

Evolutionary Games and Poverty Traps

Sánchez-Carrera, Edgar
Evolutionary Games and Poverty Traps
Cambridge Scholars Publishing, 2016*

Leopoldo Gómez-Ramírez** y Alexander Villarraga-Orjuela***

La literatura sobre trampas de pobreza es bastante amplia. Azariadis & Stachurski (2005) presenta una revisión de ella. Ahora bien, desde el punto de vista del libro del académico Edgar J. Sánchez-Carrera, *Evolutionary Games and Poverty Traps*, como veremos más adelante con más detalle matemático, una trampa de pobreza es la situación en la que la decisión más racional económicamente es: (i) desde el punto de vista de las trabajadoras, no educarse; (ii) desde el punto de vista de las firmas, no invertir en innovación, y (iii) por tanto la economía termina en una situación con trabajadoras no educadas y firmas anticuadas. Este libro nos parece una interesante contribución al entendimiento de estas lamentables situaciones y a la discusión de las políticas públicas para superarlas, por al menos tres razones. Primera, porque persuasivamente muestra que estos indeseables resultados no son producto de la pereza, avaricia o estupidez humana, si no que más bien son el resultado agregado de las decisiones individuales más racionales posibles en el contexto de una situación inicial desfavorable. Segunda, porque Sánchez-Carrera formaliza la argumentación con una herramienta que, a pesar de su potencia explicativa, no se ha usado a menudo en esta área de investigación: la teoría de juegos evolutivos.¹ Tercera, porque precisamente utiliza esta herramienta formal, el libro quizás avanza más en la discusión de las políticas públicas que podrían coadyuvar a romper con estas trampas; avanza más, queremos decir, de lo que hacen modelos genéricos agregados de equilibrios múltiples (que se encuentran usualmente en libros de texto de macroeconomía/desarrollo económico).

* Fecha de recepción: 21/10/2019. Fecha de aceptación: 20/04/2021.

** Profesor asistente, Departamento de Economía, Universidad del Norte. E-mail: leopoldog@uninorte.edu.co.
ORCID: 0000-0002-9846-6014.

*** Profesor asistente, Departamento de Economía, Universidad del Norte. E-mail: avillarraga@uninorte.edu.co.
ORCID: 0000-0001-6752-4288.

¹ El libro presenta en una estructura más unificada una serie de artículos que este autor y sus coautores han publicado individualmente en diversas revistas de prestigio; Accinelli y Sánchez-Carrera (2011) y (2012); Sánchez-Carrera (2012), entre otras. Por su parte, Bowles (2006) es una contribución seminal en el análisis de trampas de pobreza desde la perspectiva de la teoría de juegos evolutivos.

Nos parece, entonces, que este libro vale la pena de ser leído y estudiado. En este comentario bibliográfico intentamos por tanto fomentar dicha lectura/estudio. Pero hacemos esto a través de la estrategia de intentar mostrar que los modelos que se presentan en él probablemente son superiores a los modelos agregados genéricos; esto es el caso, por supuesto, si se aceptan los supuestos de los modelos del libro. Así pues, dividimos este comentario en dos secciones. En la primera presentamos uno de estos modelos genéricos. En la segunda presentamos un modelo como los del libro de Sánchez-Carrera. Como hemos dicho, el objetivo de esta comparación es mostrar la riqueza de la teoría de juegos evolutivos y sus ventajas para discutir las trampas de pobreza y las políticas públicas para salir de ellas.

