



ASOCIACION ARGENTINA
DE ECONOMIA POLITICA

ANALES | ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA

LIII Reunión Anual

Noviembre de 2018

ISSN 1852-0022

ISBN 978-987-28590-6-0

Crecimiento sostenible y valoracion intertemporal:
un enfoque teórico

Rojas Mara
London Silvia

CRECIMIENTO SOSTENIBLE Y VALORACION INTERTEMPORAL: UN ENFOQUE TEÓRICO

Mara Rojas*

Silvia London**

Resumen

La Agenda 2030 del PNUD establece los Objetivos del Desarrollo Sostenible orientados a mejorar las condiciones de vida de la población frente a los desafíos ambientales actuales y futuros. Las actividades intensivas en capital natural son particularmente importantes, ya que su desarrollo depende fuertemente de la calidad ambiental a la vez que su crecimiento genera actuales y potenciales daños al medio ambiente. El mecanismo de retroalimentación, sin acciones ambientales específicas, puede afectar significativamente el crecimiento de la región considerada. Bajo este marco conceptual se desarrolla un modelo básico de crecimiento, en el que el desempeño agregado depende tanto de la conducta maximizadora de los individuos (consumidores y productores) como de su valoración intertemporal. Esta variable cobra particular importancia en este contexto teórico, determinando las posibles trayectorias de crecimiento. Los resultados sugieren la necesidad de implementar políticas ambientales específicas para alcanzar una dinámica compatible con el desarrollo sostenible.

Palabras claves: crecimiento, sostenibilidad, valoración intertemporal, modelo

Código JEL: O1, O4

Abstract

The 2030 Agenda of UNDP establishes the Sustainable Development Goals, in order to improve the living conditions of population against the present and future environmental challengers. The intensive activities in natural capital are particularly relevant since its development depends on the environmental quality. Simultaneously, the growth of these activities produces current and future damages to the environment. The feedback mechanisms without specific environmental policies can affect greatly the growth of the region. On this framework, we present a basic model of growth where the performance depends on the maximizing behaviour of agents (as consumers and firms) and its intertemporal valuation. This variable has an especial importance, determining different trajectories of growth. The outcomes suggest the need of environmental policies implementations in order to catch a sustainable development dynamics.

Keywords: growth, sustainability, intertemporal valuation, model

JEL Code: O1, O4

* Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS), Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur (UNS) – CONICET, Bahía Blanca, Argentina. Email: mrojas@uns.edu.ar

** Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (IIESS), Departamento de Economía, Universidad Nacional del Sur (UNS) – CONICET, Bahía Blanca, Argentina. Email: slondon@uns.edu.ar

1. Introducción

El análisis económico, y más precisamente, la teoría económica, plantea distintos abordajes de la variable "tiempo" en sus formulaciones. Desde la representación de modelos económicos basados en un "tiempo lógico" hasta la incorporación de "la flecha del tiempo", que permite estudiar fenómenos como la irreversibilidad, la incertidumbre y la dependencia a las condiciones iniciales, la discusión ha sido abundante y ha ocupado un lugar importante en la agenda de los investigadores en economía (London 2016).

El rol del tiempo (histórico) en los modelos económicos cambia sustancialmente cuando focalizamos sobre la valoración intertemporal de los agentes. Por un lado, existe una literatura importante (aunque acotada) sobre la consideración de esta variable en forma endógena (Becker, Mullingan 1997; Gong 2006, Frederick et al 2002, Stern 2006). Por otro lado, algunos modelos plantean la importancia de la consideración temporal en los resultados, si bien las relaciones causales y su propia variación en el tiempo se encuentran relegadas (Aghion, Howitt 2008). De esta forma, los modelos de Crecimiento, Trampas de Pobreza o Desarrollo Sustentable siguen manteniendo, aun dentro de su flexibilidad (producto de la incorporación de no linealidades), cierta rigidez en sus estructuras, particularmente sobre la consideración del largo plazo en el análisis.

Básicamente, el problema metodológico que se plantea en sistemas formales hace referencia a la propia estructura del modelo: parámetros que representan valoración o preferencia intertemporal difícilmente puedan permanecer constantes en un modelo de crecimiento, ya que la propia dinámica del sistema seguramente hace variar la visión de los agentes. J. Schumpeter planteaba, ya en 1911 en su *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung* ('Teoría del desarrollo económico') el cambio en las dinámicas económicas producto de visiones "emprendedoras" o situaciones de estancamiento y depresión. La asunción de riesgos, propio del espíritu emprendedor, conlleva a una valoración positiva sobre el futuro económico, aun cuando el presente se muestre deprimido y poco alentador. Sin embargo, los riesgos y beneficios asumidos por los empresarios no se mantienen en el tiempo, lo que conduce a un crecimiento económico irregular. En otras palabras, son las expectativas y valoraciones intertemporales las producen el carácter cíclico del comportamiento macroeconómico (London 2016).

