

ISSN 1692-2611

**Borradores del CIE****Nº3****Noviembre de 2002****Un modelo RSDAIDS para las importaciones de madera de Estados Unidos y sus implicaciones para Colombia**

Elaborado por:

Mauricio Alviar Ramírez  
Medardo Restrepo Patiño  
Santiago Gallón Gómez

Este borrador es resultado de la investigación sobre el “Análisis de demanda de las exportaciones colombianas de productos maderables” la cual fue realizada por los autores con el apoyo del Comité para el Desarrollo de la Investigación – CODI – de la Universidad de Antioquia (Convocatoria – CODI – menor cuantía de 2000)

**Centro de Investigaciones Económicas**  
**Universidad de Antioquia****Medellín - Colombia**

---

La serie Borradores del CIE está conformada por documentos de carácter provisional en los que se presentan avances de proyectos y actividades de investigación, con miras a su publicación posterior en revistas o libros nacionales o internacionales. El contenido de los Borradores es responsabilidad de los autores y no compromete a la institución.

## Un modelo RSDAIDS para las importaciones de madera de Estados Unidos y sus implicaciones para Colombia

Mauricio Alviar Ramírez\*  
Medardo Restrepo Patiño\*\*  
Santiago Gallón Gómez\*\*\*

### Resumen

Este trabajo presenta los resultados más importantes de un modelo de demanda de importaciones de productos maderables y sus implicaciones para Colombia considerando el período 1980-1999. El modelo teórico usado es el desarrollado por Deaton y Muellbauer en 1980, denominado An Almost Ideal Demand System (AIDS). Este modelo permite estimar funciones de demanda de importaciones y, al mismo tiempo, permite el cálculo de las elasticidades precio e ingreso de los diferentes tipos de producto que participan en un determinado mercado. La metodología de estimación está definida por el modelo denominado Seemingly Unrelated Regresión (SUR). El estudio muestra, de un lado, que Colombia, a pesar de tener un potencial forestal muy considerable aún está lejos de aparecer en las estadísticas internacionales como país exportador de maderas. De otro lado, si Colombia decidiera desarrollar el sector forestal, se enfrentaría a una competencia muy fuerte representada fundamentalmente por Canadá, y algunos países asiáticos. Las elasticidades muestran cómo, en el caso de la madera en tronco, la mayoría de los productos (madera en tronco por países) se comportan como bienes complementarios. Los signos de las elasticidades son los esperados, lo que permite concluir que el modelo se ajusta bastante bien a los datos.

*Palabras claves:* demanda de importaciones, productos maderables, coníferas, modelo RSAIDS, modelo SUR, elasticidades

*Clasificación JEL:* Q23, Q17, C30, D11

### Abstract

This paper presents the main results of a model of import demand of wood products in the U.S. and its implications for Colombia. The time length considered here was 1980-1999. The theoretical model used was developed by Deaton and Muellbauer in 1980 and it is called: An Almost Ideal Demand System. This model allows the estimation of price and income elasticities for different types of wood products. The methodology used consists of the Seemingly Unrelated Regression model (SUR), popular in the econometrics literature. This paper shows, on one hand, that despite of the tremendous forest potential that Colombia has, its participation in international markets is negligible. On the other hand, if Colombia decided to develop the forest sector, it would have to face some strong competitors such as Canada and some Asian countries. The cross-price elasticities show that in the case of round wood the majority of countries behaves like complementary goods. The sign of the elasticities are the expected which allows to conclude that the model well fits the data.

*Key words:* import demand, wood products, coniferous, RSAIDS model, SUR model, elasticities

---

\* Profesor Departamento de Economía. Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Antioquia. Candidato a Doctorado. Oklahoma State University. e-mail: [malviar@agustinianos.udea.edu.co](mailto:malviar@agustinianos.udea.edu.co)

\*\* Economista Universidad de Antioquia. Estudiante de Maestría en Economía. Colegio de México. e-mail: [medardo@agustinianos.udea.edu.co](mailto:medardo@agustinianos.udea.edu.co)

\*\*\* Economista Universidad de Antioquia. Asistente de Investigación del Centro de Investigaciones Económicas —CIE—. e-mail: [antiagoa@agustinianos.udea.edu.co](mailto:antiagoa@agustinianos.udea.edu.co).

## **Introducción**

Pese a su riqueza natural en bosques, Colombia carece de una estructura de explotación que le permita hacer un uso más racional y eficiente de la misma. La tala indiscriminada de bosques sólo tiene consecuencias ecológicas, ya que desde el punto de vista económico son muy escasos los beneficios que reporta al país y a quienes se dedican a la explotación de maderas en Colombia. Ni siquiera la explotación ilegal de madera obtiene resultados favorables, pues la ilegalidad implica elevados costos por sobornos que reducen los márgenes de ganancia.

En este Borrador se mostrará la participación de Colombia en el mercado de maderas de los Estados Unidos. Para esto se va a utilizar un tipo de modelo de estimación de la demanda conocido como el Sistema de Demanda Casi Ideal Diferenciado por Fuentes Restringido (RSDAIDS, por sus siglas en Inglés). A partir de este modelo será posible determinar las elasticidades precio (hicksianas y marshallianas) y las elasticidades ingreso de cuatro tipos diferentes de maderas provenientes de distintos orígenes. La determinación de las elasticidades del mercado importador servirá como referente para una política interesada en racionalizar la explotación maderera en Colombia o en reorientar el actual flujo comercial de productos maderables hacia Estados Unidos.

En la primera sección se expone brevemente la situación de las exportaciones colombianas de los cuatro tipos de madera a Estados Unidos, comparándola con la que presentan otros países exportadores. En la segunda, se presenta el modelo RSDAIDS que será usado para el cálculo de las elasticidades. En la tercera se muestran los resultados más relevantes de la estimación del modelo y en la última sección se presentan algunas conclusiones.

### **1. Riqueza forestal y mercado mundial de maderas**

A pesar de que Colombia todavía presenta más del 46% de su territorio cubierto de bosques naturales, y a pesar de tener aproximadamente 20 millones de hectáreas aptas para plantaciones, el sector forestal no ha sido considerado como un potencial generador de ingresos, divisas y empleo productivo. Las condiciones tropicales de Colombia representadas en un abundante régimen de lluvias, combinado con altas elevaciones y pendientes, le dan al país una situación privilegiada para la explotación forestal en un contexto de sostenibilidad. El potencial forestal de Colombia no sólo se manifiesta en las posibilidades de obtener una gran diversidad de productos maderables, sino que también le da al país otras ventajas comparativas en una serie de servicios ambientales como la regularización de caudales, fijación de carbono, hábitat para la biodiversidad y ecoturismo.

Todos los bienes y servicios que generan los bosques tropicales adquieren mayor relevancia cuando se analizan en un contexto de comercio internacional. En el mundo contemporáneo ocho regiones lideran la producción y el mercado mundial de maderas. Ellas son: los países nórdicos, la exunión soviética (oriental y occidental), Canadá (oriental y occidental), el sur y el noroccidente de los Estados Unidos y el sudeste asiático. Estas ocho regiones proveen la mayor fuente de comercio internacional de recursos forestales. Con excepción de los países nórdicos y el sur de los Estados Unidos, donde la mayoría de los bosques son plantados, las regiones exportadoras están basando sus explotaciones sobre bosques naturales antiguos. Aproximadamente el 70% de la producción y exportaciones de madera a nivel mundial proviene de estas ocho regiones (Sedjo y Lyon, 1983).

