

Asociación Argentina de Economía Agraria

**ESCENARIOS ECONÓMICOS DE LA CUENCA FORESTAL DEL DELTA
DEL PARANÁ A PARTIR DE LA DIFUSIÓN DE NUEVOS CLONES
MEJORADOS DE SAUCE**

Octubre de 2014

AUTORES

Demian J. Olemberg

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
olemberg.demian@inta.gob.ar

Gustavo D. Braier

Fundación Ambiente y Desarrollo
braier@papyro.com

Escenarios económicos de la cuenca forestal del Delta del Paraná a partir de la difusión de nuevos clones mejorados de sauce¹

Resumen

A partir de modelización matemática basada en programación lineal se estiman los efectos potenciales de la introducción de nuevos clones mejorados de sauce sobre la cadena forestal de salicáceas en el Delta del Paraná. Estos nuevos clones son el fruto de un proceso de mejoramiento genético que lleva dos décadas de desarrollo, y actualmente se encuentran ya transferidos al sector privado para su libre multiplicación. El análisis de los resultados consiste en la comparación de un escenario prospectivo base, asumiendo solamente la disponibilidad de material genético comercial actual, con un escenario prospectivo que incorpora los nuevos clones difundidos al medio productivo. La principal conclusión a la que se arriba es que bajo los supuestos del modelo, y a igualdad de toda otra condición, la introducción comercial de los nuevos clones de sauce tendría un impacto cierto y positivo sobre la producción forestal y de todos los productos industriales de la cadena a nivel local, así como en la inversión y la superficie productiva. También se deja planteado un esquema básico para seguir perfeccionando las especificaciones, a fin de poder realizar en adelante estimaciones cuantitativas de impactos puntuales sobre variables clave del sistema, así como también los valores marginales respectivos.

Abstract

The potential effects of the introduction of new bred willow clones on salicacæ forestry chain in the Delta del Paraná region are estimated through mathematical modeling based on linear programming. These new clones are the outcome of a two-decade genetic improvement process, and are now already transferred to the private sector, free to multiply. The analysis of the results consists of comparing a base prospective scenario, assuming just the availability of currently commercial genetic material, with a prospective scenario that takes into consideration the new clones disseminated among the local productive *milieu*. The main conclusion is that under the assumptions of the model, and all other conditions remaining equal, the commercial introduction of the new willow clones would have a positive impact on forestry and all its associated industrial products at a local level, as also on investment and cultivated area. A basic analytical scheme remains as a result too, so specifications can be progressively improved, thus being able to make quantitative estimates of the punctual impacts of key variables of the system, as well as their respective marginal values.

Palabras clave: Economía forestal, Simulación, Cambio tecnológico, Cadenas productivas.

Clasificación temática:

CAMBIO TECNOLÓGICO - Economía agroforestal - TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS - Software. Simulación, Programación matemática

¹ Este trabajo fue realizado gracias al aporte del Proyecto de Investigación Aplicada (MAGyP) n° 12.027: “Análisis acerca del precio de las distintas clases diamétricas de las trozas que den rentabilidad al forestador y maximicen el valor agregado de una cuenca”. Los resultados que aquí se muestran fueron presentados públicamente en las Jornadas de Salicáceas 2014, Cuarto Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina “Sauces y Álamos para el desarrollo regional”: 18, 19, 20 y 21 de marzo de 2014, Universidad Nacional de La Plata.

Escenarios económicos de la cuenca forestal del Delta del Paraná a partir de la difusión de nuevos clones mejorados de sauce

1. Introducción

Este trabajo propone estimar y analizar los efectos potenciales de la introducción de nuevos clones mejorados de sauce sobre los distintos eslabones de la cadena forestal del Delta del Río Paraná, la cual se centra prácticamente en forma exclusiva en especies y variedades de la familia de las salicáceas, e incluye industrialmente usos de la madera que se derivan del triturado (papel y tableros de partículas), del laminado (fósforos, terciados, compensados, etc.) y del aserrado (muebles, construcción, molduras, aberturas, etc.). Para ello, se parte de antecedentes y estimaciones acerca de la situación actual de cada subcadena, de los mercados, de las plantaciones y de las tierras disponibles para incorporar a la producción.