La Teoría Moderna del Crecimiento Económico, de la mano de los trabajos seminales de Roy Harrod, Evsey Domar y Robert Solow coloca al análisis del largo plazo en una incómoda situación similar al corto: en el estado estacionario, todas las variables permanecen constantes, a excepción del capital que se acumula a una tasa (constante). Con la incorporación del análisis intertemporal, Ramsey, Cass y Koopmas plantearon finalmente la valoración del tiempo como una variable diferente a la tasa de interés, mientras en que los trabajos de Diamond se distinguieron generaciones. Todos estos modelos se caracterizaron por incorporar a la valoración intertemporal como un parámetro constante, ya sea para individuos de vida infinita o en modelos de generaciones solapadas (Romer 2002). Son los modelos de Trampa de Pobreza que acentúan la importancia de esta variable sobre los resultados macroeconómicos. Es así que modelos como el de Chackraborty et al. (2010) señalan la endogeneidad de la valoración intertemporal según las condiciones socio-económicas en cada momento del tiempo. La permanencia de dicha valoración condiciona los resultados, y la posibilidad de crecimiento económico se ve truncada por el surgimiento de una trampa de pobreza. Estas ideas son consideradas por Tol et al. (2010) para incorporar la problemática medio ambiental en la valoración intertemporal y los resultados macroeconómicos. El resultado del modelo de Chackraborty et al (2010) se replica: las externalidades negativas de la producción sobre el medio ambiente incrementan la mortalidad infantil y empeoran el sistema de salud todo, reduciendo la esperanza de vida y reduciendo, de esta forma, la valoración por el futuro.

La incorporación del medio ambiente al análisis económico exige un replanteo del concepto de valoración intertemporal de la sociedad. Los efectos sobre el ambiente de decisiones de producción y consumo son acumulativos, persistentes y en algunos casos irreversibles, afectando las actividades económicas de futuras generaciones (London 2017). En el caso

de economías basadas en recursos naturales, este análisis debe poner especial énfasis en la sostenibilidad del crecimiento y el rol determinante de la valoración intertemporal de la sociedad.

En función de lo anterior, el objetivo de este trabajo es presentar un modelo de crecimiento basado en recursos naturales sencillo, base para futuros desarrollos teóricos. Para ello, el próximo apartado se ocupa de establecer el marco formal de análisis, las condiciones de equilibrio del sistema y la dinámica del mismo, para presentar en el último apartado las conclusiones generales y las líneas de trabajo futuras, tanto teóricas como empíricas.

2. El rol de los recursos naturales y las políticas hacia el desarrollo sostenible: Un análisis formal

La discusión anterior puede ser captada para el caso concreto de un modelo de crecimiento basado en recursos naturales. Considerando el impacto ambiental de dicha explotación y el consecuente deterioro de tales recursos, se presenta un modelo que replique parte de esta dinámica. Sin embargo, es importante destacar que el manejo ambiental de los recursos involucrados depende crucialmente de la valoración que los individuos (o la sociedad) tengan sobre el futuro.

Para captar estos fenómenos, se desarrolló un modelo de crecimiento básico de familias productoras, en tiempo discreto y con generaciones solapadas. Se trata de una economía basada en la producción de un bien mediante la utilización de recursos naturales, capital físico y trabajo. Los recursos naturales tienen la particularidad de ser un bien libre y poseer características de bien público. En principio, las firmas toman el acervo de capital natural para la producción sin pagar un precio por ello. Además, la actividad genera ciertos daños sobre el sistema (polución), por lo que, bajo este esquema, el capital natural podría estar sujeto a sobreexplotación y degradación ambiental.

Por simplicidad se asume que cada familia está compuesta por un único individuo. Cada familia representa, a su vez, una firma productora de la generación o dinastía i . Las familias tendrán una valoración respecto de la elección intertemporal. Esta valoración, representada a través de la tasa intertemporal de descuento, está directamente asociada a la apreciación que tendrán respecto del medioambiente. En función de esta valoración subjetiva, las familias actuando como productoras estarán dispuestas a destinar una mayor o menor proporción de sus beneficios a medidas de mitigación a fin de reducir el impacto de la polución que la misma actividad productiva genera.

2.1. Las familias

Cada individuo vive dos períodos y maximiza una función de utilidad en términos del consumo en t y $t + 1$. Los individuos asignan su tiempo enteramente a trabajar en t (no hay ocio). En $t + 1$ no trabajan, y realizan su consumo de acuerdo a la renta que reciben por el ahorro efectuado en el primer período. Asumiendo una aversión relativa al riesgo constante y elasticidad de sustitución unitaria, la utilidad para un agente nacido en el momento t será:

$$(1) \quad U_t = \ln[c_t] + \frac{1}{1+\rho} \ln[c_{t+1}], \quad \rho > -1$$

En donde c_{t+j} es el consumo efectivo del individuo nacido en el momento t en su período de vida $t + j$, con $j = \{0,1\}$, y ρ es la tasa intertemporal de descuento (subjetiva) de los individuos.

Nótese en la ecuación (1) que si $\rho > 0$, el individuo nacido en t le asigna más peso al consumo del primer período que al del segundo período. De hecho, si $\rho \rightarrow \infty$, todo el peso se asigna al consumo del primer período. Por el contrario, si $\rho < 0$, la mayor ponderación será para el consumo del segundo período². Y cuando $\rho \rightarrow -1$, se asignará toda la

² Se asume que los individuos valoran el presente al menos igual que el futuro, como se desarrollará más adelante.

relevancia al consumo del segundo período³. Cuando $\rho = 0$ el consumo de ambos períodos recibe la misma ponderación.

Como los individuos producen solo durante su primer momento de vida, el consumo del bien económico en $t + 1$ será el ahorro generado en el momento t , fructificado por el interés:

$$(2) \quad c_{t+1} = (1 + r_{t+1})(y_t - c_t)$$

Donde r_{t+1} es la tasa de interés y y_t es el ingreso del individuo nacido en t . Dividiendo ambos lados de la ecuación por $(1 + r_{t+1})$ y reagrupando:

$$(3) \quad c_t + \frac{1}{(1+r_{t+1})} c_{t+1} = y_t$$

La ecuación (3) representa la restricción presupuestaria, en donde el valor presente del consumo a lo largo de la vida es igual a los ingresos actualizados.

