

Modelo integral de oferta forestal con *Eucalyptus globulus* para la región sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina

Integral forest supply model with Eucalyptus globulus to the southeast region of Buenos Aires province, Argentine

G. Denegri¹; R. M. Marlats^{1,2}

Recibido en noviembre de 2000; aceptado en mayo del 2001.

RESUMEN

El Sudeste de Buenos Aires, Argentina, es una zona tradicionalmente agropecuaria, con una actividad forestal relativamente pequeña pese a su buena aptitud ecológica y estratégica. Su situación comenzó a modificarse en el año 1987 con la exportación de rollos de eucalipto para la industria celulósica - papelera europea. La falta de planificación adecuada puede condicionar la evolución del sector.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un modelo dinámico de oferta forestal que incluyese componentes de corto y largo plazo, que prediga la oferta de madera para la exportación en función de variables de fácil medición, que reproduzca la evolución de la superficie forestada en la región y determine qué factores son relevantes en la decisión de los productores al planificar la inclusión o ampliación de la actividad.

Se desarrolló un modelo sobre la base de la teoría del control óptimo que se subdividió en submodelos de superficie cortada y forestada. Esos modelos fueron ajustados empíricamente a través de técnicas de regresión mediante mínimos cuadrados ordinarios y bietápicos.

Se demostró que mientras la corta fue regida por los precios de la celulosa expresados en moneda local, la forestación se explicó por variables cualitativas como la seguridad de obtener un precio mínimo futuro para el producto y con menor significancia, las tareas de extensión por parte de instituciones. También evidenció que no hay competencia entre la actividad forestal y la agropecuaria, lo que permitiría una complementación productiva y la obtención de los beneficios propios de la diversificación.

Palabras Clave: modelo económico, desarrollo forestal, *Eucalyptus globulus*, Buenos Aires, Mínimos cuadrados bietápicos

ABSTRACT

The Southeast region of the Buenos Aires province, Argentina, a traditionally agricultural area, has little forest activity despite its ecologic and strategic aptitude. Such situation started to change in 1987, due to the export of eucalyptus log for European pulp and paper mills. Lack of adequate planning may condition the evolution of the region.

The purpose of this work was to develop a dynamic forest supply model including long and short term components, predicting export pulpwood supply according to easily measurable variables, reproducing the evolution of the afforested area in the region and finding out which factors are relevant to landowners' decision making when planning to start on the activity or increase the afforested area.

A theoretical model was developed based on the optimal control theory; it was divided into two submodels of harvested and afforested areas. Both submodels were empirically adjusted through regression techniques by Ordinary Least Squares and Two State Least Squares.

It was shown that the harvest was ruled by pulp prices in local currency, while afforestation was governed by qualitative variables such as certainty of a future minimum stumpage price and, less significantly, extension tasks carried out by institutions. Evidence was also found that there is no competition between forest and agricultural activities, thus allowing productive complementation and the gaining of benefits inherent in diversification.

Key words: economic model, forest development, *Eucalyptus globulus*, Buenos Aires, Two State Least Square

¹ Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. CC 31, 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina

² Comisión Investigaciones Científicas, Provincia de Buenos Aires, Argentina

1. INTRODUCCION

El género *Eucalyptus* es uno de los principales recursos de la industria forestal mundial, particularmente de la celulósica papelera. Los países europeos tienen escasa disponibilidad de esta materia prima y la gran expansión de su capacidad instalada ha llevado a que la demanda haya superado a la oferta incentivando alternativas de abastecimientos cada vez más alejadas.

La República Argentina posee una tradición centenaria en la plantación de eucalipto. En un principio su función fue de bosque protector y luego fue cambiando a uso industrial. Mientras que las forestaciones se realizaron en casi todas las áreas ecológicamente aptas, las industrias se radicaron sólo en determinadas zonas. Esto originó, en el país, un exceso de oferta primaria con precios bajos.

La situación comenzó a modificarse en el año 1987 con la exportación de rollos de eucalipto para la industria celulósica- papelera europea, alentada por las liberaciones en los esquemas arancelarios que permitieron la salida de materias primas sin elaboración. Esto favoreció a regiones, que además de poseer plantaciones de eucalipto, tienen en su proximidad puertos aptos. Dos territorios aportan el total de las exportaciones de eucalipto para pulpa: la región Mesopotámica y el Sudeste de la provincia de Buenos Aires. Este último, es donde se realiza el presente estudio, tiene pocas industrias forestales, la agricultura y las industrias alimenticias dominan la actividad económica de producción (Bissio y Denegri, 1997). En la actualidad, el monto vendido al exterior, para el área, promedia los diez millones de dólares al año, siendo sus principales destinos Noruega (69 %) y España (29 %) con un total de 92.000 m³/año (INDEC, 1999). A partir de estas exportaciones se incrementó espontáneamente la actividad forestal, sin planificación. No se han estudiado los factores que toman en cuenta los productores al momento de decidirse por ingresar o ampliar la actividad forestal y tampoco se han explicado los determinantes de las ventas al exterior, este estado es común para todo el sector forestal argentino. Las respuestas podrían obtenerse a través de modelos de oferta de madera que permitiesen la detección de las variables que determinan la decisión de forestar. Este conocimiento es básico para decisiones políticas y planes para el sector, permitiendo concentrar esfuerzos para estimular los factores identificados como fundamentales para su desarrollo. A modo de ejemplo, es importante determinar si la expansión de esta actividad se hace complementando a las actividades productivas tradicionales. Comprobarlo, permitiría elaborar diferentes estrategias para promocionar la actividad (Adams et al., 1991). A su vez por el lado de las exportaciones se trataría de encontrar los factores que determinasen la competitividad del sector.

