

## Desarrollo sostenible: un reto central para el pensamiento económico

PULIDO SAN ROMÁN, A.

*Instituto "L.R.Klein"-Centro Stone. Facultad de CC.EE. y EE. Universidad Autónoma de Madrid.*

Campus Cantoblanco. 28049 MADRID. Tfno. 913975079 Fax: 91 3978670. E-mail: antonio.pulido@uam.es

### RESUMEN

Este artículo tiene un objetivo doble: delimitar las fronteras del desarrollo sostenible como un concepto multidisciplinar y revisar las grandes líneas de trabajo que ha ido estableciendo el pensamiento económico, con especial atención a los trabajos empíricos. Como hilo conductor se utilizan los avances en economía del desarrollo y economía de la sostenibilidad. En particular, se destaca el papel clave de aspectos tales como la equidad intergeneracional, el progreso tecnológico, los condicionantes sociales del desarrollo, el capital natural o la evaluación económico-ecológica.

*Palabras Clave:* desarrollo, sostenibilidad, capital natural, equidad, economía ecológica.

### ABSTRACT

This paper has two objectives: to establish the multidisciplinary concept of sustainable development and to review the evolution of economic research in this field, with special references to empirical research. The leading emphasis is on the progress of economic development and sustainability. Special emphasis is placed on intergenerational equity, technological progress, the social aspects of development, natural resources capital and economic-ecological evaluations.

*Key words:* Development, Sustainable, natural-capital, equity, environmental economy.

Clasificación JEL: O11, Macroeconomic Analysis of Economic Development.  
Q01, Sustainable Development.

## 1. DELIMITANDO EL CAMPO DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

La definición más difundida de desarrollo sostenible es la de World Commission on Environment and Development, WCED, (1987): "Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs".

Artículo recibido en marzo de 2003. Aceptado en junio de 2003.

La capacidad para atender a las necesidades de generaciones futuras incluye, implícitamente, los tres pilares sobre los que hoy día se levanta el edificio intelectual del desarrollo sostenible: el pilar económico (una utilización eficiente de recursos), el pilar social (cohesión y progreso social compartido) y el pilar ambiental (uso responsable de los recursos naturales).

Sin embargo, delimitar las fronteras científicas del desarrollo sostenible es una tarea no sólo compleja sino incluso sometida a múltiples interpretaciones. La dificultad inicial proviene de su carácter multidisciplinar, con aportaciones reconocidas de campos tan dispares como la economía, ecología, ética, sociología, ciencia política, antropología, historia, psicología, filosofía o física.

Pero el desarrollo sostenible no sólo necesita de aportaciones pluridisciplinares. Su comprensión exige un enfoque interdisciplinar, en que se analice la interacción entre sus diferentes elementos componentes y todo ello dificulta el ofrecer un planteamiento generalmente aceptado.

En palabras de Sharp (2001): “To date there is no consensus, at least in the academic literature, of what is sustainable development. This of course, is not necessarily a bad thing. Some would argue that plurality of method serves to enrich the debate and the formation of policy,... The dimensionality of sustainable development, its transdisciplinary content and the open endedness of the concept itself presents a considerable challenge”

Este reto intelectual ha recibido respuestas múltiples y en ocasiones distorsionadas. De un planteamiento equilibrado en las relaciones entre plantas, animales, personas y su medio ambiente, algunos ecologistas radicales han derivado un sistema biocéntrico (como opuesto a antropocéntrico) en las relaciones entre los humanos y la naturaleza. De la necesidad de evaluar las consecuencias económicas de la equidad intergeneracional o la defensa del medio ambiente, algunos economistas radicales han deducido que las reglas de decisión superiores son las que rigen la eficiencia y la minimización de costes.

En cualquier caso y sin necesidad de llegar a extremos distorsionados, combinando ecología o economía con otros campos científicos y según el centro de interés predominante se han delimitado áreas de trabajo múltiples con denominaciones tan diversas como gestión ambiental, economía ecológica, derecho ambiental, ecofilosofía, ecología política, contabilidad económico-ecológica o desarrollo económico “verde”.

Incluso en el campo estricto de la ciencia económica es difícil marcar los límites de lo que es o no materia propia del desarrollo sostenible. Tanto la gestión eficaz de recursos, como la equidad, el medio ambiente o el bienestar material son aspectos que pueden afectar prácticamente a cualquier campo de estudio de la economía. Por nuestra parte, vamos a limitarnos a revisar la sostenibilidad en el ya amplio terreno del desarrollo económico.

## 2. LAS CAUSAS ÚLTIMAS DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO

Antecedentes históricos aparte, es ampliamente reconocido que la teoría económica del crecimiento en su versión actual tiene sus raíces en los trabajos de Robert Solow y Trevor Swan (1956). A efectos de clasificar sumariamente la moderna teoría del crecimiento voy a utilizar las propuestas de Robert Barro y Xavier Sala-i-Martin (1995), David Romer (1996) y de Steven Durlauf y Danny Quah (1999).

Barro y Sala-i-Martin, en *Economic Growth*, distinguen los siguientes modelos teóricos (los modelos y autores citados son los más destacados por los autores aunque se complementan con otras múltiples referencias):

1. Modelos de crecimiento con tasas de ahorro exógenas: modelo de Solow y Swan (1956).
2. Modelos de crecimiento con tasas de ahorro determinadas por optimización del consumidor: modelo de Ramsey (1928), Cass (1965) y Koopmans (1965).
3. Modelos de generaciones solapadas: modelos de Samuelson (1958), Diamond (1965) y Blanchard (1985).
4. Modelos de crecimiento endógeno de un sector: el modelo AK de Romer (1986).
5. Modelos de crecimiento endógeno de dos sectores (con especial atención al papel del capital humano): modelo de Rebelo (1991), Uzawa (1965) y Lucas (1988).
6. Modelos de cambio tecnológico con variedad de productos: modelo de Romer (1990) y Grossman y Helpman (1991).
7. Modelos de cambio tecnológico con mejoras en la calidad de productos: modelos con inputs intermedios.
8. Modelos de difusión de tecnología: modelos del tipo líder-seguidor.

