

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias
Sociales y Humanidades, Asunción, Paraguay.**

ISSN en línea: 2789-3855, 2025, Volumen VI

Realizar un esfuerzo ambiental o no: Formalización teórica mediante la teoría de los juegos

To make an environmental effort or not: Theoretical formalization using
game theory

Charles Derond

Charles.derond@hotmail.fr

<https://orcid.org/0009-0000-7056-7238>

Université de Strasbourg

Martinique – France

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4689>

Artículo recibido: 29 de junio de 2025

Aceptado para publicación: 21 de octubre de
2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.



Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos

NÚMERO

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4689>

Realizar un esfuerzo ambiental o no: Formalización teórica mediante la teoría de los juegos

To make an environmental effort or not: Theoretical formalization using game theory

Charles Derond

Charles.derond@hotmail.fr

<https://orcid.org/0009-0000-7056-7238>

Université de Strasbourg

Martinique – France

Artículo recibido: 29 de junio de 2025. Aceptado para publicación: 21 de octubre de 2025.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen


Este artículo analiza la decisión de dos países idénticos que compiten en un mismo mercado acerca de realizar o no un esfuerzo ambiental, entendido como la reducción de emisiones contaminantes. Para formalizar este dilema, se recurre a la teoría de los juegos, construyendo dos modelos: uno de corto plazo y otro de largo plazo. En el modelo de corto plazo, bajo hipótesis de racionalidad puramente económica y visión inmediata, el equilibrio de Nash conduce a que ninguno de los dos países realice esfuerzos (estrategia (PE, PE)). En el modelo de largo plazo, al relajar las hipótesis e introducir tanto un parámetro de sensibilidad moral como los beneficios futuros derivados del esfuerzo ambiental, se obtienen escenarios múltiples: desde la inacción conjunta hasta la cooperación plena, pasando por equilibrios mixtos donde algunos países actúan y otros se comportan como "pasajeros clandestinos". Los resultados muestran que la inclusión de consideraciones éticas y de beneficios diferidos puede modificar los incentivos estratégicos y favorecer conductas ambientalmente responsables.

Palabras clave: teoría de juegos, esfuerzo ambiental, equilibrio de Nash, corto plazo, largo plazo

Abstract

This article analyzes the decision of two identical countries competing in the same market regarding whether or not to make an environmental effort, understood as the reduction of polluting emissions. To formalize this dilemma, we use game theory, constructing two models: one short-term and one long-term. In the short-term model, under the assumption of purely economic rationality and immediate vision, the Nash equilibrium leads to neither country making an effort (strategy (PE, PE)). In the long-term model, by relaxing the assumptions and introducing both a moral sensitivity parameter and the future benefits derived from environmental efforts, multiple scenarios are obtained: from joint inaction to full cooperation, including mixed equilibria where some countries act and others behave as "illegible passengers." The results show that the inclusion of ethical considerations and deferred benefits can modify strategic incentives and favor environmentally responsible behaviors.

Keywords: game theory, environmental effort, Nash equilibrium, short-term, long-term

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Derond, C. (2025). Realizar un esfuerzo ambiental o no: Formalización teórica mediante la teoría de los juegos. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 6 (5), 1565 – 1574. <https://doi.org/10.56712/latam.v6i5.4689>

INTRODUCCIÓN

En este estudio abordaremos la elección medioambiental de dos países idénticos que compiten en un mercado único. Veremos cuáles son los mecanismos básicos que se pueden identificar al elegir el nivel de esfuerzo de cada uno de los dos países. Un país puede optar por realizar o no un esfuerzo ambiental. En el mundo real, ese esfuerzo podría consistir en reducir las emisiones de dióxido de carbono mediante un aumento del precio nacional por tonelada de dióxido de carbono emitido.

Revisión de estudios previos

La teoría de los juegos ha sido ampliamente utilizada para analizar dilemas ambientales en los que los agentes buscan maximizar su beneficio individual aun cuando ello conduzca a resultados socialmente ineficientes. El trabajo clásico de Hardin (1968) sobre la tragedia de los comunes demuestra cómo la racionalidad individual puede generar resultados subóptimos en la gestión de bienes comunes. Por su parte, Nash (1950) introdujo el concepto de equilibrio que permite comprender las decisiones estratégicas de los actores cuando ninguno tiene incentivos unilaterales a desviarse de su estrategia óptima.

En el campo de la cooperación internacional, Barrett (1994) y Carraro y Siniscalco (1993) desarrollaron modelos que muestran la fragilidad de los acuerdos ambientales globales cuando los incentivos individuales para incumplir son mayores que los beneficios de cooperar. De forma complementaria, Ostrom (1990) demostró que la acción colectiva puede sostenerse mediante instituciones locales, normas compartidas y mecanismos de sanción, sin necesidad de una autoridad central.