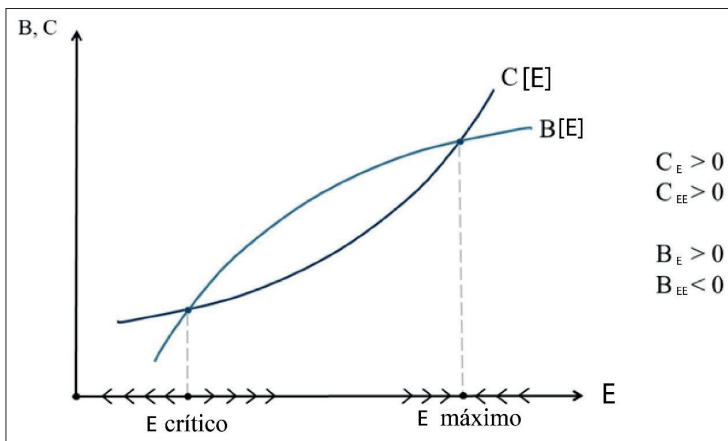
I. EQUILIBRIOS MÚLTIPLES Y TRAMPAS DE POBREZA, UN MODELO GENÉRICO

El examen de dos tipos de decisiones, interrelacionas una con la otra, es el tema central de los modelos del libro de Sánchez-Carrera. Por una parte, la decisión de una empresa de invertir en capital físico y/o en investigación y desarrollo, con los costos y riesgos que ello conlleva, para volverse “innovadora” o no. Por otra parte, la decisión de una trabajadora de educarse, con los costos (tanto en tiempo como en dinero, claro está) y riesgos que ello conlleva, para volverse “trabajadora con alta capacidad”, o no. Para que la comparación entre el modelo de esta sección con el de la segunda sección sea completamente nítida, asúmase que se está examinando la decisión de la clase trabajadora de invertir en educarse. Así, E denota la inversión agregada en educación. Sea $\pi[E] = B[E] - C[E]$ la función de ganancias agregadas netas de esa inversión, donde B denota ingresos y C costos. Asúmase que los beneficios de educarse son crecientes pero marginalmente decrecientes, $B_E > 0$ y $B_{EE} < 0$, y que sus costos son también crecientes pero marginalmente crecientes, $C_E > 0$ y $C_{EE} > 0$. Asúmase, naturalmente desde un punto de vista económico, que se invierte en educación si $\pi[E] \geq 0$ y que se deja de invertir si $\pi[E] < 0$. Así, la ecuación que expresa la evolución de la cantidad agregada educación a lo largo del tiempo es $\Delta E = B[E] - C[E]$. Se sigue, entonces, que la cantidad total de educación crecerá cuando $B[E] \geq C[E]$ y decrecerá cuando $B[E] < C[E]$. Como no postulamos formas funcionales específicas para $B[E]$ y $C[E]$ no podemos hallar una solución explícita para el (los) equilibrios del modelo. Sí podemos, sin embargo, analizar gráficamente su mensaje cualitativo. Hacemos esto con la figura 1.

Esta figura nos muestra que esta economía exhibe dos posibles equilibrios: la trampa de pobreza en la que $E = 0$ y el equilibrio superior en el que $E = E_{\text{máximo}}$ con $E = E_{\text{crítico}}$ como la cantidad de educación que delimita la base de atracción de

cada uno. ¿En qué situación terminará esta economía? La respuesta es “depende de la cantidad inicial de educación, $E_{t=0}$ ”: la economía convergirá al equilibrio superior si $E_{t=0} > E_{crítico}$ pero lo hará hacia la trampa de pobreza si $E_{t=0} < E_{crítico}$.² Dicho de otra manera, la economía terminará con 0 educación si las condiciones iniciales son de escasa educación ($E_{t=0} < E_{crítico}$) y terminará con alta educación si inicialmente ya tenía no tan escasa educación ($E_{t=0} > E_{crítico}$).³

Figura 1. Equilibrios múltiples con una posible trampa de pobreza, modelo genérico.



Ahora bien, como una primera aproximación al análisis de las trampas de pobreza, este modelo genérico ciertamente no tiene nada equivocado, dado que sí captura claramente que el equilibrio final (alta/cero educación) depende de las condiciones iniciales (escasa/no tan escasa educación). Alguna lectora perspicaz, sin embargo, ciertamente podría preguntar ¿qué implicaciones de política económica pueden extraerse de este modelo? La respuesta es que, lamentablemente, más allá de la generalidad según la cual “la cantidad inicial de educación de las trabajadoras debe ser tal que $E_{t=0} > E_{crítico}$ ”, con este modelo no es posible decir mucho

² Es importante resaltar que el resultado de la posible convergencia a la trampa de pobreza no depende del supuesto de ganancias de la educación crecientes, pero marginalmente decrecientes, esto es, no depende del supuesto $B_{EE} < 0$. Si se asumiera, por ejemplo, que $B_{EE} > 0$ y que $C_{EE} < 0$ se obtendría de nuevo un modelo con equilibrios múltiples con la posibilidad de converger hacia la pobreza. La diferencia sería que en este caso $E_{crítico}$ estaría situado más a la derecha, es decir, la base de atracción de la trampa sería mayor: sería incluso más probable terminar en la pobreza; con la ventaja, eso sí, de que si la situación inicial fuera tal que $E_{t=0} > E_{crítico}$ la educación en esta economía crecería indefinidamente: $E \rightarrow \infty$.

