

Emergía (con M), una herramienta nueva para estimar el valor de la madera en el bosque

Emergy, a new tool to estimate the value of forest wood

José Luis Izursa Azurduy

Universidad de Maryland, College Park, Maryland,
USA, 4412 Usange Street, Beltsville Maryland 20705, USA, Email: jlizursa@gmail.com

La energía es la *capacidad para realizar trabajo que se define como cualquier transformación útil de energía* (Odum 1996). Se clasifica en potencial, que es almacenada y puede conducir un proceso transformando la energía de una forma en otra y en cinética, que es la energía del movimiento. El valor que se otorga a las cosas naturales y los servicios ambientales, como la energía acumulada en los recursos naturales está basado en valores de mercado que no representan su valor real, siendo ésta una de las razones por la que los ecosistemas del mundo están en peligro. Según Odum & Odum (2000), el dinero que se paga por estos servicios proporcionados por las personas y los ecosistemas, sólo llega a las personas y no a los ecosistemas y que la posibilidad de lidiar de un mejor manera con nuestro futuro dependerá de que la humanidad sea capaz de pensar sobre la energía, la economía y el medio ambiente como un solo sistema.

Después de más de cinco décadas de trabajo en ecología y teoría general de sistemas, H.T. Odum ha propuesto un método biofísico basado en el análisis de la energía con memoria denominado **eEmergía**, para llevar de una manera correcta la contabilidad de los servicios que proveen los ecosistemas de forma gratuita. Emergía es *la suma de toda la energía de una forma, necesaria para desarrollar un flujo de energía de otra forma, en un período de tiempo dado*. Esta herramienta es utilizada para comparar la obra de la naturaleza con la de los humanos sobre una base justa y equitativa.

Sistemas energéticos

Los principios de termodinámica se enuncian en tres leyes, de las cuales consideraremos dos:

Primera ley de termodinámica: *La energía no se crea ni se destruye, ésta se conserva durante las transformaciones. Cuando entra en un sistema debe salir o permanecer en el interior. En el caso del bosque, la energía ingresa al sistema desde varias fuentes (luz solar, agua, nutrientes) y se convierte en biomasa para luego ser emitida en forma de respiración de las plantas (Fig. 1).*

Segunda ley de termodinámica: *Las transformaciones de energía de una forma a otra conducen a una pérdida en su capacidad para hacer el trabajo. Se pierde capacidad para realizar trabajo, pero no se pierde energía (primera ley). Esta pérdida de capacidad resulta en un aumento de la entropía. Por ejemplo, el trabajo de un árbol en el bosque resulta en que la mayor parte de su energía potencial se queda en el suelo cuando el árbol se descompone después de morir. Parte de su energía se mantiene como material de alta calidad genética (semillas) que se produjo cuando estaba vivo y ahora son plántulas.*

La energía del sol llega a nuestro planeta en forma de radiación ultravioleta, luz visible y radiación cercana a la infrarroja, provocando el calentamiento del mar, la producción de alimentos de origen vegetal e indirectamente la generación de vientos, olas y el levantamiento de las capas



Figura 1. Ejemplo de un presupuesto simple de energía en el bosque.

geológicas. Esta misma energía hizo también que la biomasa de tiempos remotos se convierta en el carbón y el petróleo que utilizamos actualmente.

El punto de partida de la síntesis de energía como un nuevo campo de estudio es que se pueden comparar diferentes tipos de energía utilizando factores de conversión que muestran la cantidad de tipos de energía equivalentes. Al conectar diferentes tipos de energía se puede asociar varias partes y visualizar la complejidad de una manera sencilla, utilizando diagramas, a partir de los cuales se hacen cálculos de flujos y depósitos (Odum 1996). Se necesitan muchas unidades de energía diluida para formar una unidad de energía concentrada; por ejemplo, se requieren 4 J de carbón para producir 1 J de electricidad y 1.000 J de luz solar para obtener 1 J de madera. La energía total necesaria para obtener un producto es la energía acumulada en ese producto (Odum & Odum 1981).

