

Alguna evidencia empírica sobre la política ambiental óptima en condiciones de crecimiento y términos de intercambio endógenos: implicancias para la economía Argentina

Alejandro Sampaolesi
Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales, Buenos Aires, Argentina
Email: asampaolesi@campus.uces.edu.ar

Alguna evidencia empírica sobre la política ambiental óptima en condiciones de crecimiento y términos de intercambio endógenos: implicancias para la economía Argentina

Resumen

El presente estudio, derivado a partir de un trabajo publicado previamente, intenta establecer un valor de referencia para la tasa ambiental óptima sobre las emisiones de CO₂ en la economía argentina. Nuestros resultados muestran que la misma debería representar un 2,42% del valor de la producción. Además, a partir de un ejercicio de estática comparada se estudió la sensibilidad de la misma con respecto a variaciones en el valor de los principales parámetros del modelo. Del mismo, se observa que la tasa óptima varía positivamente con respecto a incrementos en la apreciación del tiempo presente, el daño y preferencias ambientales, y al grado de apertura comercial del resto del mundo y negativamente con respecto a un mayor nivel de actividad del resto del mundo, el grado de aversión al riesgo y al grado de apertura comercial de la economía doméstica. Finalmente, la introducción de cambios tecnológicos neutrales y no neutrales estuvo asociada a disminuciones en el valor de la tasa óptima.

Abstract

The present study, derived from a previously published work, intends to establish a benchmark for the value of the optimal environmental tax on CO₂ emissions in the Argentine economy. Our results show that an optimal rate should be a 2.42% of the production value. Furthermore, from a comparative statics exercise, we studied how the optimal tax reacts to variations in the values of the main parameters of the model. It shows that the optimal rate varies positively with respect to an increase in the appreciation of the present time, the preferences and damage on the environment, and the degree of openness of the rest of the world, whereas it varies negatively with respect to an increase in the growth rate of the world economy, the degree of risk aversion, and the degree of openness of the domestic economy. Finally, the introduction of neutral and non-neutral technological changes is associated with decreases in the value of the optimal rate.

JEL classification: H23; O41; Q56

Keywords: Growth; Trade; Environment; Political economy

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es complementar desde un punto de vista empírico los resultados previamente obtenidos en un modelo elaborado sobre la determinación de la política ambiental óptima bajo condiciones de crecimiento y términos de intercambio endógenos (Sampaolesi, 2014). Acorde al mismo, siempre que las emisiones de un contaminante global, relacionadas a la producción de un bien final, afecten el bienestar de los agentes económicos pero no su productividad, la política ambiental óptima consiste en un impuesto a la producción de dicho bien. En este marco, a partir de las series publicadas por el Banco Mundial sobre indicadores

económicos y deterioro ambiental, se procedió a calcular el valor óptimo de dicha tasa para la economía Argentina en el periodo 2003-11.¹ Asimismo, a través de un ejercicio de estática comparada, se analizó la sensibilidad de la misma con respecto a variaciones en el valor de los principales parámetros del modelo.

La elección de la economía argentina como país representado por medio de este modelo obedece a que la misma es, básicamente, un exportador neto de bienes provenientes del sector agropecuario y un importador neto de manufacturas de origen industrial. Por lo tanto, en la medida que los bienes del modelo puedan ser vistos cada uno como un bien compuesto, asociados a las exportaciones netas (el bien exportado) y a las importaciones netas (el bien importado) respectivamente, la utilización del mismo no implicaría grandes fallas desde el punto de vista conceptual. Además, como es bien sabido, argentina es uno de los principales exportadores de granos a nivel mundial y posee una gran participación en el mercado mundial de los mismos, principalmente en el mercado el de la soja y sus derivados.

Es bueno remarcar que dada la falta de estudios previos sobre el valor los distintos instrumentos de regulación ambiental en términos del bienestar, el presente análisis intenta establecer un valor de referencia para la tasa sobre las emisiones de CO₂ en la economía analizada.² En este contexto, podemos mencionar que la mayoría de los estudios realizados se basan en el cálculo de índices o análisis de regresión sobre el deterioro ambiental generado por las emisiones de distintos contaminantes.³

Nuestros resultados implican que el valor de la tasa óptima es del 2,42% del valor de la producción. Además, del ejercicio de estática comparada, los resultados obtenidos mostraron variaciones positivas de la misma con respecto a una mayor apreciación del tiempo presente (tasa de descuento social), el daño y preferencias ambientales, y al grado de apertura comercial del resto del mundo y negativas con respecto a un mayor nivel de actividad del resto del mundo, el grado de aversión al riesgo y al grado de apertura comercial de la economía doméstica. Finalmente, la introducción de cambios tecnológicos neutrales y no neutrales estuvo asociada a disminuciones en el valor de la tasa óptima.