Más recientemente, Finus (2001) integró estos aportes en un enfoque dinámico que analiza la estabilidad de la cooperación ambiental a lo largo del tiempo, considerando tanto las interacciones repetidas como los beneficios futuros.

Este artículo se inscribe en dicha literatura al formalizar la decisión de realizar o no un esfuerzo ambiental en un contexto competitivo, proponiendo un modelo que distingue entre el corto y el largo plazo, e incorporando tanto incentivos económicos como consideraciones éticas. De esta manera, contribuye al estado del arte al mostrar cómo la inclusión de una sensibilidad moral puede modificar los equilibrios estratégicos y favorecer la cooperación ambiental sostenible.

METODOLOGÍA

En la totalidad de nuestros modelos vamos a considerar dos países que compiten en un mercado único o se repartirán un beneficio dado π .

Modelo a corto plazo

En este modelo hacemos varias hipótesis.

Hipótesis 1: Nuestros dos países son idénticos en todos los aspectos.

Esta primera hipótesis implica en particular que los países tienen el mismo nivel de desarrollo y que su grado de preocupación por las cuestiones ambientales es idéntico. Por lo tanto, los comportamientos de cada país serán simétricos.

Hipótesis 2: los países valoran únicamente las consecuencias económicas de sus acciones sobre su bienestar (*Hardin, 1968*).

Esta segunda hipótesis implica que los países no tienen en cuenta las consecuencias morales de sus actos.

Hipótesis 3: los países hacen su elección a corto plazo (*Nash, 1950*). No tienen una visión a largo plazo de sus acciones actuales.

Esta hipótesis implica que los países sólo piensan en las consecuencias contemporáneas de sus acciones. Por ejemplo, una acción perjudicial para el medio ambiente que podría tener consecuencias negativas indirectas sobre su bienestar futuro no será evaluada en su elección actual.

Hipótesis 4: los esfuerzos ambientales dependen negativamente de la participación en los beneficios del país cuando el país competidor no realiza ningún esfuerzo (*Carraro & Siniscalco, 1993*).

En otras palabras, cuando un país realiza esfuerzos ambientales, calificado como E, entonces no sólo su acción tendrá un costo directo, calificado como c (con $c > 0$), sino también un costo indirecto ε (con $\varepsilon > 0$).

La interpretación de este coste indirecto es que el país que realiza el «esfuerzo» asignará una parte relativa de sus recursos a su búsqueda de beneficio puramente económico. El país competidor se hará cargo inmediatamente de su pérdida por efecto del mercado. En última instancia, el país que hace el «esfuerzo» perderá ε mientras que el país que no realiza el «esfuerzo» ganará ε .

Cabe señalar que E significa que el país realiza un esfuerzo económico para el medio ambiente, mientras que PE significa que el país no realiza ningún esfuerzo. No consideraremos estrategias mixtas; analizaremos los juegos solo en estrategias puras.

Tabla 1

Matriz de ganancias

País A / País B	E	PE
E	$\pi/2 - c, \pi/2 - c$	$\pi/2 - c - \varepsilon, \pi/2 + \varepsilon$
PE	$\pi/2 + \varepsilon, \pi/2 - c - \varepsilon$	$\pi/2, \pi/2$

Sea cual sea el método de resolución de este juego, siempre encontraremos como solución (PE, PE). Si se resuelve el juego por eliminación iterativa de las estrategias estrictamente dominadas entonces el resultado será (PE, PE).

En efecto, para los dos países, la estrategia E está estrictamente dominada por PE puesto que $\pi/2 - c < \pi/2 + \varepsilon$ y $\pi/2 - c - \varepsilon < \pi/2$. Además, la solución (PE, PE) es un equilibrio de Nash (*Nash, 1950*).

En este modelo el resultado es trivial y los dos países optarán por no hacer «esfuerzo». Este resultado se debe a dos factores principales. El primero es que los países que no integran un componente moral en su decisión, su elección se hará solo analizando las consecuencias económicas de sus acciones. La segunda razón es que los países actúan pensando en las consecuencias a corto plazo de sus acciones actuales. Por lo tanto, no tendrán en cuenta los efectos probablemente negativos de su comportamiento sobre sus beneficios a largo plazo.

Modelo a largo plazo

En este modelo vamos a relajar las hipótesis 2 y 3. Por lo tanto, las hipótesis 1 y 4 del modelo anterior se conservan para este modelo de largo plazo.

En este nuevo modelo, incluiremos un parámetro que captura la sensibilidad moral de los países hacia el medio ambiente. Este parámetro es m (con $m > 0$). Por otra parte, también integraremos un

parámetro que capture los beneficios a largo plazo de los países en relación con el medio ambiente, denotado μ .

