
Félix Hernández Álvarez ()*

*Criterios para valorar el balance
económico y ecológico de la
explotación de biomasa residual
en un sistema agroforestal*

1. INTRODUCCION

Con criterios de valoración exclusivos de mercado, la competitividad de la biomasa residual como combustible es cuestionable. Se calcula que su eficiencia energética en caldera apenas alcanza el 90% de la eficiencia del fuel y el 85% de la del gas (Strehler, 1987). Aunque su precio por unidad de energía útil transformada varía sensiblemente entre mercados locales, puede estimarse que su valor medio, bajo forma de briquetas por ejemplo, se mantiene en torno al 80% del precio del fuel doméstico (*ibíd.*). Considerada aisladamente, su explotación comercial, sin contabilizar otros beneficios de distinta naturaleza, parece incierta. Sin embargo, como actividad complementaria de otra principal —práctica preventiva contra incendios, por ejemplo— la simple recogida de la biomasa residual debe suponer un coste menor comparado con el beneficio de preservación de un sistema agroforestal, con independencia de que la utilización del

(*) Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

combustible biomasa neutralice o no el coste de su recogida. Así planteada, la predicción de su rentabilidad se convierte en un asunto complejo, que depende esencialmente de la «estrategia intencional» (Durán, 1993), es decir, del procesamiento de los datos seleccionados y de su categorización. Es el caso de los balances contables, donde la inclusión o la omisión de los beneficios ambientales determinan el resultado del propio balance.

El marco analítico de la economía ambiental, que revisa en profundidad el utilitarismo de Bentham y que pretende distinguir entre comportamiento del consumidor individual y del ciudadano perteneciente a un grupo social (Azqueta, 1992), contempla las interacciones complejas ecológicas y económicas a través de valoraciones donde se conjugan beneficios comerciales y ambientales. Distintas técnicas son susceptibles de aplicarse: métodos contingentes (descubrir cómo actuaría un individuo en presencia de mercados hipotéticos de oferta mixta, económica y ecológica), o bien valoraciones indirectas, tanto de las utilidades comerciales como de las ambientales (Campos y Pearce, 1992).

La revisión del enfoque económico estándar, en especial de la función de utilidad, desplaza el objeto de estudio desde la perspectiva convencional. En nuestro caso la revisión consiste en aplicar un modelo analítico formado por elementos de valoración heterogéneos: comerciales y ambientales. Se trata de caracterizar el signo del margen de ventas por biomasa residual, en relación a los gastos por recogida y transporte, más el beneficio ambiental de preservación del sistema derivado de esta práctica. Acotaciones del campo de consumo de la biomasa —limitación al entorno de montes de uso múltiple donde se venga practicando una gestión continuada y sistemática de los recursos, por ejemplo— favorecen la tendencia positiva de este signo.

En el apartado 1 de este trabajo se aplica el procedimiento de valoración económica total (VET). Un caso de estimación de los beneficios comerciales a corto y medio plazo es pre-

sentado como referencia ilustrativa. El análisis se complementa en el apartado 2, donde se recurre a la fórmula de la simulación de la incidencia de cada una de las variables dependientes sobre la principal (VET). Los campos probables de existencia abiertos para estas variables se definen en torno a los valores centrales estimados.

2. VALOR ECONOMICO TOTAL

En este trabajo se propone el concepto de valoración del valor económico total, definido como «beneficio de conservar y/o utilizar de forma sustentable o duradera un capital natural» (Campos, 1993). Está formado por beneficios comerciales y ambientales.

$$\text{VET} = \text{BC} + \text{BA} \quad [1]$$

Los beneficios comerciales asociados a la explotación de la biomasa residual como combustible se obtienen por simple diferencia entre ventas y gastos.