Existen muchos modelos que predicen la oferta de madera, Williams y Nautiyal (1990) en un contexto estático, desarrollaron un modelo teórico de predicción de oferta de madera. Brazeo y Mendelsohn (1990) y Montgomery y Adams (1992) aplicaron la teoría de control óptimo en masas coetáneas y lograron capturar las consecuencias del cambio en las condiciones económicas de corto y largo plazo, constituyéndose entre los iniciadores de la aplicación de modelos dinámicos para bosques coetáneos.

Brännlund et al., (1985), Brännlund y Kriström (1993) y Murray (1995) aplicaron un modelo de ecuaciones simultáneas para determinar la oferta y demanda de madera de corto plazo al mercado de madera para pulpa en Suecia; Hetemaki y Kuuluvainen (1992) realizaron lo mismo para Finlandia y Bernard et al., (1997) para Canadá y Estados Unidos. Kuuluvainen y Salo (1991) partieron de un modelo de producción de hogares y maximizaron una función de beneficios, explicando las conductas de los productores forestales finlandeses. Pese a la gran bibliografía sobre oferta forestal, son escasos los trabajos que tratan de modelar la creación del recurso primario, como se hará en la propuesta siguiente.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un modelo dinámico de oferta forestal que incluyese

componentes de corto y largo plazo, que predigan la oferta de madera para la exportación en función de variables de fácil medición, que reproduzca la evolución de la superficie forestada en la región y determine qué factores son relevantes en la decisión de los productores al planificar la inclusión o ampliación de la actividad forestal.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Datos utilizados

Los datos utilizados se obtuvieron de diferentes fuentes. Para el volumen exportado de rollos de eucalipto entre los años 1987 - 1998, fue el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Para su uso, esta variable se transformó en la superficie cortada a través de la metodología utilizada por Bissio y Denegri (1997), mediante coeficientes técnicos apropiados para el área en estudio. Para los datos económicos de cotización de monedas e inflación, además del INDEC, se recurrió a los publicados por el Fondo Monetario Internacional y el Banco Mundial. Los precios de la celulosa se obtuvieron de la revista *Pulp and Paper Weekly* y la página Web de PULPEX (mercado futuro de celulosa ubicado en Londres), mientras que los del trigo y girasol se obtuvieron de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Argentina.

Los datos de forestación provinieron de la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) a través del otorgamiento de subsidios a la forestación. La variación de la superficie forestal se tomó de los datos publicados por Bissio y Denegri op. cit. (1997) y se completaron para los años 1995, 1996, 1997 y 1998. Se utilizaron variables dicótomas obtenidas de la consulta a los profesionales de la Dirección de Desarrollo Forestal de la Provincia de Buenos Aires.

B. Descripción del marco socioeconómico del modelo

Los productores se concentran en la implantación y mantenimiento del bosque. Cuando éste llega a la madurez, solamente ofrecen la madera en pie, desligándose de los trabajos de corta y transporte. Los exportadores realizan esas labores para abastecer a una industria ubicada en otro continente. Sus tareas consisten en reunir, a partir de los productores, el volumen demandado, procesarlo y finalmente cargarlo en el barco. Para poder llegar a los mercados de ultramar, se requieren dotación de capital y logística que permitan coordinar las tareas de aprovechamiento con las de embarque. Este negocio resulta casi exclusivo de grandes grupos económicos, que constituyen un eslabón imprescindible en la cadena productiva.

Los exportadores pagan a los productores un monto por la madera que cortan, el valor residual de la madera en pie (VRMeP). Si desean satisfacer una mayor demanda deben cortar bosques menos accesibles (por distancia o incomodidad), de menor valor silvícola y/o más jóvenes y por lo tanto deberán incurrir en gastos mayores que sólo se cubren con un precio FOB más alto.

C. Modelo teórico desarrollado

El modelo teórico se construyó sobre la base de la teoría del control óptimo, subdividiéndolo en submodelos de superficie cortada y forestada. Esos modelos fueron ajustados empíricamente a través de técnicas de regresión mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y bietápicas (MC2E).

