacidad tecnológica.

La adaptación de la métrica de capacidad tecnológica al sector de adhesivos y selladores del INTI permitió ver el grado de avance del sector en comparación con los institutos de investigación de frontera tecnológica.

En cuanto a las tareas de la Función 1: Control de Calidad, el sector se encuentra capacitado de manera siendo un organismo de referencia a nivel nacional. Es necesario continuar con las mejorar edilicias y de equipamiento para mejorar el abanico de tareas realizadas.

En las áreas de la Función 2: Proyectos de I+D se logró formar un equipo capacitado y consolidado en algunos proyectos de investigación a nivel internacional. Sin embargo sería necesario socializar los conocimientos, fomentando la formación de grupos de I+D con otros centros y potenciando la articulación con el sector privado.

Sería conveniente enfatizar la formación de convenios con organismos nacionales e internacionales que financien las investigaciones. Permitiendo adquirir nuevos equipos, capacitar al personal y alcanzar la frontera tecnológica de organismos de investigación internacionales.

5. La innovación en la industria maderera

La industria maderera utiliza generalmente tecnologías de baja complejidad, y es tecnológicamente dominada por los requerimientos del usuario. Estas características generan un mercado particularmente vulnerable a perder su liderazgo en manos de otras empresas que consigan mano de obra barata. Las razones mencionadas tienen como resultante que las firmas deban buscar nuevas formas de competencia que están relacionadas con desarrollos innovadores [10].

Innovación es la implementación de un nuevo (o una significativa mejora) producto, proceso, servicio, método de organización para un negocio, organización en el trabajo o relaciones externas. Pero dentro de las innovaciones, es importante diferenciar las que generan una mejora en el Ambiente de las que no. Las innovaciones ambientales consisten en el desarrollo de productos y procesos para contrarrestar o disminuir un impacto ambiental.

El sistema de innovación de las empresas se ha relacionado históricamente con la existencia de un departamento de I+D y con las tareas que se realizan en ese sector. [11] El nivel de inversiones en I+D y la existencia, o no, del sector son dos parámetros utilizados para conocer la prioridad que le da una empresa a sus actividades innovadoras y a su interés por expandir estas capacidades. La factibilidad de que una empresa tenga un departamento de I+D innovador y eficiente dependerá de dos factores que suelen encontrarse aparejados: el tamaño de la empresa y la fase dentro de su ciclo de vida.

Es importante el rol de la innovación en diferentes estadios, y para analizar la capacidad de innovación, o los niveles de capacidad tecnológica, es necesario tener en cuenta el ciclo de vida de una empresa. La innovación suele ser grande durante las primeras etapas y está basada principalmente en productos. Posteriormente ocurre una etapa en donde la innovación está principalmente enfocada en mejorar los procesos. Estas fases evolutivas continúan hasta que ocurre un “external shock”, una innovación radical que rompa con el orden establecido en el mercado [12]. Este shock puede venir en forma de un cambio tecnológico, un nuevo competidor, etc.

De esta manera, se pueden identificar tres fases diferentes dentro del ciclo de vida de una empresa [13] [14] (Gráfico 2)

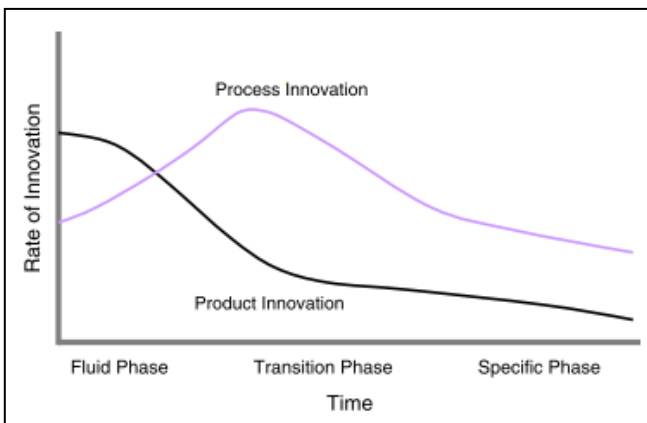


Gráfico 2. Niveles de innovación durante la evolución de una industria

- I. Fluid Phase: las tareas de I+D están enfocadas exclusivamente al diseño de productos. No suelen realizarse tareas de innovación en procesos.
- II. Transition Phase: esta fase se alcanza cuando el diseño del producto ya es aceptado por el mercado, en ese momento se busca mejorar mediante las innovaciones en el proceso de producción. la tecnología de innovación en procesos es reconocida como una herramienta de competencia para empresas maduras y para incrementar el potencial financiero.
- III. Specific Phase: una vez alcanzada esta fase la empresa comienza a enfocarse en costos, volúmenes y capacidad de producción y de ventas. La innovación en productos y procesos es casi nula.

