

# ¿Sueñan las máquinas?: de los agentes económicos como cyborgs<sup>1</sup>

---

Philip Mirowski

---

## I. De por qué los historiadores deberían familiarizarse con los cyborgs

**U**no de los propósitos de este breve trabajo es el de sugerir que la mayor parte de lo que ha sido escrito bajo la rúbrica de «historia del pensamiento económico» está obsoleto, no sólo porque se ha hecho aburridamente repetitivo en su demostrada incapacidad para sorprendernos y entretenemos en lo que afecta a nuestro pasado; sino, y esto es más preocupante, porque se ha demostrado incapaz de conectar con las preocupaciones del economista neófito y medio, a quien le gustaría disponer de una base sobre la que poder emprender una especulación coherente sobre el porvenir de su disciplina, la ciencia económica. El patetismo de las respuestas paletas e infantiloides que los licenciados en economía dan cuando se les pregunta por sus héroes intelectuales (Klamer y Colander, 1990, p. 42) o la estrechez de miras intelectuales de una gente que raramente se aventura más allá de la imitación de sus maestros, escasamente seis años mayores que ellos, son dos síntomas del fallo catastrófico de los historiadores de la ciencia económica, que no han sabido proporcionar un mínimo de distancia reflexiva y perspectiva a sus lectores.

Con la desaparición de la representación histórica dentro del cuerpo profesoral de los departamentos punteros de económicas, dudo que quede ya fundamento razonable alguno para seguir pensando que la situación puede ser invertida desde el interior de la propia disciplina de la historia del pensamiento económico. Sugeriré por tanto que la mejor esperanza futura para la reorientación de la historia de la ciencia económica proviene del exterior: a saber, de una coalición de autores que trabajan en el campo de los estudios sociales de la ciencia (Pickering, 1995; Heims, 1991), antropólogos/filósofos de la ciencia (Latour, 1993) y la moderna tercera generación de pensadoras feministas (Keller, 1995; Haraway, 1991) quienes recientemente han reformulado la entera problemática de las relaciones entre las ciencias sociales y las ciencias naturales en el mundo inmediatamente posterior a

la Segunda Guerra Mundial. Aunque estos investigadores no hayan tratado *específicamente* de la situación de la moderna ciencia económica, sus observaciones en relación con la biología, las ciencias de la computación, la investigación de operaciones y otras disciplinas colaterales pueden hacerse extensivas a la ciencia económica, con consecuencias de largo alcance. En este trabajo intentaremos esbozar a grandes rasgos las líneas maestras de un programa tal de investigaciones.

El principio rector de esta nueva coalición de historiadores/sociólogos es la insistencia en que la concepción académica de ciencias distintivas y auto-suficientes durante el período de posguerra ha quedado obsoleta, y debería ser reemplazada por la noción más abarcadora de una *ciencia cyborg*. Cuando uno se encuentra por primera vez con este término, una reacción inicial muy plausible es la de entenderlo como una prematura capitulación a la debilidad finisecular por la acuñación de frasecitas monas y vacías; suele evocar también imágenes infantiles de «La Guerra de las Galaxias» o, si la audiencia está un poco más puesta al día en la cultura popular, el *Neuromancer* de William Gibson. Las evocaciones sin fin del «ciberespacio» se han probado tan anestésicas sobre el pensamiento comedido que el lector podrá ser fácilmente disculpado si se siente inclinado a rechazar esta terminología con disgusto o desdén (de entre las ridículas sugerencias de programa político que ha desatado esta nueva moda cultural, la de que la población situada por debajo del umbral de pobreza intercambie sus subsidios por créditos fiscales para adquirir ordenadores portátiles no ha sido la peor de todas). Y sin embargo, como estos autores han sido los primeros en recordarnos, el término «*cyborg*» no apareció por primera vez en las etéreas esferas de la ciencia ficción o de la información-espectáculo; no señor, fue en un informe técnico de 1960 de las Fuerzas Aéreas Estadounidenses (Pickering, 1995, p. 3), y este hecho es indicativo de la importancia del concepto. La *ciencia cyborg* servirá aquí como abreviatura de la transformación específica sufrida por los asuntos tratados por una disciplina particular, y del modo según el cual esta transformación suele llevarse a cabo.

Podemos comenzar por la definición de los temas que aborda la ciencia cyborg que nos da Pickering (1995, p. 21): «A diferencia de las ciencias naturales tradicionales que hayan sus fun-

damentos ontológicos en el mundo natural, o de las ciencias sociales tradicionales cuyo referente es lo distintivamente humano (o social), la ontología de una ciencia como la investigación de operaciones era la operación, la realización de un ensamblaje heterogéneo de seres humanos y máquinas.» Dicho de otro modo, las ciencias *cyborg* no suelen respetar la Gran División entre lo Natural y lo Social, más bien al contrario muestran cierto alegre regodeo en la violación de estas expectativas. El objeto de estudio paradigmático de la ciencia *cyborg* desde la posguerra de la Segunda Guerra Mundial fue y es el ordenador, mientras que la ciencia *cyborg* por excelencia es la ciencia de computadores o «ciencia cognitiva». Puede reconocerse una ciencia *cyborg* por las preguntas que se plantea, tales como «¿Puede pensar una máquina?» o «¿cómo se puede distinguir una computadora de una persona?» o «¿Pueden ser patentadas las formas de vida?» (OTA, 1989). Las ciencias *cyborg* suelen ser el resultado de la invasión de una ciencia, por lo general una que trata nominalmente del mundo biológico o social, por otra que supuestamente versa sobre el mundo inanimado, produciéndose un curioso híbrido que adquiere entonces una cierta vida y momento propios. El logro de estudiosos de la ciencia como Pickering, Kay y Fox Keller ha sido el de alertarnos de que existe ahora todo un abanico de ciencias *cyborg*: la genética molecular, la teoría de la información, la ciencia de computadores, la teoría del caos, la cibernética, la neuropsicobiología, la vida artificial, la teoría de sistemas, la investigación de operaciones y la teoría de juegos.

