



OBSERVATORIO AMBIENTAL ARGENTINO



INFORME VII

El dilema del cambio climático

Los modelos matemáticos ayudan a entender los acuerdos frustrados por el cambio climático



AZARA

DESCUBRÍ TU ESPÍRITU EXPLORADOR

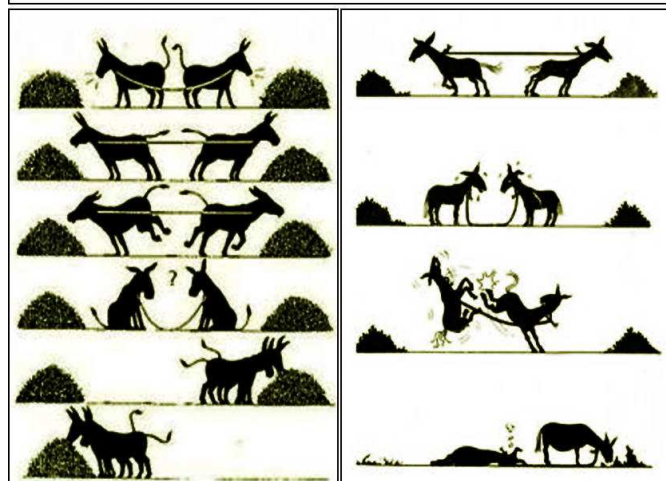
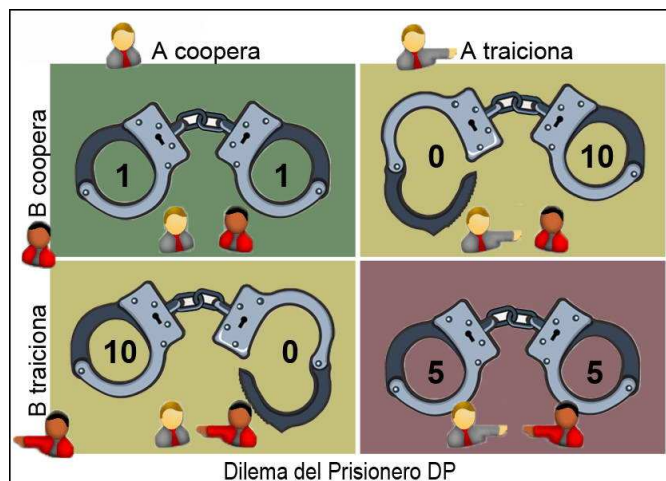
www.fundacionazara.org.ar



El dilema del cambio climático

Los modelos matemáticos ayudan a entender los acuerdos frustrados por el cambio climático

Los resultados de la Cumbre de París-2015 sobre el Cambio Climático trajeron a la memoria las conclusiones de Teoría de Juegos. A la euforia inicial mediática por los acuerdos (luego considerados débiles) le siguió el alerta de los estudiosos que advierten la falta de controles. A continuación se sigue paso a paso el rastro de los argumentos.



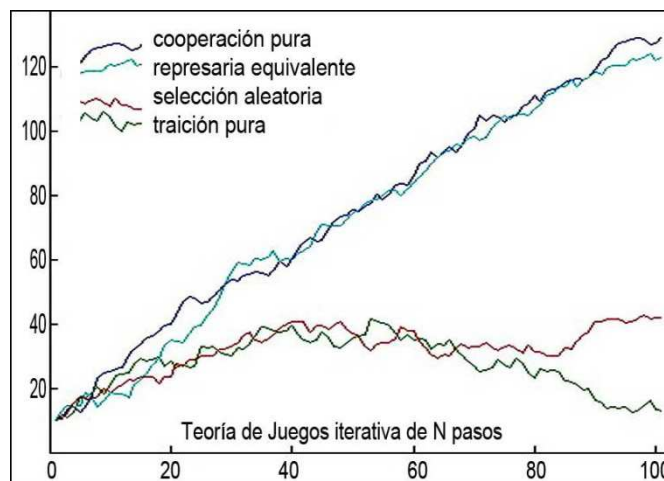
El Dilema del Prisionero y como se reparten los puntajes en cada alternativa seleccionada. La cooperación puede ser una estrategia correcta (abajo), mientras que la traición puede ser aún mejor si el oponente colabora.

1. Sobre dilemas y juegos.

El Dilema del Prisionero. La Teoría de Juegos es un modelo matemático aplicado a "dilemas sociales" (humanos o animales) que ayuda a encontrar la mejor estrategia para obtener un determinado fin. El dilema social básico es el Dilema del Prisionero. Se consideran dos individuos racionales actuando en forma no-cooperativa y demuestra que pueden llegar a traicionarse (dejar de cooperar o desertar), incluso teniendo un alto perjuicio por esto. El enunciado dice: dos delincuentes están detenidos e incomunicados en aislamiento uno del otro (no hay forma de comunicación entre ellos) y no pueden coordinar una acción cooperativa. No existen pruebas suficientes para condenarlos y se les ofrece traicionar al otro para reducir su propia pena de prisión. Si ambos "cooperan" (no se traicionan) tendrán una pena leve (p.e., 1 años de prisión). Si uno "traiciona" al otro, el primero es liberado y el otro es condenado (p.e., 10 años). Si ambos traicionan, ambos serán condenados (5 años). ¿Qué debe hacer el prisionero? La traición ofrece una recompensa mayor frente a la cooperación, por lo que lo "racional" sería que ambos prisioneros se

traicionen mutuamente, con lo cual ambos son condenados y pierden el beneficio. En la realidad, los seres humanos muestran un sesgo sistemático hacia un comportamiento cooperativo, mucho más de lo previsto por los modelos.