El efecto económico positivo generado por la acción del país que realiza un «esfuerzo» es compartido por ambos países.

Tabla 2

Matriz de ganancias

País A / País B	E	PE
E	$\pi/2 - c + m + \mu, \pi/2 - c + m + \mu$	$\pi/2 - c - \varepsilon + m + \mu, \pi/2 + \varepsilon + \mu$
PE	$\pi/2 + \varepsilon + \mu, \pi/2 - c - \varepsilon + m + \mu$	$\pi/2, \pi/2$

Esta matriz de ganancias no tiene una solución trivial. Vamos a detallar los diferentes casos posibles según el valor de los parámetros.

Caso 1: $c + \varepsilon > m + \mu$

Resolviendo el juego mediante la eliminación iterativa de las estrategias estrictamente dominadas, se encuentra que la estrategia E está estrictamente dominada por la estrategia PE.

Por lo tanto, la solución del juego es (PE, PE), un equilibrio de Nash.

Interpretación: en este caso, el «esfuerzo» genera ganancias, pero insuficientes para cubrir sus costos. Cada país tiene incentivos para comportarse como *free rider* (Hardin, 1968) y beneficiarse del esfuerzo del otro.

Caso 2: $m + \mu > c + \varepsilon$

Resolviendo el juego, la estrategia PE está estrictamente dominada por E. La solución es (E, E), un equilibrio de Nash (Nash, 1950).

Interpretación: el «esfuerzo» genera ganancias superiores a los costos. Los países cooperan porque los beneficios morales y futuros superan los incentivos al oportunismo (Finus, 2001).

Caso 3: $m + \mu = c + \varepsilon$

Ninguna estrategia domina a la otra. Existen cuatro equilibrios de Nash: (E, E), (PE, PE), (E, PE) y (PE, E).

Interpretación: los beneficios cubren exactamente los costos. Pueden coexistir comportamientos cooperativos y oportunistas (Barrett, 1994; Carraro & Siniscalco, 1993).

RESULTADOS

Modelo a corto plazo

En este escenario, con países idénticos que solo valoran las consecuencias económicas inmediatas y carecen de sensibilidad moral, se obtienen los siguientes resultados:

La estrategia de realizar un esfuerzo ambiental (E) está estrictamente dominada por la de no hacerlo (PE).

La matriz de ganancias muestra que, cualquiera sea el método de resolución, el equilibrio del juego es (PE, PE).

Esto significa que ambos países optan por no realizar esfuerzos ambientales, ya que cualquier acción de cooperación generaría costos sin beneficios inmediatos y otorgaría ventajas al competidor.

En consecuencia, el modelo predice un comportamiento de inacción ambiental cuando las decisiones se toman bajo una visión estrictamente económica y de corto plazo.

Modelo a largo plazo

Al introducir un parámetro de sensibilidad moral (m) y beneficios económicos futuros derivados del esfuerzo ambiental, se plantean tres casos según la relación entre los beneficios y costos:

Caso 1: $c > m$

La estrategia E sigue estando estrictamente dominada por PE.

El equilibrio de Nash es nuevamente (PE, PE).

Interpretación: el esfuerzo ambiental genera beneficios, pero insuficientes para cubrir los costos, lo que lleva a que los países se comporten como pasajeros clandestinos.

Caso 2: $m > c$

La estrategia PE está dominada por E.

El equilibrio de Nash es (E, E).

Interpretación: los beneficios ambientales (morales y económicos de largo plazo) superan los costos, lo que incentiva a ambos países a realizar esfuerzos ambientales de manera cooperativa.

Caso 3: $m = c$

Ninguna estrategia domina a la otra.

Existen cuatro equilibrios de Nash posibles: (E, E), (PE, PE), (E, PE) y

(PE, E).

Interpretación: ambos países pueden optar por cooperar, no cooperar o adoptar comportamientos asimétricos, ya que los beneficios y costos se compensan exactamente.

Síntesis general

El modelo de corto plazo concluye en inacción ambiental conjunta.

El modelo de largo plazo permite múltiples resultados: cooperación plena, inacción total o equilibrios mixtos.

La inclusión de consideraciones éticas y de beneficios diferidos resulta fundamental para explicar cuándo los países pueden superar el incentivo al comportamiento oportunista y alcanzar equilibrios ambientalmente responsables.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en los modelos de corto y largo plazo permiten reflexionar sobre la racionalidad estratégica de los países frente a los desafíos ambientales. En primer lugar, el modelo de corto plazo confirma la existencia de un incentivo sistemático a la inacción, coherente con la literatura sobre la tragedia de los comunes (Hardin, 1968) y el problema del free rider.