$$\text{BC} = \text{V} - \text{G} \quad [2]$$

El precio de biomasa por unidad de energía (1) aumentará desde P_b en el año 1 hasta $P_b (1 + b)^{(N-1)}$ en el año N, suponiendo un incremento medio anual de P_b , b . En relación al índice de inflación medio anual v , el valor de las ventas V en el período N, previa homogeneización de todos los sumandos al año 1 de referencia, será:

$$V = \sum_{j=1}^N P_b \left(\frac{1 + b}{1 + v} \right)^{(j-1)} \quad [3]$$

Por otro lado, el coste de recogida y transporte de biomasa por unidad de energía variará desde P_1 en el año 1 a P_1

(1) Todas las magnitudes expresadas de aquí en adelante se han reducido a dimensiones monetarias por unidad de energía, es decir, a ptas/kJ.

$(1 + l)^{(N-1)}$ en el año N, suponiendo un incremento medio anual de P_1 , l . En relación al índice de inflación medio anual v , el sumatorio del coste a lo largo de N años valdrá, previa homogeneización de todos los sumandos al año 1 de referencia:

$$G = \sum_{j=1}^N P_1 \left(\frac{1+l}{1+v} \right)^{(j-1)} \quad [4]$$

Sustituyendo las expresiones [3] y [4] en la igualdad [2], se obtiene (Hernández, 1987):

$$BC = (1+v) \left\{ \frac{P_b}{(b-v)} \left[\left(\frac{1+b}{1+v} \right)^N - 1 \right] - \frac{P_1}{(1-v)} \left[\left(\frac{1+l}{1+v} \right)^N - 1 \right] \right\} \quad [5]$$

Como aplicación se presenta un caso de valor estimado de BC tomando datos concretos del decenio 1980-1990 según los criterios siguientes:

- Se ha supuesto que una mínima limitación de competitividad económica de la biomasa exige que la magnitud de b se ajuste al incremento medio anual de los combustibles convencionales (fuel n.º 1 de bajo índice de azufre, por ejemplo). Para el referido decenio, se ha obtenido $b = 6,9\%$ (2).
- l se ha tomado de los datos del MAPA, *Boletín Mensual de Estadística*. De la variación ponderada del salario medio agrario del peón fijo, en el decenio de referencia, se deduce $l = 9,5\%$.
- El índice $v = 10\%$ corresponde a la fuente del INE (1980-1990).
- P_b se ha calculado de manera indirecta, multiplicando el precio de la biomasa de leña, único disponible en algunos mercados del territorio nacional, por un coefi-

(2) Fuente: Boletines Oficiales del Estado n.º 7, del 8-1-1980, y n.º 156, del 1-7-1989.

ciente (Rogenhofer y Strehler, 1987). De acuerdo con este criterio, $P_b(1980) = 2 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ.

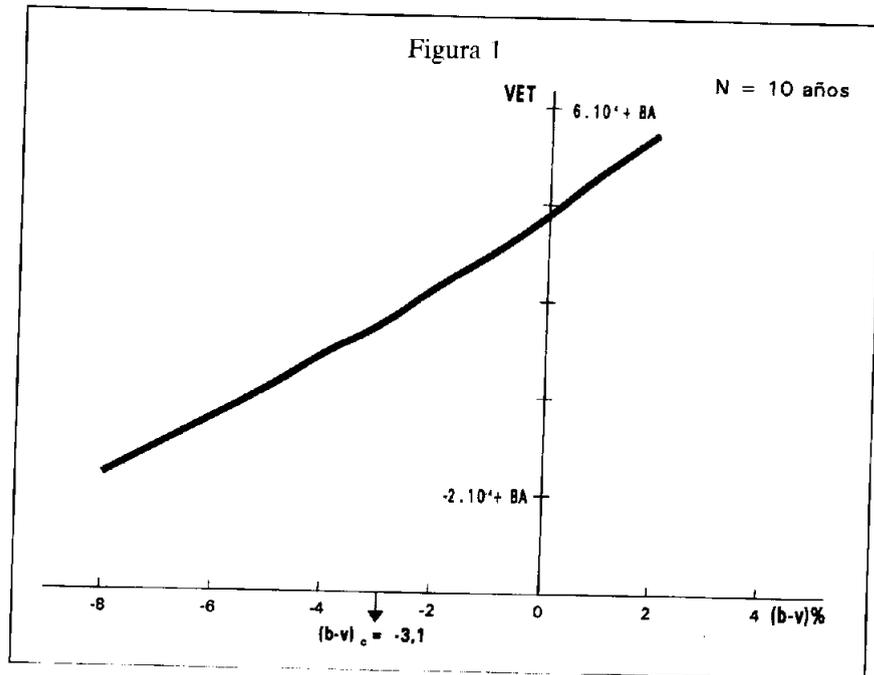
- En la obtención de P_1 se ha necesitado una doble fuente de información: el ritmo productivo de recogida de biomasa, ajustado a los datos de Rogenhofer y Strehler (*ibíd.*, 1987), y el salario medio agrario del peón fijo, tomado del MAPA. Combinando ambas fuentes, resulta $P_1(1980) = 1,65 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ.

