

# INFORME DE VALORACIÓN DE LA TESIS DE ALICIA VALERO TITULADA “ESTUDIO SOBRE LA EVOLUCIÓN EXERGÉTICA DEL CAPITAL MINERAL DE LA TIERRA”

---o0o---

Ha sido para mi un verdadero placer leer la tesis de Alicia Valero, porque pude apreciar que da pasos de gigante en la ordenación con criterios económicos del reino difuso de los materiales contenidos en la Tierra, llenando vacíos de investigación que he venido subrayando desde hace ya más de veinte años. En efecto, la primera edición de mi libro *La economía en evolución* (1987; 3ª ed. 2003) advertía que difícilmente podría plantearse una gestión económica razonable del mundo físico sin haber clarificado antes, con criterios económicos, el reino difuso de “los materiales”, en el que derivó la pérdida de entidad científica de la idea de “materia”. En la parte de Perspectivas de ese libro, critiqué primero la propuesta que Georgescu Roegen planteaba en este sentido, consistente en formular una “cuarta ley de la Termodinámica” que extendiera a “la materia” los principios que esta disciplina aplicaba a la energía, al considerar que esa “cuarta ley” debería de ser un mero corolario resultado de la aplicación del segundo principio a los materiales. Propuse después cinco criterios orientados a ordenar y clasificar, desde perspectivas económicas, el reino de los materiales, con el apoyo del Segundo Principio de la Termodinámica y de la energía libre de Gibbs. Estos criterios eran: 1º) el de la *escasez* de los materiales o sustancias en el sistema de referencia considerado: la Tierra, un país,...; 2º) el de la energía de calidad, o exergía, necesaria para construirlos o *coste (físico) de reposición*; 3º) la *energía libre* de Gibbs que contienen, que marca las posibilidades de manipulación química que ofrecen; 4º) la *complejidad* de sus componentes y estructuras; y 5º) su *valor vital* o relación con los fenómenos de la vida, viendo en qué medida pueden contribuir a mantenerla o a degradarla, llegando a ser incluso incompatibles con ella.

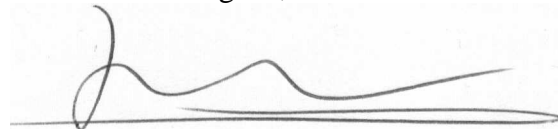
Desde el principio fui consciente de que la construcción del enfoque *ecointegrador* que vengo proponiendo, exige un esfuerzo transdisciplinar. En este caso, una configuración astral favorable me permitió contactar con Antonio Valero e ir llenando codo a codo con él el vacío de conocimiento indicado con elaboraciones teóricas y aplicadas que culminaron tempranamente en nuestro artículo “Sobre la conexión entre termodinámica y economía convencional” (*ICE*, junio-julio 1989) y, sobre todo, en el libro *Desarrollo económico y deterioro ecológico* (1999, Madrid, Visor Distrib.& Fund. Argentaria) que dirigimos conjuntamente. Las tesis posteriores de Lidia Ranz y Edgar Botero, dirigidas por Antonio Valero, y los trabajos de otros colaboradores que no cabe citar aquí, supusieron avances significativos en la línea de trabajo indicada, a los que ahora se añaden los de la presente tesis. Pues la tesis de Alicia Valero da nuevas e importantes vueltas de tuerca al tema, aportando aclaraciones, elaboraciones teóricas y criterios operativos relacionados con los tres primeros criterios antes enunciados.

La presentación y ordenación de los materiales de la tesis es, a mi juicio, inusualmente escueta y acertada, la redacción es buena y la bibliografía completa. Ello hasta el punto de adquirir ya forma de libro publicable. Me parece acertado haber presentado como base la edición de la tesis en ese *scientific vernacular of today* que es hoy el inglés. En la parte de conclusiones de la tesis, se especifican cuales son sus principales aportaciones científicas, lo cual me libera de la obligación de precisarlas de nuevo aquí de modo exhaustivo: sí tengo que decir que considero acertada la enumeración de las

