

ESTIMACIÓN* DEL EFECTO DEL DECRETO LEY N°701 DE FOMENTO FORESTAL SOBRE LAS TASAS DE FORESTACIÓN** EN CHILE: Un análisis a nivel regional

Félix Modrego¹, Daniel Barrera², Romain Charnay³.

*Agradecemos los valiosos comentarios de Jorge Ortega y Carlos Alvarenga, MSc consultores FAO, de Oscar Melo, MSc y Ricardo Consiglio, MSc.

**Agradecemos a Jaime Aguayo, Eugenia Pinto y María Gajardo, Ing Forestales CONAF y a Willemijnne Molenaar, Economista Ambiental Wageningen University por su ayuda en la recopilación y manipulación de datos.

RESUMEN

Se realizó un estudio del efecto del Decreto Ley N° 701 sobre las tasas de forestación en la zona comprendida entre la V y la X regiones de Chile, para el período 1977-2001. Para esto se proponen dos modelos, uno agregado y otro macrozonal, en los cuales la superficie forestada anualmente por privados es explicada por el monto total anual subsidiado, la tasa de interés real, el tipo de cambio real, el precio interno de las trozas aserrables y pulpables y los costos de forestación. En ambos casos se constató un efecto positivo y estadísticamente significativo del subsidio, con elasticidades de 0.25 y 0.36 respectivamente y del precio de los productos forestales ($\epsilon_p^a = 0.43$, $\epsilon_p^m = 0.26$). Los costos de forestación, por su parte mostraron una elasticidad negativa y significativa ($\epsilon_c^a = -0.38$, $\epsilon_c^m = -0.34$). Se evidenció que la tasa de interés y el tipo de cambio no influenciaron significativamente los patrones de forestación del período, excepto el segundo de ellos en el modelo macrozonal ($\epsilon_i^m = 0.006$). Finalmente, se encontró una respuesta promedio diferencial para cada macrozona, la cual resultó altamente significativa. Con la evidencia generada en este estudio se discuten algunas implicancias de política forestal.

Palabras clave: Decreto Ley N°701; subsidio forestal; forestación privada.

I.- Introducción

El crecimiento sostenido del sector forestal en Chile le ha permitido constituirse en el segundo rubro exportador de la economía chilena, con una participación del 13% del PIB e ingresos por más de US\$ 2.218 MM en el 2003 (Fundación Chile, 2004).

Uno de los principales factores esgrimido para explicar el explosivo crecimiento del sector en las últimas décadas, es la promulgación del Decreto Ley N°701 de Fomento a la Forestación en el año 1974 (Hartwick, 1991). Dicho cuerpo legal establece el subsidio a las actividades de forestación en terrenos declarados como de aptitud preferentemente forestal (TAPF), así como también a los manejos intermedios realizados por pequeños propietarios forestales. La evolución

¹ Departamento de Economía Agraria, Pontificia Universidad Católica de Chile. <mailto:fmodrego@puc.cl>

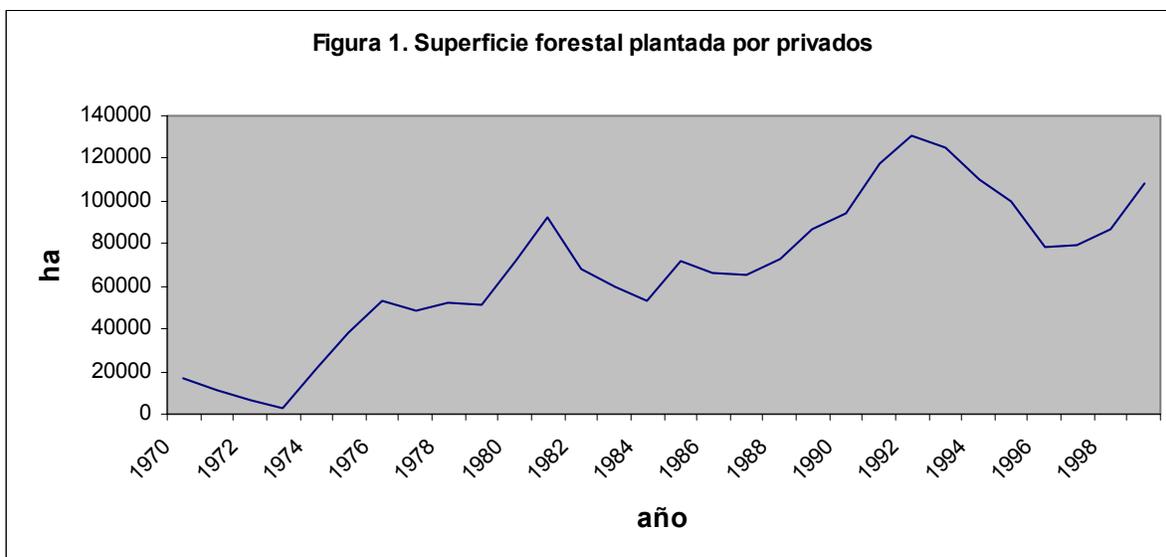
² Departamento de Economía Agraria, Pontificia Universidad Católica de Chile. <mailto:dabarrer@puc.cl>

³ Departamento de Economía Agraria, Pontificia Universidad Católica de Chile. <mailto:rcharnay@puc.cl>

de las tasas anuales de plantación privadas a partir de 1974 parece confirmar dicha aseveración, tal como se aprecia en la figura 1. Se observa que con posterioridad a la aplicación de la política de subsidios, la superficie forestada anualmente ha crecido de forma sostenida, con algunas oscilaciones que parecen responder a coyunturas macroeconómicas como la crisis del petróleo de 1982 o la crisis asiática de 1997.

Un estudio econométrico previo realizado por Pizarro (1995) reporta una relación positiva entre la proporción de superficie forestada con subsidio y la tasa de interés, la cual es interpretada por el autor como un resultado contradictorio con la teoría macroeconómica. Estudios del impacto social de la aplicación de esta política de subsidios a la forestación fueron realizados por Laroze y Nazif (1997) y Alzamora (1999), centrándose en aspectos relacionados a las externalidades generadas a partir de su implementación. Sin embargo, no se cuenta en la actualidad con estudios cuantitativos acabados que aborden el efecto de esta política de fomento sobre las tasas de forestación privadas, así como tampoco existen trabajos que identifiquen potenciales diferencias zonales en la respuesta de las tasas de forestación.