El problema del individuo se resume en maximizar la utilidad, (1), sujeto a la restricción (3). Construyendo el Lagrangiano:

$$(4) \quad U_t = \ln[c_t] + \frac{1}{1+\rho} \ln[c_{t+1}] + \lambda \left[y_t - \left(c_t + \frac{1}{(1+r_{t+1})} c_{t+1} \right) \right]$$

Las condiciones de primer orden para c_t y c_{t+1} , respectivamente, son:

$$(5) \quad (c_t)^{-1} = \lambda$$

$$(6) \quad \frac{1}{1+\rho} (c_{t+1})^{-1} = \frac{1}{1+r_{t+1}} \lambda$$

Reemplazando la primera ecuación en la segunda, se obtiene:

$$(7) \quad \frac{1}{1+\rho} (c_{t+1})^{-1} = \frac{1}{1+r_{t+1}} (c_t)^{-1}$$

Que puede reescribirse como:

$$(8) \quad \frac{c_{t+1}}{c_t} = \frac{1+r_{t+1}}{1+\rho}$$

La ecuación (8) representa la tradicional ecuación de Euler, la cual implica que el consumo de los individuos aumentará o disminuirá con el correr del tiempo dependiendo de si el rendimiento real del ahorro es mayor o menor que la tasa de descuento subjetiva. La ecuación de Euler junto a la restricción presupuestaria, (3), describen el comportamiento de los individuos respecto del consumo y del ahorro a lo largo del tiempo. Reemplazando (8) en (3), se obtiene el consumo en función de la renta y de la tasa de descuento:

$$(9) \quad c_t = \frac{1+\rho}{2+\rho} y_t$$

La relación $\frac{1+\rho}{2+\rho}$ determina qué proporción de los ingresos del individuo se consumen en el primer período⁴. Además, $\frac{1+\rho}{2+\rho}$ es creciente en ρ (Figura 1), siendo que cuanto mayor es el factor de descuento se le asigna más relevancia al consumo del primer período y, por lo tanto, se destinará una mayor proporción de la renta al consumo en t .

³ El supuesto de que $\rho > -1$ garantiza que el peso asignado al consumo del segundo período sea positivo.

⁴ Es importante notar que el consumo expresado en la ecuación (9) es independiente de la tasa de interés dada la forma asumida para la función de utilidad de aversión al riesgo relativa constante y elasticidad de sustitución intertemporal unitaria.

Dado que el ahorro individual es: $s_t = y_t - c_t$, la fracción de la renta que se ahorra o tasa de ahorro, es decreciente en ρ (Figura 2) y puede escribirse como:

$$(10) \quad \frac{s_t}{y_t} = \frac{1}{2+\rho}$$

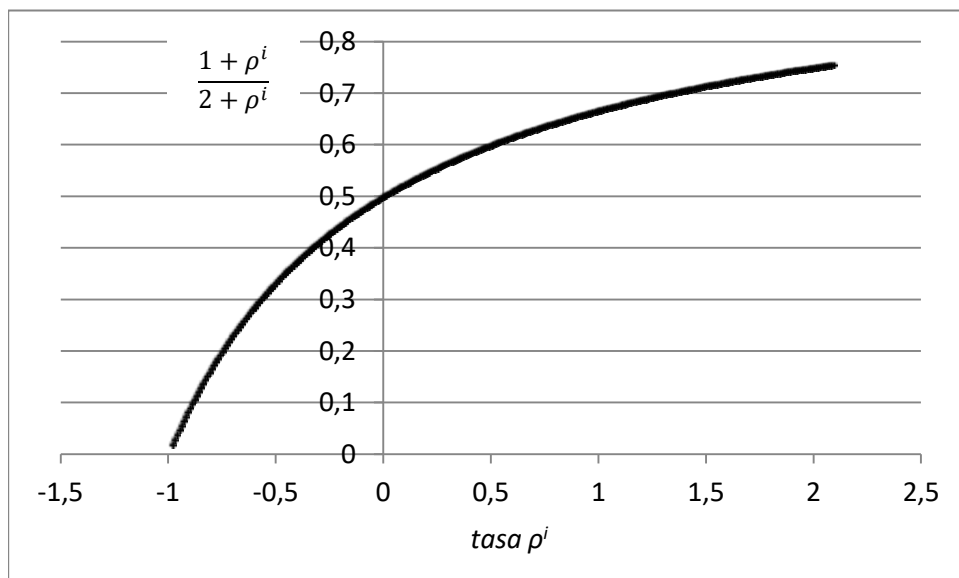


Figura 1: Proporción de ingreso consumido en t . Fuente: Elaboración propia

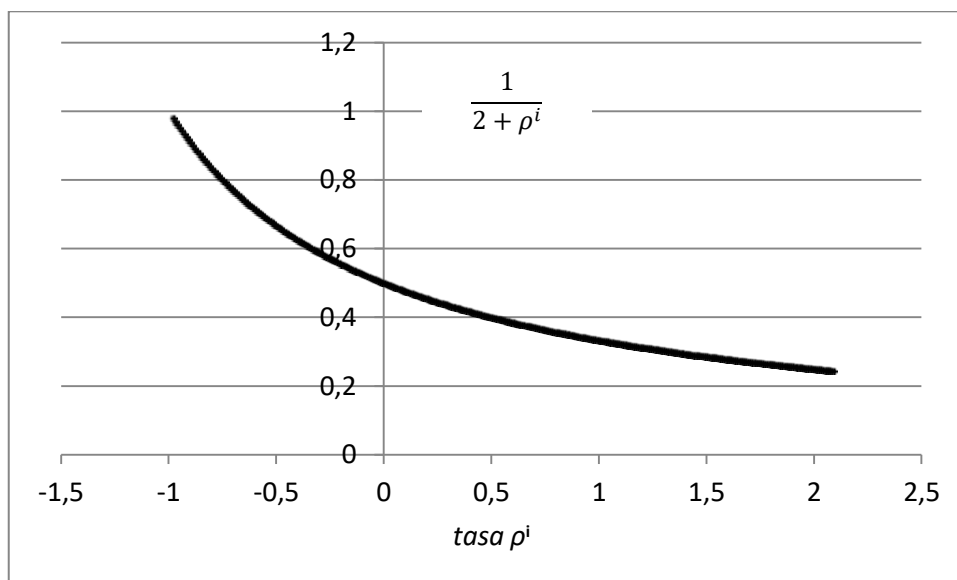


Figura 2: Comportamiento de la tasa de ahorro. Fuente: elaboración propia

2.2. Las firmas.

El conjunto de firmas de la economía (idénticas y actuando bajo competencia perfecta) surgidas en t producen el bien de consumo mediante el uso de capital, trabajo y recursos naturales, bajo rendimientos constantes a escala.

$$(11) \quad X_t = (K_t)^\alpha (L_t)^\beta (R_t)^\gamma, \quad 0 < \{\alpha, \beta, \gamma\} < 1, \quad \alpha + \beta + \gamma = 1$$

En donde X_t es el producto total generado en t ; K_t, L_t y R_t son el stock de capital físico, trabajo y capital natural utilizados en la producción, y α, β y γ son las elasticidades producto del capital, el trabajo y los recursos naturales, respectivamente. Estos valores son constantes y están determinados por la tecnología disponible. Se asume, además, que en cada dinastía mueren y nacen la misma cantidad de personas, por lo que el crecimiento poblacional es nulo.

La ecuación (11) plantea un supuesto extremadamente fuerte (aún en el largo plazo): la perfecta sustitución de factores, entre ellos, los recursos naturales. Esto es así porque en el horizonte temporal de los modelos de crecimiento neoclásicos el capital puede ser sustituto de los recursos naturales, aun cuando el capital use este tipo de recursos. La idea está planteada por Solow a través de la “regla de Hotelling”, que establece que la asignación intertemporal mediante equilibrio competitivo de los recursos no renovables se extiende hasta el infinito, aun cuando dicho equilibrio entrañe el agotamiento de los recursos en un tiempo finito (pues, más allá del momento del agotamiento, hay un equilibrio en el que las cantidades ofrecidas y demandadas se igualan a cero a un precio simultáneamente tan alto que la demanda se frena y tan pequeño que los explotadores de los recursos pierden interés en guardar existencias remanentes de estos durante algún tiempo) (Stern 1997).

En función de la percepción respecto del valor asociado al tiempo y a la degradación del ambiente, cada generación en su rol de familia-productora destinará un monto de sus beneficios empresariales al cuidado del medioambiente. Estos recursos podrían ser destinados, por ejemplo, a la implementación de medidas de mitigación a fin de disminuir la degradación de los recursos causados por el proceso productivo. Esta proporción de los beneficios (τ), dependerá de la tasa de descuento subjetiva, siendo una función monótona decreciente de ρ :

$$(12) \quad 0 < \tau(\rho) < 1, \quad \tau' < 0, \quad \tau'' \geq 0$$

Luego, asumiendo que el precio del bien de consumo es igual a la unidad, la función de beneficios netos a maximizar por las firmas será:

$$(13) \quad \pi_t = [1 - \tau(\rho)] (X_t - r_t K_t - w_t L_t)$$

Recordando que R_t es un recurso libre, de las condiciones de primer orden para la maximización del beneficio se obtienen las expresiones de r_t y w_t :

$$(14) \quad \alpha (K_t)^{\alpha-1} (L_t)^\beta (R_t)^\gamma = r_t$$

$$(15) \quad \beta (K_t)^\alpha (L_t)^{\beta-1} (R_t)^\gamma = w_t$$

Sustituyendo estas expresiones en (13) es fácil ver que las firmas tendrán beneficios supernormales derivados de los retornos del recurso libre:

$$(16) \quad (\pi_t)^* = [1 - \tau(\rho)] \gamma X_t$$

Los beneficios supernormales serán mayores cuanto mayor sea la participación relativa de los recursos naturales en la producción, y menor cuanto mayor sea la preferencia por el futuro dado que se destinará un monto mayor a medidas de mitigación.

El ingreso de las familias vendrá dado por el salario y la distribución equitativa de los beneficios supernormales:

$$(17) \quad y_t = w_t + \frac{(\pi_t)^*}{L_t}$$

2.3. Dinámica

Para cada dinastía, la inversión agregada neta (esto es, la variación de capital entre t y $t + 1$) debe igualar el ingreso total de la economía menos el consumo agregado:

$$(18) \quad K_{t+1} - K_t = y_t L_t + r_t K_t - c_{t,t} L_t - c_{t-1,t} L_{t-1}$$

