Fecha de actualización: Agosto 13 de 2011

Capítulo dos

ORDEN ESPONTÁNEO: LA AUTOORGANIZACIÓN DE LA VIDA ECONÓMICA

Tales eran las bendiciones de aquel Estado;
Sus pecados colaboraban para hacerle grande;
[F] y la virtud, que en la política había aprendido mil astucias,
Por la feliz influencia de ésta hizo migas con el vicio;
Y desde entonces [G] aun el peor de la multitud,
algo hacía por el bien común.

- Bernard Mandeville *La fábula de las abejas, o vicios privados, beneficios públicos* (1705)

Observo que será de mi interés dejar a otro en posesión de sus bienes, siempre y cuando actúe de la misma manera con respecto a mí… Y probablemente esto pueda llamarse una convención… [L]a estabilidad de la posesión…surge gradualmente y adquiere fuerza mediante una lenta progresión y por nuestra experiencia repetida de los inconvenientes de transgredirla…De manera semejante los lenguajes se establecen gradualmente mediante convenciones humanas sin ninguna promesa. De igual manera el oro y la plata se tornan medidas comunes de intercambio.

-David Hume, *Un tratado de la naturaleza humana*, volumen II (1739)

El primer epígrafe es de Mandeville (1924) reimpreso en la página 24 de la sexta edición (1732). El segundo viene de Hume (1964, 263).

En Milwaukee, Los Ángeles y Cincinnati, al preguntarles, más de la mitad de los residentes blancos "preferían" vivir en un vecindario en el que un 20% o más de sus residentes fueran afroamericanos (uno de cada cinco prefirió igual número de cada uno; Clark 1991). Unos pocos viven en vecindarios con integración; sus preferencias fueron deducidas en litigio sobre la segregación de viviendas en estas y otras ciudades. (Gran parte de los afroamericanos prefirió vecindarios con cincuenta y cincuenta por ciento de cada uno.) Por supuesto los encuestados pudieron haber representado mal sus preferencias; no obstante quienes deseaban sinceramente vecindarios con integración se habrán sentido decepcionados. El mercado de vivienda en estas ciudades produjo pocos vecindarios mixtos entre blancos y afroamericanos aunque la demanda por ellos era aparentemente sustancial. Por ejemplo, en Los Ángeles, casi todos los blancos (más de 90%) viven en vecindarios con menos de 10% de residentes negros, mientras que 70% de los negros viven en barrios con menos de 20% de blancos (Mare y Bruch 2001). ¿Por qué el resultado agregado parece en desacuerdo con la distribución de las preferencias? Imagine su sorpresa si encontrara que una de cada cinco personas quisiera un patio trasero con piscina y estuviera preparado para pagar su coste, pero que pocas tuvieran piscinas ¿Por qué su capacidad de pago le da una piscina pero no un barrio integrado?

Uno de los grandes desafíos en ciencias sociales es entender cómo los resultados agregados con frecuencia son diferentes de la intención de alguien, a veces para mejorar (como lo sugieren Bernard Mandeville, en el epígrafe anterior, y Adam Smith, en el epígrafe del capítulo 6), pero a veces para empeorar, como podría sospechar una familia estadounidense que busca un vecindario multirracial. Los economistas se especializan en consecuencias no intencionadas y, como Bernard Mandeville y David Hume, han estudiado cómo las acciones de muchos individuos que actúan por su propia cuenta producen resultados agregados que nadie se proponía. Una de las contribuciones distintivas de la economía son las sofisticadas modelizaciones de este proceso. Más importantes que los modelos es el discernimiento de que ninguna relación evidente relaciona los motivos de la gente para comprometerse en una interacción y las propiedades normativas de los resultados agregados que ocurren como resultado de sus interacciones. Por ejemplo, los que se denominan "argumentos de la mano invisible" muestran cómo la alquimia de las buenas instituciones puede transformar los motivos de base en resultados valiosos, de manera que, igual que en la *Fábula* de Mandeville, "el peor de la multitud hizo algo por el bien común".

Esto nos lleva al problema clásico de los economistas de "obtener las reglas correctas". Por supuesto, incluso las instituciones "correctas" no son diseñadas en su mayor parte por convenciones constitucionales. Más bien, los derechos particulares de propiedad y otras formas de regímenes económicos deben su existencia y su modo de operación a las consecuencias dependientes de la trayectoria de acciones usualmente descoordinadas y propensas a accidentes de una multiplicidad de actores durante un período prolongado. Algunos ejemplos incluyen el surgimiento y persistencia de reglas habituales de división y otros aspectos de derechos de propiedad (como la participación cincuenta y cincuenta de la cosecha y los "buscadores cuidadores"), normas que apoyan intercambios de mercado y el uso convencional de pronombres que expresan deferencia o solidaridad.

En este capítulo preguntaré: en poblaciones grandes, *¿cómo evolucionan las estructuras de interacción persistentes ante la ausencia de un diseño deliberado*? Este es un enunciado moderno de la antigua pregunta de la evolución institucional: ¿qué explica el surgimiento, difusión y desaparición de las reglas sociales? Los economistas clásicos no estaban menos interesados en cómo obtuvimos las reglas que tenemos que en obtener las reglas correctas. Un importante exponente moderno de la tradición evolutiva iniciada por Hume y Smith es Frederick Hayek, cuyo método a veces se denomina "la teoría del orden espontáneo" o "la auto-organización de la sociedad". En contraste con el método de diseño constitucional, que toma el punto de vista de un planificador social benevolente u otros actores cuyo objetivo es implementar resultados agregados socialmente óptimos, en los modelos evolutivos ninguno de los actores tiene preferencias definidas sobre los resultados agregados.

Las dos tradiciones –constitucional y evolutiva– despliegan diferentes técnicas analíticas y distintas metáforas. La tradición de las "instituciones por diseño" representa las reglas sociales como dispositivos que se originan en la imaginación humana, son evaluadas por su capacidad para resolver problemas y son implementadas si satisfacen una prueba de eficacia. La teoría clásica de juegos cooperativos y no cooperativos hoy son las técnicas analíticas estándar de este método, no sólo por los economistas sino también por los filósofos, como Robert Nozick, John Rawls y David Gauthier. En contraste, la tradición del orden espontáneo ve a las instituciones como análogas a los lenguajes: la evolución de reglas sociales, como la adquisición de un acento, es el producto de incontables interacciones, cuyas consecuencias agregadas con frecuencia no son intencionadas. Por tanto, las instituciones evolucionan por ensayo y error, y ocurren, como lo planteó Marx en alguna ocasión, a espaldas de los participantes. El título del libro mejor vendido de Richard Dawkins compara los procesos evolutivos con un *Relojero ciego*. No obstante, las metáforas evocativas de Dawkins o Marx no nos indican lo que es el proceso, sólo lo que no es. La teoría de juegos evolutivos es una forma de aclarar este proceso y es la técnica analítica favorita de este enfoque.

Comienzo con un vistazo a la estructura básica del razonamiento evolutivo. Continúo con un ejemplo, la segregación residencial, diseñado para ilustrar algunas de las herramientas de la modelización evolutiva. Luego, presento un modelo formal del proceso de réplica diferencial –el modelo dinámico del replicador–. Los conceptos de estabilidad evolutiva presentados en la siguiente parte junto con la dinámica de la réplica (*replicator dynamics*) ofrecen fundamentos, basados en el comportamiento para el equilibrio de Nash. Para ilustrar cómo se pueden usar estas herramientas analíticas en el estudio de las instituciones económicas, utilizo una extensión del juego del halcón y la paloma que representa la evolución de los derechos de propiedad. Concluyo con una evaluación crítica del método evolutivo.

Ciencia social evolutiva

Analizamos principalmente el comportamiento individual para entender los resultados agregados. Nuestro interés no es por qué una persona en particular está sin trabajo, sino la tasa de desempleo; no lo escrupulosa que es una persona determinada al pagar impuestos, sino la distribución del cumplimiento tributario en la población. Entender las preferencias y creencias de un individuo y el modo en que las instituciones estructuran las restricciones que enfrenta, permite la predicción del comportamiento individual. Pero para explicar los resultados agregados no podemos simplemente sumar los comportamientos individuales pronosticados, porque las acciones o medidas tomadas por cada uno afectan típicamente las restricciones, creencias o preferencias de los demás. La observación de los efectos de esta retroalimentación puede hacerse con modelos a escala de la población que relacionen las acciones individuales con los resultados para la población como un todo.

Hasta ahora el método a nivel de población que ha sido desarrollado de modo más completo en ciencias sociales es el modelo de equilibrio general de competencia de mercado, perfeccionado a mediados del siglo pasado por Kenneth Arrow, Gerard Debreu, Tjalling Koopmans y otros. Bajo supuestos bastante restrictivos, las acciones individuales de los productores y los consumidores son agregadas en un económicamente-amplio vector de precios, de niveles de producción y de distribución de los recursos para usos alternativos. El modelo de equilibrio general proporciona el escenario para el teorema fundamental de la economía del bienestar mencionado en el capítulo 1 y explorado más completamente en el capítulo 6. Las versiones simplificadas de este modelo han derivado en muchas aplicaciones, no sólo en la economía, sino también en las ciencias sociales en general, en las que las analogías del equilibrio económico competitivo se encuentran en la competencia electoral, en el mercado del matrimonio y similares. He mencionado los fallos del modelo en el prólogo y regresaremos a ellos en breve en las páginas siguientes, en especial en los capítulos del 6 al 10.

Aparte del modelo de equilibrio general walrasiano, los únicos modelos que han sido totalmente desarrollados a nivel poblacional son aquellos que representan la dinámica evolutiva de los sistemas biológicos bajo la influencia combinada del azar, la herencia y la selección natural. La semejanza entre los dos métodos es impactante: ambos representan sistemas de competencia en los cuales proliferan las prácticas o diseños con pagos mayores. Tampoco sorprende lo siguiente: Charles Darwin (1809-1882) tuvo la idea de la selección natural en 1838 mientras leía al economista clásico Thomas Malthus (1766-1834). La asociación cercana de los dos enfoques incluso antedata a este hecho: el primer tratamiento explícito de una dinámica evolutiva en un modelo biológico del que se tenga noticia (un modelo presa-depredador del tipo que hicieron famoso Alfred Lotka [1880-1949] y Vito Volterra [1860-1940] se publicó justo diez años después de la *Riqueza de las naciones* de Joseph Townsend [1971] en su *Disertación sobre las leyes de los pobres o Los pobres por ley por alguien que desea el bien para la humanidad*).

No obstante, los modelos biológicos difieren sustancialmente de los económicos. Aunque los biólogos emplean conceptos de equilibrio de manera similar a los economistas, le han prestado mucha más atención a la modelización explícita de los procesos dinámicos de distribución de rasgos en una población. Esta tarea se facilita porque disponen de un modelo del proceso de innovación hereditario basado en la mutación y la recombinación. En contraste, la economía no tiene una teoría de innovación generalmente aceptada a pesar del amplio reconocimiento de su importancia. La aplicación del modelo biológico a la evolución humana ha producido reflexiones pero no incluye el hecho clave de que los seres humanos producen novedades intencionalmente y, por lo general, a través de acciones colectivas y no simplemente por azar. (Abordo este problema en el capítulo 12). Una diferencia relacionada es que mientras la optimización es un postulado de comportamiento en el método económico, necesariamente es un atajo *como si* en la modelización biológica, donde el trabajo de la optimización se hace mediante el proceso de competencia y de selección y no a través de la elección consciente de las estrategias por parte de los miembros individuales de una especie. Si los modelos económicos hacen exigencias excesivas sobre las capacidades cognitivas individuales, los modelos biológicos aplicados a los seres humanos hacen muy pocas.

En años recientes, antropólogos, biólogos, economistas y otros han adaptado modelos de la biología al estudio de las poblaciones de humanos en los cuales se pueden transmitir rasgos genéticamente y mediante el aprendizaje. Una parte de esta literatura ha desarrollado modelos de evolución cultural modificando modelos biológicos para tener en cuenta capacidades humanas distintivas, especialmente nuestra capacidad para aprender a partir de nuestras propias experiencias y de las de los otros, y de actualizar nuestras estrategias a la luz de la información que procesamos. Una segunda postura, la teoría evolutiva de juegos, ha modificado la teoría clásica de juegos para tener en cuenta nuestras capacidades cognitivas limitadas, asumiendo la existencia de agentes que actualizan su comportamiento haciendo uso de la información local que es observada de modo imperfecto. Por tanto, las dos posturas –la teoría de la evolución cultural y la teoría evolutiva de juegos– han enmendado puntos de partida muy diferentes –modelos de selección natural y teoría clásica de juegos, respectivamente– en el primer caso, aumentando el nivel asumido de destreza, y disminuyéndolo, en el segundo.

Tanto la teoría evolutiva de juegos como los modelos de evolución cultural describen las interacciones de *agentes adaptativos*, evitando los agentes de inteligencia cero de los modelos biológicos estándar y los agentes altamente cognitivos de la teoría clásica de juegos. Los agentes adaptativos adoptan su comportamiento de una manera similar al modo en el que la gente llega a tener un acento en particular o hablar un idioma en especial. El cálculo prospectivo basado en los pagos no está del todo ausente (aquellos que aspiran a la movilidad hacia arriba pueden adoptar acentos de la clase alta), pero optimizar de manera consciente no es toda la historia. La respuesta al "¿por qué hablas así?" generalmente es "porque nací donde la gente habla así" y no "porque consideré todas las formas de hablar y decidí que mi utilidad se maximizaría hablando de este modo".