En el escenario mundial actual, sin embargo, ha aparecido otro grupo de países que ha empezado a impactar la oferta mundial de maderas. Las naciones emergentes en el mercado de productos forestales están localizadas fundamentalmente en América Latina con Chile, Brasil, e inclusive Venezuela y Honduras; Oceanía con Nueva Zelanda y Sudáfrica. Colombia aún está lejos de aparecer en las estadísticas internacionales como país exportador de maderas. Sin embargo, existe consenso sobre el potencial forestal del país que, sin lugar a dudas, requiere una sana política de largo plazo para que Colombia comience a ganar terreno en el mercado mundial de maderas con la consecuente generación de ingresos y empleo, en particular, en las áreas rurales.

En este orden ideas, un estudio realizado por una compañía reforestadora (Reforestadora El Guásimo, 1998) establece que la tasa de crecimiento del bosque, que se mide por el incremento de la biomasa por hectárea por año en metros cúbicos, le da una gran ventaja a Colombia en diferentes especies maderables. Por ejemplo, la especie denominada Pino Tucunumani que se cultiva en varios países presenta el siguiente crecimiento: Canadá 1.6 metros cúbicos; Estados Unidos 2.6; Finlandia y Suecia 3.0; Chile 12 y Colombia 35 metros cúbicos por hectárea por año.

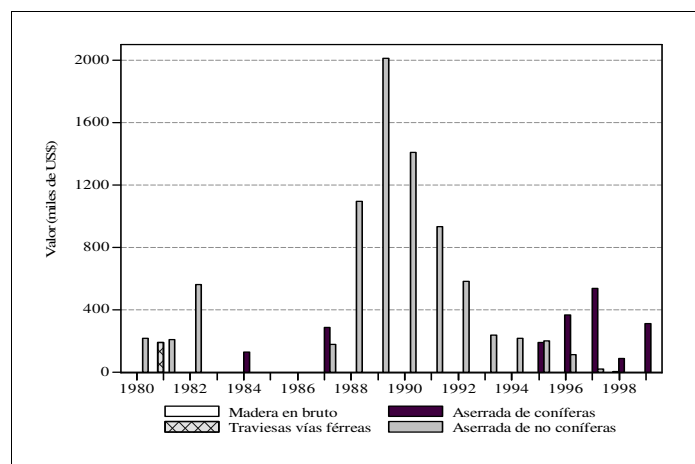
Por ser Estados Unidos uno de los mayores importadores de madera del mundo<sup>1</sup> y además el principal socio comercial de Colombia, este estudio se centra en la demanda de importaciones de madera de los Estados Unidos y sus implicaciones para Colombia como un potencial exportador.

### 1.1. Colombia en el mercado de maderas de Estados Unidos.<sup>2</sup>

En este Borrador se toman los siguientes tipos de madera: madera en bruto (tronco), traviesas para vías férreas, madera aserrada de coníferas y madera aserrada de no-coníferas.<sup>3</sup> Junto a Colombia se consideran las siguientes fuentes de origen de dichos tipos de madera: Norteamérica (Canadá), Asia, Otros América (América sin Estados Unidos y Canadá) y resto del mundo (África, Europa y Oceanía).

En la figura 1 se muestra el valor de las exportaciones de los cuatro tipos de madera desde Colombia hacia los Estados Unidos. Las cantidades aparecen en miles de dólares corrientes. En esta figura, se observa que el principal rubro de exportación es la madera aserrada de no-coníferas, la cual alcanzó un valor máximo de \$ 2 millones de dólares aproximadamente en 1989.

Figura 1. Exportaciones de madera colombiana a EEUU, 1980-1999  
(miles de US\$ corrientes)



Fuente: DANE

La madera aserrada de no-coníferas se presenta como la única exportación maderable para 1980 y 1982, y entre 1989 y 1994. Por su parte, la madera aserrada de coníferas se constituye en el segundo rubro de exportación. En 1997 alcanza un valor máximo de \$538 mil dólares. Para 1984, 1998 y 1999 se constituyó en la única exportación maderable a Estados Unidos. La madera en bruto y las traviesas no presentan valores significativos de transacción comercial. Solamente, en 1981 se tiene un valor de exportación de traviesas que alcanza un total de \$192 mil dólares.

<sup>1</sup> En 1998, Estados Unidos participó con el 60% de las importaciones mundiales de madera industrial en rollo.

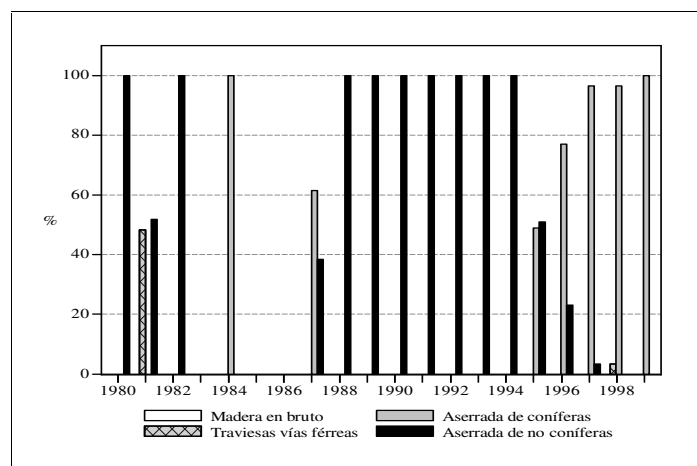
<sup>2</sup> La información utilizada fue suministrada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE– y por las Naciones Unidas –NU–.

<sup>3</sup> En la segunda sección, se van a tratar con más detalle los tipos de madera y las fuentes seleccionadas para el análisis.

La madera aserrada de no-coníferas, tuvo un período de crecimiento acelerado entre 1987 y 1989, pues se pasó de \$178 mil dólares en 1987 a \$2 millones de dólares en 1989. Se trata de un incremento superior al 1031% en sólo dos años. Luego de este incremento ha tenido un descenso continuado, hasta ser superada en participación (figura 2) por las exportaciones de madera aserrada de coníferas.

En la figura 2 se recogen las participaciones de los distintos tipos de madera en el total (para los cuatro tipos) de exportaciones de madera colombiana hacia Estados Unidos. La madera aserrada de no-coníferas participa con el 62.8% promedio anual. Por su parte, la madera aserrada de coníferas tuvo una participación promedio anual del 34.2% para todo el periodo. Finalmente, traviesas para vías férreas sólo tuvo participación significativa para 1981 donde tuvo una participación del 48.2% del total de exportaciones de maderas de Colombia hacia Estados Unidos.<sup>4</sup>

Figura 2. Participación de los tipos de madera en el total nacional, 1980-1999



Fuente: DANE

## 1.2. Análisis comparativo

En la figura 3 se muestra la participación de las exportaciones de cada tipo de madera de Colombia, en el mercado de cada uno de los mismos tipos en Estados Unidos. Dos hechos son destacables: en primer lugar, el único rubro con un porcentaje superior al 1% es el de traviesas para vías férreas, que alcanzó una participación cercana al 4.5% en 1981 (año que corresponde a una participación nacional del 48.2%). Sin embargo, el rubro no aparece de nuevo en ningún otro año. En segundo lugar, las maderas aserradas (conífera y no-conífera) han tenido una participación en el mercado de maderas aserradas de Estados Unidos que no llega al 1%. El promedio para la madera aserrada de no-coníferas es sólo del 0.16% anual (en 1989 tuvo una participación del 0.7%<sup>5</sup>). La madera aserrada de no-coníferas ha tenido una participación máxima del 0.7% en 1989. Finalmente, la madera aserrada de coníferas representa el 0.02% promedio anual del total de importaciones de madera aserrada de coníferas por parte de Estados Unidos. En 1987 alcanza una participación máxima cercana al 0.09% (este año no es el de mayor valor de exportaciones a Estados Unidos).