La Teoría de Juegos. El Dilema del Prisionero se puede convertir en un modelo matemático de juego de 2 (o más) participantes y realizado en forma iterativa. La Teoría de Juegos se ocupa del análisis del comportamiento estratégico. El Dilema del Prisionero define un escenario no-cooperativo, con objetivo de maximizar la utilidad; en cambio, el Dilema del Cambio Climático define un escenario cooperativo con una utilidad igual para todos, pero desconocida. Para obtener un juego ejecutable en computadoras se puede proceder de la siguiente forma. Los jugadores son A y B en el Dilema del Prisionero. Las alternativas son "cooperar" C o "traicionar" T y se puede asignar el siguiente puntaje; si ambos cooperan C/C acumulan +2/+2; si uno traiciona T/C acumulan +5/0 y si ambos traicionan acumulan -1/-1. No es un "juego de suma cero" ya que ambos pueden perder en simultáneo. El póker es un juego de "suma cero" porque lo que uno gana lo pierde el otro.



Las estrategias que mayor puntaje acumulan en la Teoría de Juegos son la cooperación pura o la represalia equivalente. La traición pura puede ser aún peor que una decisión aleatoria.

¿Cuál será la mejor estrategia para acumular la mayor cantidad de puntos? Hace medio siglo que se estudiaron muchas estrategias y compitieron entre sí. El resultado fue que la mejor estrategia es "Tit-for-Tat" (conocida como "toma y daca"; "ojo por ojo"; "represalia equivalente") y consiste en 2 simples reglas: (1) cooperar en la primera jugada (ser "amable" y no ser el primero en traicionar), (2) en las siguientes jugadas, hacer lo mismo que hizo el contrincante en la jugada anterior (ser "optimista" esperando que el otro coopere, pero ser "recíproco" administrando las represalias). En Mateo, 7:12 se atribuye a Jesús la frase: "todo lo que queráis que hagan los hombres con vosotros, hacedlo así con ellos". Incluso una estrategia ligeramente mejor es cooperar dos veces ante una traición (ser "indulgentes"), lo que permite no quedar atrapado en un ciclo cerrado de traiciones alternadas si ambos usan la misma estrategia. Otra alternativa posible es no tomar represalias y siempre cooperar, pero puede ser una mala elección cuando el oponente utiliza una estrategia agresiva. Una buena decisión es no esforzarse en ser mejor que el oponente (no ser envidioso) y conformarse con sumar sin superar al contrario. El doping en el deporte es un caso de estudio. Dos atletas que compiten tienen la opción de utilizar una droga ilegal para mejorar su rendimiento. Si uno de ellos toma la droga, obtiene una ventaja. Pero si todos lo hacen, los beneficios se anulan y sólo quedan los peligros legales.

Las estrategias de cooperación son las de mejor resultado, pero se crearon estrategias muy agresivas (Cero Determinante ZD) que buscan doblegar al contrincante. En ZD se permite a un jugador forzar al oponente para que obtenga un valor inferior. El jugador es "extorsionado" en una especie de "Juego de Ultimátum", el que se caracteriza por ser un juego de una sola vez, donde la reciprocidad no importa. Por ejemplo, el jugador A debe repartir 100\$ con B, haciendo una única y definitiva propuesta. El jugador B podrá aceptar o no dicha propuesta, y si no la acepta entonces ninguno gana. Es de esperar que B acepte cualquier propuesta ya que siempre mejora el no aceptarla. Pero, la experiencia en humanos determina que en situaciones de abuso de poder o trato humillante, puede llevar a preferir el castigo antes que aceptar la propuesta. En todo caso, en las experiencias reales las propuestas humillantes tuvieron una tasa muy baja de ocurrencia.

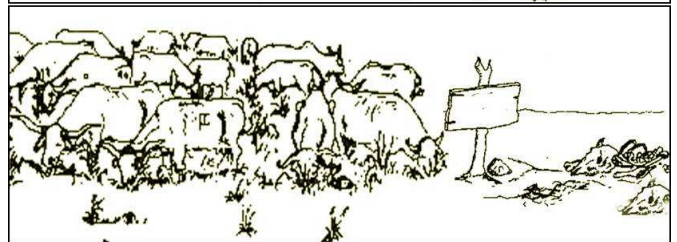
La Teoría de Juegos probó mediante ensayos que las estrategias abusivas ZD no son estables a largo plazo. Las ZD son capaces de vencer a otra población de estrategias, pero no funcionan bien contra jugadores del mismo tipo. La extorsión vence a la cooperación, pero fracasa entre extorsionadores. Las simulaciones confirman que más allá de un tamaño crítico de población, las ZD pierden en competición contra estrategias cooperativas. Además, hay algunos casos en los que los estafadores pueden incluso catalizar la cooperación entre los desertores. Las estrategias estables y robustas son aquellas que son generosas.

El Dilema del Voluntario. Este dilema es una variante del Prisionero donde hay un solo jugador. Puede tomar la decisión de actuar (ser el voluntario) o no hacerlo (esperar a otro voluntario que haga el gasto). Por ejemplo, si en una comunidad hay un bache en la calle y un voluntario lo tapa, los demás disfrutan del beneficio sin pagar los costos. El dilema consiste en cuanto esperar para que aparezca un voluntario y mientras pagar los costos de la existencia del bache. El dilema es más dramático cuando se debe denunciar un hecho de corrupción en una empresa. Si no se denuncia se corre el riesgo de complicidad por inacción, pero si se denuncia puede correr el riesgo de amenazas de los implicados. Además, la denuncia podría llevar a la empresa a la quiebra, con la pérdida de puestos de trabajo, y quizás el voluntario sea señalado como el culpable de esta situación. Este dilema se asemeja al "Dilema del Cambio Climático", donde actuar en forma unilateral paga los costos y comparte los beneficios.