El modelo parte de un planificador social quien es el propietario del recurso y desea maximizar el beneficio de la sociedad. Los ingresos son provenientes de la corta de madera, que va a depender de la superficie y la edad de la forestación, y de los beneficios indirectos del bosque como ser protección de suelos, abrigo de ganado y regulador del régimen hídrico. Los costos se originan en las tareas de forestación y manejo, y en la renta de la tierra (que representa su costo de oportunidad). Los beneficios deben ser actualizados por una tasa social de descuento. Para simplificar se asume que existe una sola calidad de sitio, resultando el volumen cortado función directa de la superficie y del tiempo. Por lo tanto la evolución de la variable de estado (la superficie forestal) es la diferencia entre la superficie plantada y cortada. La función objetivo es:

$$\max_{(y(t))} \Pi_p = \int_0^{\infty} [W_m Y(S(t)) + \theta [S_t(t)] * e^{-\delta t} dt - C(S) - LR] e^{-\delta t} dt$$

$$Sa: S(t) = \text{Sup For} - \text{Sup Cor}$$

Donde:

Π_p = beneficios netos de la región;

S = superficie forestal;

θ = beneficios indirectos por una hectárea de bosque;

δ = tasa social de descuento;

Sup For = superficie forestada;

t = es un momento cualquiera en el tiempo y T el año de la corta

Sa = sujeto a

Y = cantidad de madera total cortada;

W_m = precio de la madera en pie de eucalipto;

C = costo de forestación;

LR = renta de la tierra

Sup Cor = superficie cortada

El trabajo se centra en obtener la función de evolución del recurso y para ello se proponen dos submodelos. Estos son:

1- Submodelo de tasa de corta o de cantidad exportada

2- Submodelo de tasa de forestación

Para simplificar estos submodelos, se supuso que la tierra es totalmente elástica y por lo tanto su renta es constante, permitiendo tratar las decisiones de corta y plantación en forma independiente y ajustar los modelos por separado (Braze y Mendelson, 1990). Este supuesto se supera luego, al ajustarlo en forma integral al aplicar la técnica de MC2E

Una vez que se realizó la forestación, el área que está creciendo se incorpora al stock de recurso que dispone el planificador para la corta, comportándose toda el área como una gran masa discetánea.

1. Submodelo de tasa de corta o de cantidad exportada

La cantidad ofrecida en la región de estudio depende casi exclusivamente del mercado de pasta celulósica internacional, debido a que la demanda de madera para pulpa se caracteriza por ser una demanda derivada.

La oscilación de precios que caracteriza al mercado de pastas celulosicas facilita pagar altos

precios por la madera en períodos de elevados valores de la pasta para papel, porque en el resto de los insumos son precios aceptantes. A su vez ese precio permite, a la cadena de comercialización, cubrir los altos costos de flete entre Argentina y Europa, generarles beneficios, aunque los rollizos de madera se caracterizan por ser un bien de bajo valor por unidad de volumen.

Se hará el supuesto de que la demanda será totalmente elástica y una variable exógena al modelo.

La cantidad que se corte va a depender de la posibilidad de que el exportador cubra sus costos y obtenga un beneficio neto. Entre los costos se tiene el monto pagado al productor (volumen comprado por el VRMeP), los trabajos de corta, de transporte y los portuarios. Su ingreso viene dado por volumen y el precio FOB que recibe.

Si se asume que el exportador es precio aceptante, los costos portuarios y el de la madera en pie no van a sufrir modificación por unidad de volumen embarcado o comprado, pero sí los costos de aprovechamiento y transporte. El primero sufrirá cambios por unidad de volumen debido a las características silvícolas de la masa y el segundo por la distancia a puerto. Entonces cuanto mayor sea el precio FOB, más se podrá gastar en apeo y transporte y por ende aceptar forestaciones más alejadas o de menor calidad. Resumiendo, los exportadores basan sus decisiones de corta en el precio FOB del producto, el VRMeP y el precio de los costos intermedios. Su oferta de madera es igual a su demanda del factor bosque multiplicado por una constante de rendimiento.

La estimación de la oferta o demanda forestal a partir de la función de beneficios fue realizada por Brännlund y Kriström (1993), Murray (1995), entre otros que, partieron de la demanda generada por empresas celulósicas, maximizando dicha función.

Se propone un modelo de oferta exportada, donde se maximizó una función de beneficio del exportador. Su horizonte de planificación es el corto plazo.

El Modelo teórico define una función de beneficios netos (Π_E) para un exportador de rollizos representativo, sujeto a una función de producción, y acotado a la existencia de recurso zonal:

$$\max_Y \Pi_E = P_1 * Y - W_p * Y - \sum_{i=1}^n W_d * D_i * Y_i - \sum_{i=1}^n W_l * L_i * Q_{ep_i} - \sum_{i=1}^n W_m * Q_{ep_i}$$

$$\text{sa } f(Q_{ep}, D, L) \leq Y \quad ; \quad \sum Q_{ep_i} * \mu_i = S * r$$

Donde:

P_1 = precio de la madera FOB de eucalipto;

S = superficie de forestada total, existente en el área

Y = es la cantidad de madera exportada total;

W_p = costo portuario por unidad de volumen

El subíndice i representa la producción que proviene del forestador representativo i

D = distancia del flete recorrido desde el bosque al puerto;

W_d = precio por km por m^3

L = trabajo empleado en la labor de corta y carga por m^3 , en jornales;

W_l = salario

Q_{ep} = cantidad de madera en pie comprada;

W_m = precio pagado por la madera en pie

r = rendimiento de una hectárea forestada (asumido como constante).

μ = rendimiento de madera en pie a rolliza (asumido como constante).