Pero las ciencias *cyborg* no se distinguen solamente por el tipo de objetos que estudian. Si tuviésemos que depender únicamente de este criterio, la lista de más arriba sería excesivamente embarullada y heterogénea para servir como una clasificación apropiada. La otra característica distintiva primaria de las ciencias *cyborg* es que fueron generalmente construidas por una nueva simiente de administradores científicos, forjados en las experiencias de la Segunda Guerra Mundial y patrocinados por un grupo de fundaciones filantrópicas y mecenazgos militares. *Las nuevas ciencias cyborg no aparecieron de manera espontánea, fueron manufacturadas conscientemente.* Esto ocurría en primer lugar cuando un administrador científico reclutaba a científicos preocupados por problemas

del mundo inanimado, los emparejaba con colaboradores provenientes de las ciencias de la vida o las ciencias sociales, y proveía luego al grupo de financiación sin límites con el objetivo de producir un híbrido que satisficiera las necesidades o requerimientos prospectivos de sus patrocinadores. De modo que la castaña aquella del científico solitario que sigue libremente sus propias inclinaciones hacia donde quiera que le lleven *no* se aplica por lo general a las ciencias *cyborg*. Éste solía ser el caso incluso aunque algunos de los más preeminentes administradores de las ciencias *cyborg* se adscribiesen públicamente a las viejas imágenes del *laissez-faire* científico. Las ciencias *cyborgs* son «Big Science» por excelencia, el producto de una coordinación planificada de equipos con objetivos preestructurados, caro equipamiento interdisciplinar y modos de operar explícitamente impuestos. La estructura de la ciencia *cyborg* muestra de manera frecuente la fascinación castrense por la trinidad «órdenes, control e información», tanto al nivel de la conceptualización como al de la implementación; rápidamente acaba convirtiéndose en la provincia de una élite técnica estrechamente definida, un grupo que mantiene su estatus en gran medida gracias a sus nuevas posiciones en las encrucijadas del complejo militar/gubernamental/industrial.

¿Pero por qué deberían importarle estas cosas a un historiador del pensamiento económico? Mi tesis es que aquello que finalmente llegó a convertirse en la ciencia económica ortodoxa, muy especialmente a fines del siglo XX, debería ser equiparado junto con la ciencia de computadores como el otro aposento paradigmático de la ciencia *cyborg*, por lo menos en Estados Unidos. Sin embargo, una apreciación completa de esta tesis requiere la formulación de otra tesis complementaria como prerrequisito: que el desplazamiento cultural hacia las ciencias *cyborg* está acompañado de otro desplazamiento, a saber, desde la física propiamente dicha como paradigma de todo conocimiento humano efectivo hacia una amalgama de biología/teoría de la información/física, un paquete que continúa aun desplegándose a través de las ciencias humanas y naturales. Es esta relativa subordinación de la física a una naciente «teoría general de la información» aquello que ha sido previamente malinterpretado por varios comentaristas de la relación entre la economía neoclásica y las ciencias naturales como interpretante<sup>2</sup> de las

tendencias modernas del análisis económico (Ingrao e Israel, 1990; Cohen, 1994), lo que ha provocado que se llegase a sugerir que la «envidia de la física» no constituye ya un factor operativo en el desarrollo de la ciencia económica del siglo XX.

Una vez que hemos llevado a cabo esta recalificación de la ciencia económica en la topografía general de las empresas intelectuales del siglo XX, lo que se requiere de manera subsiguiente es la revisión completa del canon todo de la historia del pensamiento económico. Esto servirá también para recuperar la función que la investigación histórica solía jugar dentro de la disciplina de las ciencias económicas: *proporcionar una narrativa que explique los nacientes desarrollos del presente así como los difuntos desarrollos del pasado*. Déjenme sugerir una primera razón por la que un economista debería familiarizarse en mayor medida con esta literatura. Toda gran transformación ocurrida en la ortodoxia de las ciencias económicas tras la Segunda Guerra Mundial es más o menos función directa de un desarrollo anterior en una ciencia *cyborg* próxima; más aun, la innovación solía ser promovida inicialmente por uno de los actores principales de las ciencias *cyborg* preexistentes con el apoyo directo del mecenazgo militar o de alguna fundación. El primer y más obvio ejemplo es la invención y el amamantamiento de la teoría de juegos por parte de von Neumann. El siguiente es el trabajo de Norbert Wiener en el campo de la predicción balística, que finalmente acabaría constituyendo la base para la teoría de las expectativas racionales. El tercer ejemplo es la nueva ciencia de la «cibernética» alumbrada por el mismo Wiener y la teoría de autómatas lógicos de von Neumann, que constituyen las principales fuentes de inspiración tras los trabajos del moderno Instituto de Santa Fe y su programa de «ciencias de la complejidad»<sup>3</sup>. El cuarto es la teoría de la información de Shannon y Weaver, que inspiró el «giro» de Friedrich von Hayek desde la economía convencional a la profecía de una teoría científica de la complejidad que sirviese como soporte al discurso político del neoliberalismo económico. El quinto es la teoría de la «racionalidad limitada» de Herbert Simon que acabó transformada en su propia versión de la «inteligencia artificial». Y aun hay muchas más genealogías de *cyborgs* en la ciencia económica moderna por ejemplo, «el análisis experimental del comportamiento