La Tragedia de los Comunes (o "de los pastos comunales"). Se diferencia del Dilema del Prisionero en que están involucrados muchos agentes. Es una parábola que data de 1833 con un enfoque malthusiano. Consiste en un pastor que decide introducir una oveja adicional en un prado comunal con lo que obtiene un pequeño beneficio marginal y el efecto negativo en el pasto casi no se nota. Pero, como todos seguirán el ejemplo el resultado será el agotamiento del pasto. En 1968 se reformuló para dar lugar a varias interpretaciones: un aviso sobre los peligros de la superpoblación humana; el control de la población como modo de defender el medio ambiente; una llamada a la responsabilidad ambiental individual; una apuesta por la sostenibilidad ambiental; o una justificación de la propiedad privada o de la estatización de recursos comunes.

El razonamiento usado en la Tragedia de los Comunes es el siguiente: "lo poco que lo uso, no lo agota"; "si no lo uso yo, lo usará otro"; y "de todas formas el bien es renovable". Cuando se trabaja con un bien limitado, para que algunos se beneficien, otros deben renunciar, o cada uno renunciar a una parte. En este juego, existe la "Tentación" de beneficiarse sin pagar un costo, una "Recompensa" por negociar y conservar la pastura, un "Castigo" para la pérdida de la pastura y una "Pérdida" para quien renuncia a usarlo sin beneficio alguno. Como en el caso del Dilema del Prisionero, pero aplicado para varios jugadores: el riesgo de Pérdida puede llevar a no cooperar y provocar el Castigo, lo que se corresponde con la Tragedia de los Comunes.

El razonamiento apunta al uso de los recursos naturales comunes (atmósfera y océanos) y a la contaminación ambiental ("comunes negativos"). Una forma de regulación es la privatización del acceso a los bienes públicos, limitado por un costo de acceso al bien (la tentación). Las comunidades indígenas tienen una capacidad secular para mantener los bienes comunes. La educación, las costumbres, los consejos de ancianos u otras instituciones sociales, son barreras que impiden que ocurra la tragedia. Para llegar a una solución los individuos deben ser educados en teorías morales contrarias a la satisfacción del propio interés. Uno de los supuestos de la Tragedia de los Comunes es que la comunidad es incapaz de lograr acuerdos racionales sobre el uso de recursos comunes o es incapaz de obligar a su cumplimiento. Una solución posible es introducir un agente externo como regulador y garante (el estado o actores privados con derechos de conservación). En tanto, los partidarios del movimiento cooperativista afirman que la tragedia de los comunes no corresponde a la realidad. Dicen que se confunde la gestión comunal con el libre acceso a los recursos.



craneos de bisonte (Estados Unidos-1870)

La Tragedia de los Comunes en la versión original y un ejemplo de la sobre explotación del bison en Estados Unidos en el siglo XIX.

La Tragedia de los Comunes (sería "la tragedia de los individualistas") es un problema interdisciplinario (economía, psicología, política) que lleva al concepto de superpoblación. No importa cuál sea el recurso bajo estudio (p.e., el Riachuelo), el crecimiento de la población fuerza a imponer controles sobre el uso y luego limitar el número de personas que pueden vivir en ese hábitat. Lleva a la restricción incremental de algunos derechos o libertades (derecho a reproducción). Los recursos comunes son justificables solo con baja densidad poblacional. El aumento de la población humana obliga a abandonarlos uno a uno. Por ejemplo, las áreas para deposición de basura también debieron ser abandonadas. En la misma línea están la eliminación de desechos domésticos en el drenaje,

cerrar el acceso a los espacios comunes de automóviles, uso de insecticidas, instalación de centrales nucleares. Cuando los hombres mutuamente acordaron instaurar leyes contra los robos, la humanidad se volvió más libre, no menos. Un país que está poniendo restricciones a la tragedia de los comunes es China mediante el control de la población.

El Dilema de los Comunes. En este dilema los intereses egoístas a corto plazo de las personas son incompatibles con los intereses colectivos a largo plazo. Una elección de autocontrol implica hacer una elección entre un pequeño interés a corto plazo, y otro grande a largo plazo (el caso del Cambio Climático). Por ejemplo, cuando una persona decide fumar en un lugar público toma un beneficio a corto plazo y perjudica a los demás a largo plazo. En función de superar la Tragedia se puede recurrir a una estrategia del compromiso previo: el individuo toma una decisión anticipada, la cual será difícil o imposible de cambiar posteriormente. Por ejemplo, aprobar una legislación que vuelve ilegal fumar en áreas públicas. Un factor estratégico en el Dilema de los Comunes es el orden en el que los individuos cosecharán los recursos (simultáneo o secuencial). En el caso secuencial, los primeros jugadores se sienten con derecho a recolectar más (principio de avaricia), mientras que los jugadores simultáneos adoptan un principio de igualdad.

Una de las soluciones propuestas es la designación de un líder para regular el acceso al bien. Los grupos son más propensos a ratificar a un líder cuando un recurso común está siendo agotado. Prefieren líderes electos y democráticos y existe aversión a los líderes autocráticos, aunque podría ser una solución efectiva para impedir abusos y corrupción. La disposición de recompensas y sanciones podría también ser efectiva en la preservación de los recursos comunes. Se pueden aplicar penalizaciones selectivas por la sobreexplotación para promover la conservación del agua y la energía.