El resultado de la maximización es:

$$1) \quad \Pi_E = F(P_1, W_d, W_l, W_m, S, r)$$

Aplicando a 1) el lema de Hotelling se obtuvo la función de oferta de exportación (Y_E)

$$2) \quad Y_E = Y(P_1, W_d, W_l, W_m, S, r) = \frac{\delta \Pi_E}{\delta P_1}$$

Así mismo derivando respecto a W_m , se obtiene la demanda de madera de los exportadores (Q_{epE})

$$3) \quad Q_{epE} = Q(P_1, W_d, W_l, W_m, S, r) = \frac{\delta \Pi_E}{\delta W_m}$$

2. Submodelo de tasa de forestación

La teoría clásica dice que la respuesta de un productor forestal ante los incrementos de precios dependerá de su percepción acerca de la temporalidad o permanencia de esa nueva situación. Si la percibe como temporal aumentará la tasa de corte y no la de forestación; si por el contrario su impresión es de que será un hecho permanente a la vez que aumentan la tasa de corte intensificará la de reforestación. Braze y Mendelson (1990) demostraron la dinámica del proceso de ajuste de las existencias. Cuando se incluyen expectativas de precios habrá una modificación en el plazo de respuesta de los productores. Por eso, cuando el horizonte de planificación supera el mediano plazo, el recurso deja de ser constante y los precios actuales y las expectativas de los futuros son "a priori" los que determinarán la tasa de forestación.

Para modelar la decisión de forestar por parte de los productores, se asumió un individuo representativo que trata de maximizar beneficios de largo plazo o lo que es lo mismo el valor potencial del suelo. Los beneficios son la diferencia entre los ingresos directos e indirectos provenientes del bosque y los costos que la acción de forestar le produce. Estos montos al presentarse en distintas épocas se ajustan por una tasa de descuento (Montgomery y Adams, 1992). Si hay expectativas de que el valor potencial del suelo sea mayor al costo de oportunidad de la tierra, el productor forestará y aumentará la oferta de madera.

Para simplificar se tomó una sola rotación y que el productor halló el turno óptimo y sólo tuvo que decidir el área a forestar. Esta simplificación se consideró válida porque el momento óptimo de corta lo decidirá en el futuro sobre la base de los precios de esa época, pero la decisión de forestar la tomará en el presente con base en los datos que dispone. El modelo teórico fue el siguiente:

$$4) \quad \max_{S_T} \Pi_{bit} = \psi(W_m) S_T * r_T * (1 + \delta)^{-T} + \int_0^T [S_t(t)] * (1 + \delta)^{-t} dt - C S_T - LR(S_t)$$

$$sa f(t, z) = r_T$$

Donde:

- Π_{bit} = beneficios del productor i por forestar en el momento t ;
- S_T = área que forestará;
- $\psi (W_m)$ = expectativa del precio de la madera en pie de eucalipto;
- θ = beneficios indirectos por una hectárea de bosque;
- LR = renta de la tierra;
- C = costo de forestación por hectárea;
- r_T = rendimiento en el año T de la corta;
- z = calidad de sitio del bosque;
- δ = tasa de descuento

Entonces la oferta de largo plazo (superficie que forestará) se deriva de (4) como lo hicieron Williams y Nautiyal (1990); Braze y Mendelson, (1990), que aplicaron el lema de Hotelling y obtuvieron la función de oferta de madera. O sea que:

$$5) \quad \frac{\delta \Pi_{bit}}{\delta W_m} = S_{Ti} \{ \psi (W_m), \theta [S_i(t)], C, \delta \} = S_{Ti}$$

Luego que cada productor i en forma individual, decida la superficie a plantar para el momento t , el resultado agregado de esta maximización será la forestación total (SUP FOR) para el área en el año t .

$$6) \quad \sum S_{Ti} = \text{SUP FOR}$$

D. Modelos empíricos

1. Cantidad exportada o superficie cortada

Se ajustó un primer modelo por MCO, que intentó explicar la superficie cortada como una relación lineal entre el precio internacional de la celulosa, el salario, el precio de mercado del combustible diesel una vez eliminados los impuestos y el tipo de cambio real.

Debido a los problemas que se presentaron en el precio FOB de la madera, se recurrió a una variable aproximada (Greene, 1997) de fácil medición como es el precio del mercado internacional de la pasta de eucalipto (Eucorr). Los exportadores realizan una declaración del valor exportado que luego es base para retenciones impositivas y devolución de impuestos cuyas ponderaciones variaron a lo largo del período estudiado. Por esta razón, se consideró que el precio de la pasta de eucalipto era un estimador del precio FOB real, mejor que el declarado. Se trabajó con la serie 1987-1998 en dólares corrientes y deflactados.

En el modelo empírico no se trabajó con el VRMeP, porque aún no hay un mercado transparente que permita conocer fehacientemente los valores negociados. Brännlund et al., (1985) y Hetemaki y Kuuluvainen (1992) encontraron una alta correlación entre el precio de la pasta celulósica y el precio de la madera en pie, ya que al ser una demanda derivada, cualquier fluctuación en el precio final es transmitida inmediatamente por la cadena de comercialización al valor del bosque. En el esquema aquí planteado, el precio FOB fue un eslabón en dicha cadena, que finalizó en el VRMeP. Para la evolución del recurso, que se discute más adelante, esta explicación es también válida.