animal», como en Kagel *et. al.*, 1995, o los enfoques «evolutivos» del equilibrio de Nash en la teoría de juegos), pero considero que estos cinco casos cubren de sobra la frontera de la investigación económica en los años noventa como para justificar la siguiente aserción: *Aquello que es considerado «excitante» por la élite de la vanguardia investigadora en la ciencia económica ortodoxa norteamericana, por no hablar de los más brillantes de entre los estudiantes graduados, está determinado por lo que otras ciencias cyborg habían precipitado una generación anterior.* Este trabajo pretende tan sólo esbozar parte de la evidencia histórica existente para sostener esta afirmación. Una evaluación de las implicaciones de esta tesis para la filosofía de la ciencia económica deberá esperar una exposición separada.

## II. Del mecanismo a la disipación, de los demonios a los patrones



*El cuerpo humano es una máquina que mueve sus propias manivelas»*

La Mettrie

*«En el universo de Gibbs el orden es lo menos probable, el caos es lo más probable. Pero mientras que el universo como un todo tiende a decaer, existen enclaves locales cuya dirección parece oponérsele... La vida encuentra su hogar en algunos de estos enclaves. Es con este punto de vista incrustado en su centro como la nueva ciencia de la Cibernética comenzó su desarrollo.»*

Norbert Wiener

Una de las razones por las que la ciencia económica constituye un imán para los *cyborgs* es que el concepto de división del trabajo es uno de los temas primordiales en las ciencias *cyborg*. La metáfora de la cooperación sincrónica de los varios órganos del cuerpo como ejemplificación de cualquier modo de organización se remonta a los comienzos de la historia escrita (Mayr, 1986); pero el uso de esta metáfora para explicar la sincronización de las máquinas propiamente dichas es más o menos contemporáneo del surgimiento de un discurso auto-consciente sobre

la economía política. Una historia elaborada de las interacciones recíprocas de la computadora y la fábrica está empezando a ser escrita justamente ahora: el papel de los escritos de Adam Smith como fuente de inspiración de la fábrica de cálculos logarítmicos de de Prony (Grattan-Guinness, 1990); el impacto de la economía política en la elaboración del motor analítico de Babage en la década de 1820 (Schaffer, 1994); la contribución de William Stanley Jevons a la lógica automática (Grattan-Guinness, 1991; Weagle, en prensa, b).

Y, sin embargo, la historia de los *cyborgs* es ante todo un fenómeno del siglo XX, no sólo porque los primeros autómatas y simulacros mecánicos datan de nuestra época, sino sobre todo en razón del modo en que los simulacros han sido reconceptualizados y llevados a cabo. Esta transformación queda captada en la juxtaposición de las citas de La Mettrie y Wiener en el prefacio de esta sección. En el siglo XVIII, cuando Vaucanson fabricó sus autómatas, su pato y su flautista mecánicos, se pretendía que estos artefactos ejemplificaban las virtudes de la regularidad, el orden y la armonía a través de la integración de elementos que interactuaban entre sí de manera trivial, sujetos a una fuente de poder central, lo cual «ilustraba y de hecho reforzaba la concepción general del determinismo sostenida por todo el mundo.» (Mayr, 1986, p. 119). La vida era considerada como algo esencialmente similar a otros fenómenos naturales bien ordenados, como el sistema solar o una burocracia estatal eficiente. El imperio cultural de este determinismo podía crear problemas en su confrontación con las nociones de libertad y voluntad, como insistía Kant, pero tales argumentos solían ser desterrados en un contexto dominado por la presunción de que existía una suerte de dinámica intemporal, un encuentro infinitamente repetido entre mónadas sin ventanas en un espacio completamente desnudo. Este enfoque mecánico de las interacciones humanas recibió un empujón inicial tras el surgimiento del concepto de energía a mediados del siglo XIX, como he mostrado en otro lugar (Mirowski, 1989); y la versión que inscribía estas leyes bajo el signo de la optimización sujeta a restricciones como cálculo de extremos en funciones lineales, proporcionó la inspiración para la economía neoclásica.

La metáfora mecánica fue transformada hasta quedar irreconocible durante la parte final del

siglo XIX, como lo han hecho notar un buen número de historiadores: «la máquina del siglo XVIII era un producto del universo newtoniano con su multiplicidad de fuerzas, fuentes dispares de movimiento y mecanismos reversibles. Por contra, la máquina del siglo XIX, modelada sobre el motor termodinámico, era un "motor", el criado de una naturaleza poderosa, concebida como un almacén de poder motivador. La máquina era capaz de trabajar sólo cuando estaba alimentada por una fuente externa, mientras que el motor estaba regulado por principios dinámicos internos, convirtiendo el combustible en calor y el calor en trabajo mecánico. El cuerpo, la máquina de vapor y el cosmos estaban conectados por una cadena de energía única e interminable.» (Rabinbach, 1990, p. 52).