El caso contrario es la "Tragedia de los Anticomunes": los individuos, actuando en forma racional y aislada, derrochan algún bien o recurso (agua, suelo, madera). Se argumenta que ambos casos son ejemplos de derechos de propiedad mal definidos. En la tragedia de los comunes varios tienen derechos conjuntos de uso de un activo, pero ninguno tiene derecho a regular el uso. En la tragedia de los anticomunes: varios tienen derechos conjuntos de uso, pero además poseen un derecho absoluto de exclusión y lo ejercen sin consideración del interés comunal.

2. Ejemplos de uso de los dilemas y juegos

1. Control de plagas. Las decisiones que toman los agricultores individuales para el control activo de plagas de insectos, encaja en la Teoría de Juegos. Cuando se preparó un modelo para estudiar las estrategias de los agricultores frente a las poblaciones de plagas, se encontró que funcionan las percepciones de pérdidas y ganancias, junto con las redes de comunicación de asesores agrarios. En el modelo de juego, un agricultor puede o no implementar medidas para el control de plagas (p.e., usar insecticidas). Para tomar la decisión utiliza diferentes indicadores: la percepción de amenaza de la plaga (historia de años anteriores, comentarios de vecinos); la disponibilidad de plaguicidas efectivos; los costos del plaguicida y la mano de obra de aplicación; la esperanza de obtener ganancias con la cosecha, etc. Los agricultores de una región son influenciados por circunstancias similares y pueden crear una respuesta coordinada a una plaga aun sin cooperar en forma explícita. Esta respuesta coordinada no-intencional puede afectar a los sistemas ecológicos por exceso de aplicación de insecticidas.

Por ejemplo, un agricultor decide aplicar el insecticida, pero si los vecinos no lo hacen, sus acciones se diluyen ya que la plaga puede prosperar desde campos vecinos. Una plaga como el picudo algodonero (un escarabajo que ataca al capullo del algodón) pasa el invierno en los campos vecinos en barbecho (sin cosechas), de forma que retorna a las

plantaciones en la próxima siembra. Un agricultor que no fumiga puede afectar a sus vecinos al convertirse en hospedador de la plaga. En cambio, si está inmerso en campos que usan insecticidas, puede beneficiarse no aplicándolo (obtiene el beneficio sin pagar el costo). Pero, si nadie aplica el plaguicida, todos sufrirán las consecuencias de la plaga (Tragedia de los Comunes). Una estrategia estable sería coordinar esfuerzos mediante organizaciones paritarias (aunque algunos puedan traicionar más tarde).

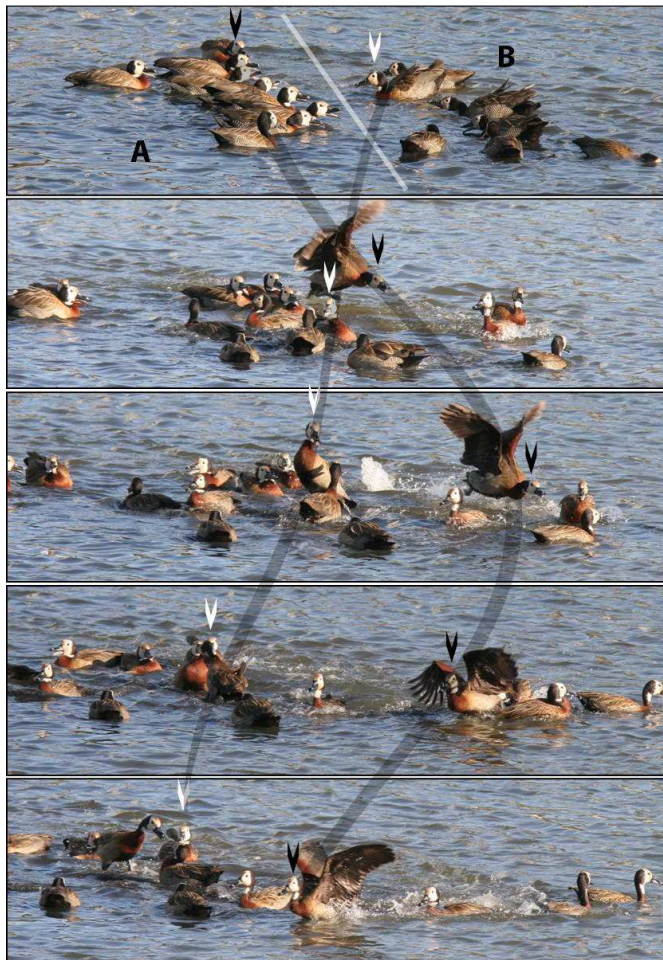
2. La competencia entre empresas. La publicidad es citada como un ejemplo del Dilema del Prisionero. La efectividad de la publicidad de A está determinada en parte por la publicidad realizada por B. Si ambos publicitan a la vez podrían anularse y los ingresos se mantienen constantes (se considera una demanda constante) pero con costos de publicidad. Mientras una escalada en publicidad podría solo aumentar los costos, sin afectar las ventas, ambas empresas se beneficiarían si reducen en simultáneo la publicidad. Pero si B interrumpe la publicidad unilateralmente, entonces A podría beneficiarse. En este caso la estrategia de A depende de lo que hace B, y por lo tanto no hay una estrategia dominante. Por ejemplo, en el caso de los fabricantes de cigarrillos apoyaron las leyes que prohibieron la publicidad, con lo que redujeron los costos y aumentaron los beneficios.