Sustituyendo todos estos valores en la ecuación [5], para $N = 10$ años (corto plazo), se obtiene $BC = 1,5 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ; para $N = 20$ años (medio plazo), $BC = -0,7 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ. El cambio de signo de BC, de positivo a negativo, que anula la ecuación [5], se produce a partir de $N = 18$ años.

3. INCIDENCIA DE LA VARIACION DE LOS PRECIOS INICIALES DE LA BIOMASA Y DE LOS COSTES DE RECOGIDA Y TRANSPORTE, ASI COMO DE SUS RESPECTIVOS INCREMENTOS MEDIOS ANUALES, SOBRE VET

El mecanismo analítico de la simulación, complementario del VET, añade nuevos elementos de juicio para el pronóstico de la evolución de los potenciales beneficios por explotación de la biomasa residual. Se trata de un método destinado a contrastar los siempre discutibles criterios de valoración. El procedimiento consiste en abrir campos probables de existencia en torno a valores centrales estimados para cada una de las variables de las que depende VET.

Así por ejemplo, en el caso aplicado más arriba, BC se ha calculado introduciendo los siguientes valores centrados estimados: $(b)_c = 6,9\%$, $(l)_c = 9,5\%$, $(v)_c = 10\%$, $(P_b)_c = 2 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ y $(P_1)_c = 1,65 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ. Alrededor de cada valor central se ha abierto el campo probable de existencia correspondiente. Cada campo se ha empleado como intervalo continuo sobre el que se ha realizado un barrido de cálculo por