El presente documento se estructura de la siguiente manera. En la sección II se realiza una breve presentación de los aspectos más relevantes del DL 701. En el apartado III, se describe el marco teórico que justifica la inclusión de las distintas variables y los efectos esperados de las mismas sobre las tasas anuales de forestación. La parte IV describe los datos utilizados para las estimaciones y el tratamiento realizado a los mismos. En el apartado V se describen los modelos econométricos a utilizar y la justificación de las formas funcionales preferidas. En el apartado VI se presentan los resultados de las estimaciones, los que son discutidos en la sección VII. Finalmente se concluye acerca de las principales evidencias generadas por este estudio y se analizan algunas implicancias de política de fomento forestal, con especial énfasis en la experiencia nacional.



Fuente: Banco Central de Chile 2001

Objetivos.

Este estudio tiene por objetivo determinar cuantitativamente el impacto del subsidio estatal al establecimiento de plantaciones forestales por parte de propietarios privados, sobre las superficies forestadas anualmente en el período comprendido entre los años 1977 y 2001. Para esto se estima la elasticidad subsidio en bonificaciones de la superficie anual forestada. La zona comprendida en este trabajo abarca desde la V a la X regiones, incluyendo también la región Metropolitana. La hipótesis base que orienta este trabajo, es que el subsidio tiene un importante efecto positivo sobre las tasas anuales de forestación en la zona y período de estudio.

En una primera etapa, se presenta un modelo agregado de regresión que explica las tasas de forestación en toda el área de estudio en términos del monto bonificado anualmente, los precios internos de trozas de madera aserrable y pulpable, la tasa de interés, el tipo de cambio real y los costos de forestación. En la segunda etapa se realiza un estudio a nivel regional, agrupando las regiones en estudio en tres macrozonas tal como las define la Corporación Nacional Forestal (CONAF). El objetivo del análisis macrozonal es el de detectar posibles diferencias en el comportamiento de las superficies forestadas localmente, tanto de forma inherente como respecto de las variables explicativas mencionadas con anterioridad.

II.- El Decreto Ley N°701 de 1974.

El DL 701 se promulga en 1974 al alero del paradigma económico de libre mercado imperante en Chile durante la época (Camus y Hayek, 1998). Sus objetivos primordiales son la regulación de la actividad forestal en suelos de aptitud preferentemente forestal y en suelos degradados, en especial por parte de pequeños propietarios forestales y aquella necesaria para la prevención de la degradación, protección y recuperación de los suelos del territorio nacional (Artículo 1°).

El principal requerimiento para optar a las bonificaciones a la forestación, consiste en la calificación de los terrenos de aptitud preferentemente forestal. Para efectos legales, éstos son definidos como *todos aquellos terrenos que por las condiciones de clima y suelo no deban ararse de forma permanente, estén cubiertos o no de vegetación, excluyendo los que sin sufrir degradación puedan ser utilizados en agricultura, fruticultura o ganadería* (Artículo 2°).

El procedimiento de calificación exige al propietario la especificación de las actividades de manejo a realizar, así como también la acreditación de la ejecución de las actividades bonificables indicadas en el plan de manejo. Una característica fundamental de la calificación de terrenos de aptitud preferentemente forestal, es su irreversibilidad. Una vez declarado como TAPF y por ende acogido al régimen de bonificaciones, la legislación contempla que el suelo debe necesariamente destinarse a la actividad silvícola. Aún cuando es posible la desafectación de terrenos de aptitud preferentemente forestal, ésta solo se realiza en casos debidamente justificados debiendo el propietario reintegrar en arcas fiscales todas las sumas que se hayan dejado de pagar en virtud de franquicias tributarias o bonificaciones (Artículo 7°).

Respecto de los incentivos económicos que otorga el decreto ley, éstos son detallados en el artículo 12° de dicho cuerpo legal. Sin embargo puede señalarse como relevantes la bonificación de un 75% (siendo de hasta un 90% bajo ciertas condiciones) de los costos de forestación referenciales definidos por la Corporación Nacional Forestal, la bonificación de un 75% de los

costos para la primera poda y raleo de masas forestadas por pequeños propietarios y la exención del Impuesto Territorial y del Impuesto sobre Herencias, Asignaciones y Donaciones. Finalmente, el artículo 11° del Reglamento Contable del DL 701 establece que el monto de las bonificaciones percibidas se considera como ingresos diferidos en el pasivo circulante de los contribuyentes, no constituyendo renta para ningún efecto legal hasta que se efectúe la explotación o venta del bosque que originó la bonificación.

III.- Marco Teórico.

El modelo teórico propuesto supone la existencia de un productor forestal que posee un terreno desnudo o con vegetación no susceptible de ser manejada de manera rentable y que se ve enfrentado a la decisión de forestar dicho suelo o darle algún uso alternativo a su capital. Como supuesto se establece el manejo de la plantación bajo una estructura coetánea y monoespecífica, es decir los individuos de interés comercial dentro de la unidad de manejo pertenecen a una misma clase de edad y especie.

Se puede considerar la decisión del productor como un proceso en dos etapas. En la primera debe decidir el momento óptimo de cosecha de la masa forestal y en la segunda, a partir del análisis de los retornos generados por la cosecha en este momento óptimo, debe decidir si establecer o no la plantación. El criterio de decisión para el productor forestal privado racional es entonces, el maximizar el valor presente de los flujos generados por la plantación durante su horizonte de planificación. Si este valor presente es positivo, el productor decidirá forestar el suelo.

El análisis se realizará para una situación en donde el uso forestal del suelo es perpetuado en el tiempo a través de infinitas rotaciones, es decir sobre la base del modelo tradicional de Faustmann (1995). Este modelo se considera consistente con la naturaleza de la calificación de terrenos de aptitud preferentemente forestal tal como es definida por el DL 701.