³ Conviene aclarar que la presencia de no linealidades no necesariamente implica la aparición de la trampa de pobreza. Por ejemplo, si $B[E]$ es mayor a $C[E]$ para cualquier E entonces, aun si ambas funciones no son lineales en E , no aparece la trampa de pobreza. Agradecemos a un (a) revisor (a) anónimo (a) por señalarnos este punto.

más. Lo que queremos resaltar en este comentario bibliográfico es que los modelos del libro de Sánchez-Carrera que utilizan la más poderosa estructura formal de la teoría de juegos evolutivos, sí permiten decir mucho más.

II. JUEGOS EVOLUTIVOS Y TRAMPAS DE POBREZA: UN MODELO COMO LOS DE SÁNCHEZ-CARRERA (2016)⁴

Asúmase ahora que existen dos poblaciones grandes de agentes: trabajadoras (es) y firmas. Las trabajadoras deben decidir si invertir en educarse, con los costos (tanto de tiempo, dinero y esfuerzo, claro está) y riesgos que ello conlleva (véanse supuestos 1 y 2 abajo), o no educarse, y las firmas si invertir capital físico y/o en investigación y desarrollo, con los costos y riesgos que ello conlleva (véanse supuestos 3 y 4 abajo) o no invertir o innovar. Las decisiones de cada agente de cada población que se encuentre con una de la otra están estratégicamente relacionadas, de acuerdo a la matriz de pagos netos (esto es, descontando todos los tipos de costos) de la tabla 1.

Tabla 1. *Matriz original de pagos netos del juego evolutivo.*

		Firma	
		Innovar (I)	No innovar (NI)
Trabajadora	Educarse (e)	$W_{E,I}, B_{E,I}$	$W_{E,NI}, B_{E,NI}$
	No educarse (ne)	$B_{NE,I}, W_{NE,I}$	$W_{NE,NI}, B_{NE,NI}$

Asúmanse las siguientes cuatro características respecto a los pagos netos:

1. $W_{E,I} - W_{NE,I} = a > 0$; esto es, para una trabajadora es conveniente educarse si se encuentra con una firma innovadora y el tamaño de ese incentivo es la diferencia a . Considerando a $W_{E,I}$ como ingreso neto (esto es, después de sustraídos los costos de educarse) este supuesto es válido cuando, debido al salario mayor que una trabajadora recibe en una empresa innovadora (por su parte debido a la complementariedad entre educación e innovación) para la trabajadora los beneficios de educarse más que superan sus costos si halla tal tipo de empresa.
2. $W_{E,NI} - W_{NE,NI} = -b < 0$; esto es, para una trabajadora que no encuentra una firma innovadora no es conveniente hacer el esfuerzo (pagar los costos)

⁴ Es importante señalar que los modelos del libro de Sánchez-Carrera son significativamente más complejos que el de esta sección, pues ellos usan ecuaciones de “dinámica de replicación” (*Replicator Dynamics, RD*) que incluyen información imperfecta, una tasa a la cual los agentes revisan sus estrategias y una probabilidad con la que cambian de estrategia. Dado que nuestro interés es presentar las virtudes de la teoría de juegos evolutivos de la forma más sencilla posible, en este comentario usamos la versión más sencilla de la dinámica de replicación, en la que no se incluyen estas complicaciones.

de educarse, y el tamaño de tal penalización por hallar una firma no innovadora es la diferencia b . Considerando a $W_{E,NI}$ como ingreso neto (esto es, después de sustraídos los costos de educarse) este supuesto es válido cuando, debido al salario menor que una trabajadora recibe en una empresa no innovadora (por su parte debido a que la complementariedad entre educación e innovación no acontece en este caso) para la trabajadora los costos de educarse más que superan sus beneficios si halla tal tipo de empresa.