Todos estos elementos fueron reunidos en base a la recopilación de información publicada y la gentil colaboración de técnicos y funcionarios²; y en todos los casos, se encuentran en revisión permanente, ya que la mayor parte de estas cuantificaciones son pasibles de ser mejoradas mediante la ampliación de la interconsulta, dada la dificultad de acercamiento preciso a los numerosos datos necesarios para el procesamiento aquí propuesto.

Con la estructura de información disponible que caracteriza el sistema en estudio en la actualidad, se construyen un escenario base y uno alternativo. En el primer caso, se considera en el modelo matemático la trayectoria a futuro de la cuenca forestal del Delta sin los nuevos clones disponibles, mientras que en el escenario alternativo se incorpora esta innovación, a fin de analizar resultados comparativos.

La metodología implementada se detalla en el segundo punto. Luego se expone el escenario base, y a continuación, los resultados comparativos una vez considerados los efectos de la innovación. Finalizando el trabajo, se agregan algunas reflexiones acerca de los resultados obtenidos. A continuación inmediata, se completa la introducción con un detalle acerca de la innovación técnica que motiva el presente ejercicio.

² Agradecemos especialmente a los Ings. Agrs. Esteban Borodowski, Jorge Bocchio y Matías Gaute del MAGyP, Teresa Cerrillo del INTA, y Enrique Suárez y Jorge Scarpa de Papel Prensa S.A., por su colaboración con provisión de datos en esta etapa. La responsabilidad sobre posibles errores u omisiones, asimismo, es enteramente de los autores.

1.1. La innovación

Los nuevos clones forestales de sauce (*Salix* spp.) son el fruto de un proceso de mejoramiento genético tradicional que lleva dos décadas, y actualmente se encuentran ya inscritos en el INASE y transferidos al sector privado para su libre multiplicación (Cerrillo, 2014). Se trata de las variedades registradas como Agronales INTA-CIEF, Los Arroyos INTA-CIEF, Géminis INTA-CIEF, Ibicuy INTA-CIEF, Lezama INTA-CIEF y Yaguareté INTA-CIEF. Estos seis nuevos clones se suman al acervo comercialmente disponible hasta el momento, compuesto principalmente por los otros cinco clones inscritos —casi todos ellos en uso desde hace más de medio siglo—: Alonzo Nigra 4 INTA, Barret 13-44 INTA, Ragonese 131-25 INTA, Ragonese 131-27 INTA y Soveny Americano. En el caso del álamo (*Populus* spp.), para este ejercicio no se contemplan nuevos clones disponibles —a modo precautorio—, si bien se espera que el programa de mejoramiento genético forestal de la Estación Experimental Delta del Paraná del INTA produzca novedades en los próximos años.

El cambio técnico cuyos efectos proyectamos aquí es la incorporación de los seis nuevos clones, que presentando cada uno sus propias características distintivas —en las cuales no profundizamos en este trabajo—, pueden agruparse sintéticamente, según sus propiedades mejoradas, en doble propósito (DP): óptima para la producción de papel para diarios y para usos sólidos³, y tolerancia al anegamiento (TA).

Con el stock clonal de sauces actualmente en producción, el único clon óptimo para la producción de papel prensa es justamente el que presenta mayor TA, y a su vez el de peor desempeño en producción volumétrica aprovechable y rendimiento industrial en usos sólidos. Del resto de esos clones, el que le sigue en TA no es apto ni para papel prensa ni para usos sólidos, pero exhibe el mayor crecimiento en volumen, y sólo es demandado prácticamente para la elaboración de tableros de partículas. Los otros clones vigentes tienen una TA menos marcada, por lo que su segmento de tierras de cultivo potencial asociada a niveles equivalentes de riesgo productivo es menor. Éstos en general son aptos para la producción de papel prensa, aunque no óptimos; tienen rendimientos razonablemente buenos en las combinaciones adecuadas de sitio y manejo, y tienen distintos grados de aptitud para usos sólidos de la madera.