Se define un precio por volumen de madera cosechada P y costos unitarios de cosecha C , constantes en el tiempo. De esta forma se puede determinar un precio neto de la madera cosechada p ($p = P - C$). Se define además un costo de forestación por unidad de superficie K también constante, una edad de rotación del rodal T y r como la tasa de descuento relevante, es decir una medida representativa del costo de oportunidad del capital invertido en la plantación. El bosque presenta una función de crecimiento $f(t)$ que para el intervalo de tiempo relevante sigue los supuestos regulares de producto marginal positivo y decreciente ($f' \geq 0, f'' \leq 0$).

No se considerarán costos por manejos intermedios a lo largo de la vida del rodal, aun cuando el modelo es generalizable a esta situación. Partiendo del supuesto que el terreno se encuentra descubierto en el período inicial y considerando una tasa de descuento continua, el valor presente neto de los flujos en función de la edad de rotación ($\Pi(T)$) puede expresarse de la siguiente manera (Faustmann, 1995)

$$\Pi(T) = \frac{pf(T)e^{-rT} - K}{1 - e^{-rT}} \quad (1)$$

Ahora, dado que se busca la longitud óptima de rotación, se plantea el problema de decisión de la siguiente manera:

$$\text{Max}_{\{T\}} \Pi(T) = \frac{pf(T)e^{-rT} - K}{1 - e^{-rT}}$$

Resolviendo la condición de primer orden se llega al siguiente resultado propuesto por Pressler (1860, citado por Romero 1997).

$$pf'(T^*) = rpf(T^*) + r\Pi(T^*) \quad (2)$$

En términos económicos, la condición de primer orden indica que en el óptimo, el retorno de retardar la cosecha un instante de tiempo (dado por el valor del incremento volumétrico) se iguala con las dos formas de retorno de cosechar en el instante T^* , a saber: el retorno de los beneficios de la cosecha, dado por el interés que generaría el beneficio neto en el período (primer término del lado derecho de 2), más el retorno del suelo, dado por los intereses que genera el terreno producto de comenzar en el momento T todas las subsiguientes rotaciones (segundo término del lado derecho de 2). Así se establece una separación artificial de las dos formas de retorno del terreno forestal, es decir el retorno del stock de madera (o vuelo) y del suelo, entendido como un insumo generador de una corriente cíclica de beneficios madereros a perpetuidad.

Ahora se introducirá en el modelo la aplicación de un subsidio con las características del DL 701, es decir bonificación a los costos de la primera bonificación y recuperación fiscal del monto subsidiado en el año de la cosecha (T), lo que se asumirá se hace bajo la forma de un impuesto a la renta proveniente de la primera rotación.

Definiendo τ como la tasa de bonificación sobre los costos de forestación, se determina el costo después del subsidio para el productor como $(1 - \tau)K$. Se supondrá además que la segunda forestación se realiza con posterioridad al pago del impuesto, de forma que dicho costo de establecimiento no forma parte de los flujos de la primera rotación.

Se define de esta manera φ como la tasa de impuesto sobre la utilidad del año T . El Estado pretende recuperar el monto del subsidio, de forma que el monto total del impuesto debe ser $\varphi pf(T) = \tau K$, lo que implica que la tasa de impuesto es:

$$\varphi = \frac{\tau K}{pf(T)} \quad (3)$$

El valor presente del beneficio neto (Π') es ahora

$$\Pi'(T) = (1 - \varphi)pf(T)e^{-rT} - (1 - \tau)K + pf(T)e^{-2rT} - Ke^{-rT} + \dots$$

Con algunas manipulaciones algebraicas se llega a la siguiente expresión

$$\Pi'(T) = \Pi(T) - \varphi pf(T)e^{-rT} + \tau K$$

Donde $\Pi(T)$ representa el valor presente del modelo original sin subsidio (1)

Finalmente usando la expresión (3):

$$\Pi'(T) = \Pi(T) + \tau K - \tau K e^{-rT} \quad (4)$$

Se aprecia de (4) que el efecto neto del subsidio sobre el valor presente del ingreso neto del productor es positivo y alcanza un monto de $\tau K(1 - e^{-rT})$. Este monto constituye el beneficio financiero que percibe el propietario forestal por diferir la devolución de la bonificación hasta el momento de la cosecha.

Ahora el problema de decisión del productor es el siguiente:

$$\text{Max}_{\{T\}} \Pi'(T) = \Pi(T) - \tau K e^{-rT} + \tau K$$

El cual entrega la siguiente condición de equilibrio:

$$rpf'(T^{**}) = rpf(T^{**}) + r\Pi(T^{**}) - r\tau K(1 - e^{-rT^{**}}) \quad (5)$$

El nuevo término que se resta a la condición de primer orden del modelo original (2) es positivo, por lo que ahora disminuye el valor del producto marginal de equilibrio y por tanto la longitud óptima de rotación se alarga respecto del modelo original de Faustmann-Pressler ($T^{**} > T^*$). Ahora en el óptimo, el valor del producto marginal iguala la suma del retorno del stock cosechado más el retorno del suelo menos el retorno por los intereses de la bonificación desde que se reciben hasta que se reembolsan al Estado.

Estática comparativa.

Volviendo al resultado (4) se aprecia que la función de beneficio neto con subsidio es función de parámetros económicos (P, C, K, r), de la tasa de subsidio (τ), de los parámetros de la función de crecimiento de la masa forestal ($f(t)$) y del momento óptimo de corta (T^{**}). Esta última variable es, a su vez, función de los mismos parámetros del problema.

Aplicando el teorema de la envolvente podemos establecer que

$$\frac{d\Pi'(T^{**})}{d\lambda_i} = \frac{\partial \Pi'(T(\lambda))}{\partial \lambda_i} \Big|_{T=T^{**}}$$

Donde λ_i es un parámetro cualquiera de la función de valor presente del beneficio neto.

De esta forma derivando la función de beneficio neto con subsidio respecto de los parámetros de interés.

El efecto de un cambio en el precio sobre el valor presente del ingreso neto es

$$\frac{d\Pi'}{dp} = \frac{d\Pi}{dp} = \frac{f(T)e^{-rT}}{1-e^{-rT}} \quad (*)$$

El cual es inequívocamente positivo, al serlo tanto el numerador como el denominador de (*).