3. $B_{E,I} - B_{E,NI} = c > 0$; esto es, para una firma es conveniente innovar si encuentra una trabajadora educada y el tamaño de ese incentivo es la diferencia c . Considerando a $B_{E,I}$ como ingreso neto (esto es, después de sustraídos los costos salariales y de innovación) este supuesto es válido cuando, debido a la productividad mayor que una empresa innovadora consigue si coincide con una trabajadora educada (por su parte debido a la complementariedad entre educación e innovación) para la empresa los mayores beneficios provenientes de innovar más que superan sus mayores costos laborales provenientes de emplear una trabajadora educada.
4. $B_{NE,I} - B_{NE,NI} = -d < 0$; esto es, para una firma que no encuentra una trabajadora educada no es conveniente hacer el esfuerzo (pagar los costos) de innovar y el tamaño de tal penalización por hallar una trabajadora no educada es la diferencia d . Considerando a $B_{NE,I}$ como beneficio neto (esto es, después de sustraídos los costos salariales y de innovación) este supuesto es válido cuando, debido a la productividad menor que una empresa innovadora obtiene si coincide con una trabajadora no educada (por su parte debido a que la complementariedad entre educación e innovación no acontece en este caso) para la empresa los mayores costos provenientes de la innovación más que superan sus beneficios.

En resumen, los supuestos (1)-(4) expresan que el capital humano (educación) y físico (innovación) son actividades estratégicamente complementarias. Conviene señalar que esta complementariedad estratégica se halla en diversa literatura más amplia a la del análisis de las trampas de pobreza a través de juegos evolutivos (Redding, 1996; Acemoglu, 1997; Burdett y Smith, 2002).

Ahora bien, un concepto central de la teoría de juegos evolutiva es la ecuación de “dinámica de replicación”; la famosa *Replicator Dynamics Equation* (RD) cuya formulación original se debe a Taylor & Jonker (1978). Ella captura la evolución de una cierta distribución de una estrategia pura al nivel de toda la población si las agentes al nivel individual son colocadas aleatoriamente en pares a jugar el juego. En nuestro caso de dos poblaciones con dos estrategias tenemos cuatro tales ecuaciones, pero nos centraremos sólo en las de E e I por simplicidad (y sin perder nada importante).

La derivación de la RD requiere ciertos supuestos, naturalmente.⁵ De ellos el que más nos interesa resaltar aquí es el de que una estrategia crece cuando su pago esperado es mayor al pago promedio.⁶ Asumimos que esto es el caso, entonces (véase la nota 6 al pie de página para los detalles matemáticos). Así, también se asume que $x_E \in [0,1]$ es la fracción de trabajadoras que están educadas inicialmente mientras que $1 - x_E$ es la de las que no lo están y, análogamente, que $y_I \in [0,1]$ es la fracción de empresas que innovan inicialmente mientras que $1 - y_I$ es la de las que no lo hacen. Pueden obtenerse entonces las siguientes dos ecuaciones de dinámica de replicación, que son las que nos interesan:

$$\Delta x_E = x_E(1 - x_E)[y_I a - (1 - y_I)b] \quad (\text{RD-E})$$

$$\Delta y_I = y_I(1 - y_I)[x_E c - (1 - x_E)d] \quad (\text{RD-I})$$

Con este sistema de ecuaciones en diferencias (RD-E)-(RD-I) podemos examinar tres casos. Primero, aquél en el que una economía inicia en la completa riqueza, esto es, tanto $x_E = 1$ como $y_I = 1$. En este caso claramente la sociedad permanecerá en tal completa riqueza, dado que en él tanto $\Delta x_E = 0$ como $\Delta y_I = 0$. Segundo, el otro caso extremo de una economía que inicia en la pobreza absoluta, esto es, tanto $x_E = 0$ como $y_I = 0$. En él claramente la sociedad también permanecerá en la desesperanza, dado que en él tanto $\Delta x_E = 0$ como $\Delta y_I = 0$. Estos dos casos polares, sin embargo, no son interesantes desde el punto de una economía en vías de desarrollo. El verdadero caso interesante para una economía tal, que se debate entre el dilema de por fin enriquecerse de verdad o retroceder y regresar a la trampa de pobreza, es el caso intermedio en que tanto $x_E \in (0,1)$ como $y_I \in (0,1)$.