El tamaño de la empresa también ha sido determinado como un factor importante para analizar la posibilidad de tener capacidad de innovación tecnológica [15], las empresas grandes cuentan con ventajas a la hora de realizar actividades innovadoras debido a sus posibilidades de trasladar recursos a gran escala y a la posibilidad de generar grandes inversiones en I+D. La teoría del tamaño de la empresa también se ve argumentada por su menor riesgo al invertir en innovar, el tamaño de sus mercados y mejor posibilidad de adaptarse a los cambios [16]. Por otra parte una empresa establecida mundialmente y que se dedica a la exportación está expuesta a una competencia mundial fuerte y está obligada a adaptarse continuamente para mantener su liderazgo.

En cuanto a la demanda del mercado, se está generando en los usuarios una concientización en el uso de tecnologías verdes, exigiéndoles a las empresas, y principalmente a las grandes, políticas amigables con el ambiente. Este fenómeno conocido como “Corporate Social Responsibility” (CSR) logró que las industrias madereras tomen interés en el uso sustentable de los bosques naturales y en la reducción de las emisiones tóxicas y ecotóxicas al ambiente. Por otra parte, las legislaciones de los países desarrollados, principalmente los europeos, son cada vez más exigentes con la industria maderera en lo que se refiere a emisiones de formaldehído por parte de los tableros producidos. Estas leyes obligan a la industria a cada vez buscar nuevas estrategias para disminuir sus emisiones, lo que conlleva a problemas de producción y el encarecimiento de sus productos.

Se produce así un sistema de actividad innovadora impulsado por un frente interno y otro externo: “Technology Push” por el lado de la oferta a través de las innovaciones de productos y procesos propuestos por la empresa y sus proveedores, y “Demand Pull” por el lado de las demandas de los clientes.

Es importante mencionar cual es el rol del Estado en las innovaciones. Algunos autores sostienen que las tareas de I+D muchas veces llevan a cabo acciones de bien público, pero el mercado tiende a ser insuficiente en las innovaciones con este fin. Es necesario entonces de un soporte de las organizaciones públicas para alcanzar un nivel aceptable de tareas de I+D que tengan un impacto social [17]. Los sistemas más utilizados para que los gobiernos asistan a la industria son: ayuda directa (mediante subsidios como el FONTAR y el FONARSEC), a través de vínculos que se generan con otras industrias, y principalmente por los convenios establecidos entre la empresa y los institutos de investigación. Sin embargo, las afirmaciones en esta área no son concluyentes, ya que los institutos de investigación públicos pueden funcionar como complemento de los privados, pero muchos casos terminan siendo un sustituto.

5.1. Los bioadhesivos en la industria maderera

Los bioadhesivos presentan la ventaja de ser productos renovables y amigables con el ambiente ya que no contienen materias primas derivadas del petróleo y no emiten formaldehído durante su fabricación, utilización y en las tareas posteriores a la obtención de los tableros. Estas propiedades convierten a los bioadhesivos en un producto innovador para las empresas de adhesivos, y fundamentalmente en un cambio innovador durante el proceso de producción de la industria maderera.

Si se analiza la etapa innovadora de los bioadhesivos dentro de las fases de la industria maderera, se puede llegar a la conclusión de que estos adhesivos son propicios para empresas que se encuentren dentro de la Fase de Transición. Estas empresas ya tendrán un mercado parcial o totalmente consolidado y el producto estará aceptado por el mercado. Por otra parte, estas empresas serán lo suficientemente grandes como para afrontar la inversión que viene aparejada a los cambios necesarios para la utilización de los bioadhesivos dentro de su línea de producción. Es importante mencionar que esta innovación en procesos es potencialmente una innovación radical, ya que no existen actualmente en el país empresas que logren emisión cero de gases de formaldehído en sus tableros de aglomerado.

La concientización del usuario en la utilización y desecho de productos inertes derivados del petróleo, el consumo de combustible, los desechos industriales y otras formas de contaminación del agua y el aire han incrementado la preocupación sobre las problemáticas ambientales, y han forzado a las industrias a mirar para el lado de los productos renovables y de bajo, o nulo, impacto ambiental. Las empresas grandes que se encuentren en la Fase de Transición o en la Fase Específica tienen en los bioadhesivos una buena estrategia de marketing, ya que se trata de una innovación ambiental que reforzará el “Corporate Social Responsibility” y satisfará el “Demand Pull” que exigen los clientes. La reducción de emisión de gases al ambiente y la utilización de productos renovables disminuirán el daño ambiental, tendrán un impacto positivo en la sociedad y mejorarán la calidad de vida de los usuarios y de sus empleados.

Sin embargo, la industria todavía es reticente a la suplantación de las resinas ureicas por un bioadhesivo alegando que la legislaciones estadounidenses y europeas no es todavía lo suficientemente exigente como para afrontar el gasto que viene aparejado con la adaptación de la línea de producción a un adhesivo de estas características. Estos límites se vuelven muchos más laxos para el consumo dentro del mercado argentino y sudamericano, imposibilitando la utilización del bioadhesivo en las Pymes y dificultándolo dentro de las grandes multinacionales.