El cambio técnico en cuestión, entonces, supone un impacto productivo local potencialmente significativo, porque permitiría la generalización de plantaciones de sauce orientadas a las demandas de mayor valor, que son los usos sólidos y la de fabricación de papel prensa, para los clones con condición de optimalidad para este destino industrial. En el escenario base se supone que esta generalización no estaría en curso, dadas las limitaciones de los clones actualmente vigentes para atender el conjunto de requisitos técnicos que justifiquen la inversión respectiva, en función de la combinación de los atributos TA y DP.

³ Se denomina usos sólidos de la madera a aquellos aprovechamientos industriales en los que ésta no se somete a un triturado o proceso similar que despedace generalizadamente el material; sino que se le efectúan cortes de distinto tipo para la obtención de piezas de madera maciza. Generalmente los casos más frecuentes de uso sólido en el caso de las salicáceas son el aserrado y el debobinado.

2. Métodos empleados

La modelización de las cuencas forestales es una herramienta utilizada internacionalmente desde hace décadas (D'Amours, Rönnqvist & Weintraub, 2007; Weintraub, Guitart & Kohn, 1986). El análisis de estos esquemas económicos requiere intrínsecamente algún tipo de modelización, ya que la cantidad de variables reales intervinientes y los plazos propios de la producción forestal hacen que de poco sirva interpretar solamente las variables observables en un momento dado. En particular, se destaca la necesidad de construir modelos que contemplen la trayectoria dinámica de las variables, y que puedan determinar cambios acumulativos en una cuenca forestal; es decir, variaciones que a su vez induzcan cambios consecutivos en otros aspectos (Barros & Weintraub, 1982).

El propósito del tipo de modelización que aquí emprendemos no es predictivo, sino que el tratamiento del futuro planteado se orienta principalmente a la visibilización de posibilidades, de potencialidades, y a la consecuente elaboración de escenarios factibles. Las determinaciones de estos modelos suponen un esquema de condicionamiento conjunto de las variables implicadas, a fin de representar en cada ejecución un escenario resultante que —más que nada— descarte las imposibilidades técnico-económicas, y que busque algún tipo de optimización propuesta para orientar la trayectoria temporal de las variables; o sea, de las decisiones que el modelo toma emulando procesos económicos reales (D'Amours, Rönnqvist & Weintraub, 2008; Troncoso, D'Amours, Flisberg, Rönnqvist & Weintraub 2011). En las trayectorias temporales de cada modelo se comprometen las interrelaciones de diverso orden que involucran la forestación, la industria, la logística y el área comercial, como así también el ambiente y factores de política y coyuntura económica como aspectos cambiarios, de precios y tasas de descuento.

La herramienta de modelización concretamente utilizada en este ejercicio es Sabvia INTA (PIA 12.027), y consiste en una plataforma de edición y resolución matemática de escenarios basada en programación lineal multiperiódica. En cada escenario se definen las categorías correspondientes tanto a la subregionalización geográfica, aspectos forestales y posibilidades industriales, como las realizaciones de las variables asociadas al rendimiento en cada etapa de la cadena de valor, costos internos y externos, y precios esperados de los productos, entre otras.

En nuestro caso, se plantea el análisis de la cuenca forestal del Delta del Paraná con el objetivo de maximizar el valor agregado global, en un período de tiempo definido *a priori* para contemplar la posibilidad de que el sistema reaccione a impactos ocurridos al inicio y se estabilice, antes de entrar en la fase de cierre del modelo, la cual por los impactos financieros correspondientes, puede distorsionar algunos resultados; el período se definió como 2013-2057, descartando en el análisis los últimos 15 años. La configuración inicial del modelo se construye sobre los siguientes datos:

- Zonificación de las tierras cultivables

Se propone una zonificación de las tierras actualmente en producción y las potencialmente productivas en forestación, en base a criterios de homogeneidad en cuanto a susceptibilidad a eventos hidrológicos, aptitudes forestales, e infraestructura predial y extrapredial. Primeramente, dividimos el Delta forestal tres áreas: núcleo forestal (NF), delta frontal (DF) y bajo delta entrerriano (BDE);

y a su vez, subdividimos las dos últimas en altos (A) y bajos (B), para discriminar gruesamente los albardones de los bañados. Así, resultan cinco zonas: NF, DFA, DFB, BDEA, BDEB.