El cambio en los costos de forestación

$$\frac{d\Pi'}{dK} = \frac{d\Pi}{dK} + \tau(1-e^{-rT}) = -\frac{1}{1-e^{-rT}} + \tau(1-e^{-rT}) \quad (**)$$

Es sin lugar a dudas negativo al ser mayor el primer término del lado derecho de (**).

La tasa de interés por su parte

$$\frac{d\Pi'}{dr} = \frac{d\Pi}{dr} + r\tau Ke^{-rT} = r\tau Ke^{-rT} - \frac{(pf(T) - K)re^{-rT}}{(1-e^{-rT})^2} \quad (***)$$

Tiene dos efectos opuestos sobre el valor presente del ingreso neto. El primero positivo por los intereses de diferir la devolución del subsidio y el segundo negativo, por descontar a mayor tasa todos los flujos de las ventas futuras de madera. El efecto en términos netos es, por tanto negativo, al dominar el segundo término del lado derecho de la igualdad (***)

Finalmente el cambio en la tasa de subsidio

$$\frac{d\Pi'}{d\tau} = \frac{d\Pi}{d\tau} + K(1-e^{-rT}) = K(1-e^{-rT}) \quad (***)$$

Tiene un efecto claramente positivo sobre el valor presente del ingreso neto del productor forestal, al ser en término en paréntesis de (***) mayor que cero, para todo valor de T .

De esta manera, se ha obtenido una función de beneficio neto del productor forestal en el modelo con subsidio propuesto, que es consistente con las propiedades teóricas de toda función de beneficio neto (Varian, 1992). El análisis de estática comparativa realizado, permite justificar las variables consideradas en los modelos econométricos y su efecto esperado sobre la decisión privada de forestar.

III.- Datos.

La superficie anual forestada por privados y el monto total bonificado en US\$ nominales para las regiones en estudio fueron obtenidos de boletines estadísticos del Instituto Forestal de Chile (INFOR, 1992; INFOR 2002). Se utilizaron las superficies forestadas sólo por privados, para separar el efecto de las forestaciones a gran escala que hasta el año 1986 realizaba CONAF. Esto se justifica dado que el objetivo de este estudio es analizar el efecto de las bonificaciones sobre la forestación de los propietarios privados, grupo objetivo al cual apunta el programa.

Dado que el monto subsidiado a la forestación es conocido por el forestador al momento de plantar, pero es entregado una vez que se acredita el prendimiento, se considera un desfase temporal en esta variable, es decir la superficie forestada en el año t es explicada por el monto subsidiado en el año $t+1$. Los datos de montos bonificados por año y por región geopolítica se obtuvieron de las estadísticas de INFOR (1992; 2002)

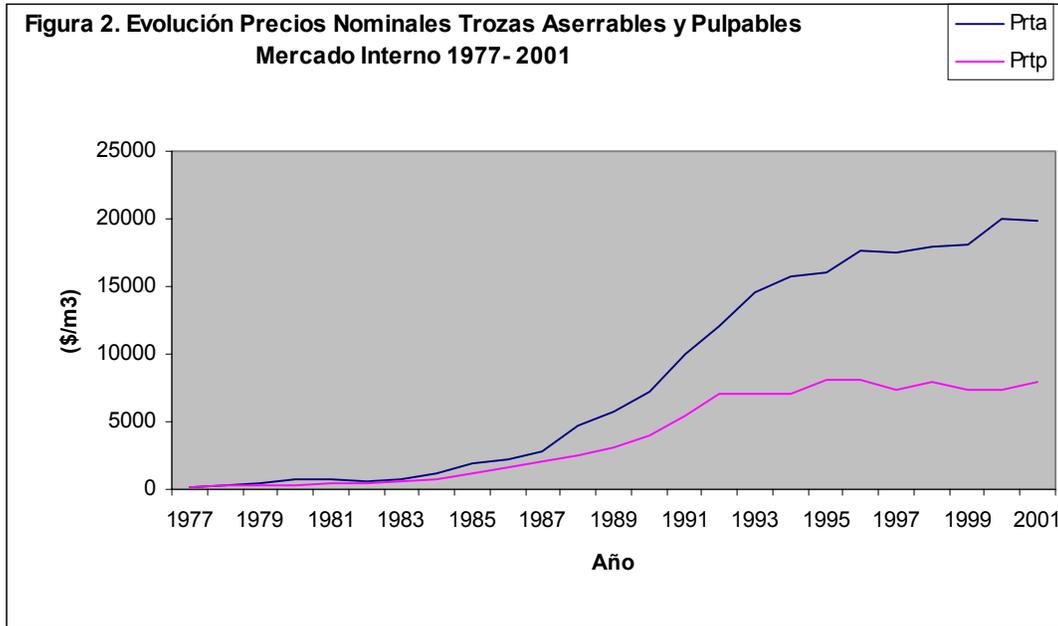
Para efectos de este estudio sólo se consideraron las regiones V, VI, VII, VIII, IX, X y Metropolitana. Se descartaron las regiones I, II, III y IV dado que la forestación en estas zonas responde a objetivos de conservación o de uso forrajero. En el caso de la XI y XII Regiones, se utilizan especies distintas al Pino radiata, la cual domina en la zona de estudio con una proporción de la superficie de plantaciones industriales de alrededor del 74% (INFOR, 2002). Por esto se optó por no incluirlas en el área de estudio, pues el comportamiento de las tasas de forestación en estas áreas puede no ser correctamente explicado por las variables incluidas en el modelo econométrico.

Se obtuvieron los precios nominales promedio anuales del mercado interno para trozas pulpables y aserrables de madera de Pino radiata en $\$/m^3$, debido a que representan un indicador más relevante para el pequeño propietario forestal que los precios de productos elaborados, como celulosa o madera aserrada. Desafortunadamente no se pudo obtener datos con variabilidad regional para los precios, producto de la falta de desagregación de las estadísticas forestales consultadas. Como se observa en la figura 2, ambos precios presentan una tendencia muy similar en el tiempo, con una correlación aproximadamente del 98%. Por esta razón se agruparon ambos precios en un promedio ponderado por el consumo nacional de cada uno de estos productos, lo que se considera como un indicador más informativo para el productor forestal y evita problemas de multicolinealidad en el modelo.