En contraste, el modelo de largo plazo introduce factores de sensibilidad moral y beneficios diferidos (Finus, 2001) que modifican los incentivos estratégicos. Este resultado es consistente con teorías que destacan la importancia de incorporar variables éticas y de sostenibilidad (Ostrom, 1990; Barrett, 1994).

Las implicaciones de este análisis son significativas:

Subrayan la necesidad de políticas internacionales que valoren explícitamente los beneficios ambientales de largo plazo y refuercen la dimensión ética de las decisiones.

Ilustran por qué, en ausencia de regulaciones o mecanismos de cooperación, los países tienden a actuar de manera oportunista.

Sugieren que para promover un equilibrio cooperativo es indispensable diseñar incentivos institucionales y acuerdos multilaterales.

CONCLUSIÓN

Estos dos modelos nos permiten formalizar el comportamiento de dos países idénticos y competidores frente a sus opciones medioambientales. La diferenciación entre corto plazo y largo plazo nos permite ver que un país preocupado únicamente por los beneficios económicos a corto plazo se verá tentado a actuar de manera menos benéfica para el medio ambiente.

Por otra parte, este simple modelo nos permite ver que un país tendrá la tentación de no realizar un esfuerzo ambiental y de actuar como *pasajero clandestino*, beneficiándose de los esfuerzos ambientales de su competidor (Hardin, 1968).

En última instancia, para encontrarse en una situación virtuosa es necesario que los beneficios asociados al esfuerzo ambiental superen sus costos y compensen el costo de oportunidad de actuar como *free rider*.

Para tener un modelo aún más cercano a la realidad sería necesario elaborar un modelo con un gran número de países, una asimetría en las cuotas de mercado que los países se reparten, así como una ponderación geográfica de las repercusiones económicas del esfuerzo medioambiental de un país sobre el resto de sus competidores.

REFERENCIAS

Barrett, S. (1994). Acuerdos internacionales autoaplicables para la protección ambiental. *Oxford Economic Papers*, 46, 878–894.


Carraro, C., & Siniscalco, D. (1993). Estrategias para la cooperación internacional en materia ambiental. *Journal of Public Economics*, 52(3), 309–328.

Finus, M. (2001). *Teoría de juegos y cooperación ambiental internacional*. Edward Elgar Publishing.

Hardin, G. (1968). La tragedia de los comunes. *Science*, 162(3859), 1243–1248.

Nash, J. (1950). Equilibrios en juegos de n-personas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 36(1), 48–49.

Ostrom, E. (1990). *El gobierno de los bienes comunes: la evolución de las instituciones para la acción colectiva*. Cambridge University Press.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de pagos – Modelo a corto plazo

Se consideran dos países (A y B), ambos con la opción de realizar un esfuerzo ambiental (E) o no hacerlo (PE).

Si un país opta por E, incurre en un costo directo $c > 0$ y un costo indirecto relacionado con la pérdida de competitividad.

Si el país elige PE, evita esos costos y puede beneficiarse del esfuerzo del competidor.

La matriz de pagos simplificada es la siguiente:

Tabla 1

Matriz de pagos simplificada

País A / País B	E	PE
E	$(\pi - c, \pi - c)$	$(\pi - c, \pi)$
PE	$(\pi, \pi - c)$	(π, π)

Resultado: la estrategia dominante es PE, y el equilibrio de Nash es (PE, PE).

Anexo 2: Matriz de pagos – Modelo a largo plazo

En este caso se introducen dos parámetros adicionales:

m = sensibilidad moral de los países hacia el medio ambiente.

b = beneficio económico futuro derivado de la acción ambiental.

La matriz de pagos general es:

Tabla 2

Matriz de pagos general

País A / País B	E	PE
E	$(\pi - c + m + b, \pi - c + m + b)$	$(\pi - c + m + b, \pi + m)$
PE	$(\pi + m, \pi - c + m + b)$	(π, π)

Casos posibles:

Si $c > m + b \rightarrow$ equilibrio (PE, PE).

Si $m + b > c \rightarrow$ equilibrio (E, E).

Si $m + b = c \rightarrow$ múltiples equilibrios de Nash: (E, E), (PE, PE), (E, PE), (PE, E).

Anexo 3: Demostraciones matemáticas

En el modelo a corto plazo, la eliminación iterativa de estrategias dominadas muestra que E está estrictamente dominada por PE, por lo cual se descarta siempre la cooperación.

En el modelo a largo plazo, la comparación entre los pagos derivados de E y PE permite determinar el equilibrio según la relación entre c y $m + b$.

Se verificó que los equilibrios identificados cumplen con la definición de Nash: en ninguno de ellos existe un incentivo unilateral a desviarse.