Los miembros de un cártel (empresas del mismo rubro asociadas para evitar la competencia) están involucrados en un Dilema del Prisionero de varios jugadores. Cooperar significa mantener los precios por encima de un nivel mínimo acordado y traicionar significa vender por debajo. En tanto, las autoridades antimonopolio quieren que se traicionen mutuamente, garantizando los precios más bajos posibles. En el caso de los oligopolios (mercado con muy pocos proveedores), las acciones de uno tienen impacto en el precio y en los competidores. Como la Teoría de Juegos es una disciplina que mira hacia adelante (prevé lo que otros harán) con un razonamiento hacia atrás (averigua lo que se debe hacer), en el caso de los oligopolios su aplicación se complica, dado que cada empresa debe considerar que harán sus competidores. Muchos mercados son perfectamente competitivos (como los bares) y el precio del café lo fija el mercado (miles de transacciones). Pero en los oligopolios se requiere de una estrategia, que es la esencia del estudio de la Teoría de Juegos.

3. La carrera armamentista. En la Guerra Fría las alianzas OTAN y Pacto de Varsovia tenían las opciones de armarse o desarmarse. Con un punto de partida en la II Guerra Mundial y la posesión de bombas nucleares, los bandos eligieron armarse debido a la mutua desconfianza. La carrera de armamentos llegó a impedir la posibilidad de atacar al otro por miedo a la represaria. Pero el costo en desarrollo de armas y mantenimiento del arsenal nuclear iba en aumento. Hoy día, aun después de superada esta carrera, hay costos adicionales derivados del desmantelamiento de las armas nucleares obsoletas. Si ambas partes optaran por desarmarse, se evitaría la guerra y no habría costos. Pero, a pesar que el desarme tiene un "mejor" resultado, ambas partes optaron por el curso "racional", que era la carrera armamentística. La desconfianza mutua en ser traicionado y los peligros llevaron a una escalada hasta que la presión de los costos arrastró al Pacto de Varsovia al colapso. Es el resultado del "Dilema de la Seguridad", donde las acciones de incremento de gastos en seguridad en un país pueden lograr el efecto opuesto, llevando a los vecinos a un incremento en el mismo rubro. La carrera armamentista se vuelve repetitiva, competitiva, recíproca y hostil (el caso OTAN y Pacto de Varsovia), en lugar de repetitiva, cooperativa, recíproca y de aliados (como Estados Unidos y Canadá).

La Guerra Fría se puede estudiar como un caso del "Juego de la Gallina". En este juego hay dos oponentes que conducen vehículos en dirección contraria hasta la colisión. El primero que se desvía se lo considera un cobarde (la gallina). No es un juego de suma cero (ambos pueden perder si ninguno resigna) y donde solo el orgullo los impulsa a no abandonar. La estrategia más razonable es desviar el vehículo antes de la colisión; pero si se piensa que el oponente adoptará esta misma estrategia quizás convenga mantener el rumbo. En este caso se dice que hay más de un

"Equilibrio de Nash": el equilibrio es el conjunto de estrategias que no conviene cambiarlas mientras los demás no cambien (cooperar mientras el oponente coopera). En el Juego de la Gallina se puede aplicar una estrategia de extorsión (ZD): anunciar las intenciones en forma previa para influenciar al oponente. Por ejemplo, decir que se bloqueó el volante para forzar al otro a desviarse. En este caso reducir las propias opciones puede dar buenos resultados. Es como el caso de encadenarse a un árbol para evitar ser apartado. Pero, este tipo de estrategia no funciona si ambos bandos usan la misma, la colisión será inevitable. Por ejemplo, en la Guerra Fría decir que un ataque de baja escala desencadenará una represalia total es una estrategia ZD. En contraste con las estrategias de cooperación, en este juego siempre se debe hacer lo contrario del oponente, porque los costos son desproporcionados (la pérdidas por no resignar ninguno es la colisión). Se puede aplicar este juego a las relaciones sindical-patronal, donde la escalada recíproca puede llevar al cierre de la empresa y la pérdida de la fuente laboral. Una situación de este tipo es deseada por los grupos que adhieren al lema "cuanto peor, mejor" y que aceptan la pérdida de fuentes de trabajo como un medio para llegar a la revolución. Esto es también una estrategia ZD, que en teoría no tiene futuro.



La Teoría de Juegos aplicada a un enfrentamiento entre dos grupos de Sirirí Pampa. Los grupos A y B se enfrentan en la versión sin escalamiento y con ritual (arriba). Un individuo de A (flecha negra) incursiona en terreno enemigo (escala) y regresa (huye). En tanto, otro del grupo B (flecha blanca) ataca (escala) pero al no huir es agredido por varios. El costo en este caso es mayor. Aunque la Teoría de Juegos señala la mejor estrategia, cada individuo decide que hacer.

4. La conducta animal. Hace 50 años se aplicó la Teoría de Juegos para determinar cuál era la mejor estrategia de conducta animal. Una diferencia sustancial entre los dilemas sociales humanos y la conducta animal es que

en los conflictos humanos se apela a la "racionalidad", y en los animales a la "adaptación" (supervivencia a largo plazo, muchas generaciones). Una contribución de importancia fue la definición de Estrategia Evolutivamente Estable (EEE). Una EEE asegura que la estrategia seleccionada se conserva durante el tiempo evolutivo de la especie y no en el individuo. Además, debe ser la acción más rentable, de modo que ninguna conducta alternativa puede mejorarla (sino evolucionaría a otra estrategia mejor). Por ejemplo, si existiera una población de patos donde los machos "luchan hasta la muerte", un pato "cobarde que huye" podría aprovechar los beneficios de la lucha de los demás sin compartir los costos. Por lo tanto, la estrategia de "lucha a muerte" sería reemplazada por una mutación que incluya la huida. Por esto, luchar a muerte no es una EEE.