Por último, es importante remarcar la fuerte relación que existe entre el fabricante de resinas ureicas y la productora de tableros de aglomerados y laminados, siendo muchas veces, dos empresas bajo una misma firma, o estando unidas bajo contrato. Esta relación tan estrecha, sumado a la falta de legislaciones exigentes, son los dos principales impedimentos para una posible transferencia tecnológica de los bioadhesivos a la industria maderera argentina.

6. Conclusiones

La adaptación de la métrica de niveles de capacidad tecnológica al sector de adhesivos y selladores del INTI permitió ver el grado de avance del sector en comparación con los institutos de investigación de frontera tecnológica. Se pudo determinar que el sector es un organismo de referencia en control de calidad a nivel nacional, y que cuenta con un equipo consolidado y capacitado para realizar proyectos a nivel internacional, aunque todavía es necesario realizar mejorar en el equipamiento y fomentar el trabajo en conjunto con otros centros de investigación y con el sector privado.

El análisis de las fases dentro del ciclo de vida de una empresa logró determinar que los bioadhesivos pueden ser una innovación en procesos, para lograr emisión cero de gases de formaldehído, para empresas que se encuentren dentro de la Fase de Transición y que sean lo suficientemente grandes como para llevar a cabo la inversión necesaria. Por otra parte, estas empresas encontrarán en los bioadhesivos una gran oportunidad estratégica de marketing al tratarse de una innovación ambiental que reforzará el concepto de “Corporate Social Responsibility” y satisfará el “Demand Pull” exigido por los clientes.

Sin embargo, la falta de legislaciones exigentes, en el límite permitido para las emisiones de formaldehído, que avalan todavía el uso de resinas ureica; y la fuerte relación que existe entre el fabricante del adhesivo ureico y la empresa productora de tableros de aglomerados y laminados, siendo en muchos casos dos empresas bajo una misma firma, son los dos principales impedimentos para una posible transferencia tecnológica de los bioadhesivos a la industria. Es necesario continuar trabajando sobre estos puntos para que el desarrollo de los bioadhesivos deje de ser una tarea de I+D de un organismo de investigación gubernamental y pase a ser una innovación para la industria maderera argentina.

7. Referencias Bibliográficas

1. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Disponible en: <http://faostat.fao.org/>. Consultado el 25 de octubre. 2012
2. LIN H.; GUNASEKARAN S. Cow blood adhesive: Characterization of physicochemical and adhesion properties. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v.30, p.139 – 144 (2010)
3. MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS PÚBLICAS, SUBSECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN ECONÓMICA. Fichas provinciales. Disponible en: http://www.mecon.gov.ar/peconomica/basehome/fichas_provinciales.htm. Consultado el 5 nov. 2013.
4. KUMAR R. et al. Adhesives and plastics based on soy protein products, **Industrial Crops and Products** v.16, p.155-172 (2002).
5. SKEIST, I. **Handbook of Adhesives**, [S.I.] Springer, 1989
6. Wisconsin Alumni Research Foundation (Madison, WI) GUNSAKERAN S. et al. **Glue from slaughterhouse animal blood**. US. n. 8092584 B2, 23 enero 2009, 10 enero 2012.

7. LAMSAL, B. P.; JUNG, S.; JOHNSON, L. A. Rheological properties of soy protein hydrolysates obtained from limited enzymatic hydrolysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 7, p. 1215-1223, set. 2007.
8. MEZGER, T.G. **The Rheology Handbook**, Hannover: Vincentz, 2006.
9. FIGUEIREDO P.N. **Gestão da Inovação: Conceitos, Métricas e Experiências de Empresas no Brasil**, Rio de Janeiro: LTC, 2009.
10. ALFRANCA O.; DIAZ-BALTEIRO L.; HERRUZO A.C. Technical innovation in Spain's wood-based industry: The role of environmental and quality strategies. **Forest and Policy Economics**, v.11, p.161-168 (2009)
11. ROSEMBERG N. Perspectives on Technology. **Cambridge University Press**. 1976.
12. TUSHMAN M.; NADLER D.; Organizing for innovation. **California Management Review** v. 28, n. 3, p. 74–92, 1986.
13. HANSEN E. Structural panel industry evolution: Implications for innovation and new product development. **Forest Policy and Economics**, v. 8, n. 7, p. 774-783, out. 2006.
14. UTTERBACK J.M.; Mastering the Dynamics of Innovation, How Companies Can Seize Opportunities in the Face of Technological Change. **Harvard Business School Press**, Boston, MA. 253 pp, 1994.
15. SCHUMPETER J.A. The Theory of Economic Development. **Harvard University Press**, Cambridge, M.A. 1934.
16. GALENDE J. Analysis of technological innovation from business economics and management. **Technovation**, 26, 300–311, 2006.
17. ARROW K. The economic implications of learning by doing. **Review of Economic Studies** 29, 155–173. 1962.