La física se había embarcado en un período de autocrítica a fines del siglo XIX con respecto a la estirpe de determinismo anterior y su correspondiente tratamiento del fenómeno de la vida. Si realmente la energía se conservaba ¿que ocurría entonces con el cuerpo, que parecía degradarse con el tiempo? La respuesta se buscó en principio en el fenómeno del calor, el concomitante inevitable de la vida, y de esta búsqueda resultó en última instancia el nuevo campo de la termodinámica. Es de crucial importancia para nuestra historia observar que la economía neoclásica se separó de la física justo antes de que ésta completase la elaboración del segundo principio de la termodinámica (Mirowski, 1989, pp. 389-90), y que nunca lograrse tratar adecuadamente los problemas de la disipación y la orientación temporal<sup>4</sup>. Se dejó inicialmente a los físicos y a sus compañeros de viaje el tratamiento de los problemas del lugar de la vida (y del trabajo) en el universo físico; y es en los escritos de James Clerk Maxwell donde los historiadores de la ciencia citados más arriba tienden a datar el surgimiento de la ciencia *cyborg*.

La historia del Demonio de Maxwell ha sido ya muy bien contada en otros muchos lugares (Brush, 1983; Keller, 1995; Leff & Rex, 1990); de modo que nosotros echaremos solo una breve ojeada a la génesis de este pequeño progenitor de nuestra narración. La segunda ley de la termodinámica establece que el calor se mueve solamente desde un cuerpo caliente hacia otro más frío, pero James Clerk Maxwell y otros pensaron que si el calor era mero movimiento molecular, entonces debería haber algún método mecánico para violar la segunda ley a un

nivel microscópico. En una carta de 1867 dirigida a Peter Tait, Maxwell imaginó un homúnculo estacionado en el dintel de una puerta que separaba un gas frío de un gas caliente. Puesto que el gas más frío estaba a su vez compuesto de moléculas más lentas y más veloces, el ágil Demonio podía esperar hasta que una de las moléculas más rápidas se acercase a la puerta, abrirla rápidamente para que la molécula pasase al gas más caliente, y cerrarla a continuación con una diligencia más precisa aun para evitar la «inevitable» migración inversa de las moléculas más rápidas del gas más caliente. Mediante este *modus operandi* el Demonio podía hacer pasar un flujo de calor de un cuerpo más frío a otro más caliente y violar la segunda ley. Esta posibilidad cobraba aun mayor significado en el contexto de la cultura Victoriana, donde el incremento de la entropía predicho por la segunda ley de la termodinámica era concebido por la mentalidad popular como la Muerte Térmica final del Universo<sup>5</sup>. Es necesario ver que el fenómeno de la disipación del calor se entrelazaba en aquella época con la muerte, tanto la del cuerpo individual como la del universo como un todo. Pero este hecho habría de señalar el camino hacia nuevas calamidades metafóricas, puesto que la posibilidad de violación de la segunda ley de la termodinámica implicaba que en principio podía ser posible construir una máquina en movimiento perpetuo; engañar a la muerte era una cosa, pero engañar al capitalismo obteniendo algo a cambio de nada era otra bien distinta.

Los legos en la materia suelen pensar que la ciencia trata de hechos incoloros y fórmulas prohibitivas; muy al contrario, protagonistas folclóricos como el Demonio de Maxwell suelen con frecuencia ser también muy importantes en el movimiento del pensamiento científico. El hecho de que un desfile tan ilustre de físicos, de Maxwell a Kelvin a Schrödinger a Szilard a Brillouin a Landauer a Bennet se hayan tomado tan en serio a este mágico engendro es un prueba incontrovertible de esta observación. Como han señalado Leff y Rex (1990, p. vii), el Demonio mismo ha sido declarado difunto varias veces, tan sólo para regresar de nuevo desde su tumba vestido de una nueva guisa. Las dos imágenes gemelas del Demonio y la disolución aterrizaron los sueños de los físicos en el cambio de siglo, y han aguijoneado su búsqueda intermitente de un lugar para la vida en un universo

que ahora le es hostil. Como lo sugiere Fox Keller (1995, p. 52), «entre la promesa de desarrollo progresivo de la teoría de Darwin y la amenaza de decadencia y disolución inexorable implicada en las leyes de la termodinámica, Maxwell vislumbró una tercera posibilidad en la naturaleza de las estructuras moleculares —ni el progreso ni el decaimiento sino la estabilidad.»

En las mentes de muchos, el Demonio venía a representar el triunfo improbable de la Vida sobre la Muerte (aunque sólo fuese de manera provisional); pero la belleza de la sinécdoque estaba realmente en que seguía dejando infradeterminada la naturaleza de la vida. ¿Qué era aquello que hacía prevalecer la vida, o mantener la homeostasis frente a la degradación entrópica? Las respuestas a estas preguntas eran muchas y variadas (Leff y Rex, 1990), pero aquí nos centraremos sólo en dos de ellas, que son las que proporcionan inspiración directa a las ciencias *cyborg*: la imagen de una vida que se alimenta vorazmente de bolsillos preexistentes de baja entropía o entropía negativa, y la imagen de la vida como mantenimiento inteligente de «memoria» ante la amenaza de la disipación. Ambas, la genética molecular y la teoría de la información encuentran su punto de partida en el portal guardado por tan versátil Demonio.