Por su parte, David Romer (1996), en su libro de *Macroeconomía Avanzada* dedica los tres primeros capítulos a los modelos de crecimiento que agrupa en:

1. Modelo de crecimiento de Solow.
2. Modelo de horizonte infinito de Ramsey-Cass-Koopmans.
3. Modelo de generaciones solapadas de Diamond.
4. Modelos de Investigación y Desarrollo (I+D).
5. Modelos de capital humano.

Por último, Steven Durlauf y Danny Quah, en su trabajo de revisión de 1999, *The new empirics of economic growth*, distingue:

1. Modelo neoclásico: un bien de capital y progreso tecnológico exógeno. Modelos de Solow y Swam, Cass-Koopmans y Barro-Sala.
2. Modelo neoclásico: múltiples bienes de capital. Modelo de Mankiw, Romer y Weil (MRW) (1992).
3. Modelos de crecimiento endógeno con tecnología linealmente asintótica: modelos de Rebelo y AK de Romer.

4. Modelos de trampas de pobreza: como el de Azariadis y Drazen (1990).
5. Modelos de crecimiento endógeno con I+D y progreso tecnológico endógeno: como el de Grossman y Helpman.
6. Modelos con interacciones entre países: modelo de Lucas con preponderancia del efecto del capital humano.

Sin necesidad de entrar en detalles y variantes propias de un curso de teoría del crecimiento, de cualquiera de las tres clasificaciones de modelos mencionadas se deduce cuales son las opciones básicas y el proceso de incorporación de nuevas variables en búsqueda de un realismo creciente.

El modelo de Solow-Swam identifica dos fuentes de crecimiento que sirven para explicar tanto las variaciones en el tiempo como las discrepancias entre países en la producción por persona o por trabajador: las diferencias en el capital por trabajador (K/L) y la eficiencia del trabajo (A). “Sin embargo, en los casos habituales sólo el crecimiento en la eficiencia del trabajo puede permitir crecimientos permanentes en la producción por trabajador, ya que el cambio esperable en el capital por trabajador es modesto,... Específicamente, la conclusión central del modelo de Solow es que, si los rendimientos de capital exigidos en el mercado son una guía aproximada de su contribución a la producción, entonces las variaciones en la acumulación de capital físico no cuentan como una parte significativa de las diferencias de crecimiento económico a nivel mundial o entre países”<sup>1</sup>.

El problema del modelo de Solow es que señala a la eficiencia del trabajo como causa principal del crecimiento, pero, al tratarla como exógena al modelo, no explica a qué pueda deberse su evolución, que se asigna a un hipotético *progreso tecnológico*.

Una primera generalización es introducir una mayor dinámica a la acumulación de capital a través de una determinación endógena de la tasa de ahorro, como se hace en el modelo Ramsey-Cass-Koopmans. Sin embargo, “incluso cuando el ahorro es endógeno, se mantiene el crecimiento de la efectividad del trabajo como la única causa posible de un crecimiento persistente de la producción por trabajador... Diferencias significativas en esta producción por trabajador pueden provenir de diferencias en el capital por trabajador sólo si estas diferencias, y en las tasas de rendimiento del capital, son enormes”<sup>2</sup>.

Una generalización adicional del modelo de Solow es introducir generaciones solapadas de población como en el modelo de Diamond y otros similares. Las personas de un país son una consecuencia de un flujo permanente de nacimientos, muertes y un proceso continuo de envejecimientos que permiten decisiones dinámicas de las familias en la proporción consumo/ahorro e introduce la posibilidad de que el sector público influya sobre el ritmo de acumulación del capital.

1. D. Romer (1996), op. cit., pág. 23.

2. D. Romer (1996), op. cit., pág. 52.

Más allá de estas variantes del modelo de Solow con crecimiento exógeno, la *Nueva Teoría del Crecimiento*, pasa a explicar esa “eficiencia del trabajo” o factor residual a través de nuevas variables hasta ese momento ajenas al modelo, en particular mediante condicionantes bien del cambio tecnológico y su difusión o bien del capital humano. Así, por ejemplo, el modelo aK de Romer y Rebelo toma su nombre de la interacción entre innovación tecnológica con sus efectos sobre capital humano (a) y capital físico (K).

No es necesario entrar aquí en la exposición formalizada de estos modelos, por otra parte suficientemente divulgada en cualquier libro de texto teórico de macroeconomía. Sin embargo, como gran parte de la literatura teórica sobre desarrollo sostenible utiliza las típicas funciones de producción (en particular del tipo Cobb-Douglas generalizadas), recordaremos las expresiones más habituales de algunos modelos, utilizadas en aplicaciones económicas que intentan ir interpretando, cada vez con mayor amplitud, los factores condicionantes del crecimiento económico.

En el modelo de Solow, la producción (Q) viene influida por un factor residual variable en el tiempo, A (t), que amplifica los efectos de las cantidades utilizadas de capital (K) y trabajo (L):

$$Q_t = A(t)K^\alpha L^{1-\alpha} \quad (1)$$

Es importante recordar, para posteriores análisis sobre sostenibilidad, que la especificación habitual supone economías a escala constantes, sustituibilidad entre capital y trabajo, un factor exógeno y heterogéneo de productividad de los factores de producción y la no inclusión del consumo de productos intermedios en el proceso productivo (Q es, por ello, habitualmente valor añadido y no producción).