Donde se asume que la tasa de depreciación del capital físico es nula por simplificación. Además, $c_{t,t}$ y $c_{t-1,t}$ son el consumo en el momento t de la dinastía joven (nacida en t) y el consumo en t de la dinastía vieja (nacida en $t - 1$). Dado que $c_{t,t} = y_t - s_t$ y $c_{t-1,t} = (1 + r_t)s_{t-1}$, reemplazando en (18) se obtiene la ecuación que identifica la ley de movimiento del capital:

$$(19) \quad K_{t+1} = s_t L_t + (1 + r_t)(K_t - s_{t-1} L_{t-1})$$

Debe considerarse que la economía comienza a existir en algún punto del tiempo con un stock de capital K_1 , el cual es apropiado por las L_0 familias existentes en ese momento inicial, y que en $t = 1$ transcurren su segundo período de vida. Esta generación consume un monto equivalente a: $c_{0,1} L_0 = (1 + r_1)K_1$, siendo que inicialmente $K_1/L_0 = s_0$. Además, sabiendo que $c_{1,1} + s_1 = y_1$, si se reexpresa la ecuación (19) para $t = 2$, implica que: $K_2 = s_1 L_1$. Luego, la ecuación (19) implica que:

$$(20) \quad K_{t+1} = s_t L_t, \quad \forall t \geq 2$$

Este es un resultado común en los modelos de generaciones solapadas que no consideran cuestiones de altruismo intergeneracional, e implica que la generación vieja “venderá” todo su capital a la próxima generación joven⁵.

Los otros dos factores relevantes evolucionan a lo largo del tiempo de acuerdo a las siguientes leyes:

$$(21) \quad L_{t+1} = L_t$$

$$(22) \quad R_{t+1} = R_t + \phi R_t \left(\bar{R} - \frac{P_t}{M_t} \right)$$

La ecuación (21) muestra que la población permanece constante. La ecuación (22) establece cómo se regeneran los recursos naturales en la economía: la posibilidad de los recursos libres de regenerarse disminuye con el nivel de polución, P_t . Por otra parte, se plantea un efecto de recuperación como resultado de medidas de mitigación M_t . Es fácil ver que cuando la polución supera cierto umbral $\bar{R}$, la naturaleza pierde su capacidad de auto-regeneración, y el stock de recursos naturales disminuye. Algebraicamente, si $\frac{P_t}{M_t} > \bar{R}$, el ambiente enfrentará un proceso de degradación y entonces $R_{t+1} < R_t$. El factor ϕ , por su parte, representa la tasa de regeneración y está en función del stock de recursos disponibles en t .

El monto de los recursos asignados a medidas de mitigación M_t vendrán establecidos por:

$$(23) \quad M_t = \tau(\rho) \gamma X_t.$$

Por otro lado, dado que la polución es producto de actividad productiva⁶, se asume que el nivel de P_t es:

⁵ El mismo razonamiento puede verse en Barro y Sala-i-Martin (1995) o Romer (2002).

⁶ El concepto de polución abarca en este modelo los efectos contaminantes provenientes tanto de la producción como del consumo.

$$(24) P_t = \delta (X_t)^\mu$$

Donde $\{\delta, \mu\} > 0$ determinan el ritmo al cual la economía genera polución a partir del proceso productivo. En este caso, no se consideran valores umbrales ni efectos acumulativos de la polución.

Luego, las ecuaciones (20) a (24) definen la dinámica del sistema.

2.4. El equilibrio

En la ecuación (20), reemplazando s_t por (10) y y_t por (17), y expresando todo en términos de tasa de cambio:

$$(25) \frac{K_{t+1}-K_t}{K_t} = \frac{1}{(2+\rho)} \{[1 - \tau(\rho)]\gamma + \beta\} (K_t)^{-(1-\alpha)} (L_t)^\beta (R_t)^\gamma - 1$$

La ecuación (25) presenta el resultado típico de una relación negativa entre el stock de capital y su tasa de acumulación, debido a la presencia de rendimientos marginales decrecientes.

Lo interesante es ver qué sucede con la tasa de descuento. La misma tendrá un efecto negativo directo, dado que una mayor preferencia por el consumo actual reducirá las posibilidades de ahorro y, por lo tanto, de inversión y acumulación de capital. Sin embargo, también tendrá un efecto positivo sobre la tasa de acumulación de capital físico, siendo que reducirá el monto destinado al cuidado del ambiente $\tau(\rho)$.

De la misma forma, de (22) y (23) puede derivarse el recorrido del stock de capital natural:

$$(26) \frac{R_{t+1}-R_t}{R_t} = \phi \left\{ \bar{R} - \frac{\delta}{\tau(\rho)^\gamma} [(K_t)^\alpha (L_t)^\beta (R_t)^\gamma]^\mu \right\}$$

En este caso, la tasa de incremento del capital natural será mayor si el monto τ destinado a medidas precautorias es mayor (lo cual guarda una relación negativa con la tasa de descuento). La elasticidad del capital natural en la producción también posee una relación positiva con la tasa de acumulación de los recursos naturales⁷. A su vez, la tasa será menor cuanto mayor sea el ritmo al cual la producción genera polución (δ). De manera que cuanto más “sucio” sea la producción, menor será el stock final de capital natural. Por supuesto, una mayor tasa de regeneración ϕ y un mayor umbral $\bar{R}$ permiten una recuperación mejor del ambiente, por lo que $\frac{R_{t+1}-R_t}{R_t}$ será mayor.

En el equilibrio y en ausencia de cualquier fuente de crecimiento exógeno, $\frac{K_{t+1}-K_t}{K_t} = 0$, y $\frac{R_{t+1}-R_t}{R_t} = 0$.

Normalizando $L_t = 1$ ⁸ y despejando de las condiciones anteriores los niveles de equilibrio para el estado estacionario, K^* y R^* , se obtiene:

$$(27) K^* = \left[\frac{1}{(2+\rho)} \{ \gamma [1 - \tau(\rho)] + \beta \} \right]^{1/1-\alpha} (R^*)^{\gamma/1-\alpha}$$

$$(28) R^* = \left[\frac{\delta}{\bar{R} \tau(\rho)^\gamma} \right]^{1/\gamma(1-\mu)} (K^*)^{-\alpha/\gamma}$$

⁷ Ante una mayor elasticidad, será necesaria una menor cantidad de recursos naturales para obtener el mismo monto de producción.