El tipo de cambio real frente a las monedas europeas (TCR) se consideró importante porque fue una aproximación a la competitividad del sector exportador. Además permitió corregir distorsiones internas que pudiesen existir entre el precio de la celulosa internacional y el FOB.

Se corrió un segundo modelo donde la variable superficie cortada fue función lineal del salario y del precio de la celulosa expresada en moneda local (Eucapeso) que se obtuvo de multiplicar el precio internacional de celulosa por el tipo de cambio real.

2. Submodelo de tasa de forestación

En este caso la superficie forestada se ajustó por dos modelos por MCO. El primero se construyó a partir del precio de la celulosa expresado en moneda local, el precio del trigo, presencia o no de actividad de extensión y una variable estructural. Para el segundo se excluyó la variable precio del trigo.

El precio de la celulosa (Eucapeso) constituye una variable aproximada del VRMeP vigente en el momento de la toma de decisión y es de esperar que su signo sea positivo. El precio del trigo (Ptri) se incluyó como variable aproximada de la renta de la tierra, debido a que es el principal cultivo en la región, no contándose con registros de rentabilidad de explotaciones modales, que sería tener la variable real, componerla supera los alcances de este trabajo. Se introdujo en el modelo la variable dicótoma presencia o no de tareas de extensión (EXT) para capturar las expectativas de precio y los beneficios indirectos del bosque. Las instituciones forestales del gobierno promueven la actividad mediante conferencias y metodologías de educación no formal, en donde exponen las buenas perspectivas del mercado de la madera y las ventajas ecológicas de los bosques, capturando parcialmente los beneficios indirectos; su valor es uno cuando en el año correspondiente hubo actividad de extensión y cero cuando no se realizó. La variable “dummy” estructural (ESTR) se incluyó porque a partir de 1996 ingresaron empresas extranjeras que aseguraron la compra de madera en pie ya madura a un precio mínimo, toma valor cero antes de 1996 y uno en los restantes. Los signos de estas dos últimas deben de ser positivos.

El bosque esta ligado el mercado de capitales, porque la toma de decisiones está relacionada con problemas financieros de los productores (Kuuluvainen y Salo, 1991), pero no se incorporó en el estudio asumiendo que la presencia del subsidio a la forestación tiene como objetivo indirecto compensar las falencias del sector financiero, además las restricciones que afectan al capital de trabajo se consideraron constantes para la producción agropecuaria y forestal.

3. Modelo dinámico de evolución del recurso

Si no se cumple el supuesto básico de constancia en la renta de la tierra, la decisión de cortar no se puede asumir como independiente de la de forestar. Esto implica una relación bidireccional entre ambas variables y tiene como consecuencia la existencia de relaciones entre los errores de ambos modelos (Greene, 1997). De cumplirse la dependencia, los parámetros obtenidos por el método de MCO serían sesgados e inconsistentes. Debido a esto, se corrieron en forma simultánea los modelos que representaban la decisión de forestar y cortar, a través del método de (MC2E).

El sistema de ecuaciones que se ajustó fue el siguiente:

$$\begin{cases} \text{SUP COR} = Y(\text{Eucapeso}, W_1) + \eta \\ \text{SUP FOR} = f(\text{Eucapeso}, \text{EXT}, \text{ESTR}) + \varepsilon \\ \Delta S = \text{SUP FOR} - \text{SUP COR} \end{cases}$$

Donde:

SUP COR = Superficie Cortada;

SUP FOR = Superficie Forestada;

ΔS = la variación en superficie boscosa;

η y ε = errores estadísticos

El área forestal total en el año t fue el resultado de la relación entre la superficie que había el año anterior, mas lo que se forestó menos lo que se cortó ese año

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. submodelo de tasa de corta o de cantidad exportada

Los resultados del modelo de corta se aprecian en la Tabla 1. En la primera aproximación, el modelo no presentó un buen ajuste y ninguna variable fue significativa. Los signos para el precio de la celulosa, el salario y el tipo de cambio real fueron los correctos.

Los resultados del segundo modelo se muestran también en la Tabla 1. En la decisión de cortar madera para exportar, sólo es significativa la variable Eucapeso, los signos fueron los esperados, no hubo indicios de autocorrelación de errores, mientras que el análisis de varianza dió significativo al 99%. La significancia del precio de la celulosa expresado en moneda local, se pudo explicar porque el Eucapeso está absorbiendo a otras variables que deben ser relevantes y de las cuales no se consiguió información como son los costos portuarios, impuestos y/o subsidios a la exportación, pero a su vez son reflejadas por el tipo de cambio real. Además, esta variable es también aproximada del VRMeP factor de mucha importancia teórica. La poca relevancia del salario se pudo interpretar como que el sueldo de convenio del peón rural probablemente no haya sido el verdadero valor que enfrentaron los exportadores.