El presente trabajo está organizado de la siguiente forma: el capítulo siguiente introduce funciones explícitas en el modelo precedente, determinándose las tasas de crecimiento de la economía en términos del mercado y del planificador social y, por lo tanto, de la tasa ambiental óptima. El capítulo 3 presenta el cálculo del valor de dicha tasa e introduce un análisis de estática comparada sobre la misma. El último capítulo contiene las conclusiones.

2. El modelo

En esta parte introducimos una versión paramétrica del modelo mencionado anteriormente. Lo cual implica establecer funciones explícitas asociadas a los niveles de utilidad, producción, y de calidad ambiental de la economía. Para ello, por simplicidad, asumimos que la función de utilidad

¹ La elección del periodo histórico obedece a dos razones, primero a la necesidad de aislar, en lo posible, el comportamiento de la economía en cuestión de los afectos adversos generados por las crisis económicas de origen doméstico, y segundo a la disponibilidad de datos históricos relacionados a las emisiones de CO₂ para la misma.

² Nótese que las emisiones de dióxido incluyen las que se derivan de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación de cemento. Incluyen el dióxido de carbono producido durante el consumo de combustibles sólidos, líquidos y gases combustibles y la quema de gas.

³ Ver, por ejemplo, [Vazquez Brust and Liston-Heyes, 2010](#), y [Commendatore et al., 2012](#).

instantánea del agente representativo es del tipo CRRA (elasticidad de sustitución intertemporal constante), que la función de sub-utilidad asociada al consumo de los distintos bins de la economía es del tipo Cobb-Douglas, que la función de producción es del tipo lineal y que la calidad ambiental puede ser representada por medio de un índice geométrico. Dichas funciones así como las formas reducidas de las tasas de crecimiento del consumo en términos del mercado (descentralizada) y del planificador social (centralizada) de la economía y, por consiguiente, de la tasa ambiental óptima son expresadas a continuación.

Funciones, tasas de crecimiento, y tasa ambiental óptima

<i>Funciones explícitas</i>
<p>Preferencias:</p> $U(C(t), Q(t)) = \frac{1}{(1-\sigma)} \left[\left(C(t) Q^v(t) \right)^{(1-\sigma)} - 1 \right], \text{ para } v > 0, \sigma > 0, \text{ y } \sigma \neq 1,$ $C(t) = C_1(t)^{(1-\phi)} C_2(t)^\phi, \text{ con } 0 < \phi < 1,$ <p>donde $C(t)$ representa un bien de consumo compuesto, $Q(t)$ la calidad ambiental y $C_1(t)$ y $C_2(t)$ el bien exportado e importado de la economía respectivamente.</p> <p>Producción:</p> $f(K(t)) = A_k K(t), \text{ con } A_k > 0,$ <p>donde: $f(K(t))$: nivel de producción de la economía y $K(t)$: stock de capital físico.</p> <p>Calidad ambiental:</p> $Q(E(t)) = A_q E(t)^\beta, \text{ con } A_q > 0 \text{ y } \beta < 0,$ <p>donde $E(t)$ representa el nivel de emisiones.</p>
<i>Tasas de crecimiento estacionario</i>
$g_C^D = \frac{\phi(1-v\beta(1-\sigma))\gamma^* + (1-\phi-\phi^*)(A_k - \delta)}{\sigma(1-\phi-\phi^*) - v\beta(1-\sigma)(1-\phi^*) + \phi} \quad \text{a}$

$$g_C^S = \frac{\phi(1+\nu\beta\sigma)\gamma^* + (1-\phi-\phi^*)(A_k(1+\nu\beta)-\delta)}{\sigma(1-\phi-\phi^*) + \nu\beta\sigma(1-\phi^*) + \phi} \quad \text{a}$$

donde g_C^D y g_C^S representan las tasas de crecimiento del nivel de consumo en terminos del mercado y centralizados respectivamente,

$$\text{con } \phi^* > 0, \gamma^* > 0, (1-\phi-\phi^*) > 0, g_C^D(S) < \frac{(A_k(1-\phi-\phi^*) + \phi\gamma^*)}{(1-\phi^*)} \quad \text{b}, \text{ y } -1 < \nu\beta < 0.$$

Tasa optima

$$\tau = \frac{\sigma(1-\phi-\phi^*) - \nu\beta(1-\sigma)(1-\phi^*) + \phi}{A_k(1-\phi-\phi^*)} (g_C^D - g_C^S) \quad \text{c}$$

^a γ^* : tasa de crecimiento del nivel de actividad del resto del mundo, ϕ^* : grado de apertura comercial del resto del mundo.