Los costos de forestación utilizados son aquellos establecidos por la CONAF en la elaboración de sus tablas anuales de costos para efectos de fijar el subsidio. Estos costos se expresan en pesos del año anterior y están definidos para diferentes macrozonas geográficas, densidades de plantación, tipo de planta e intensidad de la preparación del suelo. Los costos aquí utilizados corresponden a la forestación con una densidad de 1250 plantas/ha, con plantas a raíz desnuda y roce moderado.

El tipo de cambio real observado y la tasa de interés fueron obtenidos de las estadísticas del Banco Central de Chile (2004). La tasa de interés utilizada fue la tasa efectiva pagada en operaciones de 90 días a un año llevada a términos reales utilizándose el Índice de Precios al Consumidor del año correspondiente. Las variables en dólares nominales fueron llevadas a montos reales utilizándose el Manufacturing Value Unit (MVU) de los Estados Unidos, base año 1990, obtenido de las bases de datos del Banco Mundial. Se prefirió este deflactor por sobre el tipo de cambio real para expresar las variables en dólares reales, dado que este último se construye con monedas de varios países y con criterios variables en el tiempo. Sin embargo se incluye el tipo de cambio real como variable explicativa en el modelo econométrico, dado que constituye un buen indicador de la relación de la moneda nacional respecto de aquellas de sus principales socios comerciales.

Las variables en pesos nominales fueron convertidas primero a dólares nominales utilizándose el tipo de cambio nominal del mercado bancario entregado por el Banco Central (2004) del año correspondiente y luego fueron expresadas en dólares reales ajustando por el MVU.



Fuente: Infor 1992-2002

IV.- Modelo Econométrico.

Una vez definidas las variables relevantes y sus efectos sobre el valor presente del ingreso neto del productor forestal, se plantea en una primera etapa el siguiente modelo agregado para explicar las tasas de forestación de toda la zona de estudio en el período 1997-2001

$$\ln(SF_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(MB_{t+1}) + \beta_2 TIR_t + \beta_3 TCR_t + \beta_4 \ln(P^p_t) + \beta_5 \ln(K_t) + \mu_t \quad (6)$$

Donde

- $\ln(SF_t)$ = logaritmo natural de la superficie total plantada por los privados en el año t (ha)
- $\ln(MB_{t+1})$ = logaritmo natural del monto total anual real bonificado en la zona de estudio en el año $t+1$ (US\$).
- TIR_t = tasa de interés real del año t
- TCR_t = tipo de cambio real del año t
- $\ln(P^p_t)$ = logaritmo natural del precio real interno ponderado de trozas de madera pulpable y aserrable de Pino radiata en el año t (US\$/m³).
- $\ln(K_t)$ = logaritmo natural del costo real de forestación en el año t (US\$/ha)

La forma logarítmica fue preferida de forma de obtener directamente elasticidades, lo cual constituye uno de los objetivos principales de este trabajo. La inclusión del tipo de cambio real se justifica en la medida que es una variable que contribuye a explicar de manera importante tanto la demanda como los precios internos de productos primarios forestales, dada la vocación exportadora de las grandes compañías procesadoras de estos productos. Su efecto se espera por tanto positivo sobre las tasas de forestación.

Para el análisis a nivel regional se agruparon las regiones en estudio en macrozonas concordantes con aquellas definidas por CONAF para la generación de las tablas de costos de forestación. Dado que la definición de las macrozonas cambia en el tiempo, se consideró la definición más reciente, a saber:

Macrozona 1: Regiones V, VI y Metropolitana

Macrozona 2: Regiones VII y VIII

Macrozona 3: Regiones IX y X

Se consideran las macrozonas como unidades de caracterización de mayor validez para este estudio que las regiones geopolíticas, dado que presentan homogeneidad climática, en cuanto al perfil de los beneficiarios, infraestructura y presencia de centros de compradores de madera, entre muchos otros factores. El modelo propuesto utiliza variables binarias para la segregación de las macrozonas

$$\ln(SF_{ij}) = \beta_0 + \sum_{i=1}^5 \beta_i X_{ij} + \sum_{j=1}^2 \gamma_j d_j + \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^5 \delta_{ij} d_j X_{ij} + \mu_{ij} \quad (7)$$

Donde X_{ij} corresponde al valor que toma la variable explicativa i (tal como se definieron en (6)) en la macrozona j en el período t , d_j corresponde a la variable binaria asociada a la macrozona j , y β_i , γ_j y δ_{ij} corresponden a parámetros de la regresión. Este modelo flexible permite determinar efectos diferenciales asociados a cada una de las macrozonas tanto en los factores no incluidos explícitamente en el modelo (tercer término del lado derecho de 7), como sobre cada una de las variables explicativas (cuarto término del lado derecho de 7). Realizando continuos test de contribución conjunta de las variables incluidas se puede especificar de mejor manera este modelo de forma que sólo incluya las variables más relevantes y significativas.

V.- Resultados.

Dado que se trabajó con series de tiempo, se realizaron pruebas de estacionariedad de las series, utilizándose el test de Dickey y Fuller aumentado para detectar la presencia de raíces unitarias. Los resultados de dicho test se resumen en el anexo 1 y en general resultan consistentes con aquellos presentados por Soto (2002). Se aprecia que todas las series son no estacionarias al 5% de significancia, pero sí lo son al ser expresadas en primeras diferencias, por lo cual se establece que las series son integradas de orden 1 (I(1)). Este resultado motivó la realización de una prueba de cointegración de los errores, que básicamente consiste en un test de raíz unitaria a los residuos del modelo con sus variables expresadas en niveles. Los resultados del test (anexo 2) revela la existencia de cointegración, lo que permite descartar la presencia de correlación espúrea y por tanto la aplicación de los estadísticos de prueba tradicionales sigue siendo válida (Gujarati, 2004). En definitiva la presencia de cointegración permitió mantener los modelos logarítmicos propuestos (6 y 7). Se debe tener presente, sin embargo, que dada la corta extensión de las series analizadas los test realizados pueden tener escasa robustez como elemento de decisión. Al respecto, diversos autores han criticado el bajo poder de dichas pruebas (Christiano y Eichenbaum, 1990; Sims y Uhlig, 1991).