- Variedades forestales

Las variedades forestales son justamente el aspecto cuyo impacto se pretende evaluar experimentalmente en este ejercicio. El espectro actualmente vigente en cuanto a variedades forestales comerciales se simplifica en: álamos en general, sauce Soveny Americano, y el resto de los sauces; luego se incorporan los nuevos clones mejorados, en dos categorías adicionales: sauces nuevos doble propósito y sauces nuevos tolerantes al anegamiento. Para cada variedad forestal se definen rendimientos para distintas edades potenciales de corte y para distintos usos posibles de la madera, en cada zona, así como también los correspondientes esquemas temporales de costos desde la plantación hasta la cosecha.

- Superficie actualmente plantada

Incluye datos de superficie asociada a zona, edad y variedad forestal. Es una aproximación a un inventario forestal estimativo.



Composición propia en base a H-130 (IGN) y Área SIG, Dirección de Producción Forestal (MAGyP). Los polígonos representan plantaciones forestales (MAGyP), y los distintos colores separan las 3 áreas: núcleo forestal, delta frontal y bajo delta entrerriano.

- Superficie que puede entrar en producción

En este ejercicio incluye la superficie potencialmente productiva como forestación en cada zona y con los respectivos costos promedio estimados de la tierra, así como también los costos de implantación en cada caso.

- Capacidad industrial actual y futura

Incluye datos de las principales industrias consumidoras de madera de la cuenca, con sus respectivos módulos económicos típicos, las inversiones estimadas de ampliación de la capacidad instalada, y los costos operativos estimados. Haciendo el paralelo con el primer elemento de esta lista, es una aproximación a un inventario industrial estimativo, pero que además suma información sobre las condiciones de expansión del sector.

- Demandas de mercado actuales y futuras

Incluye datos sobre el demanda promedio actual —en algunos casos, estimada— de los productos elaborados por las industrias del punto anterior, con precios fijos y cantidades máximas y mínimas; lo cual es ampliado por el desdoblamiento temporal en períodos para modelar cambios futuros en los mercados. En este caso, se optó por definir un período representativo de la situación actual para el intervalo 2013-2020, y una ampliación generalizada de la demanda para 2021-2057, de modo de probar la reacción del modelo al estímulo de la demanda de productos finales de la cuenca.

- Costos logísticos forestales, industriales y comerciales

En cada eslabón de la cadena modelada, se incluyen datos de costos, que pueden incluso variar dinámicamente. En este caso, los costos fueron fijados a su nivel estimativo actual.

El valor agregado global de la cuenca es la suma del valor agregado de la etapa forestal (primaria) y de cada una de las sucesivas y alternativas etapas productivas, hasta la obtención de los productos finales de las distintas industrias, los cuales son finales para la cuenca forestal, pero pueden a su vez ser intermedios en una cadena valor más amplia, a nivel nacional o mundial. Con la misma metodología de trabajo, se podrían también contemplar otras variables o funciones objetivo compuestas —por ejemplo, incorporando nivel de empleo local, aspectos ambientales, residuos, etc.—, paso posterior que excede aquí nuestros objetivos.

Una vez cargados todos los datos en la plataforma del software, se realizan las primeras pruebas de consistencia de los resultados, en un esquema iterativo de corrección de datos que pueden distorsionar el escenario, ya sea por errores u omisiones en el ingreso, propios de la modelización o por resultados matemáticos inesperados, propios de la optimización lineal multiperiodica. Pasadas estas pruebas, ya se procede a analizar el escenario base construido.