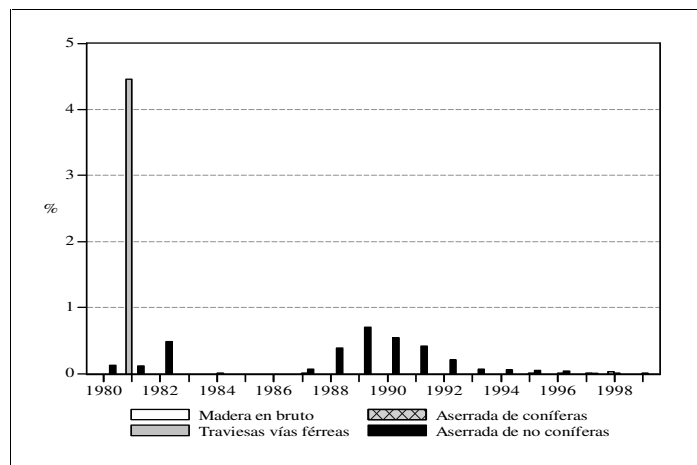
En las figuras 4, 5 y 6 se muestran las participaciones de cada tipo de madera, para su respectivo mercado en Estados Unidos, correspondientes a Canadá, otros países de América y Asia. Es evidente la elevada tasa de participación de Canadá en todos los bienes. Solamente, en maderas aserradas de no-coníferas cede terreno ante el resto de América y Asia. Sin embargo, no se debe perder de perspectiva que Canadá actúa como un país independiente, mientras que otros países de América y

<sup>4</sup> En 1998 representó el 3.4% del total de exportaciones.

<sup>5</sup> Recuérdese que este es el año de mayor valor en las exportaciones de aserradas de no-coníferas.

Asia son un conglomerado de países. Además, desde 1996 Canadá supera a ambas regiones y desde 1997 su participación está por encima de la suma de las dos.

Figura 3. Participación de las exportaciones madereras colombianas en el mercado de EE.UU., 1980-1999



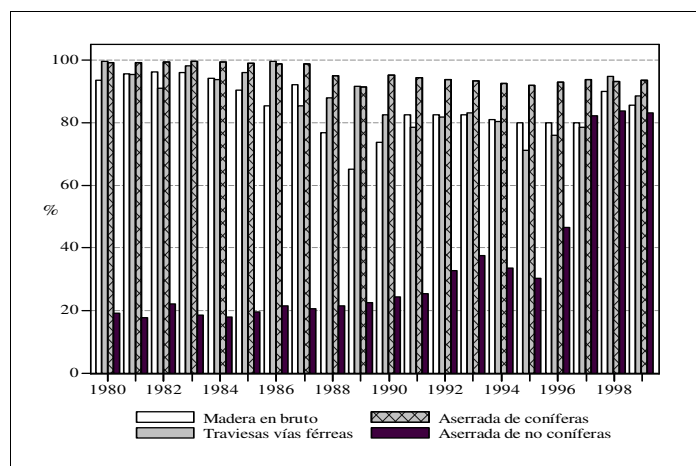
Fuente: DANE

En las figuras 5 y 6 se observa que otros países de América y Asia se reparten en iguales proporciones el remanente dejado por Canadá. Su principal rubro es el de madera aserrada de no-coníferas seguido de madera en bruto. La participación de Asia en traviesas para vías férreas no es significativa mientras que para el resto de América compete en importancia con madera aserrada de coníferas

En la figura 7 se presenta a Colombia en el contexto latinoamericano. En esta figura se muestra la participación de las exportaciones de cada tipo de madera, en relación con las mismas exportaciones por parte de sus vecinos geográficos. Es observable el bajo peso que dentro del contexto de la región posee Colombia, puesto que un rubro de tanta significación para nuestras exportaciones de madera, como el de aserradas de no-coníferas, nunca ha superado el 2.5% de total exportado (de este rubro) por parte de Latinoamérica a Estados Unidos. Más aún, la madera aserrada de coníferas, que desde 1996 se presenta como nuestro principal producto maderable de exportación, sólo alcanza un máximo de participación del 0.16% para el mismo período. Entre 1980 y 1999 tiene un tope del 1.16% en 1984.

Nuevamente las traviesas presentan un comportamiento especial en 1981, que rompe con su casi inexistente participación en el ámbito de las exportaciones maderables colombianas (figura 2). Para ese año, el 98.97% de las exportaciones de traviesas latinoamericanas para Estados Unidos provenían de Colombia. Desde ahí desaparece para volver a surgir en 1998 con una participación del 0.95%.

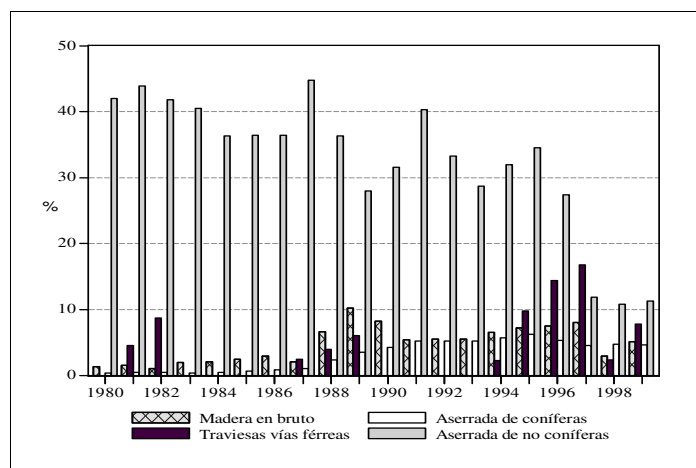
Figura 4. Participación de las exportaciones madereras de Canadá en el mercado de EE.UU., 1980-1999



Fuente: DANE

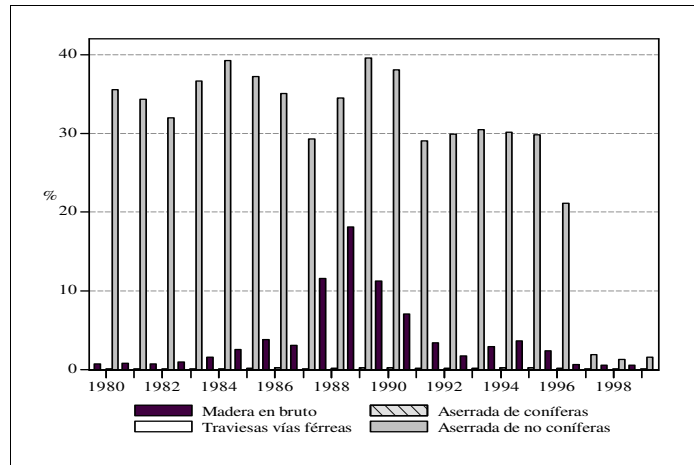
Es evidente el poco peso de las exportaciones colombianas de madera en el contexto global. Dada su precariedad comercial con su principal mercado importador (figura 8), no puede esperarse mejor desempeño con otros clientes comerciales. En el mundo se reconoce a Estados Unidos, Japón e Italia como los principales importadores de madera de todos los tipos. Colombia sólo muestra un flujo comercial efectivo con Estados Unidos (figura 8). No es entendible que un país que pierde cientos de hectáreas anuales por la tala indiscriminada de sus bosques, presente tan reducidas tasas de participación en el mercado mundial de maderas. Quizás sea la demanda interna la que exija que se desperdicie tal magnitud de recursos naturales. También es posible que la ilegalidad con la que se realiza el negocio maderero en Colombia, oculte el verdadero valor del flujo de madera que abandona el país, rumbo a los países desarrollados del primer mundo.