Los resultados de la estimación del modelo (6) se presentan en la tabla 1. Se observa que el modelo es globalmente significativo y que explica un alto grado de variabilidad de la variable dependiente. Los signos de los coeficientes son concordantes con lo esperado *a priori* para todas las variables explicativas. Se aprecia que la elasticidad subsidio de los montos bonificados es positiva y estadísticamente significativa, con un valor aproximado de 0.25. Se observa una elasticidad precio de las trozas y una elasticidad costo de forestación de la superficie forestada bastante altas, con estimaciones puntuales de 0.43 y de -0.38 , respectivamente. Se evidencia que la tasa de interés y el tipo de cambio tienen un efecto con signo esperado aún cuando son altamente no significativos. Como se muestra en el anexo 3, no existe evidencia estadística para rechazar la presencia de homocedasticidad ni ausencia de correlación serial en los datos.

Tabla 1. Resultado estimación modelo 6

Variable	Coefficiente	Valor p
$Ln(MB_{t+1})$	0.252075	0.017 (**)
TIR_t	-0.0070723	0.576
TCR_t	0.0003946	0.899
$Ln(P^p_t)$	0.4340998	0.010 (*)
$Ln(K_t)$	-0.3814451	0.031 (**)
Intercepto	8.056292	0.000 (*)
		$F_{global} = 18.57$
$R^2 = 0.8376$	$R^2_{adj} = 0.7925$	Valor p = 0.0000

(*)Significante al 99% de confianza. (**)Significante al 95% de confianza.

(***) Significante al 90% de confianza

Los resultados del modelo macrozonal (7) se muestran en la tabla 2. Se aprecia claramente que el modelo se encuentra sobreespecificado, existiendo un importante número de variables estadísticamente no significativas.

Una vez ajustada la forma funcional con aquellos coeficientes significativos, se configuró un nuevo modelo, cuyos resultados se muestran en la tabla 3. Las variables interacción entre la macrozonas y las variables explicativas resultaron de forma conjunta ser no significativas al 5% (anexo 4.a), lo que conduce en definitiva a un modelo de tipo panel de efectos fijos.

Se puede apreciar que el modelo es globalmente significativo, presentando una gran proporción de sus coeficientes bajos valores de probabilidad, y signos esperados *a priori* para todos los parámetros considerados. La bondad de ajuste es bastante alta (R^2 ajustado de 0,94), no evidenciándose problemas serios de multicolinealidad que resten validez a la inferencia. Respecto a la significancia individual de los coeficientes, al igual que en el modelo agregado, la tasa de interés sigue siendo no significativa, pero ahora el tipo de cambio real se hace significativo. Las variables binarias macrozonales (d_1 y d_2) sí son significativas de forma individual y la no

significancia conjunta puede ser rechazada (Anexo 4.b). De los resultados se aprecia que la macrozona 1 presenta un efecto idiosincrásico negativo ($d_1=-0.743$) respecto de la macrozona de referencia (macrozona 3). Todo lo contrario ocurre con la macrozona 2 ($d_2=0.723$), cuyo efecto idiosincrásico positivo. La elasticidad subsidio de las tasas de forestación ahora se incrementa a un 0,36 y las elasticidades precio de las trozas y costos bajan en términos absolutos (0.26 y -0.34 respectivamente).

VI.- Discusión.

Respecto de los resultados del modelo agregado, destaca el hecho que la variable más importante de este estudio (monto bonificado) sea relevante al explicar las superficies forestadas. Esto releva el hecho que el subsidio ha sido eficaz como instrumento de fomento a la forestación. Llama la atención, sin embargo, que la elasticidad subsidio sea menor que las de costos de forestación y precios ponderado de trozas, más aún teniendo en cuenta la gran importancia que se le atribuye al subsidio. Otro resultado interesante constituye el hecho que la tasa de interés y el tipo de cambio no contribuyen a explicar las superficies forestadas. De todas formas este resultado no sorprende, ya que las tasas incluidas son de corto plazo y pueden no constituir una señal representativa para las decisiones en este tipo de proyectos, que tienen un retorno financiero altamente diferido en el tiempo. Lo anterior puede interpretarse como un indicio que los beneficiarios del DL 701 no internalizan la información proporcionada por los mercados financieros en su proceso de toma de decisiones. De esta forma, queda abierta la interrogante acerca de que los principales beneficiados de la aplicación de la ley fueron las grandes empresas forestales.

Para el modelo macrozonal, se aprecia que los factores no incorporados explícitamente en el modelo y cuyo efecto es capturado por el intercepto (efecto idiosincrásico), son altamente relevantes en términos geográficos. La VII y VIII regiones tendrían por tanto un potencial de forestación comparativamente mayor, seguido de las regiones IX y X y finalmente las regiones V, VI y Metropolitana. Esto podría explicarse por factores tanto no controlables (por ejemplo condiciones climáticas y edáficas) como por factores modificables (infraestructura, capacidad industrial instalada, entre otros). Al analizar el fenómeno de las tasas de forestación macrozonalmente, se aprecia que la elasticidad subsidio aumentó y las elasticidades costo de forestación y precio ponderado de las trozas disminuyeron, por lo que la segregación de las zonas de estudio permitió filtrar el efecto del subsidio, realizando así su relevancia. Algo similar ocurrió con la elasticidad del tipo de cambio, que paso a constituirse en una variable estadísticamente significativa y con un efecto positivo, aunque pequeño, sobre las hectáreas forestadas durante el período de estudio. Destaca también la falta de significancia de las variables de interacción entre los montos subsidiados y las variables binarias macrozonales. Esto se interpreta como una evidencia que la respuesta a los subsidios no es más elástica para ninguna macrozona en particular.