3. Escenario base

Basándonos en que el punto de partida de la construcción de todo escenario futuro es el presente, la primera resolución técnicamente satisfactoria del modelo consiste en la extrapolación a futuro de las condiciones relevadas y estimadas acerca de la situación actual. Solamente se le incorporan a las condiciones vigentes aquellas variantes esperadas con algún grado de probabilidad significativo, como la expansión de los mercados —lo cual específicamente se observa históricamente y cuya discusión se centra más bien en los tiempos, la intensidad de los cambios, y el crecimiento asimétrico entre productos, más que en el hecho en sí—.

Entonces, en el escenario base se ejecuta la optimización del modelo con una función objetivo de maximización del valor agregado global de la cuenca, y con restricciones que consisten en igualdades y desigualdades, compuestas por todas las determinaciones de los aspectos del modelo desarrollados más arriba. En el caso de nuestro escenario base resultante, el modelo matemático a resolver resulta en un sistema en el orden de 41.161 ecuaciones y 39.198 variables. Se encontró una solución óptima, cuyas características se detallan a continuación.

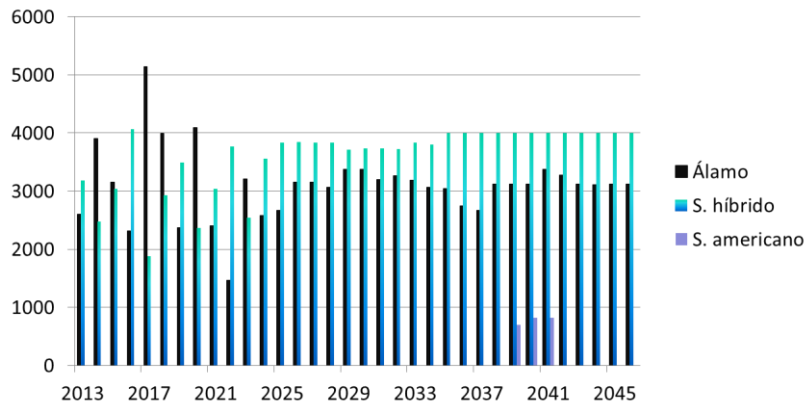
Las plantaciones forestales

Las plantaciones forestales en el escenario base muestran una expansión modesta de la superficie total, de algo más del 15% sobre las 83.349 ha plantadas al inicio del período, impactando principalmente sobre el Bajo Delta entrerriano, y significativamente en menor medida en la zona núcleo forestal. Disponiendo de un margen positivo de superficie cultivable —como se muestra en la tabla—, el no aprovechamiento pleno del mismo nos indica que la rentabilidad de poner en producción esas tierras, según el modelo, no es suficiente para viabilizar esos proyectos. Esto es un indicador de que aguas abajo en la cadena de valor, los estímulos de las demandas finales y las productividades y relaciones técnicas implícitas no llegan a compensar la recuperación de la inversión potencial contemplando una tasa de descuento experimental razonablemente modesta (8%).

Superficie (ha)	Plantada 2013	Sin Plantar 2013	Escenario base
Bajo delta entrerriano Altos	571	1.500	571
Bajo delta entrerriano Bajos	22.682	55.000	32.740
Delta frontal Altos	1.060	10.000	1.060
Delta frontal Bajos	27.767	65.000	26.296
Núcleo forestal	31.269	15.000	35.652

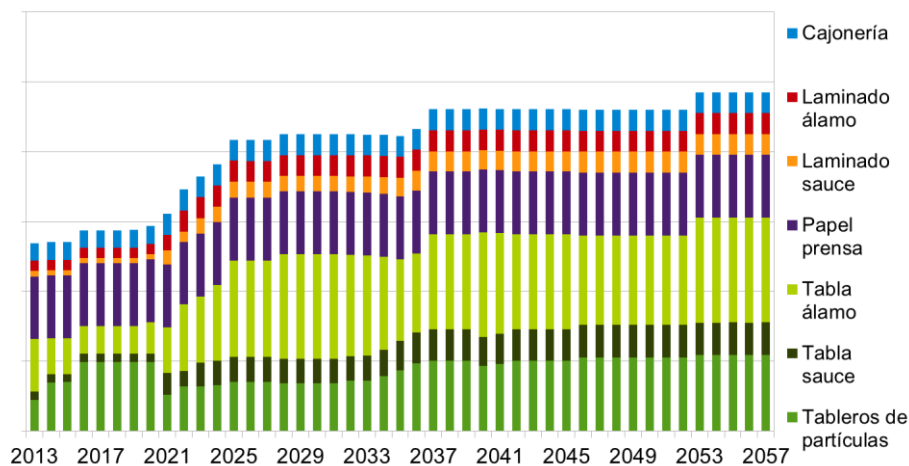
Total General	83.349	146.500	96.319
---------------	--------	---------	--------