⁸ La normalización se realiza para llegar a un resultado cerrado en función de los valores de γ y R . Puede verse que el tamaño poblacional aumenta el nivel de capital de estado estacionario, pero reduce el nivel de recursos naturales.

De (27) y (28) se desprende que, en el cuadrante $\{K_t, R_t\}$, K_t y R_t guardan una relación positiva sobre la traza que define $\frac{K_{t+1}-K_t}{K_t} = 0$. Por el contrario, guardan una relación negativa sobre $\frac{R_{t+1}-R_t}{R_t} = 0$. La figura 3 muestra el diagrama de fases establecido por estas expresiones.

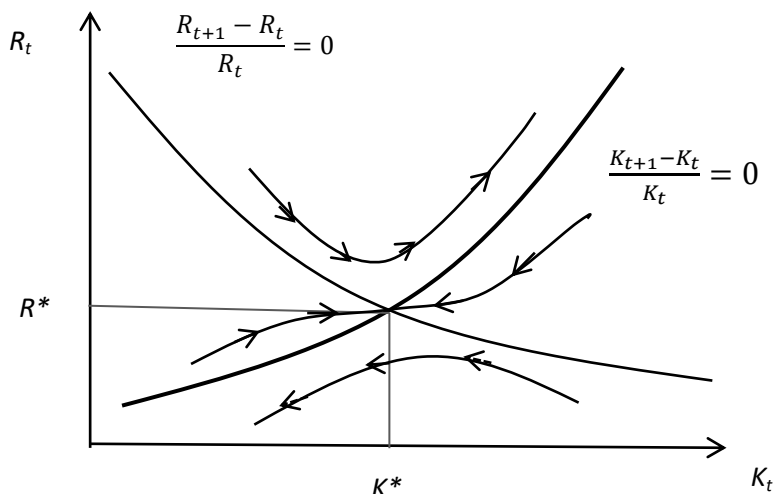


Figura 3. Diagrama de fases. *Fuente:* Elaboración propia.

El equilibrio observado en la figura anterior corresponde a un punto de silla, en donde la trayectoria estable dependerá de las condiciones iniciales y de transversalidad. Como se demuestra en el apéndice del trabajo, la condición necesaria y suficiente para la existencia de un equilibrio de silla es que $0 < \mu < 1$, lo cual implica que la actividad productiva no genere polución de manera explosiva.

Las condiciones iniciales y el valor de los parámetros (particularmente ρ), definirán la posición del equilibrio final. De forma recursiva, reemplazando (27) en (28) y viceversa:

$$(29) \quad K^* = \frac{1}{(2+\rho)} \{ \gamma[1 - \tau(\rho)] + \beta \} \left[\frac{\delta}{\bar{R} \gamma \tau(\rho)} \right]^{1/(1-\mu)}$$

$$(30) \quad R^* = \left(\frac{1}{(2+\rho)} \{ \gamma[1 - \tau(\rho)] + \beta \} \right)^{-\alpha/\gamma} \left[\frac{\delta}{\bar{R} \gamma \tau(\rho)} \right]^{1-\alpha/\gamma(1-\mu)}$$

De (29) se desprende que un menor valor de ρ incrementa el stock de capital final siendo que una mayor preferencia por el futuro incrementa el ahorro total de la economía (y la inversión). A su vez, incrementa el monto destinado a medidas precautorias, lo que reducirá en parte el nivel de K^* .

La tasa ρ también juega un doble rol en la determinación de R^* : por un lado, favorece la regeneración de los recursos a partir de las medidas de mitigación; por otro, reduce la cantidad de recursos siendo que un mayor nivel de capital y producción requiere de un mayor consumo de recursos.

Véase que si no existieran medidas de mitigación y $\tau(\rho) \rightarrow 0$, tanto R^* como K^* serían cero, por lo que este es un resultado no plausible. Por otra parte, si $\tau(\rho) \rightarrow 1$, aún podría obtenerse un equilibrio con valores positivos de capital físico y natural, siendo que la economía posee beneficios supernormales devenidos del uso de los recursos libres.

2.5. La dinámica y el equilibrio en ausencia de externalidades y con pago por servicios ambientales.

Se asume ahora la internalización del uso de los recursos. Esto no implica la no existencia de políticas ambientales ad-hoc, sino una política directa y determinada por el mercado como es, por ejemplo, el pago por servicios ambientales.

Por lo tanto, el factor R_t recibe un pago, igual al valor de su productividad marginal al que se denomina ω_t . Luego, a las condiciones de primer orden de la maximización de las firmas (ecuaciones 14 y 15), se agrega: $\gamma(K_t)^\alpha (L_t)^\beta (R_t)^{\gamma-1} = \omega_t$.