Tabla 1. Ajuste del modelo de corta por mínimos cuadrados ordinarios

VARIABLES Independientes	Variable dependiente SUP COR	
	Parámetro (t estadístico)	Parámetro (t estadístico)
Constante	1581.31 1.009	531.9263 (0.957)
Eucorr	1.936263 2.035	
Salario	-8.824497 -1.673	-1.49704 (-0.285)
TCR	-11.79596 -0.888	
Eucapeso		0.442543 (3.787) **
R ²	0,6658	0,6738
R ² ajust.	0,5405	0,6013
F calculado	5.31 *	9.296 **

significativo al 10 %, * significativo al 5 %; ** significativo al 1%

Los autores consultados hallaron que el precio de la celulosa o el de la madera en pie fue el principal determinante de la decisión de cortar el bosque (Brännlund et al., 1985; Kuuluvainen y Salo, 1991; Hetemaki et al., 1992), mientras que Bernard et al., (1997), al trabajar con comercio internacional hallaron significativas a las variables que representaban a las tasas de cambio entre Canadá y EE.UU y los impuestos al comercio exterior.

2. Submodelo de tasa de forestación o de superficie plantada

Los resultados de los modelos de forestación (Tabla 2) revelaron un buen ajuste, el análisis de varianza fue altamente significativo, no existieron autocorrelación de errores. Con respecto a los signos, fueron los esperados. En el primero, la variable dicótoma estructural fue significativa junto con la constante, que mostró una actividad forestadora independiente de variables económicas (tradición). El precio del trigo presentó signo negativo e implicó que las actividades fueran sustitutas, aunque no significativamente. Se corrió nuevamente el modelo sin el precio del trigo asumiendo que no existía competencia por el uso del suelo, al considerar que la tierra es el factor de producción más abundante en Argentina. La nueva regresión se presenta también en la Tabla 2.

Comparando ambos modelos no se encontraron diferencias fuertes. Al igual que en el caso anterior, la variable eucapeso no fue significativa pero su signo no fue el esperado. Hetemäki et al., (1992), hallaron que la elasticidad de largo plazo de la oferta con respecto al precio fue también negativa, pero pequeña en términos absolutos. Esta variable que “a priori” pareció tan importante, no tuvo influencia, pero existieron dos razones que lo pueden explicar. La primera se refiere al poder de mercado que poseen los exportadores y que les permite influir en el VRMeP, haciendo que el precio de la celulosa no sea su verdadera variable próxima. La segunda es que ese valor representa el precio actual y cuando se toma una decisión donde los beneficios se obtendrán luego de 10 años de realizada la inversión, no cabe duda que deben operar otros mecanismos. Es así, que la variable estructural presentó la mayor relevancia, al representar la seguridad de un precio futuro mínimo, mientras que la actividad de extensión, en este caso significativa, operó como una expectativa positiva de precios y capturó los beneficios indirectos del bosque. Kuuluvainen y Salo (1991), hallaron que el contacto con posibles compradores o

profesionales de organismos técnicos afecta de forma positiva las decisiones de los pequeños productores forestales finlandeses.

Tabla 2. Ajuste del modelo de forestación por mínimos cuadrados ordinarios

VARIABLES Independientes	Variable dependiente SUP FOR	
	Parámetro (t estadístico)	Parámetro (t estadístico)
Constante	651.0576 # (2.067)	208.5222 (0.979)
EXT	269.060 (1.2915)	171.0414 (2.074) #
Eucapeso	0.02377 (0.200)	-0.05806 (-0.4735)
ESTR	1040.405 (4.206) ***	843.2645 (3.404) ***
P_{tri}	-4.9642 (-1.7591)	
R ²	0,835	0,7622
R ² ajust.	0,741	0,6731
F calculado	8.863 ***	8.548 ***

significativo al 10%, * significativo al 5% ; ** significativo al 1% *** significativo al 0,1%

De acuerdo a lo planteado por Brazee et al., (1990) los procesos de ajuste de la superficie forestal cuando hay oscilaciones de mercado, pueden tardar décadas o siglos. Si la actividad estuviera en una senda óptima, la superficie cortada debería ser igual a la plantada. Coincidente con esto, previo a las exportaciones, en la región había una gran existencia dispersa con un objetivo (montes de reparo) que perdió sentido cuando la agricultura desplazó a la ganadería. Cuando surgió el mercado, se talaba más de lo que se plantaba; pero en los últimos años las forestaciones fueron mayores que las cortas. Los forestadores pudieron visualizar un mercado de alto potencial, que además podría cubrir sus baches financieros al modificar el turno. Esta inferencia concordó con la de Bissio y Denegri (1997), sobre la racionalidad económica de los productores del Sudeste de la Provincia de Buenos Aires, que en un primer momento aumentaron la tasa de corte y luego cuando percibieron que el mercado sería permanente comenzaron a incrementar las existencias del recurso.

3. Modelo dinámico de evolución del recurso

El resultado de este nuevo modelo (Tabla 3), se presenta con y sin la variable precio del trigo. Por el lado de la superficie cortada, se encuentran resultados similares entre MCO y MC2E, tanto en el ajuste de las variables como en el R².