Las variedades cultivadas resultantes de la optimización del modelo para el escenario base se concentran en álamos y sauces exceptuando el Soveny Americano, el cual se cultiva en la medida mínima indispensable para sostener la producción de papel.



La industria

En cuanto a la evolución temporal de los productos industriales, el modelo sugiere que la demanda de madera es traccionada principalmente por la producción de papel, la de tableros de partículas y el aserrado de álamo.



En este escenario base, como panorama prospectivo “testigo”, se interpreta un Delta forestal con una expansión moderada, con condiciones limitadas para la expansión en la producción primaria, y donde la demanda que tracciona la rentabilidad de la cuenca en su conjunto está formada por las industrias tradicionales. Es decir, se puede apreciar que *ceteris paribus* este panorama refleja de manera estilizada el Delta forestal actual proyectado en el tiempo.

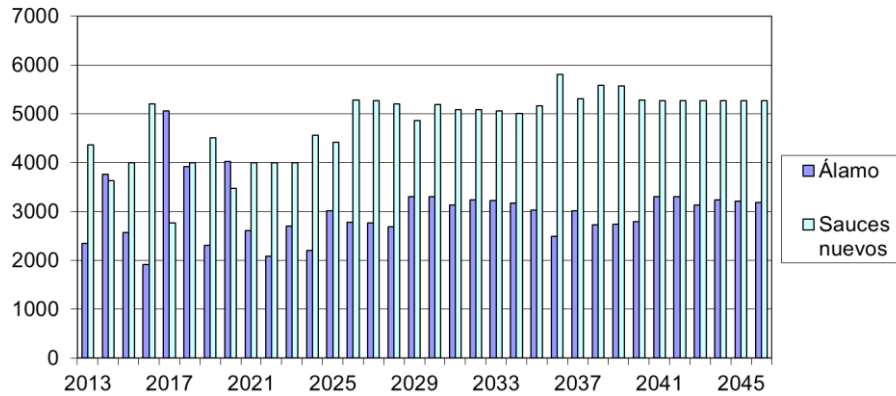
4. Resultados: escenario prospectivo

El análisis de los resultados de esta modelización consiste en la comparación del escenario base —prospección deliberadamente ficticia, en la que se busca extrapolar la situación actual sin cambios—, asumiendo solamente la disponibilidad de material genético comercial actual, con un escenario prospectivo alternativo, que incorpora los nuevos clones —ya comerciales— difundidos al medio productivo. Para esto, se ejecuta una nueva optimización del modelo con igual función objetivo de maximización del valor agregado global de la cuenca, pero con variaciones en las restricciones. El modelo matemático a resolver en este caso resulta en un sistema en el orden de 65.901 ecuaciones y 63.618 variables. Se encontró también una solución óptima, y sus características se detallan a continuación.