Figura 5 Participación de las exportaciones madereras de otros países de América en el mercado de EE.UU., 1980-1999



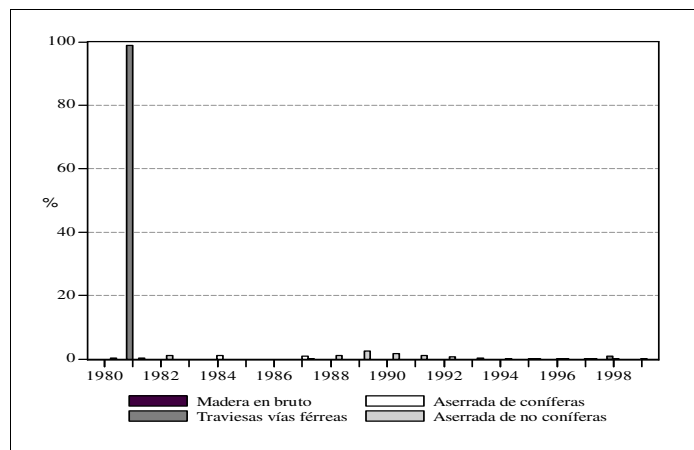
Fuente: DANE

Figura 6. Participación de las exportaciones madereras de Asia en el mercado de EE.UU., 1980-1999



Fuente: DANE

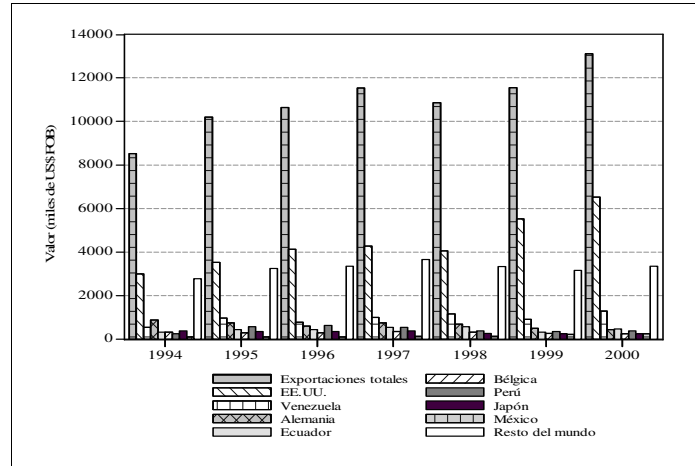
Figura 7 Participación de las exportaciones madereras colombianas en Otros países de América., 1980-1999



Fuente: DANE



Figura 8. Exportaciones totales de madera colombiana por destino, 1994-2000.



Fuente: DANE

## 2. Sistema de Demanda Casi Ideal Diferenciado por Fuentes y Restringido (Restricted Source Differentiated Almost Ideal Demand System –RSDAIDS–)

En la literatura, pocos modelos han sido usados para analizar la demanda de importaciones. Deaton y Muellbauer (1980) desarrollaron el modelo conocido en la literatura como el AIDS (Almost Ideal Demand System), un modelo de demanda casi ideal. Este modelo ha sido considerado como el de mayor flexibilidad, fácil uso y muy plausible por los resultados consistentes que arroja (Hayes, et al., 1990, Capps, et al., 1994, Lee, 1989; Seleka and Henneberry, 1993; and Eales and Wessells, 1999). Sin embargo, aplicaciones empíricas de este modelo, por lo general, asumen agregación por productos lo cual implica la no diferenciación de productos por fuentes (Hayes, Wahl, y Williams 1990). Asimismo, también se ha asumido en la mayoría de trabajos empíricos, la separabilidad por bloques entre los distintos bienes, lo cual le permite al modelo, consistir solamente de ecuaciones de participación para un bien considerando diferentes orígenes.

El modelo AIDS con diferenciación por fuentes restringido (RSDAIDS) se especifica de la siguiente manera:

$$w_{ih} = \alpha_{ih} + \sum_k \gamma_{ihk} \ln(p_{ik}) + \sum_{j \neq i} \gamma_{ihj} \ln(p_j) + \beta_{ih} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

donde:

$i$  y  $j$ : son mercancías.

$h$  y  $k$ : representan las fuentes o países exportadores.

$w_{ih}$  : representa la porción del presupuesto gastado en la mercancía  $i$  de la fuente  $h$ .

$p_{ik}$  : es el precio nominal de la mercancía  $i$  producida por la fuente  $k$ .

$p_j$  : precio agregado de la mercancía  $j$  no diferenciada por fuente,

$$\ln(p_j) = \sum_k w_{jk} \ln(p_{jk}).$$

$E$  : representa el gasto total.

$P$  : índice de precio de *Stone*,  $\ln(P) = \sum_i \sum_h w_{ih} \ln(p_{ih})$ .

$\alpha, \gamma, \beta$  : parámetros.

Las condiciones generales de demanda son:

$$\text{Aditividad: } \sum_i \sum_h \alpha_{ih} = 1; \quad \sum_h \gamma_{ihk} = 0; \quad \sum_i \sum_h \gamma_{ihj} = 0; \quad \sum_i \sum_h \beta_{ih} = 0.$$

$$\text{Homogeneidad: } \sum_k \gamma_{ihk} + \sum_{j \neq i} \gamma_{ihj} = 0.$$

$$\text{Simetría: } \gamma_{ihk} = \gamma_{ikh}.$$

En general, el modelo RSDAIDS tiene  $M + (N-1) + 2$  parámetros para estimar en cada ecuación siendo  $M$  el número de orígenes,  $N$  el número de bienes más la constante y el parámetro de gasto. (Yang y Koo, 1994).

El modelo tiene el supuesto implícito de que los efectos precio–cruzados de los productos del bien  $j$  (el efecto precio–cruzado de cada bien  $j$  proveniente de cada fuente  $k$ ) sobre la demanda para el producto  $h$  del bien  $i$  (la demanda del bien  $i$  proveniente de  $h$ ) son los mismos para todos los productos del bien  $j$  (el bien  $j$  proveniente de todas las fuentes), este supuesto se denomina “*block substitutability*”<sup>6</sup>. Por ejemplo, la demanda de Estados Unidos de madera en troncos de Norteamérica exhibe la misma respuesta precio–cruzada para las traviesas para vías férreas provenientes de otros países de América y de resto del mundo.

El supuesto de “*block substitutability*” se expresa como:

$$\gamma_{ihjk} = \gamma_{ihj} \quad \forall k \in j \neq i$$

Las elasticidades marshallianas, hicksianas e ingreso para el modelo RSDAIDS se definen de la siguiente forma:

Elasticidades marshallianas

$$\epsilon_{ihih} = -1 + \frac{\gamma_{ihh}}{w_{ih}} - \beta_{ih} \quad \epsilon_{ihik} = \frac{\gamma_{ihk}}{w_{ih}} - \beta_{ih} \left( \frac{w_{ik}}{w_{ih}} \right) \quad \epsilon_{ihj} = \frac{\gamma_{ihj}}{w_{ih}} - \beta_{ih} \left( \frac{w_j}{w_{ih}} \right)$$

<sup>6</sup> Para una explicación teórica más detallada, ver artículo original de Deaton y Mullbauer (1980) “An Almost Ideal Demand System”. *American Economic Review*. 70(1980): 312-26.