Una variante frecuentemente empleada consiste en sustituir el A(t) de Solow por un elemento de progreso tecnológico (realmente productividad total de factores) dependiente exclusivamente del tiempo y fácilmente linealizable tomando logaritmos, con la posibilidad de rendimientos a escala variables ( $\alpha + \beta > 1$ ):

$$Q_t = K_t^\alpha L_t^\beta e^{\delta t} \quad (2)$$

A partir de aquí, progresivas aportaciones utilizan diversas variantes de lo que ha venido a denominarse función de producción de Solow-aumentada. Por ejemplo, el modelo MRW (Mankiw-Romer-Weil), incorpora una variable que incluye una valoración de capital humano (H) y cantidad de trabajo (L), ahora corregida por un índice de eficiencia tecnológica (AL), con rendimientos a escala constantes:

$$Q_t = K_t^\alpha H_t^\beta (AL)^{1-\alpha-\beta} \quad (3)$$

o bien la versión del modelo aK de Romer y Rebelo

$$Q_t = aH_t^\alpha L_t^\alpha K_t^{1-\alpha} \quad (4)$$

en que se supone que el nivel tecnológico es una función creciente del capital por unidad de trabajo (progreso tecnológico incorporado) que, en el caso más simple, permitiría sustituir H por K/L y entonces:

$$Q = a \left( \frac{K}{L} \right)^\alpha L^\alpha K^{1-\alpha} = aK \quad (5)$$

que justifica el nombre del modelo.

Nuevos desarrollos han propuesto diferenciar efectos entre capital productivo (K) y capital público (G), a partir del trabajo pionero de Aschauer (1989):

$$Q = AF(K, L, G) = AK^{e_k} L^{e_L} G^{e_G} \quad (6)$$

o bien separar los bienes de capital según tipos (p.ej. capital en tecnologías de la información del resto) o diferentes “cosechas” (modelos tipo “putty-clay”).

Entre las múltiples variantes utilizadas haremos una última referencia a los modelos tipo KLEM (capital -trabajo-energía-materias primas y productos intermedios):

$$Q = F(K, L, E, M) \quad (7)$$

en su versión Cobb-Douglas ampliada o en otras muy diversas especificaciones.

Como puede fácilmente imaginarse, entre los posibles modelos están aquellos que consideran explícitamente el capital en recursos naturales utilizado en el proceso productivo (R), incluso en algunas especificaciones diferenciando entre recursos renovables (p. ej. bancos de pesca) y no renovables (p. ej. carbón). Concretamente en 1974, *Review of Economic Studies* dedica un número monográfico a las ponencias presentadas en unas reuniones técnicas dedicadas a analizar el conocido informe Meadows sobre los límites del crecimiento (Meadows y otros, 1972). En ese número se incluyen tres trabajos considerados hoy día clásicos en la economía de la sostenibilidad y referidos al tratamiento de la utilización de recursos naturales limitados. Sus autores, el propio Solow (1974), Stiglitz (1974) y Dasgupta y Heal (1974) tratan, de una u otra forma, una función de producción que podría resumirse en la siguiente expresión:

$$C_t = K_t^\alpha R_t^\beta e^{\gamma t} - \dot{K} - \delta K - \xi R \quad (8)$$

En este tipo de modelos, C es el flujo de consumo que, junto con la inversión neta en capital ( $\dot{K}$ ), la depreciación del capital ( $\delta K$ ) y el coste por extracción de los recursos ( $\xi R$ ), constituye el flujo productivo a explicar a partir del capital físico (K), del uso de recursos naturales (R) y del tiempo como indicativo de la evolución tecnológica. Las

variables están expresadas en términos relativos respecto a la población ocupada ( $L$ ), que no aparece así explícita en el modelo. Es importante observar que con esta especificación existe sustituibilidad entre capital de producción humano y recursos naturales, aspecto que ha sido objeto de una amplia polémica posterior.

Pero dejaremos para más adelante el profundizar en la sostenibilidad y terminaremos ahora nuestra rápida revisión sobre las causas del desarrollo económico. Desde los trabajos pioneros de Edward Denison (1962 y 1967), la economía aplicada ha intentado superar los estrechos límites que imponen las funciones de producción, aun en sus desarrollos con modelos más generales que los de tipo Cobb-Douglas (p.ej. funciones CES y VES con elasticidades de sustitución constantes o variables).

Como es bien conocido, las primeras estimaciones empíricas de Solow ya se basaban en una deducción *contable* de la contribución al crecimiento de los factores de producción considerados. En su caso, bajo el supuesto de que estos factores se retribuyen según su producción marginal, la tasa de crecimiento de dichos factores ( $\dot{K}$  y  $\dot{L}$ ) se ponderan por las correspondientes áreas de renta ( $s_K$  y  $s_L$ ) para explicar el crecimiento de la producción ( $\dot{Q}$ ), dada una variación del cambio tecnológico ( $\dot{A}$ ).

$$\dot{Q} = \dot{A} + s_K \dot{K} + s_L \dot{L} \quad (9)$$

La variante de *contabilidad del crecimiento* que propone Denison consiste en distinguir varios componentes en trabajo (duración de jornada, edad, sexo, educación) y capital (viviendas, equipos, activos internacionales), así como los posibles integrantes de las mejoras de productividad (avances del conocimiento, mejoras en la distribución de recursos, apertura internacional, economías de escala).