Lo anterior determina que las firmas ya no posean beneficios supernormales y las familias recibirán exactamente el salario correspondiente al factor trabajo. Este resultado modifica la determinación de la dinámica, y la ecuación (18) se establece como:

$$(18') \quad K_{t+1} - K_t = w_t L_t + r_t K_t + \omega_t - c_{t,t} L_t - c_{t-1,t} L_{t-1}$$

Resolviendo de modo similar al anterior, se reexpresa la tasa de incremento del capital como:

$$(25') \quad \frac{K_{t+1} - K_t}{K_t} = \left[\gamma + \frac{\beta}{(2+\rho)} \right] (K_t)^{-(1-\alpha)} (L_t)^\beta (R_t)^\gamma - 1$$

Por su parte, las medidas de mitigación estarán dadas ahora por exactamente el pago a la totalidad de los recursos, es decir:

$$(23') \quad M_t = \omega_t R_t$$

La ecuación que define la tasa de cambio de los recursos naturales es ahora:

$$(26') \quad \frac{R_{t+1} - R_t}{R_t} = \phi \bar{R} - \phi \frac{\delta [(K_t)^\alpha (L_t)^\beta (R_t)^\gamma]^{\mu-1}}{\gamma}$$

Si se comparan estas expresiones con las originales, puede verse que (25) y (25') difieren en los factores $\left[\gamma \frac{1-\tau(\rho)}{2+\rho} + \frac{\beta}{2+\rho} \right]$ vs. $\left[\gamma + \frac{\beta}{(2+\rho)} \right]$. Siendo que $\frac{1-\tau(\rho)}{2+\rho} < 1$, es fácil concluir que la tasa de acumulación de capital físico es menor en presencia de externalidades.

Por su parte, las expresiones (26) y (26') difieren en: $-\frac{\phi\delta}{\gamma\tau(\rho)}$ vs. $-\frac{\phi\delta}{\gamma}$; y siendo que $0 < \tau(\rho) < 1$, la tasa de acumulación de recursos también será menor en un contexto con externalidades.

Por último, las expresiones de R y K en el equilibrio serán:

$$(29') \quad K^* = \left[\gamma + \frac{\beta}{(2+\rho)} \right] \left[\frac{\delta}{\bar{R}\gamma} \right]^{1/1-\mu}$$

$$(30') \quad R^* = \left(\frac{\delta}{\bar{R}\gamma} \right)^{1-\alpha/\gamma(1-\mu)} \left(\gamma + \frac{\beta}{(2+\rho)} \right)^{-\alpha/\gamma}$$

El equilibrio final será mayor aquí que en presencia de externalidades. Para verlo de una manera sencilla, aún si se asume que todos los beneficios supernormales se destinan a medidas de mitigación (esto es, si en las ecuaciones 29 y 30 se asume $\tau = 1$), puede verse que K^* y R^* serán mayores en este segundo caso.

3. Conclusiones

El crecimiento económico basado en recursos naturales ha sido y sigue siendo de interés para la agenda de los países Latinoamericanos (Pérez 2010, 2012; Ramos 1998). El objetivo del desarrollo sostenible plantea, por otra parte, la necesidad de establecer medidas de remediación y mitigación frente a la degradación de dichos recursos, a partir de los procesos productivos.

Sin embargo, la búsqueda de rentas inmediatas, la subestimación de efectos contaminantes, la visión economicista, y en muchos casos, la urgencia de resultados económicos, conduce a una sobreexplotación de los recursos. Dicho accionar redundará en una disminución tanto de crecimiento como oportunidades de crecimiento futuro. En algunas ocasiones estos efectos se postergan en el tiempo, pero manteniendo sus consecuencias negativas. El ejemplo de bosques, suelos, pesca y recursos naturales turísticos da cuenta de este delicado equilibrio. En todo caso, la valoración intertemporal de la sociedad (o de los decisores de política) es determinante para el resultado final.

Bajo estos conceptos, se presentó un modelo sencillo de crecimiento económico basado en recursos naturales, con el propósito de subrayar el rol de dicha valoración en los resultados económicos. En un modelo donde los recursos naturales se comportan como un bien libre, las medidas de mitigación (y remediación) dependerán de tal valoración. El principal resultado (muchas veces base de políticas económicas adversas para las generaciones futuras) es que el establecimiento de medidas paliativas o de prevención conlleva la detracción de recursos para la producción actual.

Los resultados son sensibles a la internalización de los efectos provenientes de la contaminación, y de la mitigación/remediación. El equilibrio final es mayor en el caso en que se produzca un pago por servicios ambientales y no existan externalidades. En ambos casos, los resultados también son sensibles a las características físico-naturales de los bienes involucrados.

La línea futura de trabajo se plantea en dos direcciones. Por un lado, ampliar al modelo a dos sectores, para analizar la interdependencia entre el sector industrial y el sector dependiente de los recursos naturales renovables (primario, secundario y terciario). Por otro lado, establecer un abordaje empírico que permita contrastar los modelos, con el propósito de delinear políticas ambientales específicas.

Bibliografía

Aghion P, Howitt PW (2008) *The economics of growth*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts London, England

Álvarez-Albelo, C. and Hernández-Martín, R. (2007) "Explaining high economic growth in small tourism countries with a dynamic general equilibrium model". *Xarxa de Referència en Economia Aplicada (XREAP)*.

Azariadis Costas – Stachurski John (2005): *Poverty Traps*, *Handbook of Economic Growth*, en Philipp Aghion – Steven Durlauf Eds. Elsevier.

Banco Mundial (2011) <http://datos.bancomundial.org/indicador/NY.GNP.PCAP>. CD

Becker Gary S., Mulligan Casey B. (1997) *The Endogenous Determination of Time Preference*, *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 112, Issue 3, 1 August 1997,

Boules S, Durlauf S, Hoff K.(eds) :*Poverty Traps*, Princeton University Press, 2006.
Chakraborty Shankha, (2002.) *Endogenous Lifetime and Economic Growth*, University of Oregon Economics Department Working Papers 2002-03, University of Oregon Economics Department.