Elasticidades hicksianas:

$$\delta_{ihh} = -1 + \frac{\gamma_{ihh}}{w_{ih}} + w_{ih} \quad \delta_{ihk} = \frac{\gamma_{ihk}}{w_{ih}} + w_{ik} \quad \delta_{ihj} = \frac{\gamma_{ihj}}{w_{ih}} + w_j$$

Elasticidad ingreso:

$$\eta_{ih} = 1 + \frac{\beta_{ih}}{w_{ih}}$$

## 2.1. El modelo RSDAIDS y la importación de Estados Unidos de bienes maderables

La expansión de la ecuación del modelo RSDAIDS para las importaciones de los cuatro tipos de bienes maderables con sus respectivas fuentes genera las siguientes 15 ecuaciones, teniendo en cuenta que para éstas:

$$\begin{aligned} \ln(p_1) &= w_{1C} * \ln(p_{1C}) + w_{1O} * \ln(p_{1O}) + w_{1A} * \ln(p_{1A}) + w_{1R} * \ln(p_{1R}) \\ \ln(p_2) &= w_{2C} * \ln(p_{2C}) + w_{2O} * \ln(p_{2O}) + w_{2R} * \ln(p_{2R}) \\ \ln(p_3) &= w_{3C} * \ln(p_{3C}) + w_{3O} * \ln(p_{3O}) + w_{3A} * \ln(p_{3A}) + w_{3R} * \ln(p_{3R}) \\ \ln(p_4) &= w_{4C} * \ln(p_{4C}) + w_{4O} * \ln(p_{4O}) + w_{4A} * \ln(p_{4A}) + w_{4R} * \ln(p_{4R}) \\ \ln(p) &= \ln(p_1) + \ln(p_2) + \ln(p_3) + \ln(p_4) \end{aligned}$$

donde las fuentes de las importaciones de EE.UU. son:

Cuadro 1. Fuentes de las importaciones de EE.UU. de bienes maderables

Madera en troncos (1)	Madera aserrada de coníferas (2)	Madera aserrada de no coníferas (3)	Traviesas para vías férreas (4)
Canadá (C)	Canadá (C)	Canadá (C)	Canadá (C)
Otros de América (O)	Otros de América (O)	Otros de América (O)	Otros de América (O)
Asia (A)	Asia (A)	Asia (A)	Resto del mundo
Resto del mundo (R)	Resto del mundo (R)	Resto del mundo (R)	(R)

Importaciones de madera en troncos:

$$\begin{aligned} w_{1C} &= \alpha_{1C} + \gamma_{1CC} \ln(p_{1C}) + \gamma_{1CO} \ln(p_{1O}) + \gamma_{1CA} \ln(p_{1A}) + \gamma_{1CR} \ln(p_{1R}) + \gamma_{1C2} \ln(p_2) + \gamma_{1C3} \ln(p_3) \\ &+ \gamma_{1C4} \ln(p_4) + \beta_{1C} \ln\left(\frac{E}{P}\right) \end{aligned}$$

$$w_{1O} = \alpha_{1O} + \gamma_{1OC} \ln(p_{1C}) + \gamma_{1OO} \ln(p_{1O}) + \gamma_{1OA} \ln(p_{1A}) + \gamma_{1OR} \ln(p_{1R}) + \gamma_{1O2} \ln(p_2) + \gamma_{1O3} \ln(p_3) \\ + \gamma_{1O4} \ln(p_4) + \beta_{1O} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{1A} = \alpha_{1A} + \gamma_{1AC} \ln(p_{1C}) + \gamma_{1AO} \ln(p_{1O}) + \gamma_{1AA} \ln(p_{1A}) + \gamma_{1AR} \ln(p_{1R}) + \gamma_{1A2} \ln(p_2) + \gamma_{1A3} \ln(p_3) \\ + \gamma_{1A4} \ln(p_4) + \beta_{1A} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{1R} = \alpha_{1R} + \gamma_{1RC} \ln(p_{1C}) + \gamma_{1RO} \ln(p_{1O}) + \gamma_{1RA} \ln(p_{1A}) + \gamma_{1RR} \ln(p_{1R}) + \gamma_{1R2} \ln(p_2) + \gamma_{1R3} \ln(p_3) \\ + \gamma_{1R4} \ln(p_4) + \beta_{1R} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

Importaciones de madera aserrada de coníferas:

$$w_{2C} = \alpha_{2C} + \gamma_{2CC} \ln(p_{2C}) + \gamma_{2CO} \ln(p_{2O}) + \gamma_{2CA} \ln(p_{2A}) + \gamma_{2CR} \ln(p_{2R}) + \gamma_{2C1} \ln(p_1) + \gamma_{2C3} \ln(p_3) \\ + \gamma_{2C4} \ln(p_4) + \beta_{2C} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{2O} = \alpha_{2O} + \gamma_{2OC} \ln(p_{2C}) + \gamma_{2OO} \ln(p_{2O}) + \gamma_{2OA} \ln(p_{2A}) + \gamma_{2OR} \ln(p_{2R}) + \gamma_{2O1} \ln(p_1) + \gamma_{2O3} \ln(p_3) \\ + \gamma_{2O4} \ln(p_4) + \beta_{2O} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{2A} = \alpha_{2A} + \gamma_{2AC} \ln(p_{2C}) + \gamma_{2AO} \ln(p_{2O}) + \gamma_{2AA} \ln(p_{2A}) + \gamma_{2AR} \ln(p_{2R}) + \gamma_{2A1} \ln(p_1) + \gamma_{2A3} \ln(p_3) \\ + \gamma_{2A4} \ln(p_4) + \beta_{2A} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{2R} = \alpha_{2R} + \gamma_{2RC} \ln(p_{2C}) + \gamma_{2RO} \ln(p_{2O}) + \gamma_{2RA} \ln(p_{2A}) + \gamma_{2RR} \ln(p_{2R}) + \gamma_{2R1} \ln(p_1) + \gamma_{2R3} \ln(p_3) \\ + \gamma_{2R4} \ln(p_4) + \beta_{2R} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

Importaciones madera aserrada de no coníferas:

$$w_{3C} = \alpha_{3C} + \gamma_{3CC} \ln(p_{3C}) + \gamma_{3CO} \ln(p_{3O}) + \gamma_{3CA} \ln(p_{3A}) + \gamma_{3CR} \ln(p_{3R}) + \gamma_{3C1} \ln(p_1) + \gamma_{3C2} \ln(p_2) \\ + \gamma_{3C4} \ln(p_4) + \beta_{3C} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{3O} = \alpha_{3O} + \gamma_{3OC} \ln(p_{3C}) + \gamma_{3OO} \ln(p_{3O}) + \gamma_{3OA} \ln(p_{3A}) + \gamma_{3OR} \ln(p_{3R}) + \gamma_{3O1} \ln(p_1) + \gamma_{3O2} \ln(p_2) \\ + \gamma_{3O4} \ln(p_4) + \beta_{3O} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{3A} = \alpha_{3A} + \gamma_{3AC} \ln(p_{3C}) + \gamma_{3AO} \ln(p_{3O}) + \gamma_{3AA} \ln(p_{3A}) + \gamma_{3AR} \ln(p_{3R}) + \gamma_{3A1} \ln(p_1) + \gamma_{3A2} \ln(p_2) \\ + \gamma_{3A4} \ln(p_4) + \beta_{3A} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{3R} = \alpha_{3R} + \gamma_{3RC} \ln(p_{3C}) + \gamma_{3RO} \ln(p_{3O}) + \gamma_{3RA} \ln(p_{3A}) + \gamma_{3RR} \ln(p_{3R}) + \gamma_{3R1} \ln(p_1) + \gamma_{3R2} \ln(p_2) \\ + \gamma_{3R4} \ln(p_4) + \beta_{3R} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

### Importaciones de traviesas para vías férreas:

$$w_{4C} = \alpha_{4C} + \gamma_{4CC} \ln(p_{4C}) + \gamma_{4CO} \ln(p_{4O}) + \gamma_{4CR} \ln(p_{4R}) + \gamma_{4C1} \ln(p_1) + \gamma_{4C2} \ln(p_2) + \gamma_{4C3} \ln(p_3) + \beta_{4C} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{4O} = \alpha_{4O} + \gamma_{4OC} \ln(p_{4C}) + \gamma_{4OO} \ln(p_{4O}) + \gamma_{4OR} \ln(p_{4R}) + \gamma_{4O1} \ln(p_1) + \gamma_{4O2} \ln(p_2) + \gamma_{4O3} \ln(p_3) + \beta_{4O} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

$$w_{4R} = \alpha_{4R} + \gamma_{4RC} \ln(p_{4C}) + \gamma_{4RO} \ln(p_{4O}) + \gamma_{4RR} \ln(p_{4R}) + \gamma_{4R1} \ln(p_1) + \gamma_{4R2} \ln(p_2) + \gamma_{4R3} \ln(p_3) + \beta_{4R} \ln\left(\frac{E}{P}\right)$$

## **2.2. Descripción de los datos y método de estimación**

Tradicionalmente, los modelos AIDS y RSDAIDS son estimados empíricamente usando el modelo econométrico SUR (Seemingly Unrelated Regression). Este modelo genera estimaciones de los parámetros mucho más eficientes que los estimadores OLS (Ordinary Least Squares). Primero, se define el sistema de ecuaciones con sus respectivas restricciones y luego se elimina una de ellas para evitar el problema de singularidad del sistema. El software utilizado es el SAS que mediante un programa específico arroja las elasticidades marshallianas, hicksianas y de ingreso. La información estadística fue suministrada por las Naciones Unidas, la Organización de Mundial de Alimentos (FAO por sus siglas en inglés) y el Departamento de Planeación Nacional de Colombia. El período de estudio es 1980-1999.