Este método fue presentado por Odum en los 1980's con el objetivo de tomar en cuenta la energía proveniente de diferentes fuentes que participan en un proceso y permitir su comparación sobre una base común. El problema de la incorporación de energía de diferentes calidades se resuelve mediante la

transformación a un equivalente de energía de una sola calidad, que suele ser la energía solar (Tilley 1999, Tilley & Brown 2006). En otras palabras, la *energía* expresa el costo de un proceso o un producto en equivalentes de energía solar, considerando que es nuestra fuente de energía final. Expresando el valor de los productos en unidades de energía, es posible comparar los diferentes tipos de energía usando la **transformidad** (Jorgensen *et al.* 1995, Laganis & Debeljakb 2006) que se define como "la energía de un tipo necesaria para obtener una unidad de energía de otro tipo". Por conveniencia, todos los tipos de energía que contribuyen son expresados en unidades de energía solar (Julios de energía solar – SEJ, siglas en inglés) que se requiere para generar todos los insumos (Odum 1996).

En base al principio de "flujo máximo de energía" planteado por Lotka (1922), Odum (1971) propuso una nueva ley de la termodinámica en base al principio de empoder máximo, que es la velocidad de flujo de energía de forma análoga a poder, que es la velocidad de variación de la energía (Scienceman 1987). Entonces, empoder es el flujo máximo de energía. Según esta ley, los sistemas que se auto-organizan tienden a la maximización del

poder útil, que a veces se interpreta como el aumento de eficiencia.

Diagramas de sistemas y flujos de energía

Pueden ser útiles para una mejor comprensión de las leyes de termodinámica, pues se pueden representar los principales flujos de entradas y salidas de energía. La figura 2 muestra cómo la energía para producir madera viene de la luz del sol, lluvia, nutrientes, trabajo de la empresa maderera, la maquinaria, entre otros y cómo la mayoría de esta energía sale del sistema como madera y calor que se dispersa. La madera que sale del sistema tiene un grado de energía mayor que el árbol en pie y en esta forma es útil para el hombre.

Para llevar a cabo una obra compleja, se requieren muchos tipos de energía de alta calidad. En la actualidad, tendemos a pensar sobre las necesidades de energía en términos de combustible haciendo caso omiso a la contribución de la naturaleza y

los seres humanos, sin darnos cuenta que la energía utilizada en los servicios y obtención del material puede ser mayor que la de los combustibles utilizados en muchos procesos. Por ejemplo consideremos la energía necesaria para la fabricación de un mueble de madera (una silla), que incluye la energía utilizada en el crecimiento del árbol, operación y mantenimiento de equipos para procesado de la madera (Fig. 3).

Considerando la energía como medida universal para los trabajos realizados por los seres humanos y procesos de la naturaleza - acordando que todo lo que ocurre es una expresión del flujo de energía en una de sus formas - entonces, podemos aplicar las leyes básicas de energía, incluyendo la economía, cultura y estética (Izursa & Tilley 2005). Así, las diferentes fuentes de energía constituyen la base real del sistema económico y son denominadas como externalidades, debido a que estos flujos provienen de fuera del círculo monetario.

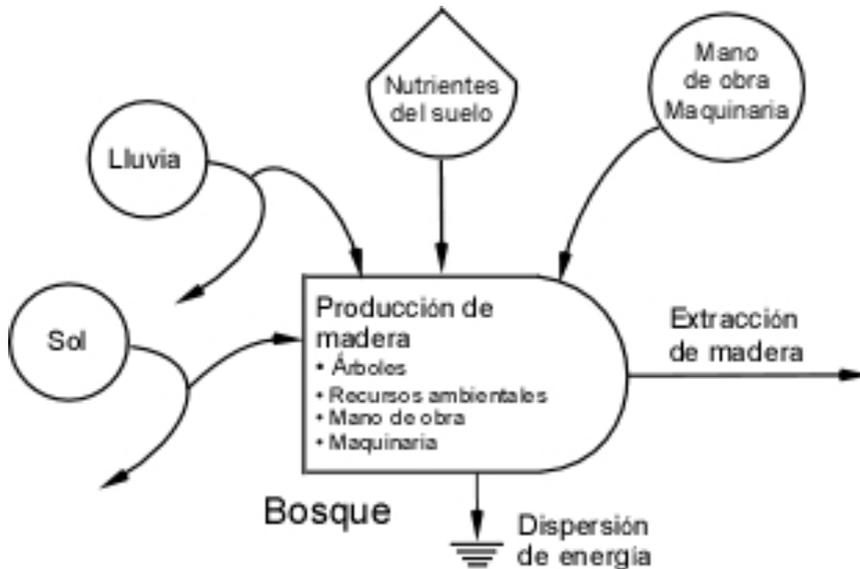


Figura 2. Flujos de energía necesarios para que un bosque produzca madera.