^b Esta restricción vale para ambas tasas de crecimiento. La misma es determinada a partir de la condición de transversalidad asociada a ambos procesos de maximización dinámica, $\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\delta t} \lambda(t) K(t) = 0$, donde

$\lambda(t)$ representa el precio sombra del capital.⁴

^c Esta surge de introducir un impuesto *ad-valorem* sobre la producción del bien doméstico y de igualar la tasa de crecimiento descentralizada, post impuesto, con la tasa de crecimiento centralizada.

3. Análisis empírico

A partir del modelo presentado en la sección anterior, procedemos a analizar numéricamente el valor óptimo de la tasa ambiental para la economía argentina y, además, a introducir un análisis de sensibilidad para estudiar la respuesta de la misma ante variaciones en el valor de los principales parámetros del modelo. Tomando el caso central de nuestro análisis podemos encontrar dos tipos de parámetros, los denominados generales, cuyos valores son frecuentemente utilizados en la literatura económica, y los denominados específicos, cuyos valores han sido calculados para este trabajo. Las tablas siguientes muestran dichos valores así como las tasas de crecimiento estacionario, la tasa ambiental óptima y los resultados de estática comparada.

⁴ Nótese que dicha condición (aunque no mencionada) corresponde a los problemas de maximización presentados en [Sampaolesi, 2014](#).

Parámetros y tasas óptimas

<i>Valores de los parámetros</i>
<p>Valores generales:</p> <p>γ^* (<i>tasa de crecimiento mundial</i>): 0,03, ^a</p> <p>ϕ^* (<i>grado de apertura comercial del resto del mundo</i>): 0,27, ^b</p> <p>ν (<i>preferencias ambientales</i>): 0,4,</p> <p>σ (<i>coeficiente de aversión al riesgo</i>): 0,6,</p> <p>δ (<i>tasa de descuento social</i>): 0,04.</p> <p>Valores específicos:</p> <p>ϕ (<i>grado de apertura comercial a nivel doméstico</i>): 0,20, ^c</p> <p>β (<i>daño ambiental</i>): -0,69, ^d</p> <p>A_k (<i>eficiencia tecnológica</i>): 0,115. ^e</p>
<i>Tasas de crecimiento estacionario (%):</i>
<p>$g_C^D = 7,16$</p> <p>$g_C^S = 6,92$</p>
<i>Tasa óptima (%):</i>
$\tau = 2,42$
<p>^a Representa el promedio simple de la tasa de crecimiento del nivel de actividad mundial para el periodo 2003-11.</p> <p>^b Representa el promedio simple de las exportaciones de bienes y servicios como porcentaje del nivel de actividad a nivel mundial en el periodo 2003-11.</p> <p>^c Representa el promedio simple de las exportaciones de bienes y servicios como porcentaje del GDP para la economía argentina en el periodo 2003-11.⁵</p> <p>^d Se determinó como el promedio simple de la serie estadística sobre emisiones de CO₂ en kg por PPP (Paridad del Poder de Compra) del GDP del 2005 en el periodo 2003-11.</p> <p>^e El valor de este coeficiente fue calculado en forma indirecta a partir de la necesidad de reflejar la tasa promedio de crecimiento del GDP doméstico, la cual fue del 7,15%, en el periodo 2003-11.</p>

⁵ Nótese que el tomar esta relación como indicador del grado de apertura comercial nos permite incorporar los factores exógenos del mercado externo, específicamente el aumento en el precio de las principales exportaciones argentinas, que tuvieron lugar durante el periodo bajo estudio sin perjudicar la aplicabilidad del modelo.