En la versión formalizada que del enfoque de Denison hace Ishaq Nadiri (1970) en su *survey* sobre medida de la productividad, las variaciones de producción ( $\Delta Q$ ) se explicarían por un factor de escala ( $\mu$ ) que afecta a los incrementos en la cantidad de factores ( $\Delta X_i$ ) afectados por sus correspondientes áreas de renta ( $\alpha_i$ ), a las que se añade la estimación de aspectos tales como las mejoras en la distribución de recursos u otras irregularidades ( $\Delta Y_j$ ) y, por diferencia, se calcula un residuo que se asigna a los avances de conocimiento ( $J$ ):

$$\Delta Q = \mu \left[ \sum_{i=1}^n \alpha_i \Delta X_i + \sum_{j=1}^m \Delta Y_j + J \right] \quad (10)$$

A lo largo de estos últimos treinta años, se han realizado miles de aplicaciones sobre las causas últimas del crecimiento económico de países o regiones. Una revisión de 1.147 experiencias distintas pueden encontrarse en Pulido (2000) agrupadas en un total de quince campos. A los modelos clásicos ya comentados se añaden otros múltiples que incluyen aspectos tales como convergencia, apertura exterior, estabilidad

macroeconómica, nuevas tecnologías o condicionantes sociopolíticos. Y es que, poco a poco, los investigadores del crecimiento económico van reconociendo que el número de trabajadores, la cantidad de máquinas y fábricas, la productividad, la riqueza de un país o región en infraestructuras son aspectos que van asociados al crecimiento pero que no explican realmente cómo y por qué éste se produce.

Cada vez se reconoce más que el crecimiento es un complejo mosaico con componentes no sólo estrictamente económicos, sino también tecnológicos, institucionales, políticos y sociales. Así Landau, Taylor y Wright (1996), revisan la incidencia de aspectos tales como las políticas educativas o de ciencia y tecnología, el conjunto institucional en sus variantes legal, financiero o fiscal, el clima sociopolítico o la regulación y defensa del medio ambiente.

En el trabajo anteriormente comentado de Durlauf y Quah (1999) se incluye un amplio repertorio de trabajos empíricos sobre el crecimiento (ochenta y siete experiencias), clasificados por las diferentes variables explicativas utilizadas (treinta categorías de variables). Naturalmente, la mayoría de las investigaciones emplean varias a la vez. Las más utilizadas fueron nivel educativo, tipos de cambio y mercado negro, condicionantes geográficos, nivel económico de partida (convergencia), inversión extranjera, apertura comercial, peso del gobierno, inestabilidad política y social, distorsiones de precios, libertades civiles, sofisticación financiera o nivel de asistencia sanitaria.

La lista puede y debe aún ampliarse. Por ejemplo en Szirmai, van Ark y Pilat (1993) en que, se recogen las conclusiones de una reunión de especialistas, celebrada bajo el tema “ Explaining Economic Growth” (University of Groningen, 1992), se añaden otras cuestiones tales como cambio demográfico; influencias religiosas y actitudes hacia el trabajo y el ahorro; el papel del proceso de formación del Estado como prerequisite para el funcionamiento de mercados eficientes; la incidencia de los grupos de presión; actitudes hacia la renta, el riesgo y el tiempo libre; los cambios en la cualificación de directivos; el papel del urbanismo; el orden político y económico internacional.

En ese esfuerzo de generalización en el proceso de detectar los condicionantes del crecimiento económico, no puede faltar una referencia a su mantenimiento en el tiempo y a la equidad en su distribución. En último término es pasar del estudio del crecimiento a un desarrollo económico sostenible.

### **3. DE CRECIMIENTO ECONÓMICO A DESARROLLO ECONÓMICO SOSTENIBLE**

Pasar de crecimiento a desarrollo y de ahí a desarrollo sostenible supone recorrer un largo camino que prácticamente transcurre por toda la historia del pensamiento económico. Aunque sea de forma sucinta parece conveniente recordar el papel central

que han venido jugando conceptos tales como “crecimiento equilibrado”, “crecimiento compensado” y “crecimiento sostenido”, hasta llegar a “desarrollo económico sostenible”.

En *The New Palgrave Dictionary of Economics* (pag. 179) se asigna la paternidad del término “equilibrio” a James Steuart, allá por 1769, en el sentido de un balance de fuerzas o la ausencia de una tendencia al cambio.

Lo más relevante del pensamiento económico sobre equilibrio, para el posterior paso a la sostenibilidad, es la noción de “equilibrio intertemporal” introducida por Hayek, Lindahl y Hicks en los años interguerras y hecha operativa a partir de los trabajos de Malinvaud, Arrow y Debreu en los años 1950. Alcanzar un equilibrio intertemporal en el crecimiento económico, definido a partir de unas condiciones naturales o normales a largo plazo, es un adelanto tanto del crecimiento compensado como del sostenido.

Las ideas claves de un crecimiento compensado o balanceado (balanced growth) se deben, en su inicio, a Ragnar Nurkse (1953) y sus preocupaciones por el crecimiento en los países subdesarrollados. La compensación o descompensación se puede referir a la situación relativa entre países y es lo que hoy día denominaríamos como “convergencia” o bien a la posibilidad de partes de la economía de un país con crecimientos dispares, las “economías duales” en la terminología iniciada por Lewis (1954).

William Baumol (1967) amplía la visión al analizar las razones y consecuencias de un crecimiento descompensado, que se produce al convivir sectores tecnológicamente estancados frente a otros fuertemente progresivos, dando lugar al denominado “mal de Baumol” (Baumol cost disease).

Pero también la noción de compensación se ha aplicado entre individuos o generaciones, en el sentido de la comparación entre las alteraciones de ganadores y perdedores en dos situaciones distintas. Es bien conocido, y aun ampliamente utilizado, el criterio de compensación de Pareto (1894): todos los individuos deben quedar al menos tan bien en el estado final como en el de partida; nadie pierde, aunque algunos ganan. Como veremos posteriormente el concepto de “equidad intergeneracional”, que juega un papel clave en el desarrollo sostenible, exige hacer explícito un criterio de compensación entre generaciones.