La Teoría de Juegos aplicada a la conducta animal, además de las acciones de cooperar (respetar las reglas) y traicionar (violarlas), debe incluir la "escalada de lucha" y la "huida". Muchas especies de animales reemplazaron la lucha frontal por los "rituales", que son acciones repetitivas o exhibiciones que impiden las heridas. La cooperación consiste en respetar las reglas del ritual, de forma que vence el que mejor lo representa. En las aves esta situación está perfectamente controlada ya que el poder de selección está en la hembra y es ella quien selecciona al macho más apropiado: la lucha a muerte no tiene ningún valor. Una posible EEE que incluya la escalada de lucha, se basa solo en escalar si el otro escala (coherente con la estrategia tit-for-tat). Si surge una mutación que genera individuos que "escalán a muerte" terminarán matándose entre ellos y perdurarán los que respetan las reglas de los rituales (cooperando).

Los comportamientos cooperativos (crianza comunitaria, cacería en grupo, colmenas o colonias de hormigas) pueden ser vistos bajo la lupa de la Teoría de Juegos, donde se aplican EEE. El altruismo, la cooperación y la generosidad evolucionaron en la naturaleza porque son EEE. La evolución no favorece a los egoístas, aunque en el corto plazo algunos organismos egoístas pueden salir beneficiados. La aplicación de una estrategia ZD eliminaría la cooperación y crearía un mundo lleno de egoístas. Pero ZD no puede ser el producto de la evolución natural. Ser generoso parece un error si sólo hay dos jugadores; pero, si hay muchos jugadores y todos juegan generosamente, todos se benefician de la generosidad de los demás. En las estrategias generosas, los jugadores cooperan, pero, si no lo hacen, sufren más que sus oponentes a largo plazo. Otra característica es el "perdón". A un desertor se lo puede castigar, pero después se podrá volver a cooperar. Este descubrimiento, aunque abstracto por ser matemático, ayuda a explicar la presencia de la generosidad de la naturaleza, que a primera vista es contraria a la noción darwiniana de la "supervivencia del más apto". El más apto puede ser el más generoso, simplemente porque esta característica es bien vista por las hembras y asegura una reproducción efectiva. Los insectos sociales (hormigas) se comportan de una manera generosa ya que pueden resignar totalmente la actividad reproductiva (propagación de los propios genes) y dedicarse al sostén del sistema comunitario (provisión de alimentos o cuidado de las crías). Esto está asegurado gracias a la uniformidad genética que garantiza que cooperando se permite la propagación de los propios genes. Los murciélagos comparten sangre de forma que dando hoy se puede recibir mañana. Los Sirirí Pampa (*Dendrocygna viduata*) son patos que tienen una conducta de lucha grupal cooperativa de características únicas entre las aves. La EEE de los Sirirí incluye la "reciprocidad" en el acicalamiento para generar y mantener lazos afectivos (no necesariamente sexuales) y en el enfrentamiento para escalar los conflictos sin llegar al daño corporal (ver Revista Azara, Número 1, página 44).

3. El Dilema del Cambio Climático

El objetivo ahora es utilizar las herramientas de los Dilemas y la Teoría de Juegos para entender las negociaciones en los Acuerdos Climáticos: por ejemplo, el objetivo de mantener el calentamiento global debajo de los 2 °C respecto a 1750.