Análisis de sensibilidad

Parámetro	Variación porcentual en τ
$\gamma^* = 0,0303$	-7,86
$\phi^* = 0,2764$	0,25
$\nu = 0,4040$	4,58
$\sigma = 0,6060$	-5,34
$\delta = 0,0404$	8,16
$\phi = 0,2023$	-5,88
$\beta = -0,695$	4,58
<i>Cambio tecnológico</i>	
Contaminante	-9,48
$\Delta A_k > \Delta \beta$ ^a	
Neutral	-11,67
$\Delta A_k = \Delta \beta$ ^b	
Green	-13,84
$\Delta A_k < \Delta \beta$ ^c	
* Se asume un incremento del 1% en el valor de los distintos parámetros a excepción de los cambios tecnológicos no-neutrales.	
^a El cambio tecnológico implica un deterioro ambiental en el sentido que el incremento en A_k supera a la caída en β en términos porcentuales ($\Delta A_k = 1\%$, $\Delta \beta = 0,5\%$).	
^b Implica neutralidad ambiental ($\Delta A_k = 1\%$, $\Delta \beta = 1\%$).	
^c Implica un mejoramiento ambiental ($\Delta A_k = 1\%$, $\Delta \beta = 1,5\%$).	
** Nótese que esto implicaría bajas expectativas el asumir que el cambio tecnológico incrementa la eficiencia tecnológica pero no reduce el nivel de emisiones por unidad de producto.	

Los resultados obtenidos muestran que la tasa ambiental óptima sobre las emisiones de CO₂ en el caso central es del orden del 2,42%. Antes de pasar al análisis de los resultados de estática comparada, debemos remarcar que a excepción del nivel de actividad del resto del mundo y la tasa de descuento social, el signo de las derivadas parciales de la tasa ambiental con respecto a los parámetros restantes es indeterminado, lo cual implica que la variación de la misma es función del valor de los parámetros. Del análisis se desprende que un incremento del nivel de actividad del resto del mundo genera una disminución en la brecha entre las tasas de crecimiento del consumo descentralizado y centralizado respectivamente y, por consiguiente, de la tasa ambiental óptima en un 7,86%.⁶ Asimismo, analizando el efecto de un aumento en la tasa de descuento social, encontramos que el mismo aumenta la brecha entre las tasas de consumo y, de esta forma,

⁶ Nótese que la restricción $(1 - \phi - \phi^*) > 0$ implica que $\partial g_C^D / \partial \gamma^* - \partial g_C^S / \partial \gamma^* < 0$ y, por consiguiente, que $\partial \tau / \partial \gamma^* < 0$.

el valor de la tasa ambiental en un 8,16%.⁷ Con respecto al resto de los parámetros, encontramos que incrementos en el daño y preferencias ambientales generan un aumento de la tasa ambiental del 4,58%, mientras que aumentos en el grado de apertura comercial del resto del mundo y de la economía doméstica presentan signos opuestos, implicando un incremento en la tasa óptima del 0,25% y una caída de la misma del 5,88% respectivamente; además, un incremento en el coeficiente de aversión al riesgo, σ , disminuye la brecha entre ambas tasas de consumo y, por lo tanto, la tasa óptima en un 5,34%.⁸ Finalmente, tomando el cambio tecnológico en sus distintas particularidades (neutrales, no-neutrales), encontramos que estos estuvieron asociados a caídas en el valor de la tasa ambiental óptima.

4. Conclusiones

El presente estudio analiza en forma empírica la determinación de la tasa ambiental óptima sobre las emisiones de CO₂ para la economía argentina. El mismo consiste en una aplicación empírica de un trabajo precedente sobre la determinación de dicha tasa en condiciones de crecimiento y términos de intercambio endógenos en términos de bienestar. Nuestros resultados implican que el valor de la misma es del 2,42% del valor de la producción. Además, a través de un ejercicio de estática comparada se procedió a analizar cómo reacciona la misma ante cambios en el valor de los principales parámetros del modelo, donde los resultados obtenidos mostraron variaciones positivas de la misma con respecto a una mayor apreciación del tiempo presente (tasa de descuento social), el daño y preferencias ambientales, y al grado de apertura comercial del resto del mundo y negativas con respecto a un mayor nivel de actividad del resto del mundo, el grado de aversión al riesgo y al grado de apertura comercial de la economía doméstica. Finalmente, la introducción de cambios tecnológicos neutrales y no neutrales estuvo asociada a disminuciones en el valor de la tasa óptima.