aportaciones allí expuestas. He de precisar, no obstante, que valoro especialmente, entre las mejoras metodológicas y aplicadas en el conocimiento de la composición actual y tendencial de la corteza terrestre que ofrece la tesis, las que se derivan de cruzar dicha composición en lo relativo a los elementos y a las especies minerales en las que éstos se agrupan, corrigiendo las estimaciones hasta ahora disponibles en virtud de la coherencia que impone el cruce indicado. Valoro también muy especialmente el aporte de instrumentos que permiten el cálculo de la energía libre de Gibbs, la exergía y la entalpía para la mayor parte de las sustancias que componen la corteza terrestre, la hidrosfera y la atmósfera, dando satisfacción a mis antiguas preocupaciones arriba esbozadas. Se hacen también significativos avances en el cálculo de los costes exergéticos de reposición del “capital mineral” de la Tierra. También valoro muy altamente la consideración del tiempo en los procesos extracción de minerales y la aplicación de la metodología tanto al caso concreto de Australia, como al conjunto de la corteza terrestre. Pues, aunque sea de forma incipiente, estos resultados permiten apreciar la viabilidad y el interés de aplicar la metodología propuesta a distintos niveles de agregación. Y junto a todo lo indicado, valoro también el alto nivel de elaboración de la terminología, la nomenclatura y las notaciones en los que me atrevo a indicar que va tomando cuerpo el nuevo lenguaje de una nueva área de conocimiento: la que resulta de aplicar al “capital mineral” de la Tierra los enfoques de la *exergoecología*, sentando las bases de una nueva “economía de los materiales”.

La amplitud e importancia de esas aportaciones en un tema que estimo bien relevante, hacen que considere que la tesis reúne méritos más que suficientes para que la doctoranda acceda al grado de doctora y obtenga muy merecidamente la máxima calificación.

Zaragoza, 1 de octubre de 2008



Fdo.: José Manuel Naredo Pérez  
Vocal del Tribunal

### ***Observaciones sobre posibles temas e investigaciones a completar***

Como es habitual en este tipo de ejercicios, aprovecho la ocasión para señalar algunas insatisfacciones que todavía me plantea la temática objeto de esta tesis, ofreciendo ideas y sugerencias orientadas a abrir nuevas líneas de investigación y/o para aportar algunas mejoras al texto de la misma.

Dejo de lado la necesaria corrección de algunas (muy pocas) erratas o fallos de redacción que todavía contiene (p. e. : en la página 128, línea -14, del resumen en español, dice “De acuerdo con la tabla 4.3” y debería decir “De acuerdo con la tabla 4.10 de la versión en inglés”. Estimo también que el resumen en español del capítulo 4 es demasiado magro y debería incluir las consideraciones y referencias a la modelización de la relación entre leyes y tonelajes para las distintas especies minerales que figuran en la versión en inglés).

En lo relativo a la redacción solo voy a hacer una sugerencia: donde dice “producción” de minerales, debería de decir “extracción” (o, en inglés, sustituir *production* por *extraction: remove by digging*). Bastaría para ello usar el buscador de palabras para hacer la sustitución indicada, salvando así un tema que, a mi juicio, trasciende de la mera precisión formal. Pues la metáfora de la *producción* ocupa hoy un lugar central en la función encubridora y apologética del *statu quo* que ejerce la ideología económica dominante, sobre la que se levanta la mitología del *crecimiento* como algo inequívocamente deseable. En mi libro *La economía en evolución*, creo haber evidenciado cómo este aparato conceptual de la economía ordinaria se afianzó allá por el siglo XVIII como fruto de un maridaje entre la filosofía mecánica y las creencias alquímicas, que postulaban el crecimiento y perfeccionamiento de los minerales en el seno de la tierra. Esta creencia permitió, en su día, calificar de “criaderos” a los yacimientos minerales e incluir con plena coherencia la actividad minera entre la “*producción* de riquezas renacientes”, junto a las otras *producciones* vinculadas a la Madre-Tierra. Sin embargo, el concepto de *producción* sobrevive hoy como metáfora encubridora que la presente tesis no debe de asumir, cuando otorga a los minerales de la corteza terrestre la condición de meros *stocks* y no de “riquezas renacientes”. La utilización consciente e incluso, tal vez, razonada en una nota, de la palabra *extracción* en vez de la habitual de *producción*, mostraría que la presente investigación ha conseguido escapar a la tiranía del lenguaje económico ordinario, para trabajar libre de esas ataduras en la construcción de una economía abierta y transdisciplinar. Además permitiría reservar más ajustadamente la palabra *producción* para designar los procesos de obtención industrial de las sustancias cuyos costes exergéticos de reposición investiga la presente tesis y la correspondiente letra **P** que figura en la nomenclatura.