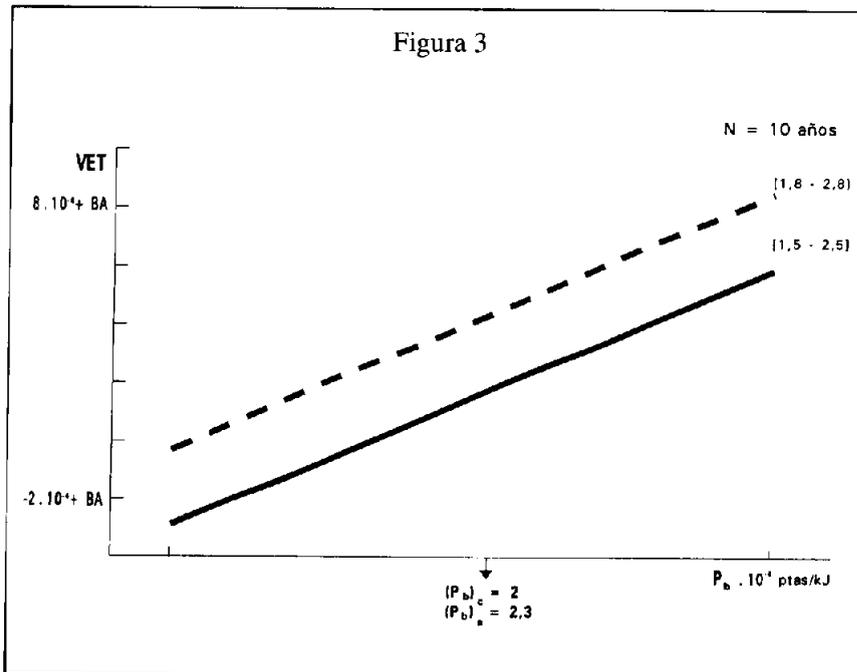
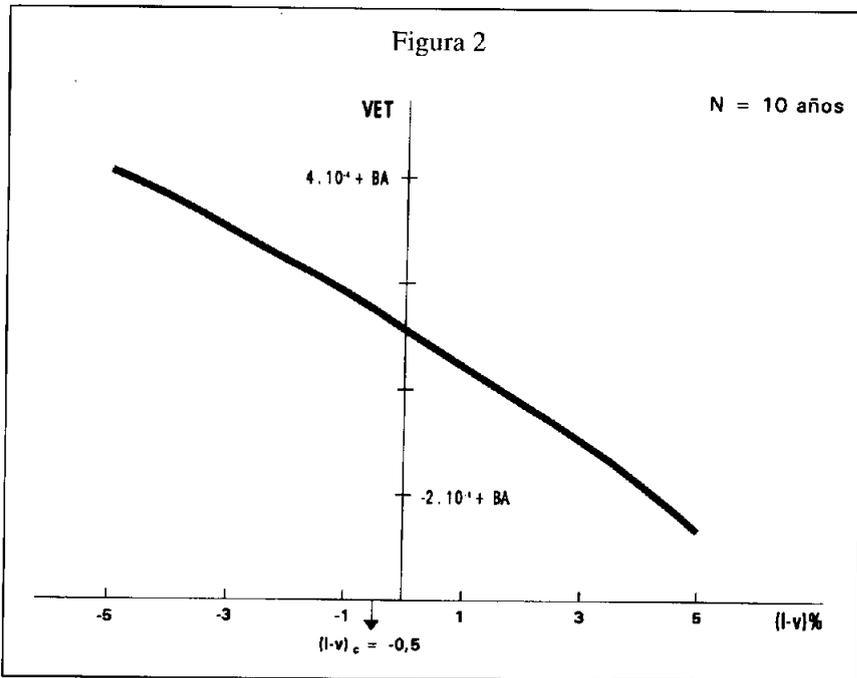


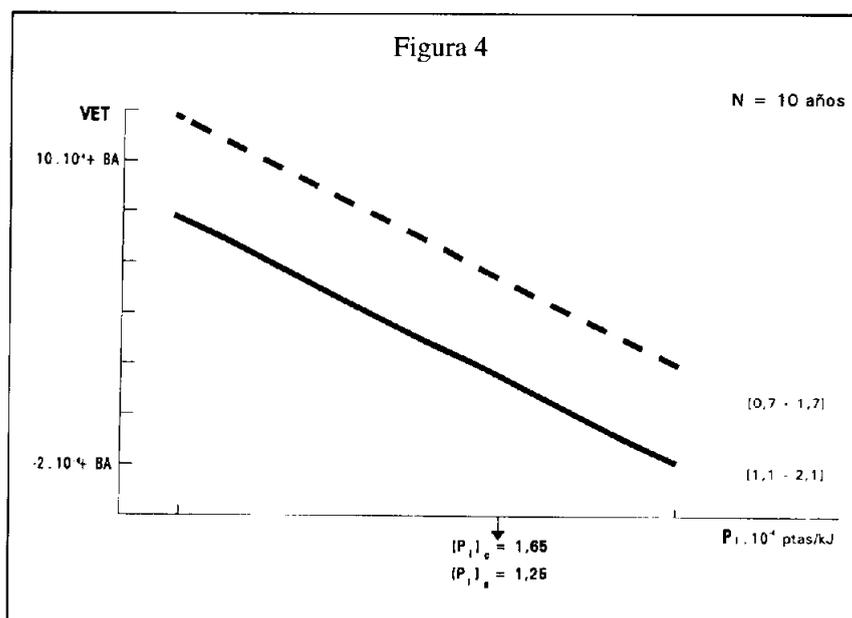
ordenador (3) con el objeto de computar la variación de VET en el intervalo de referencia.