Tabla 2. Resultado estimación modelo 7

Variable	Coefficiente	Valor p
d1	3.324658	0.253
d2	4.751548	0.251
$Ln(MB_{t+1})$	0.4277855	0.006 (*)
$d1Ln(MB_{t+1})$	-0.127017	0.455
$d2Ln(MB_{t+1})$	-0.2744678	0.264
TIR_t	-0.024676	0.248
$d1TIR_t$	0.0216782	0.481
$d2TIR_t$	0.0331097	0.283
TCR_t	0.0084377	0.054
$d1TCR_t$	-0.008075	0.266
$d2TCR_t$	-0.0066511	0.306
$Ln(P^p_t)$	-0.1460099	0.522
$d1Ln(P^p_t)$	1.061288	0.002 (*)
$d2Ln(P^p_t)$	0.4236439	0.157
$Ln(K_t)$	0.143614	0.735
$d1Ln(K_t)$	-0.9700128	0.054 (***)
$d2Ln(K_t)$	-0.1767698	0.758
Intercepto	2.974072	0.271
		$F_{global} = 77.91$
	$R^2 = 0.9608$	$R^2_{adj} = 0.9485$
		Valor p = 0.0000

(*)Significante al 99% de confianza. (**)Significante al 95% de confianza.
 (***) Significante al 90% de confianza

VII.- Conclusiones.

Se constató un efecto positivo y estadísticamente significativo del monto bonificado sobre las superficies forestadas anualmente en las zonas de estudio, efecto que se incrementa al establecer una separación explícita entre las macrozonas definidas por CONAF. Las tasas de forestación también resultan sensibles a los precios internos actuales de los principales productos primarios y a los costos de forestación, teniendo estas variables un efecto positivo y negativo, respectivamente. La respuesta de la forestación a variaciones en el tipo de cambio real es positiva pero muy pequeña, siendo estadísticamente significativa sólo al incorporar la variabilidad geográfica resultante de la definición de macrozonas. Un resultado interesante, más no demasiado sorprendente, es el hecho de que la tasa de interés real sea sistemáticamente no significativa como

variable explicativa de la decisión de forestar, más aún tomando en cuenta su importancia en los modelos teóricos de economía forestal. Este resultado puede deberse al corto plazo de las tasas utilizadas o al hecho que los beneficiarios del DL 701 pueden encontrarse al margen de los mercados financieros y la información que éstos proporcionan. Esta última hipótesis requiere sin embargo un perfil detallado de los beneficiarios en las distintas zonas del país para su verificación. El uso de variables binarias macrozonales permitió detectar la existencia de regiones con un mayor potencial de forestación, siendo éstas la VII y VIII regiones, seguidas de la IX y X y finalmente la V, VI y RM.

Tabla 3. Resultado estimación modelo 7 modificado

Variable	Coefficiente	Valor p
$Ln(MB_{t+1})$	0.3559769	0.000 (*)
TIR_t	-0.009211	0.483
TCR_t	0.0057002	0.037 (**)
$Ln(P^p_t)$	0.2607243	0.007 (*)
$Ln(K_t)$	-0.3446726	0.031 (**)
d1	-0.7434152	0.000 (*)
d2	0.7230442	0.000 (*)
Intercepto	5.33505	0.000 (*)
$R^2 = 0.9479$ $R^2_{adj} = 0.9422$		$F_{global} = 166.20$
		Valor p = 0.0000

(*)Significante al 99% de confianza. (**)Significante al 95% de confianza.
 (***) Significante al 90% de confianza

Los resultados obtenidos en este estudio permiten postular que esta política de subsidios a los costos de establecimiento de plantaciones forestales ha sido eficaz como instrumento de promoción a la forestación privada. Cabe preguntarse si el verdadero agente beneficiado de la aplicación de esta ley ha sido su grupo objetivo (los pequeños propietarios forestales) o las grandes empresas forestales. Al respecto, se debe señalar que en el año 1998 se dictó la Ley N° 19561, la cual vino a modificar algunos aspectos del DL 701 de forma de focalizar más explícitamente la política de subsidios a la forestación en los pequeños propietarios, con resultados aún poco concluyentes.

Ante la constatación de un potencial forestal intrínseco diferenciado entre las macrozonas establecidas en el estudio, podría motivar a una focalización geográfica de los recursos. Desde una perspectiva de eficiencia económica, los esfuerzos deberían orientarse hacia una mayor asignación de los recursos a aquellas zonas con mayor potencial, como la VII y VIII regiones. Sin embargo, los objetivos sociales definidos para esta ley, obligan a incorporar aspectos de equidad en la implementación de esta política. La falta de un potencial diferencial de respuesta a los

subsidios constatada en este trabajo, permite descartar una focalización geográfica del subsidio. En cambio, se debiera pensar en destinar la inversión pública de forma de mejorar las condiciones productivas de aquellas regiones intrínsecamente menos favorecidas, mediante una mayor inversión en infraestructura, programas de transferencia tecnológica y diseño de instrumentos crediticios especializados para el establecimiento y manejo de plantaciones por parte de pequeños propietarios forestales, entre otras medidas.

Debido a que el modelo evidencia una relación positiva entre forestación y precios reales de productos primarios forestales, se considera que el diseño de políticas que potencien el desarrollo de mercados locales competitivos en aquellas macrozonas comparativamente menos favorecidas resulta crucial. En este contexto se considera que la agenda agroalimentaria y forestal que sigue el gobierno, a través de la implementación de centros de transferencia tecnológica (CTT), centros de gestión (CEGES) y los programas de asistencia técnica INTERPAC e INTERPYME, constituyen iniciativas correctas que apuntan a la creación de encadenamientos productivos o “clusters” en las zonas aludidas. Complementario a lo anterior, el desarrollo de programas que incentiven la adopción de esquemas productivos agroforestales y la flexibilización de aspectos técnicos para la entrega de bonificaciones por actividades de manejo, darían pie a una más eficiente asignación de los recursos. También resulta importante incentivar la incorporación de agentes privados en el desarrollo de esquemas de producción conjunta entre los pequeños propietarios forestales y los grandes centros compradores. Particular potencial presenta en este ámbito las iniciativas denominadas “medierías”, en donde se comparte entre el proveedor y el comprador las labores de establecimiento, manejo y administración de la plantación, para luego repartir las utilidades generadas por ésta al momento de la cosecha.