Referencias

- Commendatore, M., Nievas, M., Amin, O. and Esteves, J. (2012), “Sources and distribution of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in coastal sediments from the Ushuaia Bay (Tierra del Fuego, Patagonia, Argentina)”, *Marine Environmental Research*, 74, 2-31.
- Sampaolés, A. (2014), “Optimal environmental policy under endogenous terms of trade and economic growth”, *Theoretical Economic Letters*, 4, 608-11, DOI: [10.4236/tel.2014.47076](https://doi.org/10.4236/tel.2014.47076).
- Vazquez Brust, D. and Liston-Heyes, C. (2010), “Environmental management intentions: an empirical investigation of Argentina's polluting firms”, *Journal of Environmental Management*, 91(5), 1111-22.

⁷ Nótese que $\partial g_C^D / \partial \delta - \partial g_C^S / \partial \delta > 0$ y, por consiguiente, que $\partial \tau / \partial \gamma \delta > 0$.

⁸ Nótese que como los parámetros asociados al daño y las preferencias ambientales están multiplicándose, el efecto de un cambio en el valor de cualquiera de estos sobre la tasa ambiental debe ser similar. Además, es bueno remarcar que la coincidencia en la variación del valor de la tasa ambiental obedece a la utilización de una parte decimal de dos cifras.

ANEXO

- *Obtención de las tasas de crecimiento estacionario del consumo*

a) Solución temporal

Del proceso de maximizar la función de sub-utilidad, $C(t) = C_1(t)^{(1-\phi)} C_2(t)^\phi$, sujeto a la restricción presupuestaria del agente económico, obtenemos:

$$(1) \quad P_C = \left(\frac{1}{\phi}\right)^\phi \left(\frac{1}{1-\phi}\right)^{(1-\phi)} p^\phi,$$

con $\frac{\partial P_C}{\partial p} > 0$, donde P_C represente el precio del bien compuesto y p los términos del intercambio (definidos como la relación entre el precio del bien importado y el bien domestico).

b) Solución intertemporal

Dada la relación de proporcionalidad entre los niveles de emisiones y producción, la función de calidad ambiental puede ser expresada como: $Q(K(t)) = Q_0 K(t)^\beta$, con $Q_0 = A_q A_k^\beta$; por lo tanto, a partir de la diferenciación logarítmica de esta expresión con respecto al tiempo, la condición de equilibrio de la economía ($\dot{K} = f(K(t)) - P_C(t)C(t)$), y la función de utilidad instantánea, podemos formular las tasas de crecimiento estacionario del trabajo precedente como:

$$(2a) \quad g_C^D = \frac{1}{\sigma} \left[\left(A_k - \delta \right) - \left(\frac{\dot{P}_C}{P_C} \right) + v(1-\sigma) \left(\frac{\dot{Q}}{Q} \right) \right],$$

$$(2b) \quad g_C^S = \frac{1}{\sigma} \left[\left(A_k - \delta \right) + P_C \left(\frac{v\beta C}{K} \right) - \left(\frac{\dot{P}_C}{P_C} \right) + v\beta(1-\sigma) \left(\frac{\dot{K}}{K} \right) \right].$$

Entonces, dado que el medio ambiente no afecta la productividad del capital, a partir de la diferenciación logarítmica de (1) y de la condición de equilibrio de la economía con respecto al tiempo, reemplazando, podemos expresar la tasa de crecimiento del capital como: $\dot{K}/K = \phi\dot{P}/P + \dot{C}/C$; por consiguiente, asumiendo que las preferencias del resto del mundo son simétricas y que el balance comercial está en equilibrio en cada periodo de tiempo, obtenemos: $\dot{P}/P = ((1/(1-\phi-\phi^*)))(\dot{C}/C - \gamma^*)$. Finalmente, a partir (2a) y (2b), las tasas de crecimiento del stock de capital y de los términos del intercambio, y teniendo en cuenta que $\dot{P}_C/P_C = \phi\dot{P}/P$, podemos expresar las respectivas tasas de crecimiento en función de los parámetros del modelo como:

$$(3a) \quad g_C^D = \frac{\phi(1-\nu\beta(1-\sigma))\gamma^* + (1-\phi-\phi^*)(A_k-\delta)}{\sigma(1-\phi-\phi^*)-\nu\beta(1-\sigma)(1-\phi^*)+\phi},$$

$$(3b) \quad g_C^S = \frac{\phi(1+\nu\beta\sigma)\gamma^* + (1-\phi-\phi^*)(A_k(1+\nu\beta)-\delta)}{\sigma(1-\phi-\phi^*)+\nu\beta\sigma(1-\phi^*)+\phi}.$$