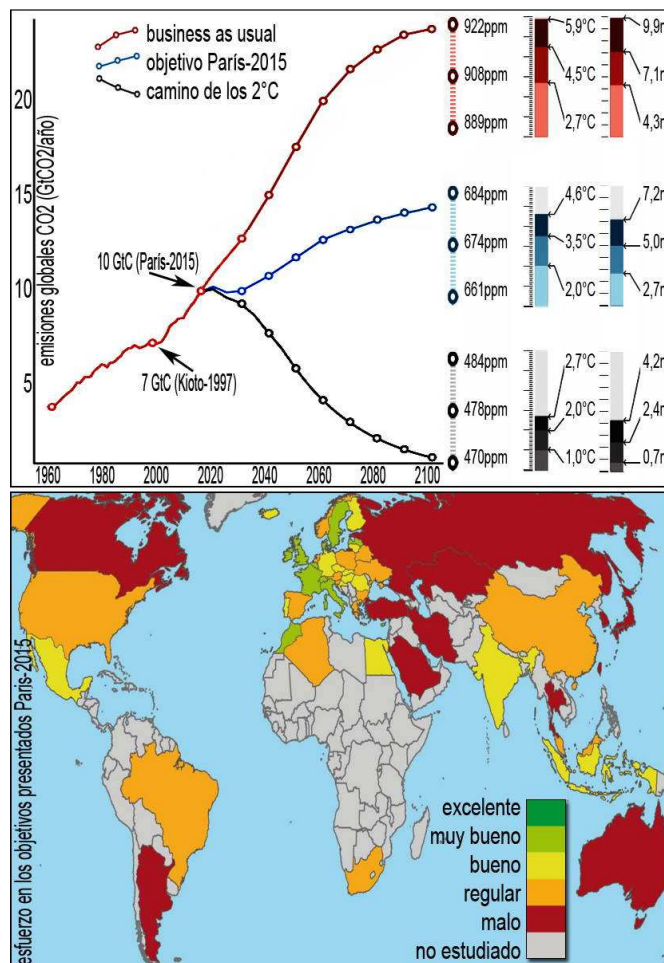
1. La Teoría de Juegos. Hay varias diferencias entre el Dilema del Cambio Climático y el Dilema del Prisionero. (1) En el cambio climático el castigo es incierto tanto en el alcance (la magnitud) y el ritmo (los tiempos) con que la contaminación por CO₂ puede cambiar el clima. Entonces, los beneficios de la cooperación serán indefinidos y algunos aprovechan la incertidumbre para relativizarla y jugar en contra (los “negacionistas” del cambio climático). (2) Existen muchas fuerzas poderosas en contra de llegar a un Acuerdo (industria de combustibles fósiles, partidos conservadores). Estas fuerzas no participan directamente en las negociaciones. (3) La cantidad de jugadores (países) es cercano a 2 centenares y además tienen distinto poder (nivel de desarrollo y grado de responsabilidad en la contaminación). (4) Algunos países desaparecerán con el Cambio Climático (islas del Pacífico), mientras otros se beneficiarán (Mongolia). Estas diferencias anticipan una mala noticia: muchos países cooperarán menos para lograr un Acuerdo Climático obligatorio y será menor la probabilidad de evitar una posible catástrofe climática. De hecho las acciones para lograr un Acuerdo global (que incluya a todos) y que sea obligatorio (con penalidades por incumplimiento), han fracasado. La tendencia al Calentamiento Global se comprobó hace 30 años (1986) y el acuerdo de Kioto fue hace 20 años (1997). Incluso en París (2015) el acuerdo siguió siendo voluntario y sin consecuencias si no se cumpliera.

Algunos aspectos relevantes a tener en cuenta en el Dilema del Cambio Climático son: (1) Cooperar tiene un costo en lo que se resigna (crecimiento económico del país) y afecta más a los países más pobres. Los intereses de ciertos grupos de países (los más afectados) no coinciden con los deseos individuales de los países menos afectados. (2) Si un país decide no cumplir puede disfrutar de los beneficios sin pagar los costos. En el Protocolo de Kioto los países más contaminantes (China e India) quedaron exceptuados debido a que no eran desarrollados. Esto motivó la autoexclusión de Estados Unidos y el tratado fracasó por más de una década. (3) Los costos y consecuencias no corresponden a los mismos países. Hay una transferencia de costos hacia países más afectados. Hay además un problema de Ética del Cambio Climático para con las generaciones futuras. (4) Si un país decide atribuirse el derecho de intervenir en forma unilateral podría afectar a otros países vecinos (p.e., mediante el uso de Ingeniería Climática). Un país que no coopera puede convertir un problema de seguridad interna en uno de seguridad internacional ya que la contaminación se propaga muy rápido más allá de las fronteras (en la atmósfera, un problema local es un problema global).

2. El Modelo de Negociación. En el Dilema del Cambio Climático todos los países quieren resolver el problema (cooperar), pero no están de acuerdo en cómo hacer para resolverlo (el límite de la cooperación). Por esto, en lugar de usar la Teoría de Juegos, puede ser más útil usar un Modelo de Negociación. Así es como funciona: (1) múltiples jugadores deben coordinar un acuerdo para reducir las emisiones globales por un monto previsto (2) cada agente desea mantener sus propias reducciones tan bajo como sea posible y (3) aumentaría su propuesta si esto significa que el grupo tiene más probabilidades de llegar a un consenso. El juego comienza con la propuesta inicial de cada jugador. Luego, los jugadores ven lo propuesto por los compañeros y reajustan sus propuestas. Repitiendo esto varias veces se puede llegar a la ruptura de las negociaciones o un Acuerdo. El modelo matemático de negociación demostró que los acuerdos tenían menos probabilidad de éxito en la medida que se aumentaba el número de agentes. En 2011 la Teoría de Juegos demostró que los enfoques de Cumbres Mundiales en un solo grupo era perjudicial para la cooperación. Desde este punto de vista sería mejor que un subgrupo de países llegara a un consenso y luego llevara esa propuesta única para todo el grupo.

Cuando las coaliciones suman más miembros, los incentivos cambian. Cuantos más jugadores haya en un grupo, menos importa a cada uno lograr el objetivo del grupo. En grupos más grandes hay menos presión para no engañar, por lo que es más fácil caer en la tentación del oportunismo. La Teoría de Juegos determinó que puede ser una pérdida de

tiempo, debido a la inestabilidad y baja eficacia de los resultados. Atraer a más países a firmar el Acuerdo supone inevitablemente suavizar los requisitos. A mayores ambiciones, menos países se sumarán. Muchos países ratificaron el Protocolo de Kioto por su falta de ambición. Además, los gobiernos no tienen mucho control directo sobre las emisiones. Lo que deberían hacer es centrarse en cosas que los gobiernos controlan de verdad, como las regulaciones o precios del carbono. Pero los castigos pueden volverse en contra del Acuerdo. Los experimentos muestran que si los jugadores creen que el castigo es injusto, se rebelarán. Los juegos de negociaciones no tienen reglas claras y no hay un árbitro que garantice el cumplimiento, por lo que es mucho más complejo que la Teoría de Juegos.