Asumiendo entonces que estamos en este caso intermedio, la pregunta central a la que queremos responder en este comentario bibliográfico es ¿qué nos dice el modelo de juegos evolutivos que debe fomentarse para que tanto $x_E \rightarrow 1$ como $y_I \rightarrow 1$ (esto es, para que se salga de la trampa de pobreza y se llegue a la riqueza)? Dicho de otra manera ¿qué recomendaciones de política económica se pueden extraer del modelo inspirado en las contribuciones de Sánchez-Carrera y otros

⁵ Sánchez-Carrera expone en detalle los supuestos detrás de la RD en la sección 2.4 de su libro. Naturalmente, para que nuestro argumento según el cual los modelos de trampas de pobreza de juegos evolutivos sean más adecuados a los que en ocasiones se hallan en la literatura, estos supuestos también deben ser aceptados.

⁶ En el caso de E matemáticamente esto significa que esta estrategia crece cuando, dadas la distribución inicial de las firmas $(y_I, 1 - y_I)$ y de las propias trabajadoras $(x_E, 1 - x_E)$ es el caso que

$$\Pi[E, y] > x_E \Pi[E, y] + (1 - x_E) \Pi[NE, y]$$

donde Π denota pago esperado, claro está. Por su parte, en el caso de I, matemáticamente ello significa que ella crece cuando

$$\Pi[x, I] > y_I \Pi[x, I] + (1 - y_I) \Pi[x, NI].$$

autores (as)?⁷ Presentamos las respuestas a esta pregunta de manera esquemática en la tabla 2.⁸ Como puede verse en ella, las recomendaciones se pueden clasificar en tres tipos:

1. Aumentar los incentivos de cada agente a no comportarse como pobre ante la esperanza de hallar otra agente que tampoco se comporte como pobre: $a \rightarrow \infty, c \rightarrow \infty$.
2. Reducir las penalizaciones de cada agente por no comportarse como pobre ante el infortunio de hallar otra agente que sí se comporta como pobre: $b \rightarrow 0, d \rightarrow 0$.
3. Fomentar que la economía inicie con una alta cantidad de agentes que no se comportan como pobres: $y_{I,t=0} \rightarrow 1, x_{E,t=0} \rightarrow 1$.

Tabla 2. Recomendaciones de política económica obtenidas a partir del modelo inspirado en la contribución de Sánchez-Carrera.

	Desde el punto de vista de la trabajadora	Desde el punto de vista de la firma
Aumento de incentivos	$a \rightarrow \infty$	$c \rightarrow \infty$
Reducción de penalizaciones	$b \rightarrow 0$	$d \rightarrow 0$
Situación inicial	$y_{I,t=0} \rightarrow 1$	$x_{E,t=0} \rightarrow 1$

Concluimos este comentario bibliográfico de Sánchez-Carrera (2016) señalando que, en el capítulo 6 de la obra, se discute precisamente un sistema de impuestos y subsidios que podría materializar estas recomendaciones de política económica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Accinelli, Elvio & Sánchez-Carrera, Edgar (2011), “Strategic Complementarities between Innovative Firms and Skilled Workers: The Poverty Trap and the Policymaker’s Intervention”, *Structural Change and Economic Dynamics*, 22, pp. 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2010.11.004>.

⁷ Contribuciones más recientes relacionadas con el tema de esta reseña son las siguientes cinco: (i) Sánchez-Carrera (2019), que discute trampas de pobreza como fallas de coordinación entre firmas y trabajadoras, usando teoría de juegos evolutivos; (ii) Sánchez-Carrera *et al.* (2019), que discute trampas de pobreza usando teoría de juegos evolutivos en el contexto de redes económicas; (iii) Accinelli *et al.* (2019), que analiza complementariedades entre capital humano y físico en el contexto de dos países; (iv) Calcagnini *et al.* (2020), que analiza el valor de opciones financieras y trampas de pobreza y; (v) Bischi *et al.* (2020), que examina el populismo en Europa usando juegos evolutivos. Agradecemos a un (a) revisor (a) anónimo (a) por llamar nuestra atención a esta más reciente literatura.