Para llevar a cabo el proceso de estimación de las elasticidades precio, precio-cruzado e ingreso de la demanda por importaciones de productos maderables de Estados Unidos,<sup>7</sup> utilizando el modelo RSDAIDS, se utilizaron las series anuales sobre las importaciones de cuatro tipos de madera para el período 1979-1999, proporcionadas por las Naciones Unidas, a saber: madera en troncos no tratada de coníferas y no coníferas, traviesas para vías férreas, madera de coníferas aserrada y cepillada, y madera de no coníferas aserrada y cepillada. Cada uno de estos bienes fue importado de diferentes orígenes, en este caso de regiones geográficas: Norteamérica (Canadá) como principal exportador mundial de bienes maderables, otros países de América (países de centro y sur América, entre ellos Colombia), Asia y resto de regiones (países de los continentes de Europa, África y Oceanía).

La clasificación de estas regiones como fuentes de las importaciones estadounidenses se realizó con base en que Canadá, ha presentado, para el período en consideración, la mayor participación dentro de las importaciones de Estados Unidos (ver cuadro), situación que reduce considerablemente las participaciones de cualquier otro país. Por lo anterior, resulta más conveniente considerar las fuentes por regiones. En este caso por continentes. Desafortunadamente, la participación de Colombia en las importaciones de madera de Estados

---

<sup>7</sup> El cual es reconocido como el principal importador mundial y el principal destino de la mayoría de los productos de madera colombianos (figura 8).

Unidos no es lo suficientemente grande como para considerarse individualmente. Esta situación, aunque no permite calcular las elasticidades precio e ingreso para Colombia, no le resta generalidad al trabajo y permite poner en perspectiva las exportaciones colombianas en contraste con sus competidores.

Cuadro 2. Participación promedio del valor de las importaciones de cada tipo de madera de EE.UU. por fuentes 1975-1999 (%)

	Canadá (C)	Otros de América (O)	Asia (A)	Resto del mundo (R)
Madera en troncos (1)	85.28	4.93	3.78	6.00
Madera de coníferas (2)	95.91	2.94	0.11	1.04
Madera de no coníferas (3)	33.31	32.09	29.50	5.10
Traviesas férreas (4)	88.00	4.05	7.95	-----

Los datos de importaciones se tomaron en dólares corrientes lo mismo que los datos de ingreso y gasto para calcular los índices de precios de Stone. Las importaciones correspondientes madera de traviesas para vías férreas (4) se omitieron del análisis debido a la escasez de series completas para el periodo de estudio, por lo tanto se procedió a estimar un modelo RSDAIDS compuesto por doce ecuaciones correspondientes a las importaciones de madera en troncos (1), madera de coníferas (2) y madera de no coníferas (3) cuyas fuentes están especificadas en el cuadro 1.

### 2.3. El modelo econométrico SUR (Seemingly Unrelated Regression)

Para estimar este sistema de ecuaciones, la literatura recomienda usar el modelo econométrico conocido como SUR o regresión aparentemente no relacionada. Este modelo se expresa formalmente en la siguiente ecuación:

$$y_i = X_i\beta_i + \mu_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

donde  $y_i$  es un vector de observaciones  $n \times 1$ ;  $X_i$  es una matriz de observaciones de las variables explicatorias;  $\beta_i$  es el vector de coeficientes  $k_i \times 1$  y  $\mu_i$  es un vector  $n \times 1$  de perturbaciones.

Se asume que el término de error y las variables explicatorias en cada ecuación no están correlacionadas. La pregunta relevante es si las ecuaciones se pueden estimar en forma conjunta o separadamente. La literatura sobre el modelo SUR (Johnston y Dinardo, 1997) reconoce dos casos importantes: si  $\sigma_{ij} = 0, i \neq j$  o  $X_1 = X_2 = \dots = X_m$ , el estimador GLS (Generalized Least Squares) se reduce a la aplicación de OLS (Ordinary Least Squares) para cada ecuación. Si el término de error se distribuye normalmente, los estimadores OLS son también estimadores ML (Maximum Likelihood). En el Apéndice 1 se presentan las matrices teóricas para el cálculo de las elasticidades precio e ingreso de la demanda.

## 3. Resultados

El objetivo central del modelo RSDAIDS es calcular las elasticidades precio e ingreso de la demanda para mirar cómo se comporta la demanda por importaciones ante cambios en los

precios e ingreso de los países que participan en el mercado de un bien específico. La estimación de los parámetros  $\beta$  usando el modelo econométrico SUR es clave para el cálculo de las elasticidades marshallianas y hicksianas. En los Cuadros 3 y 4 se presentan estimaciones de ambos tipos de elasticidades.

Todos los signos de las elasticidades propias resultaron ser los esperados, con excepción de la elasticidad propia de la madera en troncos para el Resto del Mundo que presenta un signo positivo y significativo (Cuadros 3 y 4). Igualmente, todas las elasticidades ingreso resultaron con el signo positivo esperado, excepto para el caso de otros países de América en lo referente a madera aserrada de no coníferas. Sin embargo, el estimador no es significativo estadísticamente. Es importante señalar que una elasticidad propia negativa indica que un cambio positivo en el precio del bien debe producir una caída en la demanda del mismo. En el caso de las elasticidades precio cruzadas el signo puede ser positivo o negativo, dependiendo del grado de sustituibilidad o complementariedad con el que los consumidores del país importador perciben los bienes diferenciados por fuentes.

Un país o región geográfica se considera con una posición competitiva favorable para aumentar su participación en el mercado cuando el gasto es elástico y el propio precio es inelástico. Del Cuadro 3 se desprende, por ejemplo, que el mercado asiático de madera en tronco es bastante elástico en términos de ingreso. Es decir, un aumento en el ingreso de los Estados Unidos en uno por ciento aumenta la demanda por troncos de madera provenientes de Asia en 2.7 por ciento, siendo esta la elasticidad ingreso más alta. Sin embargo, para el caso de la madera aserrada de coníferas, el grupo de países dentro de la categoría resto del mundo presenta la mayor elasticidad ingreso. Como era de esperarse, para el caso de las maderas no coníferas, Canadá presenta la mayor elasticidad ingreso.

Si se analiza un poco las elasticidades precio cruzadas también, se encuentran resultados interesantes. Por ejemplo, tomando el caso del precio de las maderas en tronco provenientes de otros países de América, incluyendo Colombia, con respecto al precio de las mismas maderas provenientes de Asia se encuentra una elasticidad cruzada negativa. Esto significa que un aumento del precio de la madera en tronco, en el grupo de otros países de América, en uno por ciento reduce la demanda de la madera en tronco proveniente de Asia, lo cual significa que ambos bienes se consideran complementarios. Asimismo, una elasticidad precio cruzada positiva indica que un aumento del precio del bien en un país genera un aumento de la demanda por el mismo bien en otro país, lo cual significa que ambos bienes son sustitutos, tal es el caso de la madera aserrada de coníferas de otros países de América y las del grupo de países del resto del mundo.