Crecimiento o desarrollo sostenido es, a veces, confundido erróneamente con desarrollo sostenible. Un crecimiento sostenido o mantenido se refiere sólo a su continuidad en el tiempo, durante un periodo más o menos prolongado. Se puede mantener, por tanto, un cierto ritmo de crecimiento durante algún tiempo aunque se estén rompiendo principios de un desarrollo sostenible, eficiente, equitativo y equilibrado en la utilización de recursos naturales.

Aunque en ocasiones se utilice crecimiento y desarrollo como conceptos equivalentes, existe un acuerdo bastante amplio en que desarrollo exige un crecimiento cualificado. Por ejemplo, Ghatak (1978) exigía como condiciones para poder hablar de desarrollo: considerar la distribución de la renta, evitar sociedades “duales” y valorar la

calidad de vida. Para una revisión de trabajos sobre desarrollo puede verse Stern (1989).

Para entrar de lleno en el campo del desarrollo económico sostenible vamos a utilizar, principalmente, dos *surveys* recientes sobre el tema, complementarios entre sí y publicados ambos por la organización *Resources for the Future*. La revisión de Pezzey y Toman (2002) se centra principalmente en los artículos publicados en revistas entre 1974 y 2000. La de Blackman, Mathis y Nelson (2001) recoge las aportaciones que consideran más relevantes en los campos del desarrollo económico más ligados a la sostenibilidad en todo tipo de publicaciones.

Como punto de partida utilizaremos el trabajo previo de Toman, Pezzey y Krautkraemer (1993) en que clasifican los modelos analíticos que relacionan crecimiento económico y sostenibilidad en seis grandes ramas:

1. Modelos con un único sector dinámico representativo, con recursos naturales finitos y una tecnología de producción neoclásica.
2. Modelos tipo Hartwick.
3. Modelos de crecimiento endógeno para el uso de recursos y la degradación ambiental.
4. Modelos centrados en los efectos de stock.
5. Modelos con planteamiento explícito de la sostenibilidad, que pueden ser del tipo: modelos de agentes representativos, modelos de superposición de generaciones y modelos en que no existe sustituibilidad entre capital fabricado y capital natural.
6. Modelos que incorporan efectos de polución y activos ambientales.

Dada la diversidad de trabajos, interpretaciones y matices, nos limitaremos a plantear las grandes líneas de algunos de los trabajos claves en los diferentes tipos de modelos comentados. Según la clasificación de Pezzey y Toman existen tres hitos en la modelización del desarrollo sostenible, que nos permiten diferenciar los periodos 1974-86, 1987-96 y 1997-actual. En 1974, *Review of Economic Studies* dedica un número especial a comunicaciones presentadas en una reunión científica convocada para analizar el informe Meadows (1972), sobre límites al crecimiento. En 1987, World Commission on Environment and Development, WCED, publica su libro *Our common future*. En 1997 la revista *Land Economics* dedica un número especial a sostenibilidad, que es continuado, en el mismo año, por otras revistas (en particular *Ecological Economics*) y libros relevantes sobre la materia.

La etapa inicial 1974-86 se inicia con los trabajos, ya comentados en nuestra introducción, de Solow (1974), Stiglitz (1974) y Desgupta y Heal (1974), que integrarían lo más representativo de los modelos tipo 1, con sector único, recursos finitos y función de producción neoclásica.

El modelo teórico propuesto supone, como va a ser línea habitual en posteriores perfeccionamientos, la maximización a lo largo del tiempo de la utilidad ( $U$ ) que proporciona el consumo ( $C$ ) de bienes y servicios (es decir la producción neta no reinvertida en capital), descontada con un factor variable en el tiempo ( $\emptyset_t$ ):

$$\max \int_0^{\infty} U(C_t) \phi_t dt \quad (11)$$

La función de utilidad  $U(C)$  se establece en forma tal que valores futuros pueden reportar mejoras decrecientes de utilidad a partir de un parámetro,  $\vartheta$ , definitorio de la curvatura de esa función:

$$U(C_t) = C_t^{1-\vartheta} / (1-\vartheta) \quad (12)$$

Por su parte, el consumo (realmente el consumo per capita) corresponde a una función de producción de tipo Cobb-Douglas con factores de capital producido,  $K$ , y capital natural,  $R$  ecuación (8) precedente:

$$C_t = K_t^\alpha R_t^\beta e^{\gamma t} - \dot{K} - \delta K - \xi R \quad (13)=(8)$$

en que  $\delta$  es la tasa de depreciación del capital y  $\xi$  el coste unitario de extracción de recursos.

El modelo se complementa con una ecuación de gestión de los recursos naturales ( $S$ ) en que se supone existe la posibilidad de un incremento parcial por recursos renovables,  $G(S)$ :

$$S_t = S_{t-1} - R_t + G_t(S) \quad (14)$$

En la versión de Dasgupta y Heal (1974), la tasa de descuento de la utilidad se supone constante:

$$\phi_t = e^{-pt} \quad (15)$$

en que  $p > 0$  es la tasa de preferencia temporal y la maximización del valor presente de las utilidades descontadas se conoce como criterio *PV (present value) optimality*. Bajo ciertas circunstancias simplificadoras, Dasgupta y Heal concluyen que la solución conduce a concentrar el consumo en los primeros años de gran plenitud de recursos y que la inversión en capital no es suficiente para compensar los efectos negativos de destrucción de recursos sobre la producción, con lo que no existirá un desarrollo sostenible a largo plazo.

Stiglitz (1974) y Solow (1974) plantean que existen condiciones en que ese desarrollo es sostenible. El primero lo introduce a partir de un progreso tecnológico y el segundo imponiendo la restricción de que  $\beta < \alpha$ , que implica que la utilización de recursos suponga menos de la mitad del valor de la producción.