La figura 1 muestra la variación de VET en relación al campo $[(-8) - 2\%]$ acotado en la variable $(b - v)$. La función creciente denota la tendencia alcista de VET ante cualquier incremento relativo de b . La figura 2 expresa la incidencia de la variable $(1 - v)$, definida en el campo de existencia $[(-5) - 5\%]$, sobre VET. Descensos relativos de l causan subidas de VET, y viceversa. Sobre P_b se ha limitado el campo $[1,5 - 2,5 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ]. La simulación reproduce la curva creciente P_b -VET de la figura 3, donde a todo aumento de P_b le corresponde un aumento de VET. Por último, la figura 4 proporciona información sobre la función P_1 -VET, también decreciente, lo que implica, dentro del dominio $[1,1 - 2,1 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ], una relación recíproca inversa entre P_1 y VET.

(3) Un barrido se ha efectuado por cada campo probable de existencia, manteniendo el resto de variables incluidas en la expresión [5] iguales a sus valores centrales estimados. En todos los casos, el parámetro $N = 10$.

El análisis de sensibilidad de los datos de entrada en el modelo de simulación de un sistema de energía solar térmica





4. VALORACIONES PARCIALES DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES

La inclusión de valoraciones parciales de BA supone el desplazamiento de valores centrales estimados con criterios exclusivos comerciales. Este desplazamiento incide en los campos de existencia probables y, por tanto, en los límites de viabilidad de explotación de la biomasa residual.

Por ejemplo, atendiendo únicamente a la valoración ambiental energética, BA podríamos estimarlo como una tasa ecológica proporcional al coste de extracción energético del combustible. Según Slessor (Slessor, 1985), la energía primaria consumida por 100 unidades de energía librada es de 176 para los productos derivados del petróleo, mientras que para la biomasa residual es prácticamente 100. La aplicación del gravamen supondría un encarecimiento aproximado de los combustibles derivados del petróleo para el consumidor del 15% y una traslación indirecta del valor central estimado con

criterios comerciales desde $(P_b)_c = 2 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ hasta $(P_b)_a = 2,3 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ. La traslación implicaría un cambio en el campo de existencia probable de esa misma variable, que pasaría de $[1,5 - 2,5 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ] a $[1,8 - 2,8 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ], con el consiguiente desplazamiento, de la curva continua a la discontinua, en la figura 3. El resultado final es que la horquilla de competitividad económica de la biomasa respecto a los combustibles tradicionales queda ampliada en el plano de la competitividad económica y ecológica. Como dato de referencia, BC cambia de signo en la ecuación [5], de positivo a negativo, al sustituir $(P_b)_c$ por $(P_b)_a$, a partir de $N = 32$ años.

Análogamente, el valor central previo estimado sufriría un desplazamiento si los costes, parciales o totales, de recogida de biomasa se contabilizaran en el capítulo de mantenimiento del sistema agroforestal. La compensación contable se trataría como un servicio de práctica preventiva contra incendios y sería fácil de aplicar donde se gestionaran de manera continuada y sistemática los recursos de dicho sistema. Una distribución del 75% de P_1 con cargo a la explotación de la biomasa residual, por ejemplo, y del 25% con cargo a la prevención desplazaría $(P_1)_c = 1,65 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ a $(P_1)_a = 1,25 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ, con los correspondientes desplazamientos del campo de existencia probable de P_1 , desde $[1,1 - 2,1 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ] a $[0,7 - 1,7 \cdot 10^{-4}$ ptas/kJ], y de la curva continua a la discontinua en la figura 4. Como en el caso precedente, la horquilla de competitividad económica de la biomasa residual queda ampliada en el plano de la competitividad económica y ecológica. Sirva de dato de referencia BC, que cambia de signo en la ecuación [5], de positivo a negativo, al sustituir $(P_1)_c$ por $(P_1)_a$, a partir de $N = 47$ años.