La conexión entre el Demonio y la caracterización de la vida suele ser remontada a un artículo «seminal» de Leo Szilard publicado en 1929 cuyo objetivo era «hallar las condiciones que aparentemente permiten la construcción de una máquina de movimiento perpetuo de segunda especie, si se permite a un ser inteligente intervenir en un sistema termodinámico» (en Leff y Rex, 1990, pp. 124-133). No podemos detenernos ahora en el curioso aparato descrito en este trabajo, donde una molécula de un gas es puesta a trabajar sobre un pistón, pero fue la interpretación teórica sobreimpuesta sobre este artefacto la que reverberó durante décadas en el pensamiento científico. Szilard sugería que podía evitarse infringir la Segunda Ley mediante la asociación de las medidas de velocidad tomadas por el demonio con la producción de entropía<sup>6</sup>. Como físico que era, Szilard insistía en que «la ignorancia de los fenómenos biológicos no nos impide comprender lo que parece ser el tema esencial.» Dejando al margen cualquier tipo de pegos que podrían ponerse para cuestionar el claro carácter reduccionista y antibiológico de la figura idealizada del Demonio —por

ejemplo, la disipación energética de su sistema nervioso, o la implausibilidad del hecho de que su propio calor no influyese sobre el movimiento de las moléculas— Szilard postulaba que aquello que permitía escapar al cumplimiento del Segundo Principio era la capacidad de *memoria* poseída por el Demonio; de ahí se seguía que lo que contrarrestaba esta capacidad era el acto mismo de la medición, que hacía aumentar la entropía al menos en la misma medida en que el uso de la memoria la hacía disminuir. Lo que había aquí era, en síntesis, una nueva construcción del significado de la vida: la memoria, que permitía el aparente auto-ligamiento de la energía libre, más la observación, que reimponía la disciplina de la escasez al implicar en sí misma un coste. Mientras que la alianza entre la vida y la cognición era algo nuevo, la combinación de memoria más observación dejaba a la vida poco más allá de donde había estado antes en la física: seguía siendo inexplicable. Una posible respuesta a este acertijo fue proporcionada por Erwin Schrödinger en su ensayo *What is Life?* Allí sugería (de manera plausible) que había «un precioso algo contenido en nuestros alimentos que nos alejaba de la muerte»; pero como físico que era, esto no quería decir lo mismo que lo que dice tu madre cuando te manda comer tus espinacas. Schrödinger proponía que la vida no viola la segunda ley, sino que la engaña, arreglándoselas para estar «continuamente chupando ordenación de su entorno». Era recomendable que este tipo de engaño fuese perfectamente compatible con un sistema económico de mercado: así nadie estaría ganando algo a cambio de nada. Aunque esta era una manera de elaborar la respuesta, en sí misma no permitía distinguir la vida de, pongamos por caso, un agujero negro. Por lo cual se requería una vuelta de tuerca más a la imaginación: «El sorprendente don poseído por los organismos para concentrar dentro de sí una “corriente de orden” y poder escapar así a su disolución en el caos atómico... parece estar conectado con la presencia de “sólidos aperiódicos”, las moléculas cromosómicas.» (1944, p. 82). Como lo demuestra Fox Keller, este fue el comienzo de la doctrina de la «molécula maestra» en biología molecular, la proteína privilegiada para la que «no se aplican las leyes de la física» (1995, pp. 72 y ss).

Fox Keller ha llevado a cabo un fantástico trabajo rastreando las metáforas que desembo-

caron en la construcción del «gen»: centro de control militar, inteligencia masculina, Demonio de Maxwell, vampirismo neguentrópico, computadora auto-referente, y la única parte realmente importante de la célula. Sólo añadiremos que esta historia de la «carrera por la doble hélice» entre las décadas de 1930 y 1950 estaría incompleta si no incluyese a Warren Weaver. Weaver, el Svengali de las ciencias *cyborg*, fue la persona que acuñó el término «biología molecular» y trajo al mundo este campo científico en 1930 en su condición de director de programas de la Fundación Rockefeller (Kohler, 1991; Kay, 1993). Weaver presentía que las disciplinas científicas convencionales, especialmente la biología, no estaban adecuadamente configuradas para operar las grandes rupturas científicas que aguardaban allá afuera; de modo que animó a todo tipo de físicos y químicos a saltar las barreras disciplinares y sacudir a la comunidad biológica. Como más tarde admitiría, «Me inicié en la genética, no porque en 1932 me hubiese dado cuenta del papel clave que esta materia estaba destinada a jugar, sino, al menos en parte, porque era el campo más afín para alguien con formación matemática.» (Weaver, 1970, p. 69). Su amor por la interdisciplinariedad, una de las etiquetas de las ciencias *cyborg*, que en la práctica no consistía en otra cosa que en cálidas exhortaciones a físicos para aventurarse allá donde ningún otro físico había osado entrar antes, era algo que Weaver estaba preparado para poder respaldar con duro y frío dinero; y cuando la doble hélice fue al fin hallada, a Weaver le faltó tiempo para reivindicar aquel descubrimiento como la confirmación de ese su entusiasmo (Kohler, 1991, p. 330).

La biología molecular era tan sólo una de las posibles elaboraciones de la secuencia narrativa engendrada por el Demonio de Maxwell; otra, era la teoría de la información. Este conjunto de acontecimientos tiene aún que encontrar su historiador, aunque pueden encontrarse buenos prolegómenos (en Aspray, 1985; Hayles, 1990, ch. 2; Bennet, 1987; Leff & Rex; Kay 1995). La narración comienza aquí con el artículo de Leo Szilard de 1929, pero rápidamente se desboca fuera de control con un puñado de desarrollos aparentemente no relacionados entre sí, como el libro de von Neumann de 1932 sobre los axiomas matemáticos de la mecánica cuántica, las investigaciones de Claude Shannon sobre la capacidad de los canales de transmisión, los tra-