La relación entre inversión productiva y recursos naturales utilizados es la característica clave de los modelos tipo Hartwick (1977). La conclusión básica de sucesivos trabajos de John M. Hartwick es que la sostenibilidad se garantiza si la renta derivada

de la disminución de recursos, coincide con el nivel de inversión necesario para alcanzar un consumo constante en el tiempo. Con un valor unitario  $F_R$ , se trata de cumplir:

$$\dot{K} = F_R R - F_R G(S) - \xi R \quad (16)$$

es decir, el crecimiento neto del capital tiene que igualar las rentas de venta del capital natural destruido, eliminados el valor del crecimiento de los recursos naturales renovables y los costes de extracción. Como en el caso de recursos no renovables sería preciso añadir alguna limitación a la sustituibilidad entre K y R, implícita en la función de producción, la norma establecida en (16) se conoce hoy día como *regla o enfoque de sostenibilidad débil de Hartwick*, que puede resumirse en que inversiones netas nulas permanentes (teniendo en cuenta tanto capital producido como natural) conducen a un consumo constante también permanente. Una norma de política de los gobiernos para garantizar la sostenibilidad sería, de acuerdo con estos resultados, el invertir las rentas derivadas de la destrucción de recursos en construir capital para el resto de la economía.

Pearce y Atkinson (1993) han realizado una aplicación de este modelo a 18 países diferentes utilizando como medida de sostenibilidad (débil) la diferencia entre ambos términos de la igualdad (16) expresada en relación a una medida de producción (F):

$$\text{Indicador sostenibilidad} = \dot{K}/F - [F_R(R - G(S))]/F - \xi R/F \quad (17)$$

Asehim (1986) y Krautkraemer (1985) plantean sendas variantes que abren nuevos caminos. En el primer caso se trata de diferenciar tres agentes principales: trabajadores, capitalistas y propietarios de recursos no-renovables. Asehim presenta un modelo en que los propietarios de recursos acuden a elevaciones de precios para compensar la disminución de sus stocks, con lo que ellos se aseguran un mantenimiento de su consumo sin invertir nada. Por el contrario, el precio de los capitalistas (el tipo de interés) iría cayendo según se acumula cada vez más capital, con lo que ellos deberían seguir invirtiendo para asegurar un consumo mantenido. Estas discrepancias de comportamiento se generalizan al caso de diversos países con abundancia relativa de recursos o de capital productivo. Krautkraemer, por su parte, generaliza la regla de optimalidad PV diferenciando entre tasas de descuento y stock iniciales de capital que conducen a un equilibrio “sucio” (uso elevado de recursos) o “limpio” (uso reducido).

Entre las múltiples aportaciones que van sucediéndose durante los primeros años de la década de los 90, no pueden olvidarse las de Daly (1990), Pezzey (1992) y Beckerman (1994). Se trata de algunas de las referencias relevantes que siguen a la publicación del conocido libro de WCED (1987).

Herman Daly (1990) pone los cimientos de una “sostenibilidad fuerte”, superando la “sostenibilidad débil” de Hartwick. No basta con invertir lo suficiente como para

compensar la disminución de recursos. Es preciso que:

1) Las tasas de explotación de los recursos se igualen a las de regeneración (rendimiento sostenido); 2) Las tasas de emisión de residuos deberán igualar a la capacidad de asimilación natural del ecosistema; y 3) Las fuentes renovables de energía deberán explotarse en forma casi-sostenible, limitando su tasa de destrucción a la de creación de sustitutos. En resumen, la sostenibilidad fuerte no permite sustituir indefinidamente capital natural por capital fabricado; ambos son complementarios más que sustitutivos.

La relación que no queda clara en esta definición es la que existe entre nuevas tecnologías y necesidad de recursos.

Por su parte Pezzey (1992) añade, aunque parcialmente, la consideración de una tecnología cambiante, proponiendo el paso de una sostenibilidad estática a una dinámica. Beckerman (1994) llega incluso a rechazar frontalmente la sostenibilidad fuerte al considerar que dada la sustituibilidad evidente entre capital producido y recursos, "that "strong" substitutability is morally unacceptable as well as totally impractical".

Contemporáneamente con estos trabajos se publican los de Howarth y Norgaard (1990, 1992 y 1993) sobre "overlapping generations (OLG)" en que se generalizan resultados de la teoría clásica del bienestar, con repartos diferentes de *dotaciones* de recursos entre dos o más generaciones solapadas. Los recursos de inputs pueden sustituirse por acumulación de emisiones y sus efectos como coste externo de la pérdida de producción. Su principal conclusión es que la senda óptima de consumo a través del tiempo y la valoración marginal de la externalidad negativa medioambiental (medida por un impuesto sobre emisiones) depende de la distribución de la riqueza entre generaciones y de las transferencias de renta entre viejos y jóvenes. No hay, por tanto, un valor correcto para el coste medioambiental; el valor varía con la visión que la sociedad tenga del futuro.

Otro trabajo importante para la economía de la sostenibilidad es el de Common y Perrings (1992), con el mensaje central de que la sostenibilidad ecológica es muy diferente de la sostenibilidad económica.

La eficiencia económica no es necesaria para la sostenibilidad ecológica e incluso puede entrar en conflicto con ella: "if existing preferences and technologies are not ecologically sustainable, then consumer sovereignty implies system instability,... An ecological economics of sustainability implies an approach that privileges the requirements of the system above those of the individual".

Pero, como indicamos anteriormente, es a partir de 1997 cuando se produce la mayor parte de las aportaciones que están guiando los trabajos actuales en el amplio campo de las aplicaciones en economía de la sostenibilidad.

Los nuevos desarrollos van integrando en la sostenibilidad económica dos grandes componentes: la eficiencia dinámica y la equidad intergeneracional. Por citar un resumen reciente, nos referiremos a la formalización de Stavins, Wagner y Wagner (2002).