Uno de los puntos que creo que debería de ser objeto de mayores reflexiones y comentarios es el cambio de criterio que supone reservar el cálculo de los costes exergéticos de reposición a los “minerales no energéticos”, dejando a los combustibles fósiles fuera de este cálculo. Aunque coincido con el planteamiento de la tesis en este punto, me parece demasiado fuerte hacer notar que “it has no sense to apply exergy replacement costs to fossil fuels, due to the impossibility of current technology to replace the photosynthetic process that once created the resource” (p.170) (comentario que se omite en el resumen en español). Pues creo que sí tiene sentido hacer este cálculo en el caso de la fotosíntesis, aunque solo sea para subrayar el enorme salto que se produce entre el coste exergético unitario de reposición de los combustibles fósiles y el del resto de las sustancias estudiadas. En este sentido apuntaba el Apéndice que, a sugerencia mía, hizo Antonio Valero en nuestro libro *Desarrollo económico y deterioro ecológico* (pp. 277-281) que acababa atribuyendo “un coste físico de entre 300 y 600 unidades de exergía solar por cada unidad de exergía de biomasa producida” (Además, recordemos que la fotosíntesis que se realiza, por ejemplo, en los invernaderos holandeses, con iluminación y ambiente artificial,... e incluso con fertilización artificial de CO<sub>2</sub>, tiene más que ver con un proceso industrial, que con algo natural, aunque emule a esa fotosíntesis que se produce sin intervención humana en la naturaleza). Creo que es importante subrayar el enorme salto que se opera en el coste de reposición al pasar al mundo orgánico, perfectamente abordable con la metodología aplicada en la tesis, a fin de dejar abierta la puerta hacia una posible conexión de esta metodología con otras que se aproximen al mundo de los materiales a partir de los criterios 4º) y 5º) sugeridos por mi y enunciados al principio de estos comentarios, criterios tendentes a estrechar lazos entre el mundo orgánico y el inorgánico, o entre biología y termodinámica. En este punto creo que debería de ampliarse y/o retomarse más adelante, la muy somera y, para

mi, poco clara, referencia a los trabajos de Jorgensen ([175] y [176]) (p.11 versión inglesa y p. 12 versión en español) orientados hacia la construcción de una teoría termodinámica aplicada a los ecosistemas.

Entre los temas en los que considero que la investigación debe de profundizar más en trabajos posteriores, se encuentra el orientado a establecer una conexión lo más sólida posible entre *reservas*, *recursos* y la *corteza terrestre*. En el capítulo 4 de la edición inglesa se incluyen referencias, a las que nada puedo añadir, a los trabajos que modelizan para muchas sustancias la relación entre leyes y tonelajes en el conjunto de las reservas. En el capítulo 6, tras comentar este tipo de modelos, se advierte que todos los recursos minerales concentrados de origen energético y no energético representan únicamente el 0,001 % de la masa de la corteza continental superior. Por lo tanto, se concluye que “podemos afirmar con poco margen de error, que la composición actual media de dicha corteza se aproxima bastante a la del planeta entrópico”, tomada como estado de referencia. Estimo que la certidumbre de esta afirmación, tanto a escala agregada, como para las distintas sustancias, depende de la solvencia del conocimiento que se tenga de las reservas y de cómo se distribuyen las sustancias, no solo entre las reservas, sino en el conjunto de la corteza terrestre superior. A mi modo de ver este conocimiento resulta todavía muy precario y desconozco la solvencia y representatividad de las reservas estimadas por el U.S. Geological Survey que la tesis toma como base de sus cálculos. Me parece que quizá el eslabón más débil de la tesis es la extensión al conjunto de la corteza terrestre superior de la impecable metodología elaborada para las sustancias que componen los yacimientos. Otro eslabón débil es el cálculo del estado de referencia con el que se han de comparar esas sustancias para calcular el coste energético de reposición, pero éste me parece menos importante, pues nunca dejará de ser una especie de convención sobre la cual basar los cálculos que además, como se indica, no parece que difiera demasiado de la media de la corteza terrestre actual.