Pero por el lado de la actividad de forestación, se presentaron algunas divergencias si no se incluía el precio de trigo. En este caso la variable estructural casi no se modificó, pese a las disminuciones del valor del coeficiente que acompañó a la variable extensión y a su significancia. Creció el valor absoluto del parámetro de Eucapeso y su probabilidad de ser distinto de cero, pero la variable no alcanzó a ser significativa. En cambio la constante aumentó su valor y alcanzó una significancia del 93%. Esto mostraría una cierta autonomía de la actividad de forestación de las variables utilizadas y podría capturar la tradición de forestar de la región.

Pese a esto, existe mucha analogía entre los resultados de los modelos individuales y de ecuaciones simultáneas, aunque esta última metodología es, teóricamente más precisa.

Por la semejanza expuesta, la decisión de forestar se podría considerar independiente de la de cortar. Esto teóricamente implicaría que la renta de la tierra es constante y la disponibilidad de suelos es totalmente elástica (Brazee y Mendelsohn, 1990). Sus consecuencias prácticas son que no hay rivalidad por el uso de la tierra y no existe una limitante física para la expansión de la forestación en la región. Confirmando esto, para los mercados de madera para pulpa en Suecia, Brännlund et al., (1985), no encontraron diferencias entre los resultados obtenidos por MCO, MC2E y en tres etapas; pese a que sería lógico suponer que en Escandinavia debido a la menor disponibilidad de tierras, debería haber competencia mayor por otros usos. Resultados similares presentaron Adams et al., (1991) para mercados madereros del Oeste de EE.UU.

Tabla 3. Ajuste del sistema por mínimos cuadrados bietápicos

VARIABLES	MODELO DE	MODELO DE	MODELO DE
	CORTA	FORESTACIÓN	FORESTACIÓN
	Parámetro (t estadístico)	Sin precio de trigo Parámetro (t estadístico)	Con precio de trigo Parámetro (t estadístico)
Constante	495.9290 (0.8401)	196.1854 (2.13) #	651.058 (2.07) #
Salario	-1.4001 (-0.25)		
Eucapeso	0.4537 (3.5908) **	-0.04934 (-0.93)	0.0237 (0.20)
EXT		177.0525 (1.87) *	269.059 (1.29)
ESTR		524.9972 (4.41) ***	1040.40 (4.21) ***
PTRIGO			-4.964 (- 1.76)
R ²	0,6741	0,8772	0.8351
R ² ajust.	0,5926	0,8246	0.7409

significativo al 10 %, * significativo al 5 %, ** significativo al 1 %, *** significativo al 0,1 %

Existen variables que pudieron ser relevantes y que por diversos motivos no se incluyeron, se discutirá brevemente algunas. Es evidente que la presencia del valor residual de la madera en pie, se constituiría en un elemento fundamental en los modelos porque es, como se explicó, el nexo entre la corta y la forestación. Es por ello que se debería buscar la forma de contabilizarla, es muy difícil la creación de un mercado para la madera en pie por las características del bosque, pero la confección de un registro de valores de las transacciones junto con las características del rodal cortado, podría aportar información de mucha relevancia para los mismos productores y futuras investigaciones.

Otro elemento que puede apreciarse como de interés y relacionado con la mayor o menor importancia del trabajo es la tecnología utilizada en el proceso de aprovechamiento del bosque, que no se consideró por no disponerse de información. Es lógico suponer que se produjo un cambio tecnológico; en un comienzo existía un retraso frente al estándar internacional, que a lo largo del período estudiado se fue corrigiendo, ello llevó a una menor y más eficiente uso de la mano de obra.

No está claro el efecto de la inclusión de una variable que mida el efecto del mercado de capital en el sector rural. En el submodelo de corta debe afectar el turno, pero la oportunidad de vender ante un VRMeP atractivo, altera cualquier racionalidad teórica. En el de forestación al plantarse con subsidio que en gran parte del periodo estudiado se adelantaba y la nueva legislación da tratamiento especial a pequeños forestadores, estos no se ven obligados a acudir a

financiamiento externo. En los grandes emprendimientos la presencia de empresas que realizan el servicio de forestación permite financiar parte del proceso productivo hasta que el subsidio es pagado.

En otros casos hubo variables que fueron utilizadas y que no generaron ningún aporte adicional, la que más se destaca es la Superficie Forestada Total, porque forma parte del modelo teórico dinámico. Aquí se presenta el problema de que no toda la superficie boscosa es aprovechable económicamente por razones de ubicación, composición específica y sanitaria de su masa, si existiesen datos sobre superficie realmente útil serían de gran importancia para el modelo. Con respecto al combustible, que también se ensayó, presentó alta correlación lineal con el tipo de cambio real, esta relación se explica porque que los derivados del petróleo son bienes transables que reflejan inmediatamente los cambios en el mercado internacional y a su vez son componentes importantísimos en la competitividad del país. La variable precios rezagados un año de la celulosa, también fue probada sin aportar mejoras al modelo, las causas pueden ser las mismas que el precio sin rezagar. Se realizó un tercer submodelo de forestación utilizando como variable aproximada a la renta de la tierra el precio del girasol, pero el modelo registró un mal ajuste (probablemente por ser un cultivo de menor importancia relativa que el trigo), manteniendo los signos y la relevancia relativa de los parámetros. No aportó la inclusión de la variable dicótoma el subsidio a la forestación, posiblemente porque estuvo presente en casi todos los años estudiados.