La eficiencia dinámica se expresa formalmente como la maximización de la fun-

ción intertemporal de bienestar:

$$W\{(u_t)\} = \int_t^{\infty} U\{c(\tau)\} e^{-r(\tau-t)} d\tau \quad (18)$$

es decir, la búsqueda de una senda de consumo  $c(\tau)$ , para todas las generaciones actuales y futuras, cuya utilidad se descuenta al momento actual a una tasa social,  $r$ , de preferencia temporal. Lo importante es que  $W$  debe recoger el bienestar social total. Por ello, el consumo será tanto el directo como el disfrute de bienes y servicios de no-mercado. Pero además en el cálculo de la producción (ecuaciones (13) u (8) anteriores) es conveniente tener en cuenta todo tipo de capital (por ejemplo el capital natural y también el capital humano), así como cualquier forma de depreciación del capital.

La equidad intergeneracional puede exigir además que la función de bienestar maximizada no decrezca en el tiempo, es decir:

$$\frac{dW\{(u_t)\}}{dt} \geq 0 \quad (19)$$

Entre los trabajos de aplicación, la revisión de Pezzey y Toman (2002) se centra en los de Weitzman (1997), Proops y otros (1999) y Hanley y otros (1999). La primera aplicación se centra en determinar el camino de maximización PV para EEUU y concluye que mientras que el coste de corregir la degradación ambiental y la pérdida de recursos supone aproximadamente el 2% del PIB, *el technological change premium* llega al 40% del PIB, durante el periodo analizado. Su conclusión es que “sustainability would appear to depend more critically on future projections of the (technological progress) residual than on the typical corrections now being undertaken in the name of green accounting”.

El trabajo de Proops y otros (1999) trata de la importancia de la *insostenibilidad exportada* en economías abiertas a través tanto del comercio exterior de recursos como de bienes intensivos en recursos naturales. Al realizar nuevos cálculos, teniendo en cuenta las implicaciones del comercio exterior en la sostenibilidad de los países, comprueban que se eleva la sostenibilidad de regiones tales como el Medio Oriente y reduce otras como la correspondiente a Europa Occidental o EEUU.

Por su parte la aplicación de Hanley y otros (1999) se focaliza en la elaboración y comparación de siete diferentes medidas de sostenibilidad deducidas a partir de 17 indicadores económicos, ecológico/ambientales y socio-políticos. Se calculan medidas de sostenibilidad débil (como el “green net national product”), otras de sostenibilidad fuerte ecológico/ambiental y algunas de tipo sociopolítico (como el “index of sustainable economic welfare”).

No es posible, dentro de los límites de espacio que se imponen a un artículo de revisión, entrar en el detalle de otros múltiples trabajos que se han publicado durante

los últimos años. En todo caso nos remitimos, adicionalmente, al *survey* ya mencionado de Blackman, Mathis y Nelson (2001) que incluye 277 referencias bibliográficas de aplicaciones referidas a la conexión entre economía sostenible y siete grandes áreas de estudio: papel del Estado, crecimiento, comercio, ayuda internacional, endeudamiento, ajuste estructural y población.

## BIBLIOGRAFÍA

- ASCHAUER, D.A. (1989), "Is public expenditure productive?", *Journal of Monetary Economics*, vol.23, pág.177-200.
- ASHEIM, G.B. (1986), "Hartwick's rule in open economies", *Canadian Journal of Economics*, vol.19, n° 3, págs. 395-402.
- AZARIADIS, C. y DRAZEN, A. (1990), "Threshold externalities in economic development", *Quarterly Journal of Economics*, n° 105, mayo, págs. 501-526.
- BARRO, R.J. y SALA-I-MARTÍN, X. (1995), *Economic Growth*, McGraw-Hill.
- BECKERMAN, W. (1994), "Sustainable development: is it a useful concept", *Environmental Values*, vol. 3, n° 3, págs. 191-209.
- BLACKMAN, A., MATHIS, M. y NELSON, P. (2001), *The greening of development economics: a survey*, Washington: Resources for the Future.
- BLANCHARD, O. (1985), "Debt, deficits and finite horizons", *Journal of Political Economy*, n° 93, abril, págs. 223-247.
- CASS, D. (1965), "Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation", *Review of Economic Studies*, n° 32, julio, pág. 233-240.
- COMMON, M. y PERRINGS, Ch. (1992), "Towards an ecological economics of sustainability", *Ecological Economics*, vol. 6, págs. 7-34.
- DALY, H.E. (1990), "Toward some operational principles of sustainable development", *Ecological Economics*, vol. 2, n° 1, págs. 1-6.
- DASGUPTA, P.S. y HEAL, G.M. (1974), "The optimal depletion on exhaustible resources", *Review of Economics Studies*, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources
- DENISON, E.F. (1962), The sources of economic growth in the United States and the alternatives before us, Committee for Economic Development.
- DENISON, E.F. (1967), *Why growth rates differ: postwar experience in nine western countries*, The Brookings Institution.
- DIAMOND, P. (1965), "National debt in a neoclassical growth model", *American Economic Review*, n° 55, diciembre, págs. 1126-1150.
- DURLAUF, S.N. y QUAH, D.T. (1999), "The new empirics of economic growth", En Taylor, J. y