bajos de Alan Turing sobre computación y desciframiento de códigos criptográficos, la cibernética de Norbert Wiener, y el trabajo de Henry Quastler sobre el código genético. Pero antes de que nuestra propia narración sucumba a la degradación entrópica, será prudente restringir nuestro relato a las solas vicisitudes del famoso Demonio, por lo menos temporalmente. Lo que parece haberles escapado a un gran número de historiadores de la física es el hecho de que los partidarios de esta peculiar Demonología podían ser divididos en aquéllos que creían que el Demonio (y por tanto «la vida») incorporaba algún principio que permitía detener o violar las leyes de la termodinámica, y aquellos otros que consideraban esta posibilidad un puro sinsentido vitalista. Curiosamente, esta batalla tendió a encarnizarse cada vez más en relación con el significado de la inteligencia y la «información», probablemente a causa de que la mayor parte de los contendientes eran físicos ignorantes de los detalles «húmedos» de la biología, y también en razón del giro dado al asunto por Szilard, más bien que por cualquier otra capacidad o atributo putativo del Demonio. Por ejemplo, en 1949, Leon Brillouin intentaba vincular el aumento de entropía ocasionado por la medición con la teoría clásica de la radiación en los cuerpos negros, insistiendo en que el Demonio sería incapaz de «ver» las velocidades relativas de las moléculas sin una fuente externa de fotones. Esto le sugería a Brillouin que la fuente última de la disminución de la entropía era la información, o como él mismo decía, «información es neguentropía».

Pero algo raro ocurrió en este sendero del saber allá a fines de la década de 1940: mientras que la entropía desarrollaba fuertes vínculos con la «información», la información misma iba progresivamente divorciándose del significado. Como lo hace notar Hayles (1990, p. 46), «A partir de ahora, el control de la entropía era visto cada vez más, no en términos de una voluntad humana luchando contra la disipación universal, sino como intercambios de información procesados a través de máquinas.» Parece que Szilard y Brillouin hablaban de la información como si fuese literalmente comensurable con la entropía termodinámica, aunque se estableció una pequeña confusión porque Szilard pensaba que el signo de la información era positivo, mientras que Brillouin insistía en que era negativo. La situación se vio aun más enra-

recida cuando se hizo posible abstraer aun más la información aislándola en máquinas y tratando su medida como *análoga* a la medida de la entropía en termodinámica.

El protagonista principal de esta tendencia, y quizá el modelo mismo del científico *cyborg* moderno, fue Claude Shannon. Habiendo conseguido un puesto en el MIT como ayudante de investigación de Vannevar Bush, para asistirle en la elaboración de su analizador diferencial, Shannon redactó en 1938 una tesina de licenciatura en la que mostraba que los circuitos de conexión electrónica podían ser descritos mediante un álgebra de Boole, un hecho que ahora hemos llegado a considerar algo meridiano en nuestra moderna sociedad digitalizada. Tras escribir una tesis doctoral sobre la descripción matemática de la herencia, Shannon se mudó a los Laboratorios Bell y escribió su clásico de 1948 *Mathematical Theory of Communication*. Apoyándose tan sólo en el uso de herramientas matemáticas idénticas más que en cualquier isomorfismo pronunciado en relación con el contenido termodinámico teórico, Shannon escribió una función de las probabilidades de códigos de mensajes en líneas de transmisión y llamó a esta expresión para la capacidad de transmisión «entropía»<sup>7</sup>. Por supuesto, la principal preocupación de Shannon era formalizar la cuestión de la exactitud en la transmisión de información digitalizada, pero el giro perverso dado al término «entropía» derivó en todo tipo de confusiones, excitación y malentendidos en relación con el rango de aplicabilidad de esta nueva «teoría de la información» (Georgescu-Roegen, 1971, apéndice B). De hecho, se puede sostener que Shannon mismo fue aquí un poco perverso (si no demoníaco), puesto que pretendió claramente que sus ideas se extendiesen más allá del ámbito limitado de los códigos de corrección de errores y las restricciones de capacidad en las líneas de transmisión telefónica. En esto compartía un entusiasmo prepotente con Alan Turing, quien pasó también algún tiempo en los Laboratorios Bell en 1943: «Shannon había estudiado neurología así como matemáticas y lógica; y consideraba su trabajo inicial en el analizador diferencial como un primer paso hacia la elaboración de la máquina inteligente. Los dos encontraron que sus preocupaciones eran similares: nada había de sagrado en el cerebro.» (Hodges, 1983, p. 251). Como el mismo Shannon informaba más tarde: «Creo en la

teoría evolutiva y en que somos básicamente máquinas pero de un tipo muy complejo... Somos el caso más extremo de un artefacto mecánico natural.» (Shannon, 1987, p. 64).

Pero Shannon no debería llevarse todo el crédito: el ubicuo Warren Weaver fue el primero en comentar la teoría de Shannon, hasta el punto de que su nombre fue añadido como co-autor cuando el artículo de Shannon fue reimpresso en formato de libro (Shannon y Weaver, 1949). Parece que Weaver percibió en la obra de Shannon el gustillo de esa combinación que se demostró tan adelantada en los años de la posguerra: un físico que matematizaba algo potencialmente biológico mediante la combinación de aspectos de termodinámica, computación e ingeniería eléctrica. En este caso particular no tuvo que financiar la operación, puesto que los Laboratorios Bell ya se encargaban de estas cosas; pero fue responsable de promover al estatus de *cause celebre* transdisciplinar algo que de otro modo hubiese interesado solamente a unos pocos ingenieros de telecomunicaciones con orientación matemática, los primeros rumores de otra nueva ciencia que sólo él veía brillar en el horizonte, una ciencia de la «complejidad». La belleza de la interpretación de Weaver residía en que, una vez que la cosa pudiese ser cuantificada, todo el tema de la información y la comunicación podía ser reformulado a la manera de una especie de «teoría económica»:

Es decir, la palabra *información* en teoría de la comunicación no se refiere tanto a lo que uno dice como a lo que uno puede decir. Esto es, la información es una medida de la libertad de elección de cada uno cuando selecciona un mensaje... El concepto de información no se aplica a los mensajes individuales (como lo haría el concepto de significado), sino más bien a la situación como un todo, lo que se indica con la unidad de información es que en esta situación uno tiene una cantidad dada de libertad de elección al seleccionar un mensaje... es conveniente interpretar esta medida como una cantidad unitaria o standard. (1949, pp. 8-9).

Weaver, como Kilroy en la Segunda Guerra Mundial, había estado en todos aquellos sitios donde se cocía algo<sup>8</sup>; era ese ente anónimo tras las líneas que dejaba su marca en la gran mayoría de los desarrollos científicos que im-

portaron tras la segunda gran guerra. La marca del paradigma militar de «Ordenes-Control» no era algo de lo que Weaver se avergonzase sino que lo admitía abiertamente: «sería razonable usar una definición aun más amplia de comunicación, es decir, una que incluya los procedimientos por medio de los cuales un mecanismo (digamos un equipo automático de rastreo de aeronaves capaz de computar la probabilidad de sus posiciones futuras) afecta a otro mecanismo (pongamos, un misil teledirigido que persigue a esa aeronave)» (1949, p. 3). De modo que podría afirmarse que Weaver fue, junto con Vannevar Bush y James Conant, uno de los elementos del triunvirato que definió la triple hélice del complejo universidad-gobierno-ciencia industrial tras la Segunda Guerra Mundial. Fue tan eficaz en su papel de poder en la sombra, de facilitador y orquestador de las investigaciones de otros, que ni siquiera ha llegado a atraer a un biógrafo<sup>9</sup>, ni tampoco, a diferencia de sus compañeros de triunvirato, a obtener la admisión entre los elegidos en el *Dictionary of Scientific Biography*. Tal vez parte de la razón de esta omisión sea que, a diferencia de Bush o Conant, tuvo el buen gusto de no involucrarse demasiado en la construcción de la Bomba Atómica. Pero, más que ningún otro, es a Warren Weaver a quien tenemos que agradecer el haber abierto la puerta a los *cyborgs* para que pueblen este mundo nuestro de fin de siglo.

Warren Weaver cursó estudios de ingeniería civil y matemáticas en la Universidad de Wisconsin, llegando a ser el protegido del físico Max Mason. Después de realizar algún trabajo durante la Primera Guerra Mundial y de una breve estancia en el Instituto Tecnológico de California, pasó la década de 1920 en el departamento de matemáticas de Wisconsin. Mason se lo llevó a Nueva York en 1932 para encabezar la recientemente creada División de Ciencias Naturales<sup>10</sup>, justo en el momento en que la Gran Depresión había obligado a la fundación a reducir y consolidar sus ayudas. Aunque carecía de formación en el área, Weaver se las apañó para reorientar el programa de investigaciones en la dirección de su concepto visionario de «biología molecular», que habría de incluir también aproximaciones matemáticas y fisiológicas al estudio de la psicología (Kohler, 1991; Weaver, 1970). Es por esto que un historiador ha propuesto considerar la completa reorientación de la investigación natural, el desplazamiento

desde la física a la «biología molecular», promovida por los filántropos de la Rockefeller durante la década de los 30 como parte y parcela de una iniciativa para producir una nueva «Ciencia del Hombre» (Kay, 1993). Weaver, en uno de sus primeros memorándums para la Fundación, afirmaba, «En las ciencias sociales, el programa institucional no sólo debe modificar la actitud hacia la investigación, sino también modificar la actitud hacia lo que sea que se entienda por investigación.» (en Kay, 1993, p. 47). Las subvenciones de la Rockefeller a la investigación en ciencia económica transformaron también la cara de la disciplina durante la década de 1940 (Craver, 1987).

En 1940, Vannevar Bush llamó a Weaver para que organizase el grupo de control balístico para el National Defense Research Committee (NDRC, Comité Nacional de Investigación sobre Defensa); en 1941 formó parte de una misión estadounidense para evaluar el éxito del grupo de investigación de operaciones organizado por P. M. S. Blackett (Bush, 1970, p. 92; Fortun y Schweber, 1993; Weaver, 1970, p. 89-90); y en 1942 fue nombrado jefe del Applied Mathematics Panel (AMP, Panel de Matemática Aplicada) (Owen, 1989). Fines de los años 40 fue el período de su mayor interés por los temas de computación, al tiempo que comenzaba a formar parte del complejo académico/militar de la posguerra: director del Naval Research Advisory Committee (Comité Asesor de la Investigación Naval), miembro del R&D Board of the Department of Defense (Consejo de Investigación y Desarrollo del Departamento de Defensa); y en 1954 Presidente de la AAAS (American Association for the Advancement of Science, Asociación Estadounidense para el Avance de la Ciencia). En la década de los 50 recondujo la caritativa atención de la Fundación Rockefeller a otra área de la biología, el programa de germinación agrícola que llegó a ser conocido retrospectivamente como la «Revolución Verde».