5. CONCLUSIONES

La viabilidad de la explotación de la biomasa residual de un sistema agroforestal depende del procesamiento de los datos que influyen en la explotación, así como de su categorización.

Dentro del marco analítico de la economía ambiental, el procedimiento de valoración económica total (VET), complementado con la simulación de la incidencia de cada variable dependiente sobre VET, permite pronosticar el signo del beneficio por explotación de la biomasa residual en función del tiempo.

El beneficio comercial (BC), calculado sobre los valores centrales estimados de cada una de las variables de las que depende VET, cambia de signo, de positivo a negativo, a partir de $N = 18$ años. Las figuras 1, 2, 3 y 4 expresan la relación directa de las variables b y P_b con VET, y la relación inversa de l y P_l . La tendencia creciente de las dos primeras amplía el margen de competitividad comercial de la biomasa residual, reduciéndolo cualquier alza eventual de las dos segundas.

Las valoraciones parciales del beneficio ambiental desplazan los valores centrales estimados con criterios exclusivos comerciales, así como el campo de existencia probable de las variables que determinan la viabilidad o inviabilidad de la explotación de la biomasa.

La tasación de una cuota ecológica por extracción de energía convencional supone que BC pasa a ser negativo a los treinta y dos años de explotación de la biomasa, período muy superior a los dieciocho años en que se hace negativo sin tasación.

Como actividad complementaria de la práctica preventiva contra incendios de los sistemas agroforestales, la explotación de la biomasa residual prolonga el período de signo positivo de BC hasta $N = 47$ años, siempre que el 25% de los costes por recogida de biomasa sean asignados a la práctica del mantenimiento.

Estas valoraciones ambientales amplían el campo de los elementos de apreciación para mejor resolver los conflictos de competencias entre diferentes fuentes de energía.

BIBLIOGRAFIA

- AZQUETA, D. (1992): *Medio ambiente y economía ambiental*. IV Congreso Nacional de Economía. Aranzadi, Pamplona, 27-45.
- CAMPOS, P., y PEARCE, D. W. (1992): *Assessment of the economic and environmental benefits of the cork tree dehesa system*. CSIC/CSERGE.
- CAMPOS, P. (en edición): *The total economic value of agroforestry systems*. Seminario de la CE «The scientific basis for sustainable multiple-use forestry in the EC». CE, Bruselas, 28-29.
- DURÁN, J. (en edición): *Lecturas de Osting I*. Paidós, Barcelona.
- HERNÁNDEZ, F. (1987): *Inflation versus traditional fuels prices index: A ratio branding the renewal energy sources*. 7-Internationales Sonnenforum. Frankfurt, 3, 2033-2038.
- ROGENHOFER, H., y STREHLER, A. (1987): «Wood combustion. Costs and environment». *ISES 1987*, vol. 2. Hamburgo, 5.2.07.
- SLESSER, M. (1985): «The use of dynamic energy analysis in energy planning», capítulo incluido en el libro dirigido por W. van Gool *Energy and time in the economics and physical sciences*. Bruggink, editor, North Holland.
- STREHLER, A. (1987): «The technical and economical evaluation of different systems in energy generation from biomass». *ISES 1987*, vol. 2. Hamburgo, 5.W5.03.

Palabras clave: Biomasa residual, beneficio económico, beneficio ambiental, tasa ecológica.