- Woodford, M. (1999), *Handbook of macroeconomics*, North Holland.
- GHATAK (1978), *Development economics*. Londres: Longman.
- GROSSMAN, G.M. y HELPMAN, E. (1991), *Innovation and growth in the global economy*, MIT Press.
- HANLEY, N.; MOFFATT, I.; FAICHEY, R. y WILSON, M. (1999), "Measuring sustainability: A time series of alternative indicators for Scotland". *Ecological Economics*, vol. 28, nº 1, págs. 55-74.
- HOWARTH, R.B. y NORGAARD, R.B. (1990) "Intergenerational resource rights, efficiency and social optimality", *Land Economics*, vol. 66, nº 1, págs. 1-11.
- HOWARTH, R.B. y NORGAARD, R.B. (1992), "Environmental valuation under sustainable development", *American Economic Review*, vol. 82, nº 2, págs. 473-477.
- HOWARTH, R.B. y NORGAARD, R.B. (1993), "Intergenerational transfers and the social discount rate", *Environmental and Resource Economics*, vol. 3, nº 4, págs. 337-358.
- KOOPMANS, T.C. (1965), "On the concept of optimal economic growth", *Econometric approach to development planning*, North Holland.
- KRAUTKRAEMER, J.A. (1985), "Optimal growth, resource amenities and the preservation of natural environments", *Review of Economic Studies*, vol. 52, nº 1, págs. 153-170.
- LANDAU, R.; TAYLOR, T. y WRIGHT, G. (1996), *The mosaic of economic growth*, Stanford University Press.
- LEWIS, W.A. (1954), "Economic development with unlimited supplies of labor", *Manchester School*, mayo, págs. 139-191.
- LUCAS, R.E. (1988), "On the mechanics of economic development", *Journal of Monetary Economics*, nº 22, Julio, págs. 3-42.
- MANKIW, G.N.; ROMER, D. y WEIL, D.N. (1992), "A contribution to the empirics of economic growth", *The Quarterly Journal of Economics*, nº 107, mayo, págs. 407-437.
- MEADOWS, D.H.; MEADOWS, D.L.; RANDERS, J. y BEHRENS, W. (1972), *The limits of growth*. New York: Universe Books.
- NADIRI, M.I. (1970), "Some approaches to the theory and measurement of total factor productivity: A survey" *Journal of Economic Literature*, vol. VIII, nº 4. diciembre.
- NURHSE, R. (1953), *Problems of capital formation in underdeveloped countries*, Oxford: Blackwell.
- PARETO, V. (1894), "Il massimo di utilità dato dalla libera concorrenza", *Giornale degli Economisti*, Series 2, nº 9, julio, págs. 48-66.
- PEARCE, D.W. y ATKINSON, D. (1993), "Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of "weak" sustainability", *Ecological Economics*. Vol.8, nº2, págs.103-108.
- PEZZEY, J. (1992), "Sustainability: an interdisciplinary guide", *Environmental Values*, vol. 1, nº 4, págs. 321-362.
- PEZZEY, J.C. y TOMAN, M.C. (2002), *The economics of sustainability: a review of journal articles*,

- Washington: Resources for the Future.
- PROOPS, J.L. ; ATKINSON, G; SCHLOTHEIM, B.F. y SIMON, S. (1999), "International trade and the sustainability footprint: a practical criterion for its assessment", *Ecological Economics*, vol. 28, n° 1, págs. 75-98.
- PULIDO, A. (2000), *Economía en Acción*, Madrid: Pirámide.
- RAMSEY, F. (1928), "A mathematical theory of saving", *Economic Journal*, n° 38, diciembre, págs. 543-559.
- REBELO, S. (1991), "Long-run policy analysis and long-run growth", *Journal of Political Economy*, n° 99, junio, págs. 500-521.
- ROMER, D. (1996), *Advanced macroeconomics*, McGraw-Hill.
- ROMER, P.M. (1986), "Increasing returns and long-run growth", *Journal of Political Economy*, n° 94, octubre, págs. 1002-1037.
- ROMER, P.M. (1990), "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, n° 98, octubre, parte II, S-71 a S-102.
- SAMUELSON, P.A. (1958), "An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money", *Journal of Political Economy*, n° 66, diciembre, págs. 467-482.
- SHARP, BASIL M. (2001), *Sustainable development: environment and economic framework integration*, Auckland, New Zealand: Treasury Working Papers 01/27.
- SOLOW, R.M. (1956), "A contribution to the theory of economic growth", *Quarterly Journal of Economics*, n° 70, febrero, págs. 65-94.
- SOLOW, R.M. (1974), "Intergenerational equity and exhaustible resources", *Review of Economics Studies*, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources.
- STAVINS, R.N.; WAGNER, A.F. y WAGNER, G. (2002) *Interpreting sustainability in economic terms: dynamic efficiency plus intergenerational equity*, Washington: Resources for the Future, Discussion Paper 02/29.
- STERN, N. (1989), "The economics of development: a survey", *Economic Journal*, n° 99, págs. 597-685.
- STIGLITZ, J.E. (1974), "Growth with exhaustible natural resources: efficient and optimal growth paths", *Review of Economics Studies*, Symposium on the Economics of Exhaustible Resources.
- SWAM, T.W. (1956), "Economic growth and capital accumulation", *Economic Record*, n° 32, noviembre, págs. 334-361.
- SZIRMAI, A. VAN ARK, B. y PILAT, D., editores, (1993), *Explaining economic growth*, North Holland.

- TOMAN, M.; PEZZEY, J. y KRAUTKRAEMER, J. (1993), *Economic theory and sustainability*, RFF Discussion Paper EWR93-14-REV. Washington: Resources for the Future.
- UZAWA, H. (1965), "Optimal technical change in a aggregative model of economic growth", *International Economic Review*, nº 6, enero, págs. 18-31.
- WCED (1987), *Our Common future*, Oxford, U.K.: Oxford University Press.
- WEITZMAN, M.L. (1997), "Sustainability and technical progress", *Scandinavian Journal of Economics*, vol. 99, nº1, págs. 1-13.
- WOODFORD, M. (1999), *Handbook of Macroeconomics*, North Holland.