Por décadas el nivel de CO₂ en la atmósfera sigue subiendo. En la época de Kioto-1997 las emisiones eran de 7 GtC al año, y se pasó a 10 GtC al año en París-2015. La tendencia si nada ocurriera (business as usual) lleva a valores con cambios dramáticos de temperatura y nivel del mar. El Acuerdo de París pretende limitar el daño (arriba). Sin embargo, la propuesta de muchos países, entre ellos la Argentina, fue considerada mala por organizaciones no gubernamentales (abajo).

3. La Economía del Comportamiento. El Instituto Max Planck (Alemania) diseñó un ensayo que mostró lo difícil de llegar a un Acuerdo. Se realizó bajo el concepto de Economía del Comportamiento (relaciona la conducta y emociones con las finanzas y economía). Se formaron 30 grupos de 6 estudiantes que debían cooperar para encontrar un Acuerdo Climático que salve al planeta. Se necesitaban juntar 120\$ por día y cada estudiante tenía solo 20\$. El juego consistía en 10 rondas diarias para negociar el aporte de cada uno. Ganaba el que se quedaba con más dinero (hacía un aporte menor), pero si el Acuerdo fracasaba (no se llegaba a 120\$), todos

perdían. Resultado: sólo la mitad de los 30 equipos llegó a un Acuerdo, muchos prefirieron no cooperar aun perdiendo todo. Pero, cuando se dijo que la incertidumbre de catástrofe total por el Cambio Climático era del 50% (quizás no ocurría), el Acuerdo se logró en uno de cada 10 equipos. El desafío a los estudiantes era simple y fracasaron, por lo que se piensa que los gobernantes fingen interés en solucionar el problema del Cambio Climático. Para llegar a un Acuerdo los negociadores necesitan herramientas que contribuyan a la cooperación y los estudiantes no tenían forma de recompensar a los que cooperaban ni de castigar a los que se negaban. A menos que se tenga una autoridad, la gente suele gravitar hacia lo que predice la Teoría de Juegos: sólo coopera si es en su propio interés. Se observa que los vagos pueden minar la voluntad de todo un grupo. Un "no" puede vencer a una cadena de "sí". Algunos altruistas pueden dejar de preocuparse por la justicia o la igualdad.

La Teoría de Juegos, el Modelo de Negociación y la Economía del Comportamiento dan malas noticias. ¿Qué es lo que hace del Cambio Climático un problema tan complejo? Uno de los factores es que las emisiones se dispersan rápidamente en la atmósfera. Si un país reduce sus emisiones, el beneficio se dispersa entre todos. Actuar en forma altruista no reporta beneficios mensurables. La clave está en imaginar cómo crear incentivos. Hasta ahora las negociaciones se concentraron en objetivos (porcentaje de reducción de emisiones de CO₂) y calendarios (año de llegada al objetivo). Los países, los grupos ecologistas y las organizaciones de ayuda discuten cuánto deberían cortar sus emisiones los países ricos de aquí al año 2050; si debería ser el 50, el 80 o el 90%. Estados Unidos se comprometió a una reducción del 28% en el 2025, en tanto China dejará de aumentar en el 2030. ¿Cuáles son los castigos e incentivos? Una forma podría ser que los países firmantes depositaran Bonos por una cantidad elevada en una institución multilateral. Si no consiguen el objetivo de reducción de emisiones (verificado mediante un agente independiente) o no permiten que el agente haga las comprobaciones, los bonos pasan a ser propiedad de los países cumplidores.

4. El "castigo dirigido". En otro ensayo teórico aplicado a los Acuerdos Climáticos se experimentó con la estrategia de "castigo dirigido". En este

caso, los incentivos (positivos o negativos) no necesariamente se aplican a todos los que lo merecen. Un incentivo negativo (castigo) ayuda a mantener la cooperación donde casi todos están cooperando (p.e., un país con baja delincuencia). Pero, cuando hay pocas personas que cooperan el castigo puede ser demasiado diluido como para tener algún efecto. En situaciones de deserción arraigada (falta de cooperación), pueden aplicarse estrategias de "castigo dirigido" que pueden mover a la comunidad hacia la cooperación en forma paulatina.

Las reglas se diseñan para que un pequeño número de jugadores se considere responsable. La idea no es castigar a todos los que están traicionando, sino tomar un pequeño número de desertores en un momento dado. Por ejemplo, se toma un grupo de personas que se podrían organizar en línea y declarar que una persona será sancionada si la persona a su izquierda no está cooperando. Los considerados culpables se encontrarán bajo mayor presión que en una situación de responsabilidad repartida. La cooperación podría acumularse gradualmente. Para los Acuerdos Climáticos los estudios sugieren que los países deben dividirse en grupos, y colocados en un orden de acuerdo con sus tendencias naturales a cooperar. Los gobiernos harían compromisos de forma que cualquier combinación de sanciones e incentivos positivos tendría un efecto mayor.

En suma. Los Acuerdos para limitar las causas del Cambio Climático parecen no estar funcionando en la forma esperada: acuerdos globales y con obligatoriedad. Un Acuerdo exitoso en ambos sentidos es el Protocolo de Montreal (1987) para limitar las emisiones de gases que afectan a la capa de ozono. La clave del éxito fue que se refiere a un grupo específico de gases (CFC) muy lejos de la globalidad que representa el CO₂. Aun así requiere revisiones para incorporar a otros gases que se usaron para reemplazar a los CFC, como los HFC. Los Acuerdos Climáticos deben tomar en cuenta las enseñanzas de los modelos de simulación: acuerdos en grupos pequeños, con intereses comunes y con obligatoriedad de cumplimiento.