Trabajo indirecto realizado en la construcción de una silla

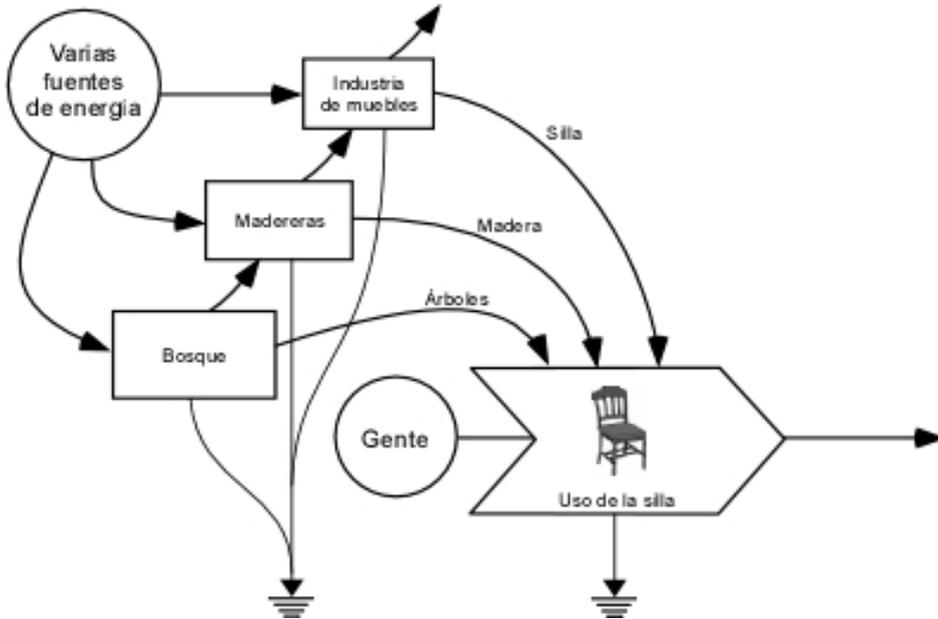


Figura 3. Flujos de energía necesarios para la fabricación de una silla de madera.

El flujo de energía sin flujo de dinero

La figura 4 muestra el sistema de energía del bosque con gente que aprovecha la madera para la venta. El dinero es intercambiado entre las personas como un medio para hacer un seguimiento del curso de la madera y los servicios relacionados con su provisión, pero no llega a las partes que componen el ecosistema natural.

¿Por qué usar energía?

El dinero es usado para adquirir bienes y servicios fluyendo en círculos, mientras que la energía fluye a través del mismo sistema generando trabajo que hace posible la circulación de dinero. Paradójicamente, es el dinero el que controla el flujo de energía. Teniendo clara la relación dinero-energía se puede comprender de una mejor manera el

sistema económico y cómo éste es afectado por la energía, ya que dinero y energía fluyen en direcciones opuestas.

La madera producida en el bosque generalmente tiene como destino los mercados urbanos y la gente compensa a la compañía maderera con dinero, el mismo que es utilizado para comprar maquinaria y combustibles, generando dinero de retorno a la ciudad. Esta relación forma un círculo: El dinero circula y re-circula y el flujo de energía potencial de alto nivel mantiene las estructuras del bosque productor de madera y de la ciudad. Los sistemas económicos humanos producen materiales y combustibles para apoyar al desarrollo de las poblaciones y culturas. Sin embargo, los seres humanos son sólo una pequeña parte de la gran biosfera que incluye bosques, océanos, montañas, valles, tierras, ríos y la atmósfera. En última instancia, no son sólo los seres humanos y su dinero los