Otro aspecto en el que merecería la pena profundizar es en el paso que se realiza, en la aplicación al caso australiano, del coste exergético al coste monetario de reposición. Los costes monetarios de reposición de las sustancias extraídas se comparan con el PIB australiano, como punto de referencia para señalar su importante orden de magnitud. A mi juicio las principales variables monetarias con las que deberían de compararse es con los precios de venta de las propias sustancias mineras extraídas. Ello mostraría cómo el negocio minero consiste generalmente en “hacer caja” vendiendo patrimonio “a precio de saldo” que ni siquiera cubriría el coste de reposición de los minerales extraídos. Considero que sería un ejercicio muy interesante comparar los costes monetarios de reposición de todas las sustancias extraídas de la corteza terrestre con sus precios en el mercado mundial, para advertir las discrepancias que se observan entre ambos. El conocimiento de estas discrepancias constituye un punto de apoyo fundamental para calibrar los instrumentos económicos necesarios (p. e. : tasas de reposición, cánones de agotamiento, etc., hoy curiosamente desbancados en la economía académica por la moda de los “derechos a contaminar”) para adaptar los precios de esas sustancias, no solo —como hasta ahora ha venido ocurriendo— al coste de extracción, sino al coste de reposición. Ello propiciaría la recuperación y el reciclaje de los residuos, en vez de favorecer a la vez el aumento de éstos y la extracción de nuevos recursos a degradar.

Por último, en lo referente a la bibliografía, sugiero añadir mi trabajo: Naredo, J.M. (1998) “Quantifying Natural Capital: Beyond Monetary Value”, publicado en el libro:

Munasinghe, M., Sunkel, O. and de Miguel, C. (eds.) (2001) *The Sustainability of Long-term Growth. Socioeconomic and Ecological Perspectives*, Cheltenham, UK and Massachusetts, USA: Edward Elgar, pp. 172-212. Pues este trabajo reproduce la ponencia que presenté en el plenario de la Conferencia internacional de la ISEE, celebrada en Santiago de Chile en 1998, en la que divulgaba mi libro con Antonio Valero (1999) *Desarrollo económico y deterioro ecológico*. Lo digo porque, tras haberme tomado la molestia de divulgar en medios académicos este trabajo, me sorprendió el artículo que de Behrens, A. et al. (2007) “The material basis of the global economy. Worldwide patterns of natural resource extraction and their implications for sustainable resource use policies”, *Ecological Economics*, 64, (2007) 444-453, en el que los autores se jactan de cuantificar ¡¡¡por vez primera!!! la evolución del metabolismo planetario diferenciado por zonas y atribuyen ¡¡¡a un trabajo de 2006!!! la primera cuantificación de las extracciones de la corteza terrestre. Puedo entender que ignoren olímpicamente todo lo que no salga en inglés, pero no que también ignoren que estas cuantificaciones y sus referencias figuraban en la ponencia y en la publicación en inglés a las que antes hice referencia.

Con vistas a la publicación, sugeriría introducir la investigación de la tesis conectándola con la línea de reflexión que abrió el monumental simposio sobre “Man’s role in changing the face of the Earth”, celebrado en Princeton en 1955 (Thomas, W.L. (ed.) (1956) *Man’s Role in Changing the Face of the Earth*, Chicago: University Chicago Press) y que retomó nuestro libro que, a modo de homenaje, actualizó las reflexiones de aquel simposio en el 50 aniversario de su celebración: Naredo, J.M. y Gutiérrez, L. (eds.) *La incidencia de la especie humana sobre la faz de la Tierra (1955-2005)*, Lanzarote & Granada: Fund. César Manrique y Ed. Universidad de Granada (este libro incluye un texto de Antonio Valero, Edgar Botero y Amaya Martínez sobre la “Evolución y perspectivas del uso de la energía y los materiales” (pp.307-341)). Estas referencias permitirían relacionar la tesis con este tipo de investigaciones promovidas, sobre todo, desde el campo de la geografía, ampliando así su difusión en estos medios.