Estos resultados son importantes ya que permiten ver cual es la posición competitiva de los países en el mercado internacional de la madera. Las implicaciones para Colombia están dadas por el hecho de que Estados Unidos es el principal socio comercial del país y que las maderas provenientes de otros países de América distintos a Canadá presentan una alta elasticidad ingreso. Si Colombia decide desarrollar una política forestal agresiva para vincularse al mercado mundial de maderas, tendrá que enfrentarse a una competencia fuerte y la calidad de los productos colombianos debe ser tal que se convierta en sustituto perfecto de los otros bienes de orígenes diferentes, para lo cual las elasticidades son una señal importante.

Cuadro 3. Elasticidades marshallianas de la demanda de bienes maderables de Estados Unidos

	Madera en troncos (1)				Madera aserrada de coníferas (2)				Madera aserrada de no coníferas (3)			
	Canadá	Otros de América	Asia	Resto del mundo	Canadá	Otros de América	Asia	Resto del mundo	Canadá	Otros de América	Asia	Resto del mundo
P1c	-0.856 (-32.501)	-0.29 (-4.244)	-0.108 (-0.625)	-0.295 (-4.425)								
P1o	-0.016 (-4.003)	-0.782 (-19.609)	0.002 (0.067)	0.115 (4.821)								
P1a	-0.003 (-0.472)	0.002 (0.083)	-0.95 (-11.341)	-0.938 (-42.064)								
P1r	-0.015 (-1.414)	0.073 (2.542)	-0.101 (-1.152)	0.119 (4.820)								
P2c					-0.879 (-62.5)	-1.198 (-)	-2.592 (-5.807)	-3.281 (-9.743)				
						14.128)						
P2o					-0.006 (-3.483)	-0.933 (-)	0.19 (2.883)	0.328 (4.916)				
						39.123)						
P2a					-0.002 (-4.166)	0.006 (2.759)	-2.565 (-25.22)	-0.035 (-3.678)				
P2r					-0.017 (-9.149)	0.122 (5.086)	-0.338 (-3.551)	-0.376 (-3.786)				
P3c									-0.499 (-2.276)	0.603 (5.449)	0.48 (3.166)	-0.127 (-0.739)
P3o									0.697 (5.24)	-1.144 (-7.955)	-0.282 (-2.213)	-0.907 (-6.67)
P3a									0.531 (3.086)	-0.252 (-2.097)	-2.271 (-10.357)	-0.195 (-1.043)
P3r									-0.023 (-0.753)	-0.135 (-6.531)	-0.03 (-0.995)	-1.322 (-31.289)
Y	0.494 (3.252)	1.892 (10.425)	2.686 (3.679)	1.847 (10.273)	0.993 (120.57)	2.122 (27.417)	1.875 (6.369)	2.851 (7.778)	1.051 (7.991)	-0.21 (-1.294)	0.463 (2.016)	0.964 (3.982)

$R^2$  ponderado del sistema 0.9557.

Los valores entre paréntesis corresponden a los estadísticos de prueba  $t$ .



Cuadro 4. Elasticidades hicksianas de la demanda de bienes maderables de Estados Unidos

	Madera en troncos (1)				Madera aserrada de coníferas (2)				Madera aserrada de no coníferas (3)			
	Canadá	Otros de América	Asia	Resto del mundo	Canadá	Otros de América	Asia	Resto del mundo	Canadá	Otros de América	Asia	Resto del mundo
P1c	-0.875 (-33.431)*	-0.292 (-4.272)*	-0.100 (-0.580)	-0.297 (-4.460)*								
P1o	-0.017 (-4.272)*	-0.782 (-)	0.0029 (0.081)	0.1149 (4.816)*								
P1a	-0.004 (0.580)	0.002 (0.081)	-0.950 (11.323)*	0.061 (2.744)*								
P1r	-0.017 (-1.530)	0.073 (2.538)*	-0.101 (-1.144)	-0.880 (-35.746)*								
P2c					-1.770 (-)	-1.089 (-19.02)	-3.062 (-5.897)	-1.642 (-9.242)				
P2o					121.29)*	-0.033 (-)	-0.929 (-38.44)	0.186 (2.808)	0.351 (5.185)			
P2a					19.024)*	-0.0033 (5.897)*	0.0066 (2.808)	-2.565 (25.23)	-0.034 (-3.588)			
P2r					-0.0273 (-14.21)*	0.123 (5.185)	-0.340 (-3.588)	-0.367 (-3.752)				
P3c									-0.516 (-2.357)	0.564 (5.106)	0.453 (2.987)	-0.147 (-0.862)
P3o									0.677 (5.106)	-1.191 (-8.320)	-0.314 (-2.481)	-0.929 (-6.897)
P3a									0.512 (2.987)	-0.296 (-2.481)	-2.302 (-10.570)	-0.216 (1.162)
P3r									-0.026 (-0.848)	-0.142 (-6.897)	-0.035 (-1.162)	-1.325 (-31.381)
Y	0.494 (3.522)	1.892 (10.425)	2.686 (3.679)	1.847 (10.273)	0.993 (120.57)	2.122 (27.417)	1.875 (6.369)	2.581 (7.778)	1.051 (7.991)	-0.210 (-1.294)	0.463 (2.016)	0.964 (3.982)

$R^2$  ponderado del sistema 0.9557.

Los valores entre paréntesis corresponden a los estadísticos de prueba  $t$ .

#### 4. Conclusiones

Las precarias cifras de participación de Colombia en el mercado de maderas de Estados Unidos, durante las décadas de 1980 y 1990, ponen de manifiesto un problema de gran relevancia. Colombia no hace uso adecuado de sus recursos naturales, particularmente los bosques, y desperdicia las oportunidades comerciales que pueden conseguirse a partir de los mismos. Es necesario reorganizar el esquema de explotación maderera en Colombia, dejando atrás las actuales condiciones de marginalidad. Un claro ejemplo de cómo utilizar el potencial comercial de los recursos naturales lo presenta Canadá, ya que este solo país concentra más del 70% de las importaciones de maderas de Estados Unidos.

El modelo RSDAIDS permite calcular las elasticidades precio e ingreso de la demanda con el objeto de determinar la posición favorable o desfavorable de los países en el mercado internacional de un bien determinado. La posición más favorable, para el caso de todas las maderas analizadas en este trabajo, que importa los Estados Unidos, la ostenta Canadá por sus condiciones de calidad y ubicación respecto al mercado americano. Sin embargo, esto no excluye el hecho de que muchas de esas maderas sean consideradas como sustitutos cuando provienen de otros orígenes lo cual representa una ventaja para los países tropicales cuyo potencial es muy significativo, dada además, la alta elasticidad ingreso que se observa en los resultados. A diferencia de otros bienes de carácter primario y agrícola, los productos maderables presentan una alta elasticidad ingreso. En este caso particular, un aumento en el ingreso de los Estados Unidos se traduce en un aumento de la demanda por importaciones de productos forestales, lo cual representaría una gran oportunidad de negocios para Colombia.

El diseño de una política forestal de largo plazo en Colombia debe consultar la posición favorable o desfavorable de sus principales competidores, justamente en términos de las elasticidades precio e ingreso. No sobra decir que el problema de calidad de la madera, que de alguna manera se refleja en los precios y en las condiciones de sustituibilidad, es un problema que podría ser analizado usando el modelo RSDAIDS como una variable no estrictamente económica pero que afecta las decisiones de los consumidores. Este sería un aspecto relevante a tratar en otro estudio y que haría parte de una agenda de investigación en el área de comercio y recursos naturales.