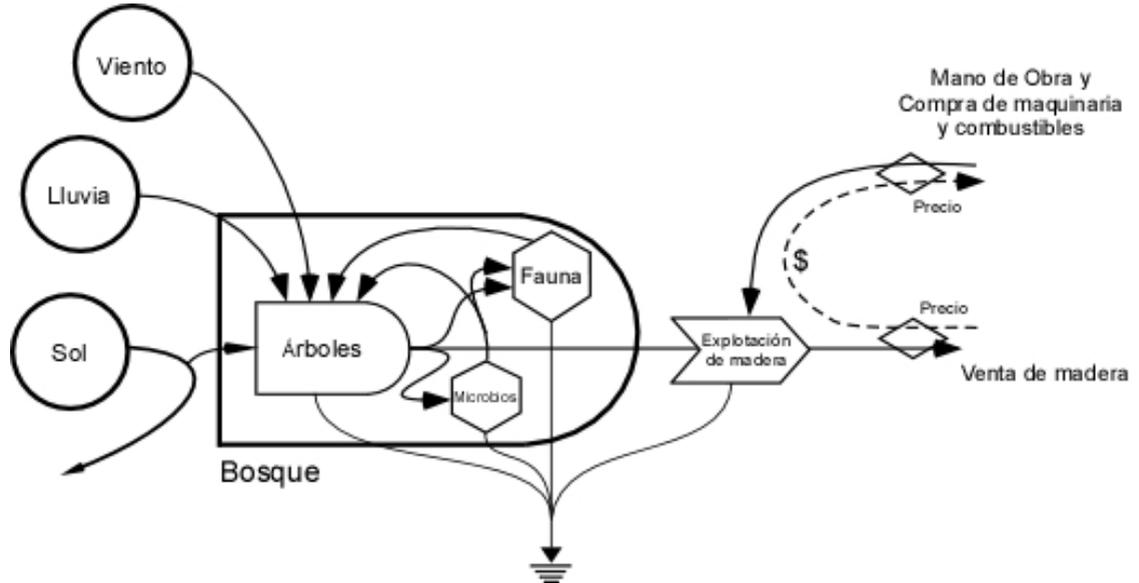


Figura 4. Representación del trabajo de un bosque para proporcionar madera.

que determinan qué es importante, sino es la energía del mundo. Tendría entonces, mucho sentido medir este sistema mediante el flujo de energía, pues se consideraría la contribución de la naturaleza. En nuestro ejemplo, el dinero recibido por la empresa maderera sirve sólo para pagar el trabajo humano y el costo de utilización de maquinaria y no por el trabajo del sol, lluvias, suelos ni vientos.

Como han señalado Brown & Ulgiati (1999) e Izursa (2008), el análisis de emergía contabiliza los flujos sociales, económicos y ambientales en unidades comunes con una base objetiva, cuyos resultados pueden proporcionar herramientas similares a las que utilizan los analistas financieros para tomar decisiones de negocios. El desarrollo del análisis de emergía hace posible que los tomadores de decisiones puedan examinar los datos de contabilidad económica y medioambiental antes de tomar decisiones políticas sobre los sistemas ambientales.

Referencias

- Brown, M. T. & S. Ulgiati. 1999. Emergy evaluation of the biosphere and natural capital. *AMBIO* 28(6): 1-25.
- Izursa, J. L. 2008. An ecological perspective of the energy basis of sustainable Bolivian natural resources: forests and natural gas. Universidad de Maryland, Maryland. 248 pp.
- Izursa, J. L. & D. R. Tilley. 2005. Emergy analysis of Bolivia's natural gas. Pp. 551-572. Proceedings of the 3rd Biennial Emergy Conference, University of Florida, Gainesville.
- Jorgensen, S. E., S. N. Nielsen & H. Mejer. 1995. Emergy, environment, exergy and ecological modelling. *Ecological Modelling* 77: 99-109.
- Laganis, J. & M. Debeljak. 2006. Sensitivity analysis of the emergy flows at the solar salt production process in Slovenia.

- Journal of Ecological Modelling 194: 287–295.
- Lotka, A. J. 1922. Contribution to the energetics of evolution. Proceedings of the National Academy of Sciences 8: 147-151.
- Odum, H. T. 1971. Environment, power and society. Wiley – Interscience, Nueva York. 331 p.
- Odum, H. T. 1996. Environmental accounting: emergy and environmental decision making. John Wiley & Sons, Nueva York. 384 p.
- Odum, H. T. & E. C. Odum. 1981. Energy basis for man and nature. 2da. edic. McGraw-Hill, Inc., Nueva York. 307 p.
- Odum, H. T. & E. C. Odum. 2000. A prosperous way down: principles and policies. Colorado University Press, Boulder. 344p.
- Scienceman, D. M. 1987. Energy and emergy. pp. 257-276. En: Pillet, G. & T. Murota (eds.) Environmental Economics: The Analysis of a Major Interface R. Leimgruber, Ginebra.
- Tilley, D. R. 1999. Emergy basis of forest systems. University of Florida, Gainesville. 296 p.
- Tilley, D. R. & M. T. Brown. 2006. Dynamic emergy accounting for assessing the environmental benefits of subtropical wetland stormwater management. Ecological Modelling 192: 327-361.