⁸ No se pase por alto que, aunque en la tabla 2 se dividen las recomendaciones entre las que favorecen el incremento en X_E (columna “desde el punto de vista de la trabajadora”) y las que favorecen el incremento en y (columna “desde el punto de vista de la firma”), esta división esquemática se hace con fines exclusivamente expositivos. En realidad, ambos tipos de recomendación están intrínsecamente ligados: la suerte o falta de fortuna de cada población depende no sólo de ella misma sino también de la de la otra, como el sistema de ecuaciones (RD-E)-(RD-I) muestra.

- ____ (2012), “The Evolutionary Game of Poverty Traps”, *The Manchester School*, 80, pp. 381-400, <https://doi.org/10.1111/j.1467-9957.2011.02262.x>.
- Accinelli, Elvio; Sánchez-Carrera, Edgar; Policardo, Laura & Salas, Osvaldo (2019), “Free mobility of capital and labor force in a two-country model: The dynamic game for growth”, *Journal of Dynamics & Games*, 6 (3), pp. 179-194, <https://doi.org/10.3934/jdg.2019013>.
- Acemoglu, Daron (1997), “Training and innovation in an imperfect labour market”, *The Review of Economic Studies*, 64 (3), pp. 445-464, <https://doi.org/10.2307/2971723>.
- Azariadis, Costas & Stachurski, John (2005), “Poverty traps”, in Aghion, Phillippe & Durlauf, Steven (eds.), *Handbook of Economic Growth*, Elsevier, vol. 1A, pp. 295-384, [https://doi.org/10.1016/S1574-0684\(05\)01005-1](https://doi.org/10.1016/S1574-0684(05)01005-1).
- Bischi, Gian Italo; Favaretto, Federico & Sánchez-Carrera, Edgar (2020), “Long-term causes of populism”, *Journal of Economic Interaction and Coordination*, <https://doi.org/10.1007/s11403-020-00300-7>.
- Bowles, Samuel (2006), “Institutional poverty traps”, in Bowles, Samuel; Durlauf, Steven & Hoff, Karla (eds.), *Poverty Traps*, Princeton University Press, pp. 116-138, <https://doi.org/10.1515/9781400841295.116>.
- Burdett, Kenneth & Smith, Eric (2002), “The low skill trap”, *European Economic Review*, 46 (8), pp. 1439-1451, [https://doi.org/10.1016/S0014-2921\(02\)00184-8](https://doi.org/10.1016/S0014-2921(02)00184-8).
- Calcagnini, Giorgio; Sanchez-Carrera, Edgar & Travaglini, Giuseppe (2020), “Real option value and poverty trap”, *Journal of Dynamics & Games*, 7 (4), pp. 317-333, <https://doi.org/10.3934/jdg.2020025>.
- Redding, Stephen (1996), “The low-skill, low-quality trap: Strategic complementarities between human capital and R&D”, *The Economic Journal*, 106 (435), pp. 458-470, <https://doi.org/10.2307/2235260>.
- Sánchez-Carrera, Edgar (2012), “Imitation and Evolutionary Stability of Poverty Traps”, *Journal of Bioeconomics*, 14, pp. 1-20, <https://doi.org/10.1007/s10818-011-9114-0>.
- ____ (2019), “Evolutionary dynamics of poverty traps”, *Journal of Evolutionary Economics*, 29, pp. 611-630, <https://doi.org/10.1007/s00191-018-0575-3>.
- Sánchez-Carrera, Edgar; Gubar, Elena & Oleynik, Andrey F. (2019), “Network Structures and Poverty Traps”, *Dynamic Games and Applications*, 9, 236-253, <https://doi.org/10.1007/s13235-018-0256-8>.
- Taylor, Peter D. & Jonker, Leo B. (1978), “Evolutionary Stable Strategies and Game Dynamics”, *Mathematical Biosciences*, 40, pp. 145-156, [https://doi.org/10.1016/0025-5564\(78\)90077-9](https://doi.org/10.1016/0025-5564(78)90077-9).