Como conclusión final, cabe resaltar que las estimaciones realizadas en este trabajo se basan en dos supuestos teóricos que podrían considerarse discutibles. En primer lugar, se asume que los terrenos de aptitud preferentemente forestal carecen de un uso alternativo a la plantación forestal. En esa línea, sería interesante incorporar en futuras investigaciones alguna medida de rentabilidad alternativa de los terrenos forestales, como por ejemplo el precio de venta o arriendo de los mismos o indicadores de rentabilidad de actividades ganaderas. Sin embargo, dicha información es difícil de generar sin contar en primera instancia con un detallado perfil de los beneficiarios del DL 701 en las distintas zonas del país. El segundo supuesto tiene que ver con la naturaleza estática del proceso de toma de decisión del forestador, especialmente si se tiene en cuenta el largo período de tiempo comprendido entre el establecimiento de la plantación y la cosecha del bosque. Los resultados parecen indicar que los precios actuales constituyen una buena señal para el forestador, lo que podría justificarse dado el enorme grado de incertidumbre asociado a tan extenso intervalo de tiempo. En este estudio se intentó utilizar una media móvil entre el precio actual y los precios de los dos años anteriores, variable que no aportó mayor poder explicativo al modelo y que introdujo serios problemas econométricos. De todas formas, se considera interesante plantear la posibilidad de generar modelos que incorporen un mecanismo formador de expectativas, utilizando una combinación de información presente y pasada para realizar proyecciones de las variables de interés. Conjuntamente, se plantea la posibilidad de proponer modelos autorregresivos, dado que es bastante probable que las tasas de forestación de años anteriores constituyan información relevante a la hora de emprender proyectos de forestación.

REFERENCIAS

Alzamora, R. 1999. Evaluación económico social de la continuidad del decreto de ley 701 de fomento forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. Tesis de Magíster Economía Agraria.

BANCO CENTRAL DE CHILE. 2001. Indicadores Económicos y Sociales de Chile. 1960-2000. Santiago. Chile. 834 pp.

BANCO CENTRAL DE CHILE. 2004. Bases de datos estadísticos. Disponible en la World Wide Web: <<http://www.bcentral.cl/esp/>>

Christiano, L.; Eichenbaum, M. (1990). Unit Roots in Real GNP: Do We Know, and Do We Care??. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 32.

Camus, P.; Hayek, E. 1998. Historia Ambiental de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile.

Faustmann, M. 1995. Calculation of the Value which Forest Land and Immature Stands Possess for Forestry. *Journal of Forest Economics* 1(1): 7-44.

Fundación Chile. 2004. Directorio forestal de Chile 2004. Revista Lignun. Santiago Chile. 298 pp. 16-22.

Granger, C.W.J.; Newbold, P. 1974. Spurious Regressions in Econometrics. *Journal of Econometrics*, vol. 2, N° 2, pp. 111-120.

Gujarati. D. Econometría. 4° edición. Mc Graw-Hill Interamericana editores. México DF, México. 972 pp.

Hartwick, F. 1991. Chile, Desarrollo Forestal Sustentable. Ensayo de Política Forestal. Editorial Los Andes. Santiago. Chile. 165 pp.

INFOR. 1992. Precios de Productos Forestales Chilenos (1974-1984). Boletín Estadístico N°25.

INFOR. 2002. Precios de Productos Forestales Chilenos (1984-2000). Boletín Estadístico N°84.

Laroze, A. ; Nazif, I. 1997. Evaluación de resultados de la aplicación del DL 701 de 1974. Documento técnico n° 110. *Chile forestal*. 5 pp.

Pizarro, R. 1995. Impacto y Factores Determinantes del Subsidio Forestal Chileno. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. Tesis Ingeniero Agrónomo.

Romero, C. 1997. Economía de los Recursos Ambientales y Naturales. 2ª Edición Ampliada. Alianza Economía Editorial.

Sims, C.; Uhlig, H. (1991). "Understanding Unit Rooters: A Helicopter Tour". *Econometrica*, 59 pp.

Soto, R. 2002. Ajuste Estacional y Cointegración en Variables Macroeconómicas. *Cuadernos de Economía* 39(116): 135-155.

Varian. H. 1992. Análisis microeconómico, 3º edición. Antoni Bosch editor. Barcelona. España. 636 pp. 49-75.

ANEXOS

Anexo 1

Resultado de los test de estacionariedad de las series analizadas.

Variable	Estadístico Test ADF (variable en nivel)	Estadístico Test ADF (variable en primera diferencia)
$Ln(SF_t)$	0.684	-3.831393 (*)
$Ln(MB_{t+1})$	0.296	-3.77800 (*)
TIR_t	-1.636 (***)	-5.865163 (*)
TCR_t	0.748	-2.882331 (*)
$Ln(P^p_t)$	1.283	-2.480912 (**)
$Ln(K_t)$	1.899 (***)	-3.991981 (*)

(*)Estacionaria al 99% de confianza. (**)Estacionaria al 95% de confianza. (***) Estacionaria al 90% de confianza.

Anexo 2

Resultado del test de cointegración a los errores del modelo en primeras diferencias

	ADF calculado	Valor critico 1%	Valor critico 5%	Valor critico 10%
Residuos (*)	-3.279	-2.660	-1.950	-1.600

(*)Estacionaria al 99% de confianza

Anexo 3

Resultados test de homocedasticidad y autocorrelación

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: fitted values of ln_{sn}

chi2(1) = 0.05

Prob > chi2 = 0.8295

. bgodfrey

Breusch-Godfrey LM test for autocorrelation

lags (p)	chi2	df	Prob > chi2
1	2.007	1	0.1566

H0: no serial correlation

Anexo 4

Resultados de los test de especificación aplicados al modelo 7

a) Test de interacción entre las macrozonas y las variables explicativas

$$TEST \quad d1(tir_{it}) = d2(tir_{it}) = d1(tcr_{it}) = d2(tcr_{it}) = d2Ln(ppond_{it}) = d2Ln(mbr_{it}) = d2Ln(kreal_{it}) = d1Ln(ppond_{it}) = d1Ln(mbr_{it}) = d1Ln(kreal_{it}) = 0$$

$$F(10, 54) = 1.79$$

$$Prob > F = 0.0852$$

b) Test de significarí de las variables binarias macrozonales

$$TEST \quad d1 = d2 = 0$$

$$F(2, 64) = 68.79$$

$$Prob > F = 0.0000$$