Las plantaciones forestales

Superficie (ha)	Plantada 2013	Sin Plantar 2013	Escenario base	Escenario alternativo
Bajo delta entrerriano Altos	571	1.500	571	1.248
Bajo delta entrerriano Bajos	22.682	55.000	32.740	38.198
Delta frontal Altos	1.060	10.000	1.060	1.060
Delta frontal Bajos	27.767	65.000	26.296	25.901
Núcleo forestal	31.269	15.000	35.652	31.119
Total General	83.349	146.500	96.319	97.526

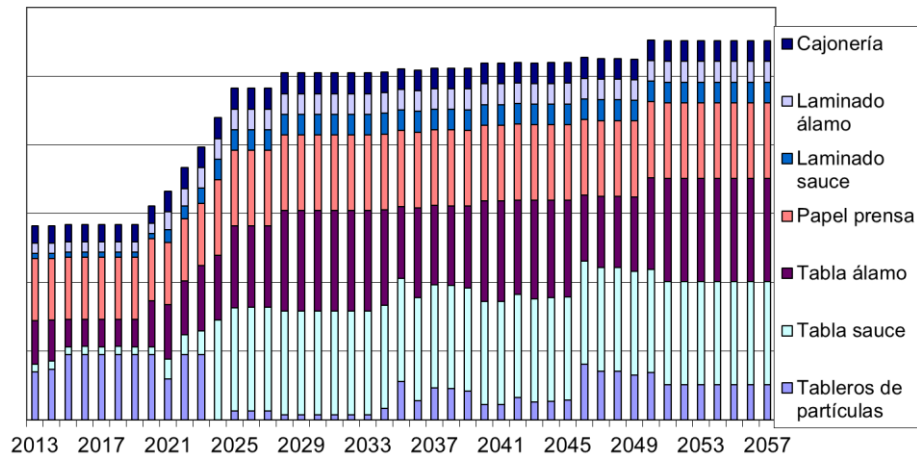
Como se aprecia en la tabla, las plantaciones determinadas por el modelo en el escenario alternativo son algo superiores en total a las del escenario base, si bien siguen ubicándose por debajo del potencial propuesto por los datos iniciales. El principal impacto de la introducción de las nuevas variedades forestales en el modelo, en cuanto a las plantaciones, se muestra en una mayor puesta en producción del bajo delta entrerriano, en parcial detrimento de la expansión forestal de las otras zonas del Delta. Debe tenerse en cuenta que en el modelo efectivamente opera un efecto sustitución de variedades actuales hacia las nuevas, que al proveer en promedio un mayor rendimiento en volumen por unidad de superficie por unidad de tiempo, hace que para satisfacer iguales demandas industriales se requiera una menor superficie cultivada.



Como se ve en el gráfico correspondiente, las plantaciones anuales determinadas por la resolución del modelo, una vez estabilizado el inventario forestal a su estado de equilibrio, se ubican en alrededor de 5.000 ha de los clones nuevos de sauce y 3.000 ha de álamo; estos valores se comparan con las 4.000 ha anuales de sauces y 3.000 de álamo del escenario base. Además del incremento cuantitativo de más del 14% anual, se debe considerar especialmente la mejora cualitativa de las plantaciones, ya que el stock genético del escenario alternativo tiene un elevado componente de variedades doble propósito, logrando abastecer a la producción de papel sin dejar de producir madera de calidad, y habida cuenta del ya mencionado rendimiento promedialmente superior a iguales condiciones de sitio.

La industria

La solución del escenario alternativo determina para la industria de la cuenca también una mejora cualitativa, además de un crecimiento cuantitativo. Se destaca principalmente la reestructuración de la demanda de madera hacia una donde el motor que la tracciona pasan a ser los usos sólidos, en especial la producción de tablas (aserrado largo) y el laminado, además de la producción de papel prensa. En este escenario pierde participación relativa el consumo de madera para tableros de partículas. Resaltamos, asimismo que en términos comparativos se muestra un crecimiento significativo del uso del sauce —tal cual lo esperado—, y en especial en los usos que demandan la mayor calidad de madera, y por ende, lo más valiosos.



Los grados de impacto parciales sobre la función objetivo de variaciones en las distintas variables u holgura en las distintas restricciones se mide con el clásico multiplicador de Lagrange (λ^*) resultante de la optimización. En este caso, los resultados del ejercicio indican que la restricción de máxima demanda es el principal limitante a la expansión del modelo, y en particular en los mercados de laminado. En la tabla que sigue se muestra la relación de sensibilidad de la función objetivo a las respectivas restricciones de demanda de productos seleccionados.