Chakraborty, S., C.Papageorgiou, and F.Pérez Sebastián (2010), 'Diseases, infection dynamics, and development', *Journal of Monetary Economics*, 57, (7), pp. 859-872.

Frederick, Shane, George Loewenstein, and Ted O'Donoghue. (2002) "Time Discounting and Time Preference: A Critical Review." *Journal of Economic Literature*, 40 (2): 351-401. DOI: 10.1257/002205102320161311

Gong Liutang (2006) Endogenous Time Preference, Inflation, and Capital Accumulation, *Journal of Economics*, April, Volume 87, Issue 3

Hubbard, R.G., Skinner J. - Zeldes S.P. (1993), The importance of precautionary motives in explaining individual and aggregate saving NBER Working Paper 4519, 1993.

London Silvia (2017) A Methodological Note about the Analysis of the Economic Growth and Environment, *MOJ Ecology & Environmental Science* Volume 2 Issue 8, DOI: 10.15406/mojes.2017.02.00053.

London Silvia (2016): Sobre la consideración del tiempo en el análisis económico. Jornadas de Epistemología UBA-IIEP, Octubre

Lozano, J., Gómez, C.; Rey-Maqueira, J. (2008) "The TALC hypothesis and economic growth theory". *Tourism Economics*, 14 (4), 727–749.

ONU (1988). *Nuestro Futuro Común*. Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Brundtland, Gro Harlem (pref.), Madrid.

Pérez Carlota (2012) Una visión para América Latina: Dinamismo tecnológico e inclusión social mediante una estrategia basada en los recursos naturales. *Revista Econômica* v. 14, n. 2

Pérez Carlota (2010) Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales. *Revista de la CEPAL* 100.

Ramos, Joseph (1998) Una estrategia de desarrollo a partir de los complejos productivos en torno a los recursos naturales. *Revista CEPAL* No.66

Romer David (2002) *Macroeconomía Avanzada*, McGraw Hill, España

Saez-Martia Maria, Weibullb Jörgen (2005) W Discounting and altruism to future decision-makers, *Journal of Economic Theory* 122254 – 266

Stern David (1997) "Limits to substitution and irreversibility in production and consumption: A neoclassical interpretation of ecological economics." *Ecological Economics*, Vol. 21, No. 3, June, pp. 197-215.

Stern Michael L. (2006) Endogenous time preference and optimal growth, *Economic Theory*, September, Volume 29, Issue 1,

Tol, Richard. (2011). *Poverty Traps and Climate Change*, ESRI Working Paper 413.

Apéndice

Reescribiendo (25) y (26) asumiendo ausencia de crecimiento poblacional y población inicial normalizada:

$$(A.1) \quad \frac{\Delta K_t}{\Delta t} = A (K_t)^{-(1-\alpha)} (R_t)^\gamma - 1$$

$$(A.2) \quad \frac{\Delta R_t}{\Delta t} = \frac{\phi \bar{R}}{R_t} - B [(K_t)^\alpha (R_t)^{-(1-\gamma)}]^{-(1-\mu)}$$

Con $A = \frac{1}{(2+\rho)} \{[1 - \tau(\rho)]\gamma + \beta\}$, $B = \frac{\phi \delta}{\tau(\rho)\gamma}$, $\frac{\Delta K}{\Delta t} = \frac{K_{t+1} - K_t}{K_t}$, $\frac{\Delta R}{\Delta t} = \frac{R_{t+1} - R_t}{R_t}$.

Log-linealizando las expresiones anteriores:

$$(A.3) \quad \frac{\Delta K_t}{\Delta t} = A e^{-(1-\alpha)\log(K_t) + \gamma\log(R_t)} - 1$$

$$(A.4) \quad \frac{\Delta R_t}{\Delta t} = \phi \bar{R} e^{-\log(R_t)} - B e^{\alpha(\mu-1)\log(K_t) + \gamma(\mu-1)\log(R_t)}$$

Tomando una expansión de Taylor de 1er Orden alrededor del estado estacionario se definen las ecuaciones:

$$(A.5) \quad \frac{\Delta K_t}{\Delta t} = [-(1-\alpha)] \log\left(\frac{K}{K^*}\right) + \gamma \log\left(\frac{R}{R^*}\right)$$

$$(A.6) \quad \frac{\Delta R_t}{\Delta t} = -\phi \bar{R} \alpha (\mu - 1) \log\left(\frac{K}{K^*}\right) - \phi \bar{R} (\mu - 1) \gamma \log\left(\frac{R}{R^*}\right)$$

O de forma matricial:

$$(A.7) \quad \begin{bmatrix} \Delta K_t / \Delta t \\ \Delta R_t / \Delta t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -(1-\alpha) & \gamma \\ -\phi \bar{R} \alpha (\mu - 1) & -\phi \bar{R} \gamma (\mu - 1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \log(K/K^*) \\ \log(R/R^*) \end{bmatrix}$$

El determinante D de la matriz característica se expresa como:

$$(A.8) \quad D = [-(1-\alpha)] * [-\phi \bar{R} \gamma (\mu - 1)] - \gamma * [-\phi \bar{R} \alpha (\mu - 1)]$$

El determinante se define negativo sí y solo sí $0 < \mu < 1$, lo cual implica que la producción no genere polución de forma exponencial. Con el determinante definido negativo, los dos eigenvalores del sistema poseen signo opuesto, resultado que implica que el equilibrio es un punto de silla.

Tal como muestra la figura 3, habrá valores determinados de condiciones iniciales y transversalidad para los cuáles el sistema alcance el estado estacionario. Fuera de esos valores, el sistema puede caer en trayectorias explosivas.