El modelo presentó algunas debilidades producto de una serie de tiempo con pocas observaciones debido a que la actividad exportadora tiene solo 12 años y la ausencia de algunas variables que en teoría son relevantes y que por los motivos explicados no se han incluido.

Sí es posible obtener, para el modelo de exportación, información agregada en forma trimestral o cuatrimestral en vez de la anual, lo cual permitiría hacer proyecciones con mayor rigor estadístico. Con respecto a la forestación como esta es una actividad anual no existe tal alternativa. Con estos parámetros ajustados sólo se puede realizar una aproximación inicial a como evolucionará la actividad. Sin embargo marca algunas pautas para la formulación de políticas que constituyen algunas conclusiones de este trabajo.

4. CONCLUSIONES

El modelo económico para estimar la evolución del recurso forestal en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, tuvo una validación estadística parcial del modelo derivado teóricamente. Esto pudo ser explicado por tratarse con un fenómeno nuevo y consecuentemente con bajo número de observaciones, ocasionando problemas de colinealidad entre variables.

El modelo mostró que mientras la corta fue regida por los precios de la celulosa expresados en moneda local, la forestación se explicó por variables cualitativas: seguridad de obtener un precio mínimo futuro para el producto y existencia de tareas de extensión por parte de instituciones técnicas. Esta última con significancia del 90 % sólo cuando no se incluye la variable precio del trigo.

En los actuales niveles de stock, no hay evidencia de competencia entre la actividad forestal y la agropecuaria, lo que permitiría una complementación productiva y la obtención de los beneficios propios de la diversificación.

La dinámica de largo plazo en los ajustes del stock forestal provocan que el precio presente, no sólo el de la pasta para papel sino el de la madera en pie, no sea una variable significativa en la decisión de forestar, aunque es el principalmente afectado por las crisis financieras.

Las variables dicótomas al capturar seguridad en los beneficios (económicos y ecológicos)

mostrarían la aversión al riesgo de los productores y hacen inferir que para impulsar la actividad de forestación se hace necesario mantener condiciones estables de tipo legal, institucional, macro y microeconómico.

La significancia de la variable estructural permite recomendar que las autoridades realicen tareas de fomento en los países interesados en la compra de la madera, para lograr la presencia de una mayor cantidad de empresas que conformen e institucionalicen un mercado de compra de la madera a futuro, que permita asegurar transparencia en las operaciones. A su vez esto implica reforzar y reorientar las actividades de extensión para enseñar a los productores a operar en el mismo y crear un marco legal que lo sustente.

REFERENCIAS

- Adams D., Binkley C. y Cardellichio P., 1991. Is the level of National Forest timber harvest sensitive to price?. *Land Economics* 67(1): 74-84.
- Bernard J., J. Bouthillier y N. Gélinas. 1997. An Integrated Model of Quebec-Ontario, U.S. Northeast Softwood Lumber Markets. *American Journ. of Agricult. Economics*; 79(3), Ergots: 987-1000.
- Bissio M. y G. Denegri. 1997. Incidencia de la exportación de rollizos en la superficie forestada con *Eucalyptus sp.* en el sudeste bonaerense. *Actas del XI Congreso Forestal Mundial*. Turquía.
- Brännlund R., P. Johansson y K. Löfgren. 1985. An econometric analysis of aggregate sawtimber and pulpwood supply in Sweden. *Forest Science*; 31(3): 595-608.
- Brännlund R. y B. Kriström. 1993. Assessing the impact of environmental charges: A partial general Equilibrium model of the forest sector. *Resource and Environmental Economics*. 3: 297-312.
- Brazeo R. y R. Mendelsohn. 1990. A dynamic model of timber markets. *Forest Science*; 36 (2); Junio: 225-2564.
- Greene G. 1997. *Econometrics analysis*. Chapter 16. Third edition. Prentice Hall. USA: 230-245.
- Hetemaki L. y J. Kuuluvainen. 1992. Incorporating Data and Theory in Roundwood Supply and Demand Estimation. *American Journal of Agricultural Economics*; 74(4), Nov.: 1010-18.
- Hotelling H. 1931. The Economics of exhaustible resources. *J Pol. Economics*. 39:173-175.
- Kuuluvainen y Salo. 1991. Timber supply and life cycle harvest of nonindustrial private forest owners: An empirical analysis of Finnish case. *Forest Science*, 37(4), Sept.: 1011-1029.
- Montgomery C. & Adams D., 1992. Optimal timber. *Management Policy*. Handbook of Environmental Economic. Oxford Blackwell. 239p.
- Murray B. 1995. Oligopsony, Vertical Integration, and Output Substitution: Welfare Effects in U.S. Pulpwood Markets. *Land-Economics*; 71(2), Mayo 1995: 193-206.
- PULPEX, 1998. ¿Qué la bolsa de celulosa?. revista *Maripapel*, vol 6 n°2. Abril Mayo. editada por CICEPLA: (Confederación industrial de la celulosa y papel latinoamericana) Medellín Colombia: 25- 28.
- Williams J. y Nautiyal, 1990. The long-run timber supply function. *Forest Science* vol 36 N° 1: 77-86.