#### Referencias

- Capps, O. Jr., R. Tsai, R. Kirby and G. W. Williams. "A Comparison of Demand for Meat Products in the Pacific Rim Region." *Journal Agricultural and Resource Economics* 19(1) (1994): 210-224.
- Deaton, A and J. Muellbauer. "An Almost Ideal Demand System." *American Economic Review*. 70 (1980): 312-326
- Eales, J., and Cathy R. Wessells. "Testing Separability of Japanese Demand for Meat and Fish Within Differential Demand Systems." *Journal of Agricultural and Resource Economics* 24(July 1999):114-126
- Hayes, Dermont J., Thomas I. Wahl, and Gary Williams. "Testing Restrictions on a model of Japanese Meat Demand." *American Journal of Agricultural Economics*, 72(August 1990): 556-566.
- Henneberry, S., Piewthongngam, K., and Han Qiang. "Consumer Food Safety Concerns and Fresh Produce Consumption." *Journal of Agricultural and Resource Economics*. 24(July 1999):98-113.
- Johnston, J. and John Dinardo. *Econometric Methods*. Fourth Edition. The McGraw Hill Companies, 1997

Lee, J. "An Analysis of Value-added Agricultural Exports to the Middle-Income Developing Countries: The Case of Wheat and Beef Products." Master's thesis, Oklahoma State University, 1989.

Seleka, T. and D.M. Henneberry. "An Econometric Analysis of Total (Domestic) and Import Demand for Beef in Hong Kong." *Journal of International Food and Agribusiness Marketing* 5(2) (1993).

### Anexo A

Representación Matricial de las elasticidades marshallianas, hicksianas e ingreso

$$\begin{array}{cccccc|c|c|c|c}
 \frac{1}{w_{ih}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{w_{ih}}{w_{ih}} & & & & -1 + \frac{\gamma_{ih}}{w_{ih}} + \beta_{ih} \\
 0 & \frac{1}{w_{ih}} & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{w_{ihk}}{w_{ih}} & & & & \frac{\gamma_{ik}}{w_{ih}} - \beta_{ih} \left( \frac{w_{ik}}{w_{ih}} \right) \\
 0 & 0 & \frac{1}{w_{ih}} & 0 & 0 & 0 & -\frac{w_{ihk}}{w_{ih}} & & & & \frac{\gamma_{ik}}{w_{ih}} - \beta_{ih} \left( \frac{w_{ik}}{w_{ih}} \right) \\
 0 & 0 & 0 & \frac{1}{w_{ih}} & 0 & 0 & -\frac{w_{ihk}}{w_{ih}} & & & & \frac{\gamma_{ik}}{w_{ih}} - \beta_{ih} \left( \frac{w_{ik}}{w_{ih}} \right) \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{w_{ih}} & 0 & -\frac{w_{ihj}}{w_{ih}} & & & & \frac{\gamma_{ik}}{w_{ih}} - \beta_{ih} \left( \frac{w_{ik}}{w_{ih}} \right) \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{w_{ih}} & -\frac{w_{ihj}}{w_{ih}} & & & & \frac{\gamma_{ik}}{w_{ih}} - \beta_{ih} \left( \frac{w_{ik}}{w_{ih}} \right) \\
 \hline
 \frac{1}{w_{ih}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & -1 + \frac{\gamma_{ih}}{w_{ih}} + w_{ih} \\
 0 & \frac{1}{w_{ih}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & \frac{\gamma_{ihk}}{w_{ih}} + w_{ik} \\
 0 & 0 & \frac{1}{w_{ih}} & 0 & 0 & 0 & 0 & & & & \frac{\gamma_{ihk}}{w_{ih}} + w_{ik} \\
 0 & 0 & 0 & \frac{1}{w_{ih}} & 0 & 0 & 0 & & & & \frac{\gamma_{ihk}}{w_{ih}} + w_{ik} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{w_{ih}} & 0 & 0 & & & & \frac{\gamma_{ihj}}{w_{ih}} + w_j \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{w_{ih}} & 0 & & & & \frac{\gamma_{ihj}}{w_{ih}} + w_j \\
 \hline
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{w_{ih}} & & & & 1 + \frac{\beta_{ih}}{w_{ih}}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \gamma_{ih} \\
 \gamma_{ihk} \\
 \gamma_{ihk} \\
 \gamma_{ihk} \\
 \gamma_{ihj} \\
 \beta_{ih}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 -1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{array}
 +
 \begin{array}{c}
 -1 + w_{ih} \\
 w_{ik} \\
 w_{ik} \\
 w_{ik} \\
 w_{ihj} \\
 w_{ihj} \\
 1
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 -1 + \frac{\gamma_{ih}}{w_{ih}} + w_{ih} \\
 \frac{\gamma_{ihk}}{w_{ih}} + w_{ik} \\
 \frac{\gamma_{ihk}}{w_{ih}} + w_{ik} \\
 \frac{\gamma_{ihk}}{w_{ih}} + w_{ik} \\
 \frac{\gamma_{ihj}}{w_{ih}} + w_j \\
 \frac{\gamma_{ihj}}{w_{ih}} + w_j \\
 1 + \frac{\beta_{ih}}{w_{ih}}
 \end{array}$$

$$\mathbf{Ab} + \mathbf{c} = \mathbf{d}$$

Los primeros seis elementos del vector **d** son las elasticidades marshallianas. Los segundos seis elementos son las elasticidades hicksianas y el último elemento es la elasticidad ingreso. Con esta matriz teórica se procede a programarla en el paquete econométrico SAS (procedimiento IML) con base en las estimaciones de los parámetros  $\gamma$  y  $\beta$ .

## Anexo B

Prueba de Wald para la separabilidad en bloque y agregación del producto
<ul style="list-style-type: none"> <li>Separabilidad en bloque</li> </ul>
Ho: Madera en troncos es separable de madera aserrada de coníferas y no coníferas $F = 7.64^*$
Ho: Aserrada de coníferas es separable de madera en troncos y no coníferas $F = 26.60^*$
Ho: Aserrada de no coníferas es separable de madera en troncos y aserrada de coníferas $F = 2.45^*$
<ul style="list-style-type: none"> <li>Agregación del producto</li> </ul>
Ho: Madera en troncos puede ser agregada $F = 12.23^*$
Ho: Madera aserrada de coníferas puede ser agregada $F = 3765^*$
Ho: Madera aserrada de no coníferas puede ser agregada $F = 2497^*$
Ho: Madera en troncos, madera aserrada de coníferas y madera aserrada de no coníferas pueden ser agregadas $F = 247.59^*$
* Significativo al 1%

## Borradores del CIE

No.	Título	Autor(es)	Fecha
01	Organismos reguladores del sistema de salud colombiano: conformación, funcionamiento y responsabilidades.	Durfari Velandia Naranjo Jairo Restrepo Zea Sandra Rodríguez Acosta	Agosto de 2002
02	Economía y relaciones sexuales: un modelo económico, su verificación empírica y posibles recomendaciones para disminuir los casos de sida.	Marcela Montoya Múnera Danny García Callejas	Noviembre de 2002
03	Un modelo RSDAIDS para las importaciones de madera de Estados Unidos y sus implicaciones para Colombia	Mauricio Alviar Ramírez Medardo Restrepo Patiño Santiago Gallón Gómez	Noviembre de 2002

Centro de Investigaciones Económicas  
Facultad de Ciencias Económicas  
Universidad de Antioquia  
Correo electrónico: [cie@agustinianos.udea.edu.co](mailto:cie@agustinianos.udea.edu.co)  
Tel: (4) 2 33 50 12; Tel/Fax: (4) 2 10 58 43  
A.A. 1226  
Medellín - Colombia