Cajonería	Laminado-álamo	Laminado-sauce	Papel Prensa	Tabla sauce
49	193	229	41	36

5. Conclusiones

La principal conclusión a la que se arriba es que bajo los supuestos del modelo, y a igualdad de toda otra condición, la introducción como variedades comerciales de los nuevos clones de sauce tendría un impacto cierto y positivo sobre la producción forestal y sobre el conjunto de los productos industriales de la cadena a nivel local, así como en la inversión y la superficie productiva.

Según la simulación del escenario alternativo, se incrementa en un 25% el valor actual de la cuenca por sobre el escenario base. Esto se explica principalmente por la mejora en el perfil de aprovechamiento de la madera, donde influye la ampliada potencialidad de producción de madera de calidad, y en menor medida también por una expansión cuantitativa, que se da tanto en la superficie productiva, como en el acortamiento del ciclo forestal promedio; con una superficie forestada similar, se abastece un 15% más de madera.

La locomotora de la cuenca forestal del Delta pasa a ser la madera sólida, lo cual es en sí una diferencia respecto del escenario base, donde son los usos derivados del triturado los que traccionan la demanda de madera. Se destaca especialmente la demanda de laminado, y la novedosa participación del sauce en la misma, que es viabilizada junto con la de aserrado justamente por la posibilidad de disponer de una oferta de madera de

ese género que combine cualidades de adaptación al medio con la aptitud para los distintos industriales.

El trabajo también deja planteado un esquema básico para seguir perfeccionando las especificaciones y los parámetros, a fin de poder realizar en adelante otras estimaciones cuantitativas de impactos puntuales sobre variables clave del sistema, o incluso reformular estructuralmente los escenarios en función de cambios más profundos. Asimismo, como se menciona más arriba, resultaría interesante como paso posterior a este ejercicio, la incorporación de variables relacionadas con el empleo, aspectos ambientales y utilización de los residuos forestales en el modelo.

En los términos de la modelización aquí planteada, el límite —el cuello de botella— a la expansión de la cuenca forestal del Delta a futuro está dado por las demandas de mercado. Esto significa que incluso previendo precautoriamente una modesta capacidad de expansión en tierras, aún resta un enorme potencial para generar valor, siempre y cuando se sostenga una demanda de productos industriales de base forestal.

6. Bibliografía

Barros, O.; Weintraub, A. (1982): "Planning for a vertically integrated forest industry". En: *Operations Research*, 30(6), 1168-1182.

Cerrillo, Teresa (2014): "Selección de seis nuevos clones de sauce (*Salix* spp) para el Delta del Paraná". En: *IV Congreso Internacional de Salicáceas en Argentina "Sauces y Álamos para el desarrollo regional"*, La Plata: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).

D'Amours, S.; Rönnqvist, M.; Weintraub, A. (2007): *Supply Chain Planning of the Forest Product Industry using Operations Research*, Interuniversity Research Center on Enterprise Network, Logistics and Transportation. CIRRELT-2007-52.

D'Amours, S.; Rönnqvist, M.; Weintraub, A. (2008): "Using Operational Research for Supply Chain Planning in the Forest Products Industry". En: *INFOR*, 46(4), 265-281.

Dirección de Producción Forestal – Área SIG e inventario forestal. (2011): "Elaboración de un mapa de plantaciones forestales de la República Argentina de actualización permanente". Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. <http://www.minagri.gob.ar/new/0-0/forestacion/inventario/mapa%20de%20planta.html>
Última actualización: 2011.

Troncoso, J.; D'Amours, S.; Flisberg, P.; Rönnqvist, M.; Weintraub, A. (2011): *A mixed integer programming model to evaluate integrating strategies in the forest value chain - A case study in the Chilean forest industry*, Interuniversity Research Center on Enterprise Network, Logistics and Transportation. CIRRELT-2011-28.

Weintraub, A.; Guitart, S.; Kohn, V. (1986): "Strategic-planning in forest industries". En: *European Journal of Operational Research*, 24(1), 152-162.