Así pues, la mejor forma de entender a Weaver es considerándolo la última encarnación del Demonio de Maxwell. Se posicionó estratégicamente en la divisoria de las disciplinas, y tal vez en el umbral entre lo Social y lo Natural, y con sus recursos y su «información» sobre lo que se cocía en los diferentes habitáculos, abría y cerraba puertas para dejar pasar solamente a un pequeño y selecto grupo de «moléculas científicas veloces». Y en el camino proporcionó de

paso un renovado soplo de vida a un par o tres de comunidades científicas en peligro de degradación entrópica a causa del enraizamiento de la creencia anacrónica en la efectividad de la «pura curiosidad» del científico. Casi cada una de las nuevas ciencias *cyborg* que enumeramos en la sección previa debe en mayor o menor medida su existencia a Warren Weaver. Pulsando sobre los nódulos de la vasta red de patronazgo creada por Weaver, señalaremos a continuación aquellos lugares donde florecieron los contenidos cibóricos dentro de la ciencia económica de posguerra<sup>11</sup>.

Lo mejor será comenzar con el genio de la ciberciencia, John von Neumann. Von Neumann ya conocía bien a Weaver allá por 1942, si no antes, y dependía de él para todo tipo de apoyo en su papel de «filantropoide» (término empleado por el propio Weaver). Weaver había sido una pieza clave en el alumbramiento de la Investigación de Operaciones en Estados Unidos, y en el Panel de Matemática Aplicada dirigido por él no se acostumbraba a distinguir entre programación lineal, optimización estadística y teoría de juegos como diferentes herramientas de trabajo a elegir cuando sus matemáticos eran puestos a trabajar sobre la guerra submarina, el control de armamento antiaéreo o el lanzamiento óptimo de torpedos (Leonard, en Weintraub, 1992, pp. 62-64). Puesto que la respuesta a la flamante teoría de juegos de von Neumann y Morgenstern no fue muy entusiasta entre los economistas, las aplicaciones militares fueron la fuente primaria de nueva savia e ideas durante las dos décadas que siguieron a su alumbramiento (Mirowski, 1991). Aunque en el pasado más reciente la teoría de juegos ha llegado a ser empleada en contextos biológicos, parece que los propios intereses investigadores de von Neumann no se decantaron en una dirección más cibernética hasta justo después de la publicación del libro sobre teoría de juegos; esto es, precisamente cuando su dependencia respecto de Weaver y los contactos militares se hizo más aguda. La evidencia más temprana del interés de von Neumann por los computadores proviene de una carta dirigida a Weaver en enero de 1944, solicitando su asesoramiento sobre diferentes tecnologías de computación que podrían ser encargadas para asistir en el trabajo de fabricación de la bomba atómica (Aspray, 1990, p. 30). Weaver accedió y delegó en un subordinado la localización de un equipo IBM

para uso de von Neumann. Cuando von Neumann decidió construir su propio computador en el Instituto de Estudio Avanzado de Princeton en 1946, Weaver fue uno de los primeros a los que se dirigió para obtener fondos (ibid., p. 54). «Para la primavera de 1945 el NDRC había comenzado a interesarse seriamente por los computadores, y Warren Weaver pidió a von Neumann que escribiese un informe para el AMP donde se hiciese una revisión de toda la investigación pasada, presente y futura sobre máquinas computadoras.» (ibid., p. 240). Sin embargo, lo que muy pocos han visto es que el «giro biológico» de von Neumann ocurrió justo al mismo tiempo (ibid., p. 189), algo que resuena de forma bastante coherente con el efecto ejercido por Weaver sobre otros científicos provenientes de la física. Sería a fines del año 1944 cuando von Neumann se unió junto a otras figuras como Norbert Wiener, W. Edward Deming, Warren McCulloch y Herman Goldstine para fomentar el desarrollo de un campo que «aun no ha encontrado su nombre», aunque el grupo lo denominó provisionalmente «Sociedad Teleológica». Aunque esta organización no despegó de forma inmediata, Norbert Wiener escribía en una carta a uno de los participantes: «También estamos obteniendo considerable respaldo de Warren Weaver, y me ha dicho que ésta es justamente la clase de cosas que la Rockefeller debería pensar en impulsar. Además, McCulloch y von Neumann son unos organizadores muy hábiles, y he oído a von Neumann hablar cosas misteriosas acerca de 30.000 dólares de la Rockefeller para investigación científica. Von Neumann confía en poder hacerse con parte de esa pasta»<sup>12</sup>.

A menos que queramos dar la impresión de que los *cyborgs* sólo pueden ser encontrados pululando por América, sería prudente recordar que muchos de estos mismos desarrollos paralelos podían ser encontrados en Gran Bretaña, tal vez incluso un poco más avanzados que los desarrollos en los Estados Unidos. En Gran Bretaña, el cibercientífico más preeminente era Alan Turing: inventor de la Máquina de Turing, un ciberobjeto por excelencia. Algunos consideran que Turing esbozó el diseño del computador bastante antes que von Neumann, aunque los dos mantuvieron un contacto temprano y repetido. «El análisis de Turing puede ser considerado parte de un movimiento más general, evidenciado ya en el siglo XVII, hacia una des-

cripción mecanicista —o fiscalista— del comportamiento humano.» (Gandy, 1988, p. 87). Turing estuvo fuertemente involucrado con los estamentos militares que proporcionaron apoyo para sus heterodoxas ideas, particularmente en relación con sus trabajos sobre criptanálisis<sup>13</sup>; pero se movía sin esfuerzo entre