

El Resultado Agregado puede no ser de las preferencias individuales de los agentes que participan

Una de las cosas que los economistas explicamos es cómo se dan resultados agregados que no tienen nada que ver con las preferencias individuales de los agentes que participan, o que no son la intención de los agentes individuales. Esto es precisamente lo que sucede en el argumento de la "mano invisible" de A. Smith. Lo que no lleva directamente al problema clásico en economía de "fijar bien las reglas". Por supuesto, estas reglas no son siempre diseñadas intencionalmente. Sino que pueden ser ellas mismas el resultado no intencional de interacciones individuales durante mucho tiempo. Ejemplos de estos casos pueden ser lagunas definiciones de derechos de propiedad, aparcería y otras normas informales (como la de "el que encuentra se apropia").

En este capítulo la pregunta a responder será: *en grandes poblaciones, ¿cómo evolucionan las estructuras persistentes de interacción en ausencia de un diseño deliberado?* Esta pregunta es una nueva versión de la clásica pregunta del análisis evolucionista: cómo es que emergen, se sostiene y desaparecen las reglas sociales. Los autores clásicos no estaban menos interesados en la evolución de las reglas sociales que en problema de *fijar* las reglas correctas. La tradición clásica evolucionista, iniciada por Hume y Smith tiene en Frederick Hayek un exponente más moderno. Su enfoque se conoce con el nombre de "la teoría del orden espontáneo" o "la auto-organización de la sociedad". El enfoque evolucionista contrasta con el enfoque del diseño constitucional, de acuerdo al cual las reglas se diseñan intencionalmente por algún planificador social u otro actor para alcanzar determinado objetivo agregado social. En los modelos evolucionistas ninguno de los agentes tiene preferencias sobre el resultado agregado.

El capítulo comienza con una visión general de la estructura básica del razonamiento evolutivo. Luego vemos un ejemplo: segregación residencial. Luego se presenta formalmente el modelo de la dinámica del replicador y el concepto de la estabilidad evolutiva. Para ilustrar el uso de estos conceptos se adapta el juego del Halcón y la Paloma para estudiar la evolución de los derechos de propiedad. Finalmente se concluye sobre las perspectivas del análisis evolutivo.

1 Ciencia Social Evolutiva

Los resultados agregados no son la suma de las acciones de los individuos. Éstos interactúan y las acciones que toma cada uno afecta las restricciones, creencias y preferencias de los demás.

Por lejos, el enfoque a nivel de población más desarrollado en las ciencias sociales es el modelo de equilibrio general de Arrow-Debreu. Aparte de éste, los únicos modelos de población con una evolución similar son los *modelos de la dinámica evolutiva* de los sistemas biológicos ante las influencias del azar, la herencia y la selección natural. Los dos modelos son muy parecidos. En ambos existe competencia y aquellas acciones, preferencias o rasgos con mayores beneficios se reproducen. Sin embargo difieren en algunos aspectos fundamentales.

Los biólogos tienen más conocimiento que los economistas sobre los procesos de transmisión de rasgos de un individuo a otro. Los economistas, por más que reconocen la importancia de la innovación en el desarrollo, no tienen una teoría aceptada sobre los mecanismos por los cuales opera. Los modelos de la biología aplicados a la economía no pueden captar, sin embargo, el hecho de que a veces la innovación económica es un proceso intencional y no por azar. relacionado a esto, los agentes de los modelos biológicos necesariamente se comportan como si optimizaran, mientras que éste es un postulado del comportamiento de los agentes en economía. En consecuencia, si los modelos clásicos de la economía hacían muchos supuestos sobre postulados de comportamiento de los individuos, los modelos de la biología aplicados a la economía hacen demasiado pocos.

Una de las ramas por las que el enfoque evolutivo a entrado a la economía es a través de la teoría de juegos evolutiva (la otra es la teoría de la evolución cultural. En los modelos de teoría de juegos evolutiva, en contraposición la clásica, no asume que los agentes tiene la capacidad de mirar el futuro y optimizar en función de beneficios, si no toma en cuenta la limitada capacidad cognocitiva de los agentes, suponiendo que estos aprenden de su experiencia usando información local e imperfecta para cambiar aggrorna comportamientos. Se trata de *agentes adaptativos*.

El foco analítico no son los individuos sino las reglas de comportamiento.

Otroas características distintivas del enfoque evolucionista incluye la forma de modelar el *azar*, *la replicación diferencial*, *la dinámica fuera del equilibrio y la estructura de la población*.

Primero, el *azar* juega un papel central en la dinámica evolutiva. Los eventos aleatorios pueden tomar la forma de novedades hereditarias (como las *mutaciones*). También pueden tomar la forma de *innovaciones de comportamiento*, las que (como las mutaciones) no son mejores respuestas. Distintamente que la mutaciones, las innovaciones de comportamiento no se transmiten hereditariamente sino que se adquieren copiando a otros (el proceso de aprendizaje de los agentes adaptativos).

La diferencia de estos modelos con respecto a los clásicos en el tema del *azar* es que éste es endógeno al modelo. También tiene efectos pque perduran dado los rendimientos crecientes generalizados asumidos.

Pero ni el *azar* ni la innovación intencional son suficientes para explicar la evolución de las instituciones y comportamientos humanos. se necesita lo que se conoce como *replicación diferencial* o *selección*, para saber la dirección del proceso evolutivo. una idea central es que los comportamientos y las normas de la sociedad que observamos son aquellas que han sido copiadas y difundidas - en una palabra, replicadas - mientras que reglas, preferencias o creencias que compiten con las observadas pueden haberse extinguido o haber sido replicadas en nichos marginales).

Los *rasgos culturales* son aquellos comportamientos que se aprende de otros más que heredarse genéticamente de los padres. Aprender de los padres se llama frecuentemente *transmisión cultural vertical*. Mientras que aprender de profesores y otros miembros de la generación de los padres se llama *transmisión cultural oblicua*. Por último *transmisión horizontal* es cuando se aprende de

miembros del grupo de la misma edad. El proceso de replicación diferencial no es muy entendido. Incluye la incorporación de un comportamiento por una de las siguientes razones: porque es común en el grupo o localidad donde uno interactúa (*conformismo*), porque le ha reportado mayores beneficios al individuo en el pasado con respecto a otros comportamientos (*aprendizaje*) o porque el individuo cree que maximiza sus beneficios esperados dado la creencia del individuo acerca de la distribución de comportamientos de los otros en la población (*actualización de mejor respuesta*). dado su simpleza, plausibilidad y versatilidad, en este curso nos basaremos básicamente en el mecanismo último.

Explicitando la dinámica del replicador (un *replicador* es algo que es copiado: los genes, preferencias, creencias, convenciones y otras instituciones son replicadores) hace posible *tener explícitamente en cuenta la dinámica fuera del equilibrio*, una tercera característica del análisis evolutivo. Esto tiene dos ventajas. Primero, permite desechar *equilibrios irrelevantes desde un punto de vista evolutivo*. Otra ventaja es que los estados fuera del equilibrio son muy comunes en la realidad. Contrariamente al análisis clásico de estática comparativa, la economía pasa períodos de tiempo prolongados en estados fuera de equilibrio (como por ejemplo, un estado donde las firmas con baja productividad no cierran su producción y uno observa disparidades muy grandes de productividad entre las empresas de un mercado). La desventaja del análisis fuera del equilibrio es que es más demandante desde el punto de vista matemático.

Una cuarta característica del análisis evolutivo es que *el proceso de selección tiene lugar a diferentes niveles*. Los individuos interactúan con individuos, pero los individuos también forman parte de grupos (familias, firmas, etc.) y otras entidades de orden mayor (naciones, grupos étnicos, etc.), las que también interactúan. Lo que es replicado puede ser entonces no solo rasgos individuales sino también instituciones y otras características de grupos, firmas, naciones, etc. La selección a nivel de estos órdenes superiores se llama *selección grupal*.

TABALA .1 ACÁ. VER SI VALE LA PENA.

La replicación dinámica como forma de explicar las instituciones y comportamientos que observamos puede ser visto como algo tautológico. Ciertamente tiene cierto sabor a ello. Si bien el enfoque ilumina sobre ciertos aspectos que los demás no, el enfoque está incompleto sin un racconto de el proceso de replicación mismo y su relevancia empírica.

Un ejemplo para ilustrar el enfoque evolutivo

2 Segregación Residencial: Un Proceso Evolutivo

En EEUU más de la mitad de la población blanca declara que prefiere vivir en un barrio donde más del 20% sea negra. Sin embargo, en Los Angeles, por

ejemplo, más del 90% de los blancos vive en barrios con menos del 10% de negros, mientras que el 70% de los negros vive en barrios con menos de un 20% de blancos, cuando la mitad declara preferencias por barrios 50-50. ¿Cómo podría explicar un científico social evolutivo la coexistencia de preferencias por barrios multiraciales y la segregación residencial?

Suponga un barrio donde todas las casas son igualmente deseables por los miembros de la población. Las preferencias de estos individuos con respecto al barrio depende únicamente de la composición racial del barrio. Los "verdes" prefieren vivir en leve mayoría, pero no en un barrio segregado. Y lo mismo con los "azules". Las preferencias de los individuos se representan por el precio p_v y p_a que los verdes y los azules estarían dispuestos a pagar por una casa en este barrio, los cuales dependen de la proporción de casas del barrio ocupadas por verdes, $f \in [0, 1]$. Las siguientes ecuaciones son una forma de expresar las preferencias recién descritas:

$$\begin{aligned} p_a(f) &= 1/2(f + \delta) - 1/2(f + \delta)^2 + p \\ p_v(f) &= 1/2(f - \delta) - 1/2(f - \delta)^2 + p \end{aligned}$$

donde p es una constante positiva que refleja el valor intrínseco que ambos tipos de individuos le otorgan a viviendas idénticas, y donde $\delta \in (0, 1/2)$. Diferenciando ambas funciones c.r.a. f e igualando a cero vemos que el barrio ideal para los azules (aquel en el que pagarían el máximo por una casa) está compuesto por una proporción f de verdes igual a $1/2 - \delta$, mientras que para los verdes la proporción óptima de verdes es $1/2 + \delta$. Normalizaremos el tamaño de un barrio a 1 para hablar indistintamente de la proporción de verdes y el número de verdes. (Ver Figura 2.1)

Supongamos que en cada período de tiempo una fracción α de ambos verdes y azules decide poner en venta su casa. Los potenciales compradores son miembros de las comunidades que están alrededor. La proporción de potenciales compradores verdes es igual a la del barrio, f . Un comprador y un vendedor se juntan aleatoriamente. Por lo tanto en un período determinado el número esperado de verdes que quieren vender la casa y que son que son contactados por azules es $\alpha f(1 - f)$. Cada probable comprador se encuentra con un sólo vendedor por período. La probabilidad de que la venta se haga depende de la diferencia entra el valor que el comprador le otorga a la casa y el valor que le otorga el vendedor. Si un azul pone a la venta su casa y lo visita un verde y f es tal que $p_v > p_a$, la probabilidad de que la venta se haga es $\beta(p_v - p_a)$, siendo β un número positivo que relaciona la diferencia de precios a la probabilidad que se realice la venta.

Estamos interesados en la distribución racial del barrio a lo largo del tiempo. Suponiendo que la población del barrio es lo suficientemente grande como para que las proporciones esperadas sean lo suficientemente cercanas a las verdaderas, podemos escribir la proporción de verdes en el período siguiente, f' , como f más la cantidad de azules que vende a verdes menos la cantidad de verdes que venden a azules:

$$f' = f + \alpha f(1 - f)\rho_v\beta(p_v - p_a) - \alpha f(1 - f)\rho_a\beta(p_a - p_v)$$

$\rho_v = 1$ si $p_v > p_a$ o cero si sucede lo contrario, y $\rho_a = 1$ si $p_a \geq p_v$ o cero si sucede lo contrario. (Obviamente, $\rho_a + \rho_b = 1$). Con lo que estamos suponiendo que p_v y p_a son únicos. Usando $\rho_a + \rho_b = 1$, la misma ecuación se puede escribir más sencillamente como:

$$\Delta f = f' - f = \alpha f(1-f)\beta(p_v - p_a) \quad (1)$$

$\Delta f = 0$ cuando $p_a = p_v$ y también cuando $f = 0$ o $f = 1$. (El barrio es visitado por individuos de la misma raza de los que hay y por ende el grado de segregación no cambia). La ecuación 1 es una "ecuación de la dinámica del replicador".

Un valor estacional de f es uno tal $d\Delta f/df < 0$.

FIGURA .1 AQUI

$f = 1/2$ es un equilibrio, ya que $\Delta f = 0$ porque $p_v = p_a$. Pero no es estable porque $d\Delta f/df > 0$. Cualquier corrimiento de $f = 1/2$ por azar no será auto-correctado y terminará en un barrio completamente segregado.

Notar también que para $\delta < 1/4$ ambos verdes y azules prefieren vivir en un barrio integrado a vivir en un barrio segregado, aún cuando este barrio esté compuesto por los mismos de su tipo. (Esto se puede ver fácilmente calculando $p_a(1/2) = p_v(1/2) > p_a(0) = p_v(1)$).

Conclusión: los equilibrios en donde tenemos barrios segregados son los estables, y por ende los que esperamos encontrar en este mercado, son *Pareto inferiores*. Notar que este resultado se da aún para δ muy pequeños, esto es cuando ambos grupos tiene preferencias muy parecidas y el óptimo es un barrio casos 50-50. Por consiguiente observaremos el conocido razgo de *homogeneidad local (barrios segregados) pero heterogeneidad global* (barrios iguales donde todo el mundo es de diferente raza). Qué raza encontraremos en un barrio en particular será una cuestión *contingente en la historia reciente*: si en el pasado reciente observamos un $f < f^*$, esperamos encontrar un $f = 0$.

3 Modelización de la Evolución del Comportamiento

Como la composición de un barrio, las reglas de comportamiento y las características institucionales de los grupos y su evolución a lo largo del tiempo depende de que rasgos son copiados y cuáles son abandonados.

"Rasgos" son cualquier característica de un individuo o grupo que puede ser adoptado por otros, abandonados o retenidos. Si los hijos de los Católicos retienen la religión de sus padres y los hijos de los Protestantes no, entonces la fracción de Católicos en la población va a crecer (asumiendo que ambos grupos tienen la misma cantidad de hijos y que éstas son las únicas dos religiones). Si las firmas cuyos jefes reconocen los derechos de sus trabajadores de agremiarse se funden a una tasa mayor que las firmas que no los reconocen, y si las firmas nuevas copian a las más rentables, la densidad de agremiación va a bajar.

Como vimos, hay varios mecanismos de transmisión de rasgos. Aquí se presenta uno importante pero sencillo modelo en el que los comportamientos exitosos se copian por un proceso de actualización montónica de beneficios. Esto es, un mecanismo de transmisión a través del cual los comportamientos con beneficios por encima de la media se adoptan por los otros y por ende incrementan su porcentaje en la población.

Suponga que existen dos rasgos mutuamente excluyentes: x e y en una población grande. x puede ser cosas como "vender la mercadería a $p = CM$ ", "trabajar duro", "tener otro hijo", etc. El rasgo y representa un rasgo alternativo en cada caso. Se modela la evolución de rasgos culturales. Es decir aquellos que son adquiridos por aprendizaje (de padres, profesores, amigos, etc.) en lugar de ser adquiridos a través de la herencia genética.

En el modelo que se presenta los individuos viven para siempre y son simplemente agentes portadores de rasgos. Son éstos rasgos lo que importan y los que son más o menos exitosos en generar copias. Se normaliza el tamaño de la población a uno.

Suponemos que los miembros de una población son pareados al azar para jugar un juego simétrico de dos personas. Los beneficios de este juego se escriben como $\pi(i, j)$, que es el beneficio de jugar un rasgo i contra un jugador que juega un rasgo j . Para cualquier frecuencia $p \in [0, 1]$ del rasgo x en la población, los beneficios esperados de jugar x y de jugar y son:

$$\begin{aligned} b_x(p) &= p\pi(x, x) + (1 - p)\pi(x, y) \\ b_y(p) &= p\pi(y, x) + (1 - p)\pi(y, y) \end{aligned}$$

La fracción de la población cambia de rasgo en un período determinado (cuando se enfrenta a un "modelo cultural" (un competidor, un profesor, un compañero de trabajo, etc.)). total que lo hace es $\omega \in [0, 1]$. O sea, en un período de tiempo no toda la población actualiza. Esto capta el hecho de que una vez que se adquiere un rasgo no se lo tiene por qué actualizar inmediatamente. La velocidad de actualización de los rasgos depende del rasgo (la religión es algo que se actualiza mucho menos frecuentemente que la vestimenta, por ejemplo) y es el producto de un proceso evolutivo en sí mismo. Este proceso se mantiene exógeno al modelo aquí suponiendo un ω exógeno. Podemos escribir nuevamente el *replicador dinámico* de la siguiente forma:

$$\Delta p = p' - p = \omega p(1 - p)\beta(b_x - b_y)$$

siendo β una constante positiva que mide el efecto de la diferencia de beneficios sobre la probabilidad de cambiar rasgos, tal que $0 < \beta(b_x - b_y) < 1$.

O, al igual que en el caso de la segregación de barrios

$$\Delta p = \omega p\beta(b_x - \bar{b})$$

siendo \bar{b} el promedio ponderado de beneficios. Esta es la forma general de la *dinámica del replicador*. La ecuación del replicador lo que nos da es $\Delta p = \gamma(p)$, donde γ define la dirección y la velocidad del cambio para cada p . Un estado en

el que $p = p^*$ y $\gamma(p^*) = 0$ se llama *estado estacionario*. de la ecuación anterior es claro que $\Delta p = 0$ si $b_x - b_y = 0$ o si p es tanto 0 como 1. Para $p \in (0, 1)$, Δp toma el signo de $b_x - b_y$, reflejando que el proceso de actualización es monotónico en los beneficios.

Un equilibrio es asintóticamente estable (se auto-corrige) si $d\Delta p/dp < 0$. Haciendo la derivada, podemos llegar a que $d\Delta p/dp < 0$ requiere que

$$\frac{db_y(p)}{dp} - \frac{db_x(p)}{dp} = \pi(y, x) - \pi(y, y) - \pi(x, x) + \pi(x, y) > 0$$

Estabilidad asintótica: p^* es un equilibrio con estabilidad asintótica si pequeñas perturbaciones que muevan p alrededor de p^* se auto-corrigen.

El proceso de actualización puede ser explorado de dos maneras. Si estamos frente a un equilibrio interno estable, podemos estudiar como cambios exógenos pueden desplazar este equilibrio p^* derivando la condición de estabilidad $b_x(p) - b_y(p) = 0$ con respecto a algún factor que afecte p^* . Si por el contrario lo que tenemos es un único equilibrio interno *no estable*, podemos estudiar la "cuenca de atracción" o *el rango de atracción* de este equilibrio: si p^* es el equilibrio inestable el rango de atracción para $p = 0$ son todos los p entre 0 y p^* , en donde $\Delta p < 0$. Para $p = 1$ el rango de atracción es desde p^* hasta 1.

Un supuesto fundamental en estos modelos es del tamaño grande de la población. Cuando la población es pequeña existirán frecuentes apareamientos e resultados distintos al esperado en función de las proporciones de unos y otros. Esto se puede arreglar. (Capítulos 1 y 13).

Una segunda limitación de la dinámica del replicador es su independencia del tiempo. El tiempo puede influir en la dinámica del replicador (a través de cambios climáticos, innovaciones tecnológicas, etc.) El problema de abstraerse de la dependencia que la transmisión de rasgos puede tener con respecto al paso del tiempo por estas innovaciones o shocks dependerá del caso de estudio y de la velocidad con que la dinámica del replicador sucede en comparación con el avance tecnológico por ejemplo (si el segundo es más rápido que el primero nunca llegaremos a un valor estacionario de p , ya que el proceso de ajuste estará expuesto a constantes shocks en su dirección a un equilibrio o al otro).

El último problema con la dinámica del replicador está implícita en su nombre: no se puede estudiar un proceso de innovación con él. Para estudiar innovación necesitaremos otro concepto que se introduce más adelante: estrategia evolutivamente estable.

4 Resultados Sociales y Estabilidad Evolutiva

¿Bajo qué condiciones una sociedad puede ser "invadida" por un nuevo rasgo? Esta es una pregunta relevante para corregir el último problema de la dinámica del replicador recién comentado. Si un rasgo está ausente de una población, éste no se va a replicar. Pero puede ser interesante poder decir algo acerca de la aparición de nuevos rasgos. Ésto puede suceder ya que si bien los estados en que toda la población tiene un rasgo o el otro ($p = 0$ o $p = 1$) pueden ser

estacionarios (en el modelo recién presentado éste era el caso, $p = 0$ o $p = 1$ cumplían con la condición de estacionariedad), no es necesario que estos estados sean equilibrios de Nash o asintóticamente estables.

La idea, ideada por los biólogos, es saber si un pequeño número de mutantes puede proliferar en una población en la que todos juegan una *estrategia evolutivamente estable*. Supongamos que estamos considerando dos rasgos de comportamiento, x e y . Queremos saber quçe pasas en una poblaciçon compuesta enteramente por y 's si un pequeño nçnumero de x 's son introducidos.

Estrategia evolutivamente estable: y es un estrategia evolutivamente estable si en una población grande (infinita, estrictamente hablando), donde todos juegan y , los individuos se parean al azar, y una pequeña fracción de la población empieza a jugar x , el beneficio esperado de jugar y es mayor que el de x y por lo tanto x va a ser eliminado.

Una pequeña proporción es $\tilde{p} \in (0, 1)$. \tilde{p} es la barrera de invasión. Es el equilibrio inestable que divide las dos cuencas de atracción.

Más formalmente para ver si y es una EEE tenemos que ver que pasa con Δp cuando $p = \varepsilon$, siendo ε un número pequeño.

El signo de Δp va a depender del signo de $(b_x(\varepsilon) - b_y(\varepsilon))$

$$b_x(\varepsilon) - b_y(\varepsilon) = [\varepsilon\pi(x, x) + (1 - \varepsilon)\pi(x, y)] - [\varepsilon\pi(y, x) + (1 - \varepsilon)\pi(y, y)]$$

Un comportamiento y es una EEE si $b_x(\varepsilon) - b_y(\varepsilon) < 0$, lo que para ε arbitrariamente pequeños sucede cuando: $[\pi(x, y)] - [\pi(y, y)] < 0$ o lo que es lo mismo

$$[\pi(y, y)] > [\pi(x, y)]$$

ó cuando

$$\pi(y, y) = \pi(x, y) \text{ pero } \pi(y, x) > \pi(x, x)$$

Una EEE es una mejor respuesta contra sí misma ó, si es una mejor respuesta contra sí misma en términos débiles, la otra no es una mejor respuesta contra sí misma. Por ende cualquier EEE será un equilibrio de Nash simétrico que es estable asintóticamente.

Si la EEE no es estrictamente una mejor respuesta contra sí misma, esto es $[\pi(y, y)] \geq [\pi(x, y)]$, el otro rasgo no va a ser eliminado pero tampoco va a proliferar. En este caso se dice que y es *neutralmente estable*.

Lo contrario a la estabilidad evolutiva es la capacidad de invadir, que se llama *viabilidad inicial*. Si x es inicialmente viable contra y , entonces y no es una EEE. Notar que y puede ser una EEE contra otra distinta de x .

Frecuentemente querremos saber si una población heterogénea, es decir una en que $p \in (0, 1)$ puede ser invadida por un mutante. Podemos hacer esto notando que en una población en la que todos adoptan la misma estrategia mixta es una población homogénea en estretagias pero heterogénea en comportamientos, ya que en un período de tiempo determinado algunos individuos se estarán comportando de una forma y otros de otra. Tal población es una en que con probabilidad p^* los individuos juegan x y con probabilidad $(1 - p^*)$ los individuos

juegan y . Nos podemos referir a esta estrategia mixta como una *EEE interior* con respecto a otra estrategia k , si fuera a introducirse una fracción pequeña de individuos k , éstos serían eliminados. Para que p^* sea una EE, tiene que ser estacionaria y asintóticamente estable. Si no fuera éste el caso, los beneficios esperados de las estrategias puras que hacen la población mixta serían diferentes en la vecindad de p^* , tal que uno de los beneficios esperados de las estrategias será mayor que los beneficios de la estrategia mixta y un mutante jugando esta estrategia podría invadir.

Así como la dinámica del replicador es poco informativa sobre las posibles innovaciones en los "extremos" (donde $p = 0$ o $p = 1$), los conceptos de viabilidad inicial o evolutivamente estable no iluminan sobre la dinámica de p cuando ésta es interior. Por eso es generalmente útil combinar los dos enfoques. El siguiente ejemplo hace exactamente eso.

4.1 Un ejemplo: el Juego del Halcón y la Paloma

Los halcones son agresivos; las palomas comparten. Por ende el juego se aplica al análisis de la evolución de estos dos comportamientos. El juego es así: supongamos que existe un bien con valor positivo por allí. Cuando se encuentran dos palomas, comparten el bien. Cuando se encuentran dos halcones, pelean por el bien, infligiéndose costos el uno al otro. Cuando un halcón se cruza con una paloma, el halcón se queda con el bien. (El juego "del pollo" entre dos automovilistas que vienen de frente es igual). Supongamos que el valor del bien v , el costo de perder una pelea es c y la probabilidad de ganar una pelea contra un halcón siendo halcón es $1/2$. Las palomas dividen el bien en partes iguales sin costo. La matriz de beneficios se muestra abajo.

Beneficios de Fila

	Halcón	Paloma
Halcón	$a = (v - c)/2$	$b = v$
Paloma	$c = 0$	$d = v/2$

De la matriz sale que si $c > v$, H no es una EEE. (Para que sea, la celda en la diagonal principal tiene que ser la mayor de la columna Halcón). Y como P nunca lo es, ninguna de los dos lo es.

Los jugadores se parean al azar. Así que los beneficios esperados cuando la fracción de H s es p , son

$$\begin{aligned} b_h(p) &= pa + (1 - p)b \\ b_d(p) &= pc + (1 - p)d \end{aligned} \tag{2}$$

FIGURA 2.2

Para ilustrar el papel de la dinámica del replicador en procesos evolutivos basados en aptitud ("fitness"), suponemos que al final del período cada miembro de la población produce un número de replicas igual a φ + sus beneficios esperados. (Los beneficios esperados están expresados en el número de replicas). (φ se llama la aptitud de base). Normalizando la población a la unidad, podemos escribir la frecuencia de halcones el siguiente período, p' como:

$$p' = \frac{p(\varphi + b_h)}{pb_h + (1-p)b_d + \varphi}$$

Estamos interesados en Δp , así que restando p de ambos lados, y haciendo cuentas llegamos a la ecuación de la dinámica del replicador H

$$\Delta p = p' - p = p(1-p)(b_h - b_d)$$

La cual se escribe, usando los beneficios de la matriz:

$$\Delta p = p' - p = p(1-p)1/2(v - pc) \quad (3)$$

Los valores interiores estacionales de p son aquellos para los cuales $b_h(p) = b_d(p)$, así que usando 2 y resolviendo para p^*

$$p^* = \frac{b - d}{b + c - a - d} = v/c$$

. La fracción de halcones es una función creciente de v y decreciente de c . Se puede chequear de que $p^* = v/c$ es estacionario sustituyendo en 3. La igualdad de beneficios que define la condición de estacionariedad de p deja en claro que p^* es un *EN*: si la fracción de halcones es p^* , ambas estrategias son mejores respuestas débiles.

¿Es estable?

$$\frac{d(b_h - b_d)}{dp} = \frac{d1/2(v - pc)}{dp} = -1/2c < 0$$

Si es estable. Un incremento en el número de halcones es perjudicial para los halcones. Esta condición equivale a decir que la función de beneficios esperados de los *H* sea más "empinada" que la de los *P*. FIGURA 2.2. Ambos $p = 0$ y $p = 1$ son también estacionarios en la dinámica del replicador. Sin embargo, ninguno de los dos son *EN*, como puede verse ($b_h(0) > b_d(0)$ y ($b_d(1) > b_h(1)$).

¿Qué puede predecir sobre los resultados, si es que algo, el análisis de estabilidad evolutiva? Si ni x ni y es *EEE*, si la innovación se permite y si el proceso de actualización está gobernado por la dinámica del replicador, tenemos una predicción clara: las frecuencias de población igual a p^* o cerca de p^* serán comúnmente observadas. Esta es la situación cuando observamos la coexistencia de familias grandes y pequeñas, prácticas de negocios corruptas y honestas, etc. Si una de las estrategias es *EEE* y la otra no, también tenemos predicciones claras: esperaremos encontrar poblaciones compuestas enteramente por la *EEE*.

¿Qué pasa si ambas x e y son *EEE*? Como vimos en el Capítulo 1 este es el caso en que la historia importa. Pero, ¿podemos decir algo más que eso? Suponga que los miembros de una población grande son pareados aleatoriamente para jugar el **Juego del Aseguramiento** simétrico, los beneficios del cual aparecen en la siguiente matriz. Como en el *JA CC* y *DD* (cooperar y no cooperar) son *EN*, tendremos que para que sea un *JA* (como el de plantar en Palanpur), $a > c$ y $d > b$. Continuando con el ejemplo de Palanpur, asumiremos que $a > d$. (Cooperar es Pareto superior a No cooperar).

Juego del Aseguramiento (beneficios de Fila)

	C	D
C	$\pi(C, C) = a$	$\pi(C, D) = b$
D	$\pi(D, C) = c$	$\pi(D, D) = d$

Escribiendo los beneficios esperados e igualandolos obtenemos el valor estacionario de p

$$p^* = \frac{c - a}{b - a + c - d}$$

$$\frac{d(b_c - b_d)}{dp} = b - a + c - d < 0$$

Que significa que p^* no es estable. Si por ejemplo se incrementa el número de no cooperadores de forma exógena p va a seguir creciendo hasta llegar a $p = 1$. $p = 0$ tb es una *EEE*.

"History matters". Pero podemos decir más que eso? Si nos dicen que este juego de un sólo round se juega en un número de islas por un tiempo lo suficientemente largo. También se nos dice que al comienzo, los individuos adoptaron sus estrategias al azar, luego de la cual cada uno ajusta de acuerdo a la ecuación de la dinámica del replicador de arriba. ¿Que es más probable que observemos en la mayor parte de las islas? ¿Un equilibrio donde todos cooperan o uno en lo que todos no-cooperan? Como suponemos que las estrategias se determinan aleatoriamente al comienzo, esperaremos que $p = 1/2$ en la mayoría de las islas. Como $p^* < 1/2$, esperaríamos que en la mayoría de las islas se estuviera jugando no-cooperar. La base de atracción es mayor para no-cooperar que para cooperar.

El Juego del Aseguramiento con estrategias iniciales determinadas al azar nos enseña dos cosas. Primero, que incluyendo el tema del azar se puede decir más sobre el resultado final del juego que si no lo incluyéramos. Podemos decir algo más que "la historia importa". El azar es un mecanismo de *selección de equilibrios*. Dos, los equilibrios de Nash asintóticamente estables pueden no servir para predecir el resultado final del juego. En este caso el equilibrio predecido no es el dominante en pagos. Vemos ahora otro ejemplo que ilustra la importancia del azar como mecanismo de selección de equilibrios.

Como resumen de esta discusión, la Tabla 2.3 resume la relación entre las propiedades de existencia y estabilidad de un equilibrio interno y el concepto de *EEE* (en el caso general en que el conjunto de estrategias es (x, y) y p es la fracción de la población que es del tipo x).

5 La Evolución de los Derechos de Propiedad

Retomamos el Juego del Halcón y la Paloma. Y nos preguntamos, ¿es el equilibrio $p^* = v/c$ un resultado deseable? Claramente no. El beneficio promedio se maximiza cuando $p = 0$, cuando no hay ningún halcón. Por lo tanto el equilibrio de este juego es Pareto inferior a cualquier $p < p^*$ (Notar de la Figura 2.2 que los beneficios de ambos Halcones y Palomas son decrecientes en el número de Halcones, por lo que ambos están mejor con menos Halcones.)

Dada la pesadilla Hobbesiana de peleas y robos que implica el equilibrio el Juego de Halcones y Paloma, no es de sorprender que haya sido utilizado para estudiar la aparición espontánea de convenciones sobre posesión y división de recursos valiosos.

El desperdicio que caracteriza al equilibrio de Halcones y Palomas se deriva de las peleas de los Halcones, y no de la explotación de las Palomas. Por lo tanto, una forma de mejorar este equilibrio es un mecanismo que disminuya el número de peleas en las interacciones. Una forma ideada por uno de los creadores del Juego, el biólogo John Maynard Smith, es suponer que el premio es un sitio (un terreno) e introducir una estrategia que está condicionada al status de propiedad del terreno. La estrategia propuesta por John Maynard Smith es "si dueño, jugar Halcón, si intruso, jugar Paloma". Él llamó a esta estrategia "Burgues". Asumimos que la posesión del terreno nunca está en cuestión y que ambos integrantes de la interacción tienen la misma chance de ser el propietario. Por ejemplo, cuando un Burgues se enfrenta a un Halcón, la mitad de las veces él es el propietario y actúa como un Halcón (pelea) y la otra mitad él no es el propietario y actúa como una Paloma (no pelea). La probabilidad de ganar cuando pelea sigue siendo la probabilidad de ganar de un Halcón contra otro Halcón: $1/2$. Por lo tanto el beneficio esperado de un Burgues contra un Halcón es $1/2(v - c)/2 + 1/2 \times 0 = (v - c)/4$. Con cálculos similares escribimos toda la matriz de pagos del jugador fila del juego:

	Halcón	Paloma	Burgues
Halcón	$(v - c)/2$	v	$v/2 + (v - c)/4$
Paloma	0	$v/2$	$v/4$
Burgues	$(v - c)/4$	$v/2 + v/4$	$v/2$

Utilizando el truco del elemento de la diagonal de la columna de Burgues (si el elemento de la diagonal de la columna es el mayor de la columna) vemos que Burgues es una EEE. Por lo tanto una población de Burgueses no puede ser invadida por Halcones o Palomas.

La posibilidad de que los derechos de propiedad *podieran* haber emergido de esta forma, no elimina la posibilidad de que otra forma de propiedad y división pudieran haber surgido. Por ejemplo, una estrategia que podemos llamar Robin Hood sería: "si propietario, actuar como Paloma, si intruso, actuar como Halcón". Las propiedades evolutivas de esta estrategia son idénticas a las de la Burgues.

Un tema importante es que la posesión puede efectivamente estar en disputa. Supongamos que una fracción del tiempo $\mu \in [0, 1]$ el Burgues intruso equivo-

cadamente cree que es propietario, mientras que en el caso de que es propietario siempre juega halcon como antes. ¿Puede esta estrategia, que podríamos llamar Burgues Contestatario ser una EEE? Para contestar a esta pregunta debemos calcular los beneficios esperados de esta estrategia cuando se juega contra si misma para determinar si Burgues Contestatario puede ser una mejor respuesta a si misma (y por ende una EEE). Usando BC para referirse a la estrategia del Burgues Contestatario,

$$\pi [BC, BC] = 1/2 [(1 - \mu)v + \mu 1/2(v - c)] + 1/2 [\mu 1/2(v - c)] = \frac{1}{2}(v - \mu c)$$

Con probabilidad un medio el individuo es propietario, juega halcon, y se encuentra con un intruso que es Burgues Contestatario y quien con probabilidad $(1 - \mu)$ "correctamente" juega Paloma, pero que con probabilidad μ "se equivoca" y juega Halcón, llevando el beneficio al de una pelea entre Halcones. El segundo sumando del término de la derecha repite este conflicto con errores para el caso en que el individuo es un intruso.

Intuitivamente, el beneficio esperado del Burgues Contestatario es decreciente en el grado de contestabilidad μ . Y reproduce el beneficio del cruce Halcon-Halcon cuando $\mu = 1$ y el de Burgues-Burgues cuando $\mu = 0$.

¿Podría un Halcón invadir con éxito una población de Burgueses Contestatarios? El beneficio esperado de un halcón contra un Burgues Contestatario es

$$\pi [H, BC] = 1/2 [(1 - \mu)v + \mu 1/2(v - c)] + 1/2 [1/2(v - c)]$$

Esta expresión es claramente inferior a $\pi [BC, BC]$ para $\mu < 1$. La invasión de halcones va a fallar.

De todas formas, BC no es una EEE porque el $\pi(D, BC) = (1 - \mu)v/4$ que es mayor que el de $\pi(BC, BC)$ para algunos valores de μ , por lo que un Paloma podría invadir una población de BC. Esto puede resultar sorprendente. Sin embargo las propiedades evolutivas de P en un mundo de BC son positivas porque los P eliminan los costos de las peleas. Compartir en partes iguales puede ser EEE en un mundo donde las peleas tienen costos, aunque estas se den con cierta probabilidad.

Los "errores" de los BC son ejemplos de respuestas que no son las mejores, llamadas "idiosincráticas".

6 Conclusión: Instituciones accidentales?

El capítulo concluye con dos preguntas:

¿Explican algo acerca de los procesos históricos reales los modelos evolutivos? Y si las instituciones sí evolucionaron espontáneamente, que tan buen trabajo realizan coordinando la actividad humana?

El modelo anterior muestra que los derechos de propiedad pueden haber evolucionado de esta forma, pero ¿lo hicieron efectivamente así? La pregunta está lejos de su respuesta completa.

Hayek decía que la convención de usar dinero puede haber surgido así. Sugden dijo que los derechos de propiedad podrían haber sido consecuencia de un "orden espontáneo". Marx, por el contrario dijo que los derechos de propiedad individual es la consecuencia de la aceptación de los trabajadores de su condición de proletarios, sumisamente convertidos en un trabajador a cambio de un salario, y en definitiva la explotación de los obreros por parte de los capitalistas.

¿Si las reglas que gobiernan las interacciones sociales evolucionaron espontáneamente en lugar de haber sido diseñadas, pueden ser eficientes de todas formas?

Como se ve en la realidad y como lo demuestran los restrictivos supuestos de el Primer Teorema del Bienestar, la respuesta es no. La idea es que la optimización individual no produce generalmente resultados óptimos globalmente, aunque los individuos sean capaces de ver lejos hacia adelante en el tiempo, y el proceso de selección opere por un período de tiempo largo. hay 4 razones por las cuales esto es cierto:

1) Las instituciones sufren de externalidades y rendimientos crecientes. La efectividad y la feasibility de las instituciones dependen tanto de la cantidad de gente que la esté usando al mismo tiempo cómo de que no haya otras instituciones que vayan en contra de ella y que sí, por el contrario, las demás instituciones sean compatibles con ella. En caso contrario puede suceder lo que se ha llamado "crowding-out" institucional. Es altamente improbable que el conjunto de instituciones desarrolladas por una población sea la combinación eficiente de ellas. También es probable, como lo vemos en muchos ejemplos, que instituciones ineficientes sean perdurables en el tiempo.

2) Aunque existan procesos evolutivos que seleccionen instituciones a nivel de grupos, estos procesos pueden llevar a equilibrios dominantes en riesgo y no en beneficios porque los primeros tienen una base de atracción muy grande (plantar tarde).

3) El rango de variación institucional o de comportamiento sobre el que la selección esta operando puede ser muy restringido. Hay muchas variaciones que aún no se han intentado.

4) La tasa de cambio del proceso de selección en el mundo real puede ser muy lenta en comparación con otras fuentes de cambio como los eventos fortuitos, cambios exógenos en conocimiento (?), el número y tipos de individuos, organizaciones y tecnologías que compiten.