Por tanto, los individuos son portadores de reglas de comportamiento. La atención analítica se centra en el éxito o fracaso de estas reglas de comportamiento por sí mismas, ya que se difunden y se tornan penetrantes en una población o fracasan, y son confinadas a nichos ecológicos menores o son eliminadas. Los *dramatis personae (personajes de un drama)* de la dinámica social no son individuos sin reglas de comportamiento: la clave es cómo les va a *ellos;* lo que hacen los individuos es importante en cuanto a cómo contribuye esto al éxito o fracaso de las reglas de comportamiento.

Otras características distintivas del método evolutivo incluyen *la modelización del azar, la réplica diferencial, las dinámicas en desequilibrio y la estructura de la población*.

Primero, el *azar* cumple una función central en la dinámica evolutiva, incluso cuando los sucesos estocásticos son pequeños o infrecuentes. Los eventos aleatorios o del azar pueden tomar la forma de novedad hereditaria (como con las *mutaciones*). El azar también puede presentarse como *innovaciones de comportamiento*, las cuales (igual que las mutaciones) no son las mejores respuestas. A diferencia de las mutaciones, las innovaciones de comportamiento no se transmiten genéticamente. Más bien pueden pasarse a la siguiente generación y ser copiadas por otros mediante transmisión cultural, es decir, a través de procesos de aprendizaje de agentes adaptativos. Lo que se denomina error de emparejamiento es otra forma en que el azar afecta la dinámica evolutiva. Cuando números pequeños de individuos en una población heterogénea forman parejas al azar para interactuar, la distribución de los tipos con quienes uno hace pareja durante un período determinado puede diferir significativamente de la distribución esperada. La diferencia entre la distribución realizada y la distribución esperada refleja el error de emparejamiento y puede tener efectos sustanciales.

Nadie duda que los sucesos del azar crean una diferencia: los giros exógenos en los gustos o tecnologías desplazarán el equilibrio entre precio y cantidad en el modelo estático comparativo estándar de un equilibrio de mercado. Entonces ¿en qué se diferencian los modelos evolutivos? Primero, las mutaciones, las innovaciones de comportamiento y el error de emparejamiento son distintivos, porque estas fuentes de sucesos estocásticos son endógenas en los modelos evolutivos. Segundo, ante la presencia de rendimientos crecientes generalizados, los pequeños sucesos del azar por lo general tienen efectos grandes y persistentes debido a retroalimentaciones positivas, en vez de ser contrarrestados por retroalimentaciones negativas.

Podría pensarse que los sucesos del azar crean perturbaciones en los modelos evolutivos, afectando nada más que el ritmo de cambio o la pregunta de segundo orden sobre si esperamos observar estados exactos de equilibrio en el mundo real o sólo estados en el vecindario de los equilibrios. Pero esto está lejos de ser cierto: tener en cuenta el azar por lo general afecta la dirección (no sólo el ritmo) del cambio evolutivo, y quizás, sorprendentemente, lejos de enlodar las aguas analíticas o introducir perturbaciones en los modelos evolutivos, con frecuencia nos permite decir más sobre el resultado probable. (Algunos ejemplos aparecen a continuación y en los capítulos 5 y 12).

Ni el azar ni la innovación intencionada son suficientes para entender la evolución de las instituciones y los comportamientos humanos. Son estas fuentes de novedad, junto con la segunda característica del método evolutivo –*la réplica diferencial* (a veces denominada *selección*)– las que dirigen los procesos evolutivos. Una idea clave aquí es que las características institucionales y de comportamiento de los individuos y las sociedades que observamos comúnmente son aquellas que han sido copiadas y difundidas –es decir, replicadas– mientras que las reglas, creencias y preferencias competentes han sido extinguidas (o han sido replicadas sólo en nichos marginales).

Como lo demostrarán los modelos que aparecerán en breve, la réplica diferencial toma muchas formas, agrupadas ampliamente bajo el encabezado genético y cultural. La distribución de los comportamientos de la población que están influenciados por los genes puede cambiar debido a la proliferación de algunos genotipos a expensas de otros. La distribución de genotipos cambia con el tiempo debido a sucesos aleatorios (giros) y a la selección natural. En modelos de este proceso, los pagos miden el éxito reproductivo de los fenotipos relacionados, es decir, la aptitud. Simplifica, y a veces no es equívoco, ignorar los detalles de la herencia genética y de la relación entre genotipo y fenotipo, tratar a un comportamiento como si fuera la expresión fenotípica de un solo gen y estudiar los determinantes del éxito reproductivo de dicho gen. (Esto se hace en el estudio de la dinámica del juego del halcón y la paloma). El mapeo de los genes hasta los comportamientos genéticos es desconocido para la gran mayoría y de hecho contiene algunas de las correspondencias simples entre gen y comportamiento asumidas por este método.

Los *rasgos culturales* hacen referencia a los comportamientos que se aprenden en vez de ser transmitidos genéticamente de los padres. Aprender de los padres a veces se denomina *transmisión cultural vertical*, mientras que aprender de maestros y de otras personas de la generación de nuestros padres se denomina *transmisión oblicua*, y aprender de miembros de nuestro grupo de edad se llama *transmisión horizontal*. Lo análogo a la idoneidad diferencial en modelos de evolución cultural es la velocidad a la que la gente abandona un comportamiento a favor de otro. El proceso de copiado diferencial, igual que la herencia genética, se entiende de modo deficiente, pero involucra una tendencia a adoptar un comportamiento dado por una o más de las siguientes razones: porque es común en nuestra localidad *(conformismo, exposición)*, porque en nuestra propia experiencia pasada produjo pagos mayores que otros comportamientos *(aprendizaje por refuerzo)* o porque el comportamiento maximiza los pagos esperados, dadas las creencias del individuo sobre la distribución de los comportamientos de otros en la población *(actualización de la mejor respuesta)*. Como es simple, plausible y versátil, represento la transmisión cultural con la actualización de la mejor respuesta, a veces combinada con el aprendizaje conformista.

Los procesos de evolución genética y cultural se ven fuertemente influenciados por la estructura social –emparejamiento clasificado, patrones de residencia y migración y similares–. Como estos y muchos otros aspectos de la estructura social se basan en comportamientos aprendidos, la distribución de rasgos transmitidos culturalmente en una población puede influir en la evolución genética. Este proceso y el proceso inverso –distribuciones genéticas que influyen en la evolución cultural– se denominan *procesos evolutivos gen-cultura* (en el capítulo 13 represento un ejemplo de esto). A pesar de ser mutuamente determinantes, existe una diferencia importante en el ritmo de cambio cultural y genético. Los cambios en la distribución de genes ocurren con el paso de las generaciones y como respuesta a sucesos extraños del azar, mientras que el aprendizaje cultural puede tomar la forma de difusión epidémica de comportamientos, como ocurrió con la proliferación del uso general de pronombres familiares en muchos idiomas europeos durante el transcurso de una sola década, la de 1960.

Bien sea cultural o genético, el proceso de réplica diferencial se representa comúnmente utilizando *ecuaciones de la réplica* que describen una *dinámica de la réplica*, que se presenta a continuación. La dinámica de la réplica ofrece una alternativa al análisis estático comparativo y otros enfoques en los que el tiempo no se moldea explícitamente. Nos da un relato completo de movimientos en desequilibrio en las frecuencias de la población con base en supuestos plausibles empíricamente sobre capacidades cognitivas individuales y comportamientos, y sobre una representación de los detalles de interacciones sociales (quién conoce a quién, para hacer qué, con qué pagos, con qué información y similares). Por lo tanto, *tener en cuenta de forma explícita la dinámica del desequilibrio* es la tercera característica de los métodos evolutivos.

El análisis dinámico explícito tiene dos ventajas. Primero, uno descubre lo que yo llamo *equilibrios irrelevantes evolutivamente*. La dinámica explícita aclara la relación entre los conceptos de solución del capítulo anterior –El equilibrio de Nash y la dominancia– y la noción de estabilidad evolutiva más completa y robusta. Veremos (aquí, en el capítulo 6 y, en especial, en el capítulo 12) que, bajo modelos plausibles de réplica diferencial, algunos equilibrios de Nash pueden resultar virtualmente irrelevantes respecto al funcionamiento real de las sociedades, una vez que tenemos en cuenta los procesos evolutivos.

Una segunda ventaja de modelar explícitamente los procesos dinámicos es que existen estados en desequilibrio de importancia sustancial en el funcionamiento de las economías del mundo real. Como esta exigencia desafía una doctrina de pensamiento convencional en economía, permítanme ilustrarlo con un ejemplo empírico. En muchos mercados, ganadores y perdedores coexisten durante periodos considerablemente largos de tiempo, contrario a lo que uno esperaría si las economías estuvieran aproximadamente en equilibrio. Por ejemplo, entre las empresas que producían los mismos productos y vendían a los mismos clientes en una industria altamente competitiva de formación de metales en Estados Unidos a comienzos de la década de 1990, las empresas más exitosas (tomando como medida su productividad laboral) eran tres veces más productivas que aquellas menos exitosas, siendo el percentil 75 aproximadamente el doble del percentil 25 (Luria 1996). En la industria electrónica de Indonesia –una parte del mercado global altamente competitivo– datos de finales de la década de 1990 demuestran que las empresas en el percentil 75 eran *ocho* veces más productivas que aquellas en el percentil 25 (Hallward-Driemeier, Iorossi y Sokoloff 2001). Por supuesto, el caso de Indonesia es extremo, algunas de estas diferencias son tan sólo ruido estadístico y las empresas de alto rendimiento se expandirán y aquellas de bajo rendimiento tenderán a salir de la industria. Pero el proceso de selección es en apariencia suficientemente débil, incluso en estas industrias tan competitivas, para poner en duda la utilidad del supuesto de que todas las empresas operan en la frontera de la posibilidad de producción. Es aun menos probable observar la implementación instantánea de los equilibrios en ambientes en los cuales la entrada y la salida son más restringidas, o en los cuales los actores en cuestión no son especialistas en hacer dinero, sino individuos que simplemente van por la vida.

Separarse de los estados de desequilibrio en terrenos que son efímeros generalmente es una guía deficiente sobre asuntos prácticos. Siguiendo con el ejemplo anterior, una contribución significativa al rápido crecimiento productivo en la economía de Estados Unidos de finales de la edad dorada posterior a la Segunda Guerra Mundial fue una reducción en la tasa a la que las empresas de baja productividad estaban siendo eliminadas (Bowles, Gordon y Weisskopf 1983). La rápida tasa de crecimiento productivo de la economía sueca durante el tercer trimestre del siglo pasado se debió en parte al cambio de los recursos laborales y de otros recursos de las empresas de baja a alta productividad inducido por una política deliberada de igualdad de salarios y el consiguiente fracaso de las empresas de bajo rendimiento (Hibbs 2000).

Aunque hay mucho que aprender de estos y otros temas de la política, el análisis de la dinámica en desequilibrio es bastante más exigente que el método convencional de estática comparativa. No obstante, el comportamiento promedio a largo plazo de las variables de interés muchas veces se puede estudiar analíticamente o por simulación, proporcionando con frecuencia resultados muy fuertes. Algunos ejemplos se ofrecen en los capítulos 11 al 13.

Una cuarta idea característica en la modelización evolutiva es que *las poblaciones están estructuradas jerárquicamente y la réplica diferencial puede suceder a más de un nivel*. Los individuos interactúan con los individuos, pero también constituyen grupos (ej., familias, empresas) y otras entidades de orden superior (ej., naciones, grupos étnicos) y estos grupos multi-individuales también interactúan. Los individuos a su vez son una agrupación de células en interacción. El proceso de réplica diferencial ocurre típicamente en muchos niveles simultáneamente: dentro de los individuos, entre individuos, entre grupos y así sucesivamente. Por ejemplo, dentro de una empresa, los individuos copian o abandonan comportamientos diferentes (ej., trabajar arduamente o ser despreocupado), mientras que entre empresas se están copiando las estructuras organizacionales de las más rentables, las menos rentables están fracasando.

Tabla 2.1.
Algunos procesos implícitos en la evolución de comportamientos

Replicador	Nivel de selección: Individuo	Nivel de selección: Grupo de individuos
Comportamientos aprendidos	Aprendizaje social (conformismo, aprendizaje por refuerzo, mejor respuesta)	Emulación de las convenciones de otros grupos, asimilación cultural de grupos no exitosos
Genes	Éxito, giro reproductivo diferencial	Extinción biológica de grupos no exitosos, ajuste reducido de poblaciones subyugadas

Por tanto, lo que se replica (o no) pueden ser tanto los rasgos de los individuos como sus preferencias o creencias: al mismo tiempo las instituciones y otras características de las empresas a escala de grupo, comunidades étnicas o naciones también están sujetas a la réplica diferencial. Una teoría adecuada debe iluminar el proceso mediante el cual surge la estructura del grupo en una población de individuos, cómo se mantienen los límites entre las entidades de mayor nivel y cómo dejan de existir. El trabajo simultáneo de la réplica diferencial en más de un nivel, denominado *selección muti nivel* (o selección de grupo), produce lo que se denomina un proceso coevolutivo que gobierna las trayectorias dinámicas de las características tanto a escala grupal como individual. (En el capítulo 13 se presenta un ejemplo, la coevolución de preferencias individuales y estructuras grupales).

La tabla 2.1 resume las variedades de los procesos presentados anteriormente, diferenciando entre los *replicadores* (los rasgos que se están copiando) y los niveles de selección (las unidades entre las cuales ocurre la competencia implícita por el éxito). Un replicador es algo que se copia; genes y bromas son replicadores, como los son las preferencias individuales y creencias y las convenciones a escala de grupo y otras instituciones.

Explicar comportamientos e instituciones mediante referencia a la réplica diferencial puede parecer una tautología evidente. La réplica diferencial verdadera es un sistema contable invaluable como revisión de la lógica de un argumento complejo. Pero también es un marco analítico que ofrece discernimientos sin probabilidad de surgir a partir de otras perspectivas. Por supuesto, para lograr esta reclamación se requerirá una descripción del proceso de replicación en sí, bien sea la regulación de la supervivencia basada en la utilidad o el fallecimiento de empresas con diferentes estructuras organizacionales, el ajuste biológico diferencial o la emulación cultural de los individuos con patrones de comportamiento distintos, la difusión o fin de las instituciones a nivel de la sociedad a través del proceso de conflicto dentro del grupo, o algún otro proceso de selección.

Un ejemplo aclarará algunas de las características distintivas del método evolutivo.

Segregación residencial: un proceso evolutivo

¿Cómo podría un científico social evolucionista explicar la coexistencia de las preferencias de barrios multirraciales bajo la observación de pocos barrios con integración? He aquí un ejemplo, uno que ilustra algunos resultados característicos de la modelización evolutiva: *múltiples equilibrios* y *contingencia histórica* de los resultados, patrón de *homogeneidad local y heterogeneidad global* y *persistencia a largo plazo de resultados Pareto-inferiores*. Consideremos un solo barrio (uno de muchos) en el cual las unidades de vivienda sean igualmente deseables para todos los miembros de la población. Las preferencias de los individuos para vivir en este barrio dependen exclusivamente de su composición racial. En este barrio y en la población que lo rodea, "los verdes" prefieren vivir en un vecindario mixto donde superen en número a los "azules" por una fracción pequeña y los "azules" a su vez no prefieren la segregación pero preferirían no ser superados en número por los "verdes". Expresaré estas preferencias según el precio, p_v y p_a, que verdes y azules, respectivamente, estarían dispuestos a pagar por una casa en el barrio, cada uno dependiendo de la fracción de casas del barrio ocupadas por los verdes, $f \in [0, 1]$. Las siguientes ecuaciones son una forma de expresar las preferencias descritas anteriormente (véase la figura 2.1):

$$p_a(f) = \tfrac{1}{2}(f + \delta) - \tfrac{1}{2}(f + \delta)^2 + p$$
$$p_v(f) = \tfrac{1}{2}(f - \delta) - \tfrac{1}{2}(f - \delta)^2 + p \tag{2.1}$$

Siendo $\delta \in (0, \tfrac{1}{2})$, donde p es una constante positiva que refleja el valor intrínseco de casas idénticas. Al diferenciar ambas funciones respecto a f e igualar el resultado a cero, vemos que el barrio ideal para los verdes (aquel que maximiza p_v) se compone de $\tfrac{1}{2} + \delta$ de verdes, mientras que los azules prefieren un barrio con $\tfrac{1}{2} - \delta$ verdes. Como la diferencia entre barrios óptimos (aquella por la cual pagarían el precio más alto de una casa) de los verdes y los azules es 2δ, me referiré a δ como el grado de gustos discriminatorios de los dos tipos (δ podría diferir entre los dos grupos, o a un grupo podría no importarle la discriminación racial del todo). Normalizaré el tamaño del vecindario a unidad de modo que pueda referirme indistintamente a la fracción de verdes y al número de verdes.

Supongamos que durante cada periodo alguna fracción α tanto de verdes como de azules en este barrio considera vender su casa a un miembro de la población circundante. Los posibles compradores externos visitan el vecindario en proporción a la composición actual del barrio. La fracción de posibles compradores verdes es entonces f. Los posibles compradores y vendedores se hacen corresponder al azar; imaginemos que los visitantes que buscan casa sólo golpean la puerta de una casa seleccionada aleatoriamente. Por tanto, en algún período determinado el número esperado de verdes que buscan vender su casa y son contactados por un azul en busca de casa es de $\alpha f(1 - f)$. Cada posible vendedor conoce solo a un comprador por periodo, bien sea que haga la venta o no; la probabilidad de hacer la venta depende de la diferencia entre la valoración que haga el comprador de la casa y la valoración del vendedor, si el primero excede al último. Ambos están dados mediante la ecuación (2.1). Así, si un azul que considera vender la casa conoce a un verde y si f es tal que $p_v > p_a$, entonces la probabilidad de que ocurra una venta es $\beta(p_v - p_a)$, donde β es una constante positiva que relaciona la diferencia de precio con la probabilidad de una venta.

Estamos interesados en la evolución a través del tiempo de la distribución de tipos en el barrio. Suponiendo que el barrio sea suficientemente grande como para poder tomar los valores esperados como una aproximación cercana de los valores realizado y, usando un prima (') para indicar "próximo periodo", podemos escribir f' como una función de f para tener en cuenta el hecho de que en algún periodo algunos de los verdes pueden vender a un azul mientras que algunos de los azules pueden vender a un verde. Por tanto:

$$f' = f - \alpha f(1-f)p_a\beta(p_a - p_v) + \alpha(1-f)fp_v\beta(p_v - p_a) \tag{2.2}$$

Donde $p_a = 1$ si $p_a > p_v$ o es igual a cero en otro caso, y $p_v = 1$ si $p_v \geq p_a$ siendo igual a cero en otro caso. (Obviamente, $p_a + p_v = 1$). La ecuación puede leerse así: la fracción esperada de verdes para el siguiente período es la fracción de verdes de este período menos los verdes que vendieron a un azul (el segundo término de la derecha), más los azules que vendieron a un verde (el tercer término). Por ejemplo, el segundo término de la derecha es la pérdida de verdes mediante las ventas a los azules; αf es el número de verdes que buscan vender, de estos $(1 - f)$ le corresponderán a un azul, y si el precio del azul excede el precio de los verdes, la venta ocurrirá con una probabilidad de $\beta\ (p_a - p_v)$. El tercer término puede interpretarse de manera análoga, en la situación en que los precios de los verdes excedan los precios de los azules, en este caso los azules venden a los verdes. Usando $p_a + p_v = 1$, podemos reordenar la ecuación de la siguiente manera:

$$\Delta f = f' - f = \alpha f(1 - f)\beta(p_v - p_a) \tag{2.3}$$

en la que es claro que $\Delta f = 0$ si $p_v = p_a$ (no suceden ventas entre aquellos compradores y vendedores posibles de diferentes tipos que se conocen, porque los compradores no avaluaron las casas más que los vendedores). Observemos que $\Delta f = 0$ si $f = 0$ ó $f = 1$ (el barrio es visitado sólo por posibles compradores del mismo tipo que la población homogénea que ya está allí). La ecuación (2.3) se denomina "ecuación de réplica dinámica". Con un reordenamiento adicional puede reescribirse en la forma a veces más conveniente $\Delta f = \alpha f\beta(p_v - p_a)$, donde $\underline{p}$ es el precio promedio de $\underline{p} = fp_v + (1 - f)\ p_a$.

Un valor estacionario de f es un equilibrio estable si un cambio exógeno en f produce (mediante la dinámica descrita en la ecuación 2.3) un Δf del signo opuesto, es decir, si $d\Delta f/df < 0$. Si esta desigualdad se mantiene, un cambio en f se auto-corrige. La figura 2.1 ilustra este modelo. La inspección de la figura (o un poco de cálculo) confirma que una composición del barrio mitad azul y mitad verde es un equilibrio ($\Delta f = 0$, porque $p_v = p_a$), pero no es estable (porque $d\Delta f/df > 0$), pues un pequeño desplazamiento por azar de la fracción de distribución cincuenta y cincuenta no será auto-corregido sino acumulado, produciendo un barrio completamente segregado. También observemos que para $\delta < ¼$, tanto verdes como azules preferirían el barrio con integración al resultado segregado, aun si la segregación terminara sólo con "su" clase viviendo en el vecindario. (Lo anterior puede confirmarse verificando que $p_a(1/2) = p_v(1/2) > p_v(1) = p_a(0)$).

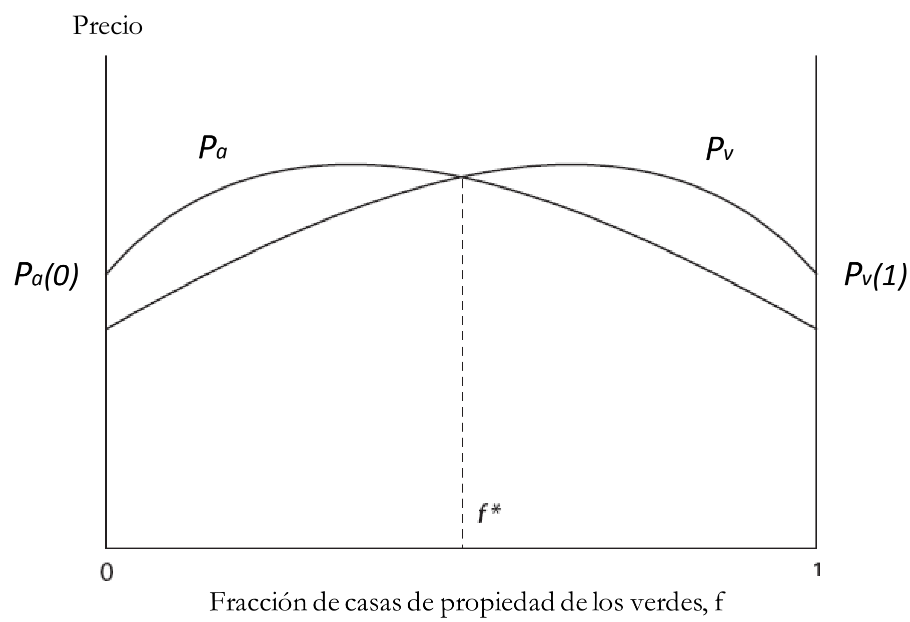

Figura 2.1. Segregación espontánea en una comunidad residencial. Las dos funciones dan el máximo valor a un azul y un verde está dispuesto a pagar por una casa como una función de f la fracción de la comunidad que es verde. Nótese que verdes y azules prefieren un barrio con integración que vivir con su propia clase en una comunidad completamente segregada

Por tanto, los equilibrios estables con segregación, que esperamos sean los únicos resultados durables de esta interacción, son Pareto-inferiores frente a un conjunto de composiciones del barrio con integración que no se sostienen como equilibrios estables en este modelo. Este resultado se mantiene incluso si δ es arbitrariamente pequeño; la segregación completa resulta aun si los dos grupos tienen gustos virtualmente idénticos y el vecindario óptimo para ambos es muy próximo a cincuenta y cincuenta. Finalmente, es fácil confirmar que la segregación total (de cualquier clase) es un equilibrio. Así, los barrios serán *homogéneos localmente,* mientras que barrios idénticos estarán compuestos en su totalidad por el otro grupo, presentando una *heterogeneidad global*. La composición que presente un barrio será *históricamente contingente:* por ejemplo, si en el pasado reciente, f fue menor que f^*, esperaríamos hallar que $f = 0$.

El fallo de coordinación surge en este caso porque cuando una familia decide vivir en una comunidad, su elección afecta al bienestar de los residentes de la comunidad a la que se pasan y a la que abandonan. La composición de una comunidad es entonces tanto la "comodidad" que la familia está eligiendo como el producto no intencionado de las elecciones de todas las familias. No existe un motivo por el cual el resultado sea eficiente, bien sea que la clasificación se base en la preferencia por la composición racial, como en este caso, por los vecinos altamente educados (Benabou 1993) o por vecinos que sean propietarios (Hoff y Sen 2002) o por cualquier otra razón.

He modelado el proceso de equilibrar el mercado rastreando explícitamente los resultados de las interacciones sociales (quién conoce a quién y qué hacen). Los individuos hacen uso sólo del conocimiento local: no buscaron el mejor trato, simplemente hicieron una transacción con la probabilidad positiva, siempre y cuando fuera mutuamente beneficioso y no de otro modo. La composición racial del barrio fue determinada por un proceso de replica que determinó la ocupación de residencias por miembros de uno u otro grupo. La dinámica de la composición del barrio surgió mediante el estudio de cuáles residencias replicaban su patrón de titularidad y cuáles cambiaban. En el capítulo 6 compararé este método de interacción social de los mercados de modelización con el modelo walrasiano.

Modelización de la evolución del comportamiento

Al igual que la composición racial del barrio, las distribuciones de las reglas de comportamiento individual o las características institucionales de los grupos en una población y su evolución a través del tiempo dependen de cuáles rasgos se copien y cuáles se abandonen. "Rasgos" son aquellas características de un individuo o grupo que pueden ser adoptadas por otras personas, abandonadas o retenidas. Si es probable que los niños de los católicos retengan la religión de sus padres y los hijos de los protestantes no, la fracción de católicos en la población aumentaría (suponiendo que todas las familias tienen el mismo número de hijos y que estos son los únicos dos tipos de población). Si las empresas que reconocen un sindicato entre sus empleados fracasan a una tasa mayor que las empresas sin sindicato y si empresas nuevas tienden a copiar a empresas más rentables, la densidad del sindicato disminuirá.

La réplica diferencial puede provenir de personas u organizaciones que buscan deliberadamente adquirir rasgos y reglas, entre otras cosas, que han sido exitosos para otros. No obstante, la réplica diferencial también puede ocurrir a través de medios menos instrumentales: el proceso de copiado puede describirse mediante un *proceso de transmisión conformista,* según el cual la réplica de rasgos depende de la frecuencia, siendo favorecidos los rasgos más preponderantes en una población.[1] Y aunque a veces se le llame "espontáneo", el proceso de réplica diferencial puede funcionar a través del ejercicio coercitivo del poder por parte de naciones, clases u organizaciones, como cuando aquellos que pierden las guerras se limitan a adoptar la cultura, escolaridad y constitución de los ganadores.

Los detalles del proceso de transmisión son importantes y los retomaré junto con otros casos más complicados en capítulos siguientes, cuando represente cómo las instituciones económicas y de otro tipo dan forma a la evolución de las preferencias. Aquí represento un caso importante, tal vez demasiado simplificado, en el que se copian los comportamientos exitosos. Este es el proceso de *actualización monótona de pagos*, es decir, la clase de mecanismos de transmisión que tienen la propiedad de que los comportamientos con pagos superiores al promedio son adoptados por otros y, por tanto, incrementan su parte en la población. También entiendo que las personas *forman parejas aleatoriamente* para interactuar.

[1] Algunas razones para pensar que la transmisión conformista es importante aparecen en Boyd y Richerson (1985) y Bowles (2001). En el capítulo 11 se presenta un modelo de actualización conformista.

Asumamos que cada miembro de una población suficientemente grande posee uno de dos rasgos mutuamente excluyentes (x, y).[2] Los rasgos pueden ser la adherencia a reglas de comportamiento diferentes, gustos por alimentos o cualquier otro aspecto durable del comportamiento que afecte los pagos. Así, x podría ser "buenos precios a su costo marginal", "trabajar arduamente", "tener un hijo adicional", "regalos recíprocos" o "desayunar saludablemente cada día". El rasgo y representa una regla alternativa en cada caso. El modelo puede ser fácilmente extendido a poblaciones con más de dos rasgos. Represento la evolución de *rasgos culturales*, es decir, aquellos que se adquieren a través de aprendizaje (de los padres, otros de la generación anterior, de los pares, etc.) y no a través de herencia genética. Así, el siguiente modelo representa la actualización del comportamiento como un proceso de cambio de un rasgo a otro y no como la producción diferencial de hijos. (No obstante, el siguiente modelo ya está adaptado al caso de la transmisión genética de rasgos, como lo demostraré en el ejemplo del halcón y la paloma). Pregunto cuántas copias de cada rasgo se hacen al final de cada período. (Un individuo que no deja copias en el siguiente periodo ha cambiado a otro rasgo; uno que deje dos copias ha retenido su rasgo y ha sido copiado por otro). Nótese que los individuos viven por siempre y simplemente son portadores de los rasgos; son los rasgos en sí mismos los que serán más o menos exitosos en la generación de copias. Normalizo el tamaño de la población a la unidad.

La estructura del proceso de transmisión es este: los individuos implantan la estrategia dictada por su rasgo en un juego que asigna pagos a cada uno dependiendo de sus comportamientos y del comportamiento de otros. Después de esto, los rasgos se replican con los rasgos cuyos portadores ganaron pagos más elevados, haciendo relativamente más copias y, por ende, generando una nueva frecuencia de población de rasgos. Suponiendo que los miembros de la población forman parejas aleatoriamente para interactuar en un juego simétrico de dos personas, cuyos pagos se denotan mediante $\pi(i, j)$, el pago de jugar el rasgo i contra el compañero que juega j. Para toda frecuencia de la población del rasgo x, $p \in [0, 1]$, los pagos esperados son así

$$b_x(p) = p\pi(x, x) + (1 - p)\pi(x, y)$$

[2] Las matemáticas del análisis de sistemas dinámicos implícitos en los modelos presentados aquí se revisan claramente en Weibull (1995) y se presentan de modo más completo en Hirsch y Smale (1974).

$$b_y(p) = p\pi(y, x) + (1 - p)\pi(y, y) \tag{2.4}$$

Leemos la primera ecuación: "con la probabilidad p una persona x forma pareja con otra persona x que gana un pago $\pi(x, x)$, y con probabilidad $(1 - p)$ forma pareja con una persona y que gana un pago $\pi(x, y)$".

Al inicio de cada período, parte de la fracción de la población, $\omega \in (0, 1]$, puede actualizar su rasgo ante la exposición a un "modelo cultural" (ej., un competidor, un maestro, un compañero de trabajo o un vecino). El remanente de la población no se actualiza independientemente de sus experiencias. El hecho de que no todos los miembros de la población se encuentren en el modo de actualización capta el hecho de que típicamente adoptamos comportamientos –con frecuencia durante la adolescencia– y luego los retenemos durante algún período. Por supuesto, la actualización que tiene que ver con algunos rasgos puede ser muy frecuente –por ejemplo el modo preferido de vestir– mientras que actualizamos otros rasgos sólo muy ocasionalmente –por ejemplo la religión–. La velocidad con que actualizamos, al igual que otros aspectos del proceso de aprendizaje que se están representando, no está dada, sino que responde a presiones evolutivas. Las simplificamos aquí, apartándonos de la naturaleza endógena del proceso de actualización en sí mismo.

Si el modelo cultural y el individuo tienen el mismo rasgo, el individuo lo retiene; eso sucederá con las probabilidades p y $(1 - p)$ para las x y las y, respectivamente (tanto el modelo como el individuo producen una sola replica –sí mismos– en el siguiente período). Pero si el individuo y el modelo tienen rasgos diferentes, entonces el individuo retiene o remplaza el rasgo con base en los pagos que ambos disfrutaron en el período anterior. Los pagos experimentados por el modelo cultural y el individuo dependen de la formación particular de parejas experimentada por los dos y, por tanto, varían con la frecuencia de cada rasgo en la población. Por supuesto, el individuo podría tomar muestras de las experiencias de pago de un grupo más grande en vez de comparar simplemente sus propios pagos con los pagos del modelo, pero esto provocaría poca diferencia en este punto. Si el individuo cambia, entonces el modelo ha hecho dos réplicas y el individuo ninguna. (En el capítulo 11, uso este modelo para estudiar el surgimiento y difusión de los derechos de propiedad individual).

Consideremos un modelo cultural (una persona-*y*) y un individuo una persona-*x* que experimentaron pagos B_y y B_x, respectivamente, el periodo anterior (estos no serán iguales generalmente a b_y y b_x, respectivamente, debido al error de emparejamiento). Una pequeña diferencia en pagos no necesariamente induce un cambio, podría no ser ni siquiera notado, de modo que decimos que con probabilidad $\beta(B_y - B_x)$ la persona-*x,* cambiará si $B_x < B_y$. Si $B_x \geq B_y$, el individuo no cambia. El coeficiente β es una constante positiva que refleja el mayor efecto en el cambio de las diferencias de pagos relativamente grandes, clasificado de modo que la probabilidad de cambio varíe sobre el intervalo de la unidad. Sea $p_{y>x} = 1$ si el pago de una persona *y* excede el de la persona *x* y de lo contrario es cero, y tomando los valores esperados (la población es grande), podemos escribir la frecuencia esperada de la población con el rasgo *x* en el tiempo $t + 1$, denotado mediante p', como:

$$p' = p - \omega p(1 - p)\, \rho_{y>x}\beta(b_y - b_x) + \omega p(1 - p)\, (1 - \rho_{y>x})\beta(b_x - b_y) \quad (2.5)$$

Esta expresión puede leerse de la siguiente manera: en todo período existen *p* personas-*x*, y una fracción de ellas, ω, será elegible para la actualización; cada una de estas ω*p* personas-*x* formarán pareja con un modelo-*y* con probabilidad $(1 - p)$, y con la probabilidad $p_{y>x}\beta(b_y - b_x)$ la información que adquieren sobre los pagos los conducirán al cambio. Para compensar la pérdida de tipos *x* de esta manera, algunos de los individuos-*y* encontrarán modelos-*x* y mediante un proceso análogo se convertirán en personas-*x*. Reordenando, podemos reescribir la ecuación (2.5) como:

$$\Delta p = p' - p = \omega p(1 - p)\, \beta(b_x - b_y) \quad (2.6)$$

En la ecuación (2.6) se puede observar que la dirección y el ritmo de actualización dependen del valor de *p* de dos maneras. Primero, $p(1 - p)$, la varianza del rasgo, mide el número de personas-*x* que formarán pareja con una persona-*y*, valores extremos de *p* hacen que esto sea poco probable. Segundo (lo escribimos para hacer explícita la dependencia funcional de las b en p), la expresión $\omega\beta\{b_x(p) - b_y(p)\}$ capta el efecto de p en los pagos y, por tanto, en la actualización. Nótese que cuanto mayores son los valores de ω y β –una fracción mayor en el modo de actualización, y el cambio individual es más sensible a las diferencias en pagos– aceleran la dinámica cuando $b_x \neq b_y$. Expresar $\underline{b} = pb_x + (1 - p)b_y$ como el pago promedio de la población, la ecuación (2.6) se expresa de manera más compacta así:

$$\Delta p = \omega p \beta (b_x - \underline{b}) \tag{2.6'}$$

Que es la forma general (aplicable a cualquier número de rasgos) de la *dinámica del replicador* en tiempo discreto, un modo de modelizar sistemas dinámicos formalizados por Taylor y Jonker (1978), con amplia aplicabilidad en la biología de las poblaciones y en ciencias sociales evolutivas.[3]

Como lo aclara la ecuación (2.6), existen dos componentes necesarios en este análisis de cambio evolutivo: *varianza* y *réplica diferencial*. La varianza, representada por el término $p(1 - p)$, es esencial porque cuanto más homogénea sea una población, tanto más lento será el proceso evolutivo. Nótese que $p\ (1 - p)$ llega a un máximo de $p = ½$, de modo que una población dividida homogéneamente maximizará la tasa de cambio en p, manteniendo constantes a otras influencias. La réplica diferencial, a veces llamada *selección*, está representada por el término $\omega\beta\{b_x(p) - b_y(p)\}$. La presión de la réplica diferencial (o presión selectiva) será débil si una fracción pequeña de la población se encuentra en el modo de actualización, si las diferencias en pagos son pequeñas o si la respuesta a las diferencias en pagos es pequeña. La ecuación (2.6 ó 2.6') ofrece una descripción completa del sistema dinámico unidimensional relevante. Como hay sólo dos rasgos, el *espacio de estado* en esta aplicación, es decir, todos los resultados posibles, simplemente son todos los valores que p puede tomar durante el intervalo de la unidad. Por este motivo el sistema dinámico resultante se denomina "unidimensional". *Nótese que la ecuación 2.6 es idéntica a la expresión que describe la dinámica del mercado de vivienda residencial segregada, ecuación 2.3.*

[3] He expresado la ecuación de réplica en tiempo discreto en vez de continuo, porque muchos de los problemas que se van a abordar en las páginas siguientes están caracterizados por las unidades naturales de tiempo (como una generación), dando a la versión de tiempo discreto una interpretación más transparente. Las dinámicas de tiempo continuo y discreto difieren en algo, aunque no en formas de importancia para lo que sigue (Weibull 1995).

Para cada valor de p, la ecuación del replicador da el mapeo de $\Delta p = \gamma(p)$, donde la función γ, llamada *campo vector*, define para cada estado en el espacio de estados la dirección y velocidad de cambio en este. Generalmente nos interesamos en conocer los estados p^* tales que $\gamma(p^*) = 0$, llamados *estados estacionarios* (también llamados puntos de descanso o puntos críticos de la dinámica), y las propiedades de estabilidad de estos estados, determinados por $\gamma(p^* + \varepsilon)$, donde ε es una perturbación arbitrariamente pequeña de p. A partir de la ecuación (2.6') es claro que $\Delta p = 0$ si

$$b_x(p) - b_y(p) = 0 \tag{2.7}$$

o si p es 0 ó 1 (porque cuando $p = 1$, $b_x = \underline{b}$). Para $p \in (0,1)$ Δp toma el signo de $b_x - b_y$, expresando el hecho de que la actualización de pagos es monotónica.

Dada la unidimensionalidad de este sistema dinámico, las propiedades de estabilidad de estos estados estacionarios son fáciles de describir: un equilibrio es asintóticamente estable (auto corrector) si la derivada de la ecuación (2.6') con respecto a p es negativa (tal que $d\Delta p/dp < 0$) lo que requiere que:

$$\frac{db_y}{dp} - \frac{db_x}{dp} = \pi(y,x) - \pi(y,y) - \pi(x,x) + \pi(x,y) > 0 \tag{2.8}$$

Esto indica, como podríamos esperar, que si la frecuencia de la población de las x aumenta por alguna razón exógena, la diferencia en pagos esperados entre las y y las x aumentará (entonces el incremento en x se negará por el hecho de que crea una situación que favorece diferencialmente a las y). La *estabilidad asintótica* de un estado estacionario, p^*, significa que todas las perturbaciones suficientemente pequeñas en la composición de la población terminarán en cambios que nos devuelvan a p^*. La *estabilidad de Lyapunov* sólo requiere que todas las perturbaciones pequeñas en p no terminen en movimientos adicionales que nos alejen de p^*. (La estabilidad de Lyapunov a veces se denomina *estabilidad neutra*). Usaré el término "estabilidad" (sin adjetivo) para referirme al concepto más fuerte y asintótico (auto-corrector). La estabilidad asintótica obviamente implica la estabilidad de Lyapunov. La diferencia entre los dos conceptos de estabilidad se torna importante cuando los comportamientos individuales están sujetos a (incluso cantidades arbitrariamente pequeñas de) influencias estocásticas, como la mutación o el juego idiosincrático (no es la mejor respuesta). En el capítulo 11 se ofrece una ilustración. La ecuación (2.8) expresa la intuición de que equilibrios asintóticamente estables deben caracterizarse mediante retroalimentaciones negativas: los incrementos en la frecuencia de las x reducen la ventaja relativa de las x.[4] Cuando la ecuación (2.8) no se satisface (y es estrictamente menor que cero), el equilibrio es inestable debido a retroalimentaciones positivas: un incremento de oportunidad en p beneficiará más a las x que a las y y por tanto alejará a p de p^*.

El proceso de actualización puede entonces explorarse de dos modos. Primero, si un equilibrio interior es estable, podemos estudiar el modo en que las influencias exógenas podrían desplazar el equilibrio mediante la exploración de cómo se ve afectado p^* con los cambios en el juego y el proceso de actualización implícitos. Esto se lograría diferenciando la condición de equilibrio (2.7) con respecto a determinantes exógenos de la ecuación de réplica, incluido no sólo lo que determinen los datos tecnológicos y otros datos de la estructura de pagos y otros aspectos del juego, sino también aspectos determinados institucionalmente sobre el proceso de transmisión, como la regla de formación de parejas para el juego o para cumplir modelos culturales, la frecuencia en que se cumplen los actores dados y la posible presencia de influencias en la actualización diferente de los pagos, como el conformismo. En los capítulos 3, 7 y 11 usaré este método para estudiar el efecto de las instituciones económicas en la evolución de las preferencias.

Segundo, si existe un equilibrio interior inestable único tendremos dos equilibrios estables con una población homogénea, bien sea toda x o toda y (como en el caso del mercado de vivienda segregada). En este caso podemos querer estudiar el proceso dependiente de la trayectoria mediante la cual podamos terminar en uno o en el otro. Para lograrlo observaremos la *cuenca de atracción* de cada estado estacionario, definida como el conjunto de estados iniciales para los cuales el sistema dinámico inalterado se

[4] Existe una dificultad técnica que no abordo. En la dinámica de tiempo discreto tratada aquí es posible que el proceso de actualización mueva a p en la dirección de p^* cuando es perturbada, pero esta exageración sucede. Supongo que el período es suficientemente breve (y por tanto ω es suficientemente pequeño) para impedirlo.

desplaza hacia dicho equilibrio. En el sistema unidimensional analizado aquí, si el único estado estacionario interior p^* es inestable, entonces la cuenca (o intervalo) de atracción de $p = 0$ es el rango de valores de p sobre los cuales $\Delta p = \gamma(p) < 0$ y por tanto, la población gravitará hacia $p = 0$. Así, el equilibrio interior (inestable) p^* divide el intervalo de la unidad en dos cuencas de atracción, con $\Delta p > 0$ para $p > p^*$ y $\Delta p < 0$ para $p < p^*$. En el modelo de segregación de vivienda la cuenca de atracción del equilibrio todos azules está dado para valores de $f < f^*$.

Como veremos, muchas de las simplificaciones usadas para derivar del modelo pueden ser relajadas. No obstante, existe un supuesto crucial en el razonamiento anterior que es a al mismo tiempo esencial, difícil de tratar sin él, y bastante limitante. Tomé los valores esperados como una aproximación razonable de los pagos reales, sin embargo el tamaño de muchas de las poblaciones que estudiamos –los residentes en el barrio estudiado en la sección anterior o los empleados de una empresa– es demasiado pequeño para justificar este supuesto. Por ejemplo, si p es la frecuencia de personas-x y la formación de parejas es aleatoria, el número esperado de x que forman pareja con un x se expresaba como p^2, pero por azar el valor podría ser tan grande como p (suponiendo un número par de las x) o tan pequeño como cero, y ambos sucederán con mucha frecuencia en grupos pequeños. Este problema del error de emparejamiento y otras influencias pequeñas de n en la dinámica evolutiva pueden parecer un sofisma, pero no lo son. En los capítulos 12 y 13 se verá que el tamaño pequeño de los grupos junto con el azar marcan una gran diferencia, no sólo en el ritmo, sino en la dirección de la dinámica evolutiva.

Una segunda limitación de la dinámica del réplica es que las ecuaciones que definen el sistema no dependen del tiempo, es decir, el sistema es *autónomo u homogéneo en el tiempo*. Así, el sistema se aparta de influencias que varían históricamente en las ecuaciones, como el estado del conocimiento, la tecnología, los hechos institucionales dados por sentado o el clima. Por supuesto, si entendemos la dinámica de estas influencias variables en el tiempo, podríamos incluirlas como variables de estado en el sistema dinámico. Si la naturaleza homogénea en el tiempo de la dinámica de réplica es un problema o no depende de la pregunta en cuestión; para muchos problemas, apartarse del cambio climático es razonable y para otros no lo es. La interpretación del surgimiento de los derechos de propiedad individual en el capítulo 11 es un caso en el que las variaciones en el clima marcan una diferencia significativa. Si los procesos de selección descritos mediante la dinámica de réplica son lentos respecto a los cambios en las tecnologías implícitas y otros datos exógenos que definen el juego implícito, el sistema dinámico puede nunca llegar al vecindario de los valores estacionarios de p (ya que estos serán desplazados continuamente por cambios exógenos).

Un tercer problema con la dinámica de réplica lo sugiere su nombre: no puede usarse para estudiar la innovación. Para estudiar la novedad genuina (en oposición a la réplica diferencial de rasgos existentes), necesito introducir el concepto complementario de una estrategia evolutivamente estable.

Estabilidad evolutiva y resultados sociales

¿Bajo qué condiciones puede una población ser "invadida" por un rasgo nuevo? Ejemplos concretos de tal invasión incluyen la rápida expansión de la práctica de tener familias pequeñas y no grandes en muchos países durante el siglo pasado. O recordemos el final de la sociedad feudal europea, "invadida" por un pequeño número de mercaderes italianos y otros que usaban prácticas comerciales totalmente nuevas, como la contabilidad por partida doble y el sistema de responsabilidad de la comunidad del cumplimiento contractual (Greif 2002, Padgett 2002). Los invasores prosperaron y finalmente transformaron el orden feudal. Otros ejemplos incluyen prácticas comerciales corruptas que invaden a una comunidad de comerciantes honestos, o las formas deferentes de tratar a una comunidad lingüística que está siendo invadida por pronombres familiares.

A pesar de que la dinámica de réplica es una herramienta analítica conveniente, un rasgo ausente de una población en un periodo t no puede copiarse en el periodo $t + 1$. Recordemos que la condición de estacionalidad para p se satisface en $p = 1$ y $p = 0$, sin tener en cuenta los pagos que podrían acumularse para la estrategia ausente, si estuviera presente. Estos valores de p siempre son estacionarios en la dinámica de réplica, pero muchos no son equilibrios de Nash y pueden no ser asintóticamente estables: pequeñas perturbaciones alrededor de $p = 0$ y $p = 1$ pueden no ser auto-correctoras. No es difícil extender los modelos de la dinámica de réplica para tener en cuenta tanto las innovaciones como el azar; regresaremos a estos modelos evolutivos estocásticos en los capítulos finales. Aquí, en vez de incorporar explícitamente el azar en la ecuación de réplica, presentaremos un atajo práctico para introducir la innovación en el panorama: la noción de estabilidad evolutiva.

No sorprende que los biólogos fueran los pioneros de la modelización de la innovación. Su interés en si un pequeño número de mutantes puede proliferar en una población grande motivó el concepto clave de *estrategia evolutivamente estable*. La idea básica es que una población que juega una estrategia evolutivamente estable rechazará una invasión de individuos que juegan alguna otra estrategia. Consideremos una población grande (estrictamente, infinita), en la cual los individuos forman parejas aleatoriamente para interactuar (a lo largo de las rectas de un modelo inmediatamente anterior). Supongamos, igual que antes, que estamos considerando dos rasgos de comportamiento, x y y. El rasgo y es estable evolutivamente en comparación con x si existe alguna fracción positiva de la población, $\tilde{p}$, tal que si la fracción de la población que juega x es menor que $\tilde{p}$, entonces la estrategia en ejercicio (y) producirá más réplicas que x y, por tanto, eliminará la entrante. Presentaré brevemente un caso en el que se verá que la "*barrera de la invasión*" $\tilde{p} \in (0, 1)$ es un equilibrio interior inestable y define el límite de la cuenca de atracción de $p = 0$ y $p = 1$ mencionado anteriormente.

Para ver lo que incluye la estabilidad evolutiva, queremos conocer lo que sucederá en una población grande compuesta en su totalidad por y si se introduce un pequeño número de x. Utilicemos la ecuación 2.6', es decir, evaluemos Δp en $p = \varepsilon$, donde ε es arbitrariamente pequeño. Sabemos que Δp tendrá el signo de:

$$b_x(\varepsilon) - b_y(\varepsilon) = \{\varepsilon\pi(x,x) + (1-\varepsilon)\pi(x,y)\} - \{\varepsilon\pi(y,x) + (1-\varepsilon)\pi(y,y)\}$$

Un rasgo de comportamiento y es una *estrategia evolutivamente estable* (eee) respecto a alguna otra estrategia x si y solo si $b_x(\varepsilon) - b_y(\varepsilon) < 0$, el cual es el caso para ε arbitrariamente pequeño cuando

$$\pi(y, y) > \pi(x, y) \tag{2.9}$$

o cuando

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

Por tanto, una EEE es una mejor respuesta para *sí misma* (al menos débilmente, y es una mejor respuesta débil para sí misma, entonces la otra estrategia no es una mejor respuesta para *sí misma*). Como las pequeñas perturbaciones de p alrededor de un eee son auto-corregidas (por el razonamiento anterior), sabemos que cada eee es un equilibrio de Nash simétrico que es asintóticamente estable en la dinámica de réplica. Cuando el mutante puede ser una mejor respuesta débil para sí mismo (es decir, la última desigualdad en la ecuación 2.9 no es estricta, sino que $\pi(y, x) \geq \pi(x, x)$), entonces y puede ser *neutralmente estable*: el invasor puede no eliminarse, pero tampoco proliferará como resultado de la actualización monótona en pagos.[5] Por supuesto, tal *estado neutralmente estable* (ene) puede ser invadido a través de un proceso de giro (es decir, innovaciones adicionales generadas exógenamente) y este tiene implicaciones importantes en algunas aplicaciones (véase, ej., el capítulo 11). El ene y el eee son por ende refinamientos evolutivos cada vez más rigurosos de los equilibrios de Nash. Cada eee es un ene y cada ene es un equilibrio de Nash, pero a la inversa no es cierto.

Lo contrario a la estabilidad evolutiva es la capacidad de invadir, lo cual Axelrod y Hamilton (1981) denominaron *viabilidad inicial*.[6] Si x es viable inicialmente en comparación con y, entonces y no es un eee. Nótese que el estado de las y como eee con respecto a x no dice nada sobre su estado con respecto a otro rasgo k o a dos mutantes k y x que ocurran simultáneamente.

Con frecuencia queremos saber si una población mixta (es decir una para la cual $p \in (0, 1)$) puede ser invadida por un mutante extraño. Podemos lograrlo notando que una población, la cual adopta en su totalidad la misma estrategia mixta, es por esta razón homogénea en estrategias aunque sea heterogénea a nivel de comportamientos, en el sentido en que en cualquier momento dado individuos diferentes realizan acciones distintas. Si representamos la población polimórfica como una en la que todos los

[5] Así, todo estado neutralmente estable (ene) es estable de Lyapunov.

[6] En uso biológico, "viable" significa capaz de vivir y desarrollarse normalmente.

individuos adoptan una estrategia mixta (jugando x y y con probabilidad de p^* y (1 - p^*), respectivamente), podemos referirnos a esta estrategia mixta como un EEE *interior* (o *mixto*) con respecto a alguna otra estrategia k; si se introdujera un pequeño número de k, serían eliminados. Para que p^* sea un eee, debe ser estacionario y asintóticamente estable en la dinámica de réplica; cuando este no sea el caso, los pagos esperados de las estrategias que componen la población mixta (llamadas el *soporte* de la estrategia mixta) serían desiguales en el barrio de p^*, entonces el pago de una de estas estrategias en el soporte excedería el pago de una estrategia mixta y podría invadir un mutante que porte esta estrategia pura.

Así como el modelo de réplica no informa sobre la dinámica de los "límites" de una población (es decir, para $p = 0$ o $p = 1$), los conceptos de viabilidad inicial y de estabilidad evolutiva no esclarecen la dinámica que rige a p cuando es interior. Es generalmente útil combinar los dos métodos, pidiendo los valores extremos estacionarios de p, bien sea o no eee, es decir, asintóticamente estable.

El juego del halcón y la paloma ilustra estos conceptos. Como todos saben, los halcones son partidarios de la guerra, y las palomas, amantes de la paz. El juego se aplica comúnmente a rasgos de comportamiento humano transmitidos cultural o genéticamente, como compartir o agredir, pero fue desarrollado inicialmente para estudiar las competencias entre otros animales. He aquí el juego. Las palomas, cuando se encuentran, comparten un premio, mientras que cuando los halcones se encuentran, pelean por el premio, generando costes al otro; y cuando un halcón encuentra una paloma, el halcón toma el premio. Un relato similar mantiene la metáfora del juego de ser un "gallina", pero que en realidad se aplica a los automóviles, en el cual los conductores "rudos" nunca se desvían, de manera que cuando se encuentran, se estrellan, pero cuando encuentran a un "gallina" (el que se desvía), acumulan beneficios (presumiblemente sicológicos), mientras que el que se desvía queda humillado. El premio que se divide es v, el costo de perder una pelea es c, y la probabilidad de que un halcón gane una competencia contra otro halcón (son idénticas) es ½. Las palomas dividen el premio por igual y sin costo. Por tanto, la matriz de pagos se muestra en la tabla 2.2, a partir de la cual se puede ver de inmediato que, en tanto $c > v$, ni H (halcón) ni P (paloma) son eee. (Una forma práctica para encontrar los eee en matrices grandes de pagos de fila es preguntar: ¿está la entrada en la diagonal principal de la entrada más grande de la columna? Si lo está, esa columna representa un eee).

Tabla 2.2
Juego del halcón y la paloma (pagos del jugador de la fila)

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

Nota: idoneidad (número de crías producidas) es igual a φ más los pagos del juego.

Los miembros de esta población forman parejas aleatoriamente, entonces sea $b_h(p)$ y $b_d(p)$ el pago esperado de ser un halcón y una paloma,[7] respectivamente. En una población en la que la fracción de halcones es p, los pagos esperados ilustrados en la figura 2.2 son:

$$\begin{aligned} b_h(p) &= pa + (1-p)b \\ b_d(p) &= pc + (1-p)d \end{aligned} \tag{2.10}$$

Para ilustrar el uso de la ecuación de réplica en un proceso evolutivo basado en aptitudes, supongamos que al final de un periodo, cada miembro de la población produce un número de réplicas exactas (excluyendo las mutaciones) igual a φ más el pago al juego, entonces los pagos se encuentran en unidades de hijos que sobreviven a la edad reproductiva, es decir, aptitud (φ se llama "la aptitud física básica o inicial"). El supuesto de que un solo miembro (en vez de una pareja) produzca un hijo simplifica la modelización; este supuesto reproductivo *clonal* o *asexual* es una alternativa simple (y con frecuencia útil) para la modelización más realista de los procesos replicadores basados en la reproducción sexual.

[7] *h* hace referencia a *hawk* que traduce "halcón" en inglés, y *d* hace referencia a *dove* que traduce "paloma".

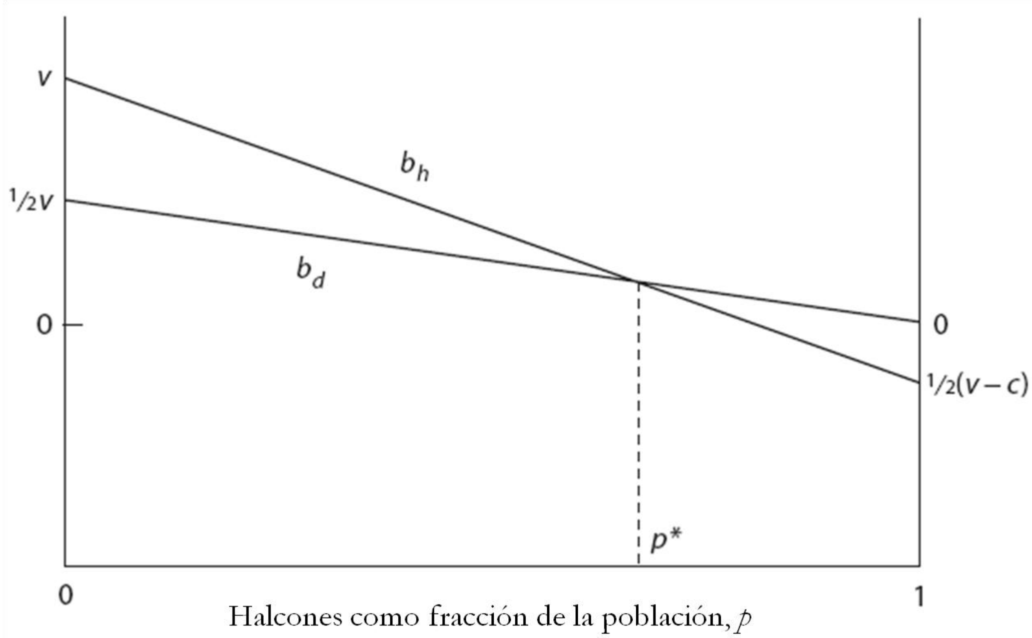

Figura 2.2. Pagos que dependen de la frecuencia en el juego del Halcón y la Paloma. El número de réplicas es igual a los pagos más una constante

Al normalizar la población total a unidad, podemos expresar la frecuencia de la población de halcones del año siguiente, *p*' como:

$$p' = \frac{p(b_h + \varphi)}{pb_h + (1-p)b_d + \varphi} \tag{2.11}$$

Léase el numerador para expresar: "Había *p* halcones en la población de este año y cada uno de ellos tuvo b_h + φ crías, lo que nos da $p(b_h$ + φ) halcones este año". El denominador nos da el número total de halcones y palomas combinado, para el próximo año. Dada la normalización del tamaño de la población a unidad, las réplicas totales creadas también son igual al promedio o $\underline{b}$.

Estamos interesados en Δ*p*, entonces restando *p* a ambos lados de la ecuación (2.11) tenemos que:

$$\Delta p \equiv p' - p = \frac{p(b_h + \varphi)}{\underline{b}} - \frac{p\{p(b_h + \kappa) + (1-p)(b_d + \varphi)\}}{\underline{b}} \tag{2.12}$$

la cual con un poco de reordenamiento y usando los valores de la matriz de pagos para expresar (b_h - b_d) como ½ (v - pc), nos da:

$$b\Delta p = p(1-p)(b_h - b_d) = p(1-p)1/2(v-pc) \qquad (2.12')$$

Que es exactamente la ecuación de la dinámica de réplica ya derivada (por diferentes rutas) para el modelo de segregación residencial y el caso general de actualización de rasgos culturales presentado en las secciones anteriores.

Los valores estacionarios interiores de p son aquellos para los cuales $b_h(p) = b_d(p)$, entonces usando la ecuación (2.10) y despejando p^*, la frecuencia estacionaria de halcones en la población, tenemos que:

$$p^* = \frac{b-d}{b+c-a-d} = \frac{v}{c} \qquad (2.13)$$

de donde puede observarse que la fracción de equilibrio de los halcones está incrementando en premio y disminuyendo en el costo de las peleas, como uno esperaría. (Se puede verificar que $p^* = v/c$ es estacionario sustituyendo este valor en la ecuación 2.12'). La condición de pago equitativo que define la estacionalidad de p aclara que p^* es un equilibrio de Nash: si la fracción de halcones es p^*, entonces ambas estrategias son mejores respuestas débiles.

¿Es estable el equilibrio anterior? Vemos que:

$$\frac{d(b_h - b_d)}{dp} = \frac{d\{1/2(v-pc)\}}{dp} = -1/2c < 0 \qquad (2.14)$$

Entonces un incremento en la prevalencia de halcones perjudicará a los halcones, hablando relativamente (induciendo por ende a una reducción en la frecuencia de halcones en el siguiente período). La condición de estabilidad (2.14) requiere que la función de pagos esperada de los halcones en la figura 2.2 sea "más empinada" (el valor absoluto de su pendiente es mayor) que la de las palomas, expresando las retroalimentaciones negativas a las que se refieren anteriormente. Tanto $p = 0$ como $p =$

1 también son estacionarios en la dinámica de réplica (el último debido a $b_h(1) = \underline{b}(1)$). No obstante, ninguno es un equilibrio de Nash, como puede verse a partir del hecho de que $b_h(0) > (0)$ y $b_h(1) < b_d(1)$. Esto es sólo un recordatorio de que si existe sólo una estrategia para replicar, la frecuencia de una población regida por una dinámica de réplica permanecerá inmodificable. Pero tal población puede ser invadida por un mutante.

La existencia y las propiedades de estabilidad de un equilibrio interior están relacionadas con el concepto de eee de la siguiente manera, para el caso general en el cual el conjunto de estrategias es (x, y) y p es la fracción de la población, que es de tipo x: si ninguna estrategia es una eee habrá un equilibrio interior asintóticamente estable. De igual manera, si ambas estrategias son eee habrá un equilibrio interior inestable, mientras que $p = 0$ y $p = 1$ son asintóticamente estables (como se puede confirmar en el juego de aseguramiento que se presenta a continuación). En este caso, el equilibrio interior inestable es la barrera de invasión (p˜), es decir, parte de la definición del eee. Estas correspondencias se resumen para un juego de la población con dos estrategias, x y y, en la tabla 2.3.

¿El análisis de la estabilidad evolutiva sustenta las predicciones sobre los resultados? Si ni x ni y son eee; si la innovación no se descarta y si el proceso de actualización está regido por la dinámica de réplica, obtenemos una predicción clara: las frecuencias de la población en p^* o cerca de p^* deben observarse comúnmente.

Tabla 2.3.
EEE y la existencia y estabilidad del equilibrio interior

	y es un eee	y no es un eee
x es un eee	p^* (0,1) inestable	$p^* = 1$ estable
x no es un eee	$p^* = 0$ estable	p^* (0, 1) estable

Nota: p* es una fracción de la población que es tipo x y es estacionario en la dinámica de réplica.

Si este es el caso, regresando a los ejemplos, esperaríamos hallar la coexistencia de familias grandes y pequeñas, prácticas comerciales corruptas y honestas y similares.

Obtenemos predicciones claras en otros dos casos: si una estrategia es una EEE y la otra no lo es, entonces esperaríamos hallar una población compuesta en su totalidad por EEE. Esto se debe a que bajo las condiciones establecidas toda práctica que pueda invadir continuará ganando adeptos hasta ser universal.

¿Qué sucede si tanto *x* como *y* son estrategias evolutivamente estables? Como lo hemos visto en el capítulo 1, este es el caso en el que la historia importará, pero, ¿podemos decir más que eso? Supongamos que los miembros de una población grande forman parejas aleatoriamente para jugar el juego de aseguramiento simétrico cuyos pagos aparecen en la tabla 2.4 –por ejemplo, una variación del problema de sembrar en Palanpur del capítulo 1, siendo la cooperación y la deserción sembrar temprano y tarde, respectivamente, y siendo el pago el indicado–. Como en el juego de Aseguramiento, tanto CC como DD son mejores respuestas mutuas, entonces los pagos deben ser tales que $c < a$ y $b < d$, y (siguiendo con el ejemplo de Palanpur) supondremos además que $a > d$. Entonces, siendo $p \in [0,1]$ la fracción de desertores en la población, podemos expresar los pagos esperados como una función de p, e igualando los pagos esperados por cooperar y desertar hallamos el valor estacionario de p:

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

Tabla 2.4
Juego de aseguramiento (pagos de fila)

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

Nota: $\pi(D,C) < \pi(C, C) > \pi(D, D) > \pi(C, D)$.

Al expresar b_c y b_d como los pagos esperados de cooperar y desertar, el denominador es sólo el efecto de las variaciones en p sobre la diferencia entre los pagos de cooperar y los pagos de desertar o:

$$\frac{d\left(b_c - b_d\right)}{dp} = \pi\left(C,D\right) - \pi\left(C,C\right) + \pi\left(D,C\right) - \pi\left(D,D\right) = b - a + c - d < 0$$

Lo que esto significa es que si $\varepsilon > 0$, entonces $b_c\ (p^* + \varepsilon) < b_d\ (p^* + \varepsilon)$, entonces los desertores son aventajados relativamente y un pequeño incremento en la frecuencia de desertores causará incrementos adicionales en p. Razonamientos semejantes demuestran que $p = 0$ y $p = 1$ son eee (y por ende son equilibrios simétricos de Nash, que son estables en la dinámica de réplica).

"La historia importa" en esta situación porque, a menos que hayan eventos exógenos, una población para la cual $p < p^*$ en el pasado reciente se dirigirá hacia $p = 0$. Pero para ver que a veces podemos decir más, supongamos que fuéramos a observar un gran número de islas en las cuales grupos de individuos aislados juegan este juego de aseguramiento de una sola interacción durante un periodo prolongado. Se nos dice que en algún momento anterior, sus estrategias han sido todas determinadas aleatoriamente, después de las cuales se actualizaron de acuerdo con la anterior dinámica de réplica. Si el equilibrio interior inestable p^* es menor que ½, entonces tendríamos razón en predecir que gran parte de los grupos estarían compuestos en su totalidad por desertores. Si las estrategias se eligieran en principio aleatoriamente, entonces el valor esperado de la frecuencia de población inicial sería ½, y por lo tanto, sería cierto que para gran parte de los grupos $p > p^*$, lo cual implica que $\Delta p > 0$. En consecuencia, la gran mayoría de los grupos habría evolucionado hacia la deserción uniforme. Nótese que esto puede ocurrir aun si (como en el ejemplo de Palanpur) la cooperación mutua es dominante en pagos: donde el equilibrio de deserción mutua es dominante en riesgo, sabemos (partir de la definición de dominancia en riesgo) que $p^* < ½$, de modo que la cuenca de atracción de todo el equilibrio de deserción será mayor que dos. El resultado con la cuenca de atracción más grande ocurre con la mayor factibilidad simplemente porque es más probable que los eventos del azar pongan a la población en cuencas de atracción más grandes que en más pequeñas.

El juego de aseguramiento con condiciones iniciales determinadas estocásticamente ilustra dos resultados algo contraintuitivos. Primero, añadir la variación estocástica a un modelo puede permitir predicciones más fuertes que las que se lograrían en un modelo sin azar. Predecir que toda deserción en el ejemplo anterior como resultado probable es más informativo que decir que "la historia importa". En este caso, el azar ofrece lo que se denomina un dispositivo de *selección de equilibrio*, es decir, un modo de identificar un equilibrio en particular como el resultado más probable de un juego cuando existe más de un equilibrio. Segundo, incluso equilibrios de Nash asintóticamente estables pueden ser virtualmente irrelevantes para predecir los resultados sociales; en este caso, el azar selecciona contra el equilibrio dominante en pagos.

Los casos de este tipo son el tema de la teoría evolutiva estocástica de juegos. En el capítulo 12, aplicaré la idea de que el azar a veces es un dispositivo fuerte de selección de equilibrios, para explicar por qué algunas instituciones son más comunes que otras y para investigar el proceso de innovación institucional. Qué determina el tamaño de la cuenca de atracción de un equilibrio y qué tanto los procesos estocásticos y demás podrían impulsar a una población de una cuenca de atracción a otra, emergen entonces como preguntas claves. No obstante, un ejemplo más simple de la relación entre juegos y evolución institucional será aquí más útil.

La evolución de los derechos de propiedad

El juego del halcón y la paloma puede arrojar alguna luz sobre los temas constitucionales que surgieron en el capítulo 1. ¿Es el equilibrio de la población $p^* = v/c$ un resultado deseable? Claramente no. El pago promedio se maximiza para $p = 0$, es decir, cuando no hay halcones. Así, el equilibrio en esta población es Pareto-inferior para todo $p < p^*$ (nótese que en la figura 2.2 el pago para halcones y palomas está disminuyendo en la fracción de halcones, entonces *ambos* son más acomodados cuanto menos halcones hay). El equilibrio de halcones y palomas es un análogo biológico con un fallo en el mercado: la distribución estacionaria de tipos de comportamientos determinados genéticamente en la población generada por la selección natural basada en la aptitud diferencial no maximiza la aptitud promedio. En p^*, tanto halcones como palomas son mejores respondiendo; ninguno podría incrementar la capacidad física cambiando de tipo (si esto fuera posible). Pero la capacidad física promedio se maximiza en $p = 0$. Esto a penas sorprende dado que el éxito reproductivo de cada tipo –su capacidad física– no tiene en cuenta el efecto que cada uno ejerce en la capacidad física de otros.

Dada la pesadilla de Hobb de atrapar y pelear que describe el equilibrio del halcón y la paloma, no sorprende que el juego haya sido usado para explorar la posibilidad de un surgimiento espontáneo de convenciones concernientes a la propiedad y a la división de recursos apreciados. Las posibilidades incluyen prohibir halcones, rotular halcones y dar a las palomas la opción de rehusarse a cualquier interacción con un halcón, adoptar una regla de formación de parejas que haga más común la formación de parejas entre semejantes (y, por tanto, asegurando que los costos de la Halconería puedan ser asumidos completamente por los halcones, internalizado así las des-economías externas que ellos generan), lanzar una moneda cuando los halcones se encuentran en vez de pelear para determinar quién obtiene V, y así sucesivamente.

Los temas constitucionales y evolutivos pueden agregarse ahora: ¿cómo puede la estructura de las interacciones sociales –quién forma pareja con quién, para jugar qué juegos– ordenarse para que produzca resultados deseables en las poblaciones de actores autónomos como los descritos arriba? y ¿en qué condiciones es probable que estas soluciones institucionales sean exitosas evolutivamente (es decir, ser capaces de proliferar cuando sean escasas)? Para el juego anterior esto significa: ¿qué cambios en la estructura de las interacciones sociales podría reducir p*, la fracción de equilibrio de los halcones o incluso eliminar a los halcones totalmente?

Tabla 2.5
Juego Bourgeois del halcón y la paloma (pagos de los jugadores de la fila)

	Halcón	Paloma	Bourgeois
Halcón	***(v-c)/ 2***	***v***	*v/2 + (v-c)/4*
Paloma	***0***	***v/2***	*v/4*
Bourgeois	*(v-c)/4*	*v/2 + v/4*	*v/2*

La pérdida que caracteriza el equilibrio entre halcones y palomas ocurre porque los halcones pelean, no por explotación a las palomas (éste último puede parecer injusto, pero se realiza sin pérdida). Entonces una solución es hallar un modo de reducir el número de interacciones que se responden. Una forma, propuesta por uno de los creadores del juego, el biólogo John Maynard Smith (1974), es suponer que el premio es un sitio, como la red de una araña o un territorio de forraje, que es ocupado o adquirido en cualquier momento por uno de los dos componentes de la pareja, y luego presentar una estrategia que sea condicionada en el estado de propiedad de uno. La estrategia que sugirió Maynard Smith es "si es propietario, juega al halcón; si es intruso, juega a la paloma", a la cual llamó "Bourgeois" (véase la tabla 2.5).

Supongamos que la posesión nunca está en duda y que en cualquier interacción los miembros de la pareja tienen una probabilidad igual de ser propietarios. Por ejemplo, cuando Bourgeois encuentra a un halcón, la mitad del tiempo Bourgeois no es poseedor y entonces actúa como una paloma, evitando una pelea, mientras que la otra mitad del tiempo Bourgeois, como propietario, pelea (lo que hace el halcón obviamente), y con una probabilidad de ½ gana, produciendo un pago esperado de $(v\text{-}c)/4$. Luego el conjunto de estrategias expandido y la matriz de pagos esperada lucen como en la figura (las entradas en negrillas simplemente reproducen los pagos del juego estándar). Puede verse de inmediato que Bourgeois es un eee (compárese el pago diagonal con las otras entradas en la columna de Bourgeois). Así, una población de Bourgeois no podría ser invadida ni por halcones ni por palomas. Los babuinos hamadryas machos y un número dado de otros animales parecen comportarse de acuerdo con una estrategia Bourgeois, respetando la posesión de las hembras o el alimento de otros miembros incluso más pequeños de la misma especie (Sigg y Falett 1985).

La posibilidad de que los derechos de propiedad *pudieran* haber surgido de este modo no descarta el surgimiento de otras posibles normas en competencia sobre la división y la propiedad. Nótese que Bourgeois defiende lo que sería su estrategia equivalente, que llamaré "Robin Hood": "si es intruso, actúa como un halcón; si es poseedor, actúa como una paloma". (Podría pensarse que esto es descabellado, pero Maynard Smith (1974) reporta que al menos un animal –una araña con el nombre improbable de *Oecibus civitas*– hace justo esto, conllevando a una versión de araña de las sillas musicales). Sin mayor elaboración, las propiedades evolutivas de Bourgeois y Robin Hood son idénticas porque ambas reducen la frecuencia de las peleas exactamente del mismo modo (si haydudas, basta con escribir la matriz de pagos relevante). La clave del éxito de Bourgeois y Robin Hood es que ambos hacen uso de información adicional –quién es el poseedor– para crear una asimetría entre los jugadores (porque sólo uno del par puede ser un poseedor) que asigne soluciones a las reclamaciones disputadas sin pelear (asumiendo que múltiples intrusos Robin Hood no llegan simultáneamente). Cualquier otra asimetría, siempre y cuando no sea evitable fácilmente, también lo habría resuelto. Pero es más difícil proponer asimetrías manejables de lo que podemos imaginar; tratemos de usar "si es más alto que el otro, juegue al halcón". ¿Qué sucede entre los jugadores de aproximadamente la misma estatura?

Pero más importante que la ambigüedad en la superioridad por estatura, la ambigüedad puede deberse a la posesión. Por ejemplo, entre machos hamadryas, las peleas ocurren con frecuencia cuando existe una ambigüedad en la posesión. Consideremos el caso en el que en alguna fracción del tiempo $\mu \in [0, 1]$ jugadores intrusos de Bourgeois creen equívocamente que son los poseedores, o en algún caso actúan de ese modo, jugando al halcón, mientras en el papel de poseedor siempre juegan como halcón igual que antes. ¿Puede esta estrategia, que yo llamaré Bourgeois contendiente, ser un eee? Para responderlo, necesitamos tener en cuenta los pagos esperados de esta estrategia, cuando se juega contra sí mismo, para determinar si Bourgeois contendiente puede ser una mejor respuesta mutua (y por tanto un eee). Usando B (μ) para referirnos a la estrategia de Bourgeois Contendiente, tenemos que:

$$\begin{aligned}\pi(B(\mu), B(\mu)) &= \tfrac{1}{2}\,[(1 - \mu)v + \mu\,\tfrac{1}{2}\,(v - c)] + \tfrac{1}{2}\,\mu\,\tfrac{1}{2}(v - c) \\ &= \tfrac{1}{2}\,(v - \mu c)\end{aligned}$$

El primer término de la derecha expresa el hecho de que con la probabilidad de ½ el individuo es un poseedor, jugando al halcón, enfrentando a un intruso que como Bourgeois contendiente juega "correctamente" a la paloma ($1 - \mu$) del tiempo, confiriendo V al poseedor, pero μ del tiempo "de manera equívoca" juega al halcón, llevando al pago de conflicto $(v\text{-}c)/2$. El segundo término de la izquierda repite este pago de conflicto equivocado para los casos en los que el individuo es un intruso. Como se esperaba, el pago disminuye cuando aumenta la disputa en los derechos de propiedad, μ, y reproduce el pago halcón a halcón cuando $\mu = 1$, y el pago mutuo no disputado de Bourgeois cuando $\mu = 0$.

¿Podría proliferar un halcón invasor en una población homogénea de individuos Bourgeois contendientes? Sus pagos esperados contra Bourgeois contendientes son:

$$\pi(H, B(\mu)) = \tfrac{1}{2}\,(v - \mu c) + \tfrac{1}{4}\,(1 - \mu)(v - c)$$

Como esta expresión claramente es menor que $\pi(B(\mu), B(\mu))$ para $\mu < 1$, la invasión de halcones fracasará.

Pero el pago esperado de una mutación hacia el tipo paloma en un mundo Bourgeois contendiente es $(1 - \mu)v/4$, el cual, para algunos valores de $\mu < 1$, excede de $(v - \mu c)/2$ de manera que la Paloma es una mejor respuesta para Bourgeois Contestado. Así, Bourgeois contestado no necesita ser un eee. Si la disputa sobre los derechos de propiedad es suficientemente probable, los mutantes paloma proliferarán. Una invasión de palomas de una población de Bourgeois contendiente puede parecer sorprendente. Pero se desprende directamente, del hecho de que los derechos de propiedad están mal definidos o por alguna otra razón son disputados, que la estrategia Bourgeois contendiente no elimina completamente los conflictos costosos. En contraste, paloma lo logra, aun si la posesión es ambigua, por la sencilla razón de que el comportamiento de paloma no está condicionado a la posesión. Por lo tanto, cuando los conflictos son costosos, las reglas de participación equitativa pueden ser exitosas evolutivamente, aún si son vulnerables a la explotación ocasional por parte de quienes no siguen esa la regla.

Los "errores" de Bourgeois Contendiente son un ejemplo del juego de la no mejor respuesta (a veces llamada idiosincrática). Al igual que el tratamiento de la dominancia de riesgos del capítulo 1 y el azar en el juego de aseguramiento anterior, el análisis de la estrategia de Bourgeois contendiente sugiere que el azar (en la forma de juego idiosincrático) puede añadir más que simple error en una dinámica evolutiva. Pero hasta ahora, el juego idiosincrático, como la mutación, ha sido extraño en vez de decidido y resuelto. Como lo veremos, a veces las acciones representadas como "errores" se realizan por una razón (aunque posiblemente no sean captadas por el modelo). La importancia del juego de la no mejor respuesta se desarrolla adicionalmente en la modelización del proceso de acción colectiva y cambio institucional (capítulo 12) y en la coevolución de las preferencias y las instituciones (capítulo 13).

Conclusión: ¿Instituciones accidentales?

Concluyo con dos interrogantes: ¿los modelos evolutivos ilustran los procesos históricos reales? Y, si las instituciones efectivamente evolucionaron de modo espontáneo, ¿qué tan bien hacen la tarea de coordinar la actividad humana?

El modelo anterior muestra que los derechos de propiedad privada *pudieron* haber evolucionado espontáneamente, es decir, sin definición ni ejecución por parte de estados u otros terceros. Pero, ¿lo hicieron? Esta pregunta está lejos de ser respondida.

No solamente la propiedad, sino también otras instituciones económicas –el dinero y los mercados, por ejemplo– parecen haber evolucionado de esta forma, como un hecho histórico. Hayek (1945, 528) escribió: "El sistema de precios es tan sólo una de esas formaciones que el hombre ha aprendido a utilizar […] tras habérselo tropezado sin entenderlo". Robert Sugden (1989, 86) trata de explicar cómo "las normas que regulan la acción del ser humano pueden evolucionar sin el diseño humano consciente y mantenerse sin una maquinaria formal para hacerlas cumplir". A esto lo llama el "orden espontáneo" y llega a sugerir "que la institución de la propiedad en sí misma podría, en última instancia, ser una forma de orden espontáneo". En contraste, Marx (1967, 742), describió el eclipse de la propiedad común en favor de la propiedad individual como "la creación forzosa de una clase de proletarios forajidos, la disciplina sangrienta que los convirtió en trabajadores asalariados, (y) la vergonzosa acción del Estado que usó la policía para acelerar la acumulación de capital", y concluye (1967, 769): "Si el dinero 'llega al mundo con una mancha congénita de sangre en una mejilla', el capital llega goteando sangre y mugre de la cabeza a los pies, de cada poro". Uno no querría describir este proceso como espontáneo.

Naturalmente, nadie da por hecho que un modelo único tan simple como el del juego del halcón y la paloma Bourgeois proporciona un marco adecuado para ilustrar algo tan complejo e históricamente contingente como es el proceso mediante el cual los derechos de propiedad fueron modificados a lo largo de los años. Los modelos no explican la historia, pero pueden indicarnos hacia dónde mirar. Evaluar seriamente la idoneidad explicativa de alguno de estos modelos (o varios de ellos) requeriría un estudio tan detallado como el que ha analizado el paso de los derechos de propiedad feudales a modernos (Aston y Philpin, 1985), el final de la esclavitud (Genovese 1965, Fogel y Engerman 1974) o la modificación de los derechos de propiedad durante el colonialismo o la revolución industrial (Horwitz 1977, Sokoloff y Engerman 2000), o la modernización de sociedades simples (Ensminger 1996). Las diferencias en la esencia del pensamiento de Hayek y de Sugden, por un lado, y de Marx, por el otro, no se encuentran en la idea del modelo evolutivo en sí, sino en cuáles deben ser los ingredientes básicos de un modelo evolutivo adecuado. Por ejemplo, de la anterior cita nos queda claro que en un modelo con inspiración marxista habría un papel sustancial para una acción colectiva coordinada y un conflicto intergrupal, mientras que otros autores podrían darle menos importancia a estos aspectos de los procesos históricos. La modelización evolutiva le habrá hecho un gran favor al estudio del cambio institucional si puede proveer un marco para integrar los efectos agregados de un gran número de personas, cada una de ellas actuando por su cuenta y buscando sus propios fines y, al mismo tiempo, actuando junto con otros para quienes el cambio institucional es un proyecto, no un accidente. Regresaré a estas preguntas en el capítulo 11 (en el que modelo que desarrollo estará en la tradición de orden espontáneo) y en el capítulo 12 (donde el modelo representará un híbrido entre Darwin y Marx).

Mi segunda pregunta concluyente es: ¿cómo es de bueno el "relojero ciego"? Si las reglas que rigen las acciones sociales evolucionaran espontáneamente en vez de haber sido diseñadas, ¿podrían ser eficientes a pesar de ello? La sorprendente declaración de las teorías de la mano invisible es que pueden serlo. Un célebre resultado en biología, el teorema fundamental de Fisher, asegura que bajo las condiciones apropiadas de selección natural se generan niveles crecientes del estado físico promedio (Fisher 1930, Price 1972). El razonamiento análogo es común en las ciencias sociales: Douglass North (1981) resumió este punto de vista de la siguiente manera: "La competencia con miras a la escasez ubicua dicta que las instituciones más eficientes sobrevivirán y las ineficientes perecerán".[8] Así como lo sugiere la maximización de la capacidad física, ciertas

[8] Véase Jensen y Mecklin (1979). North, cuyo trabajo ha contribuido a disipar este punto de vista, comentaba: "Pero el hecho que el crecimiento haya sido más excepcional que el estancamiento o el

características de diseño de las especies en distintas ecologías, el estatus axiomático de resultados eficientes en algunos modelos económicos apoya fuertes proposiciones sobre los tipos de instituciones que uno esperaría hallar en ambientes particulares (Williamson 1985, Ouchi 1980). De igual forma, una idea central en el materialismo histórico de Marx (expresado en el epígrafe del capítulo 11) es que el avance de la tecnología puede hacer que instituciones *statu quo* sean anacrónicas. Cuando esto sucede se remplazan por instituciones mejor preparadas para coordinar la actividad económica, dado lo que él llamó las nuevas "fuerzas de producción". Desde el punto de vista de Marx, las instituciones finalmente se adaptan a las necesidades de resolución de problemas dictaminados por el avance de la tecnología.

Pero los modelos analíticos que apoyan las exigencias de este tipo se ofrecen rara vez y son difíciles de desarrollar. Los resultados mejor conocidos de la mano invisible no se aplican: los supuestos del teorema fundamental de Fisher no son menos restrictivos que aquellos del teorema económico del mismo nombre. Ambos excluyen empíricamente tipos importantes de interacciones: en el caso del teorema de Fisher, los efectos epistáticos (no aditivos) de los genes y otros efectos de la capacidad física que dependen de la frecuencia, y para el teorema de los economistas, los efectos interpersonales no sujetos a contratos completos (externalidades). Las interacciones con pagos individuales que dependen de la frecuencia, como aquellos considerados en este capítulo y en el anterior, violan estos supuestos. Recordemos que la capacidad física promedio de una población de halcones y palomas no se maximiza en la frecuencia de equilibrio de halcones, v/c sino en cero. Este máximo de capacidad física promedio, señaló Dawkins (1989b, 200), podría implementarse mediante una "conspiración de palomas", pero no aparecería a través de los procesos evolutivos espontáneos descritos en este capítulo.

No se aplican ni el teorema fundamental de los economistas ni el de los biólogos en casos en los cuales las interacciones son del tipo descrito en estos escenarios simples y aparentemente comunes. La idea clave aquí es sencillamente que la optimización individual –bien sea intencional o implícita, como en el caso de la selección natural

---

descenso sugiere que los derechos de propiedad "eficientes" son poco usuales en la historia" (North 1981, 6).

basada en diferencias en la capacidad física– no produce por lo general resultados óptimos a nivel global, aun si los individuos son miopes y el proceso de selección funciona durante un horizonte de tiempo prolongado.[9] La idea de que la selección competitiva de las instituciones a nivel grupal (ej., las convenciones estudiadas en el capítulo 1) podría producir resultados óptimos hace surgir problemas aún más severos que aquellos que confrontan argumentos de la mano invisible aplicados a rasgos individuales o a la disposición de bienes individuales. Existen cuatro razones para que esto sea cierto.

Primero, las instituciones presentan análogos en ambas economías externas (externalidades) y rendimientos crecientes generalizados: la factibilidad y efectividad de una institución depende típicamente tanto de la fracción de la población gobernada por esta como del conjunto de instituciones coexistentes. Algunas instituciones pueden ser complementarias, mejorando cada una el funcionamiento de la otra, mientras que otras pueden reducir la efectividad de las otras instituciones, produciendo lo que se denomina desplazamiento institucional. (Debemos regresar a estas preguntas –con ejemplos– en el capítulo de conclusión). Estos son análogos institucionales de las externalidades positivas y negativas entre individuos, y hacen muy improbable que algún proceso de selección competitiva entre instituciones a nivel de grupo acierten en la combinación más efectiva. Debido a que los comportamientos prescritos por una institución son mejores respuestas mutuas y debido a las complementariedades institucionales, existen típicamente múltiples configuraciones estables de las instituciones. Algunas de estas pueden ser muy ineficientes y sin embargo persistir durante períodos prolongados. Algunos ejemplos se documentan ampliamente en la literatura antropológica e histórica. La gente de Fore, en Nueva Guinea, persistía en una forma de canibalismo fatal para sí mismos. Los tasmanios e islandeses hambrientos estuvieron rodeados durante siglos por océanos repletos de peces que no se molestaban en atrapar.[10] (Los Tasmanios habían estado pescando gente pero por razones desconocidas dejaron de hacerlo hace 4.000 años).

[9] Lo máximo que puede decirse es que las estrategias *dominadas estrictamente* se eliminarán bajo dinámica evolutiva plausible –esto se debe a que las estrategias dominadas nunca son una mejor respuesta, independientemente de lo que otros hagan, entonces el problema de las interacciones sociales no contractuales no surge–. Vale la pena notar que esta aseveración débil no es cierta en la dinámica de tiempo discreto (Weibull 1995).

[10] Durham (1991), Edgerton (1992), Eggertsson (1996), Henrich (2002).

Segundo, aun cuando existan procesos evolutivos que seleccionan entre instituciones a nivel grupal, estos generalmente fracasarán al implementar soluciones eficientes. La destreza militar de un grupo (en vez de alguna medida de eficiencia plausible) puede explicar el éxito en el conflicto intergrupal (capítulo 13). Una dinámica evolutiva dentro del grupo puede pasar por alto una convención dominante en pagos (ej., sembrar temprano en Palanpur) porque el otro equilibrio es dominante en riesgos y por tanto tiene una cuenca de atracción más grande (capítulo 12).

Tercero, el rango de variación institucional o de comportamientos en el cual ocurre la selección puede ser altamente restringido. Como lo recalcó Ugo Pagano (2001), la creación de instituciones novedosas está relacionada con el surgimiento de especies nuevas y requiere de la confluencia de un gran número de variaciones improbables en el *statu quo*. Pero desde que Darwin luchó con el problema en *El origen de las especies*, la producción de diseños novedosos a través de la variación aleatoria ha continuado siendo un misterio. Los biólogos reconocen "nichos ecológicos no ocupados" que persisten durante períodos muy prolongados, capaces de soportar organismos que ocupan nichos semejantes en cualquier parte pero que carecen de mutaciones y otros eventos del azar que hubieran causado su existencia (Maynard Smith 1998, 289). De manera semejante, los rasgos comunes del comportamiento humano, como castigar a quienes violan las normas, pudieron no haber aparecido totalmente desarrollados como resultado de una mutación o una innovación de comportamiento por parte de un solo individuo (también es necesaria una norma compartida: un castigador solitario habría corrido riesgos de reducción de la capacidad física, y así sucesivamente). Existe una gran variedad de comportamientos humanos e instituciones que aún no se han intentado.

Por último, las tasas de cambio inducidas por procesos de selección del mundo real –bien sea que funcionen en características transmitidas genética o culturalmente– pueden ser lentas en cuanto al ritmo o paso de los cambios inducidos por otras fuentes, como el azar de los eventos, o cambios exógenos en el conocimiento, o el número y tipos de individuos, organizaciones o tecnologías que están en competencia.

Estos cuatro puntos pueden expresarse con un ejemplo visual. Los procesos de selección aplican un camino para escalar la montaña, no siendo necesario que alcanzar la cima tenga alguna relación ligada a criterios normativos como la eficiencia. Podría haber muchas cimas, así que podría ocurrir que una población no llegase nunca a explorar una gran parte de la topografía y podría ocurrir que escalaran la montaña equivocada; la velocidad de ascenso podría ser abrumadora dados los cambios en la topografía subyacente, entonces podría ocurrir que nunca se alcanzara una cima. Hayek fue uno de los impulsores de los argumentos de la mano invisible y avanzó en un argumento prudencial en contra de ajustar los productos de los procesos de selección evolutiva. Sin embargo, fue prudente en sus argumentos sobre la optimalidad de los resultados de la evolución: "En modo alguno afirmo que el resultado de la selección de los hábitos de comportamiento tenga por qué ser siempre reputado 'bueno' al igual que nunca me atrevería a afirmar que otros entes que han conseguido superar con éxito la prueba de la evolución –por ejemplo la especie de las cucarachas– tengan algún valor moral" (Hayek 1988, 27).

A pesar de demostrar que los argumentos existentes de la mano invisible son equívocos cuando se aplican a las instituciones y a los rasgos de comportamiento, el anterior razonamiento no descarta otros modelos mediante los cuales los procesos evolutivos podrían demostrar que implementan soluciones eficientes, al menos en algún sentido aproximado o segundo mejor sentido. E incluso si fuéramos a concluir que el relojero ciego no es un artesano o artífice muy bueno, esto no disminuiría la importancia de los enfoques evolutivos. Regresaremos a estas preguntas cuando tengamos en cuenta las propiedades de eficiencia del proceso de cambio institucional en los capítulos 11 al 13, que presentan dos métodos de modelización –teoría evolutiva de juegos estocásticos y dinámica evolutiva basada en selección multinivel–. Ambos métodos dan una expresión analítica de versiones sorprendentemente sólidas de los argumentos de la mano invisible. Una conspiración de palomas también hará una aparición.