RESUMEN

Para valorar la explotación de biomasa residual de un sistema agroforestal es preciso conjugar criterios complejos, donde se interaccionan beneficios económicos y ambientales. El mecanismo analítico del valor económico total (VET) permite estimar, mediante valoraciones indirectas, el margen de beneficio comercial de la explotación a lo largo del tiempo. Un método complementario, el de la simulación de incidencia de las variables independientes sobre VET, contribuye a ampliar los elementos de juicio sobre esas valoraciones estimadas. El procedimiento se fundamenta en abrir campos probables de existencia alrededor de los valores centrales estimados para cada variable de la que depende VET.

Se ha supuesto, por ejemplo, la existencia de una tasa ecológica proporcional al coste de extracción energético del combustible. Su aplicación supondría el desplazamiento del valor central estimado del precio de la biomasa (P_b) y de su campo de existencia probable, con el consiguiente retraso temporal del déficit del beneficio comercial (BC) respecto a este mismo beneficio antes del desplazamiento.

Se ha supuesto también que la explotación de la biomasa residual se contemple como una actividad complementaria de otra principal —práctica preventiva del sistema agroforestal contra incendios—. Así entendida, se constata el desplazamiento del valor central estimado del coste de recogida y transporte de la biomasa (P_t) y de su campo de existencia probable, con un retraso apreciable en el tiempo del déficit de BC respecto a este mismo beneficio antes del desplazamiento.

RÉSUMÉ

Pour évaluer l'exploitation de la biomasse résiduelle d'un système agricole et forestier, il faut conjuguer un certain nombre de critères complexes faisant intervenir des bénéfices économiques et environnementaux interdépendants. Le mécanisme analytique de la valeur économique totale (VET) permet de calculer dans le temps, par des estimations indirectes, la marge commerciale bénéficiaire de l'exploitation. Une autre méthode complémentaire, la simulation de l'incidence des variables indépendantes sur la VET, contribue à élargir les éléments de jugement sur ces évaluations estimées. Le procédé repose sur l'ouverture de domaines d'existence probables autour des valeurs centrales estimées pour chacune des variables dont dépend la VET.

On a supposé, par exemple, l'existence d'un taux écologique proportionnel au coût de l'extraction énergétique du combustible. Son application impliquerait un déplacement de la valeur centrale estimée du prix de la biomasse (P_1) et de son domaine d'existence probable, et donc un retard temporaire du déficit du bénéfice commercial (BC) par rapport à ce même bénéfice avant déplacement.

On a supposé également que l'exploitation de la biomasse résiduelle est envisagée comme une activité complémentaire d'une autre activité principale —la pratique préventive du système agricole et forestier contre l'incendie—. Entendue ainsi, on constate le déplacement de la valeur centrale estimée du coût du ramassage et du transport de la biomasse (P_2) et de son domaine d'existence probable, avec un retard appréciable au niveau du temps du déficit du BC par rapport à ce même bénéfice avant déplacement.

SUMMARY

In order to evaluate the use of residual biomass in an agroforestry system, a combination of complex criteria is needed, where there is an interaction between economic and environmental profits. Total economic value (TEV) is an analytical mechanism for estimating the commercial profit margin of the holding against time using indirect evaluations. A complementary method, the simulation of the impact of independent variables on TEV, brings to light more facts about those approximate evaluations. The procedure is based on opening up probable fields around the approximate central values for each variable on which TEV depends.

For example, it was assumed that there is an ecological rate proportional to the cost of energy extraction from fuel. Its application would lead to the movement of the central estimated value of the price of the biomass (P_1) and of its probable field, and the resulting time delay in the commercial profit (CP) deficit over that profit before movement.

It was also assumed that the use of residual biomass is viewed as a business complementary to another main activity, fire prevention practice as part of the agroforestry system. Looked at in this way, the central estimated value of the cost of collecting and transporting the biomass (P_2) and its probable field is found to move, leading to an appreciable time delay in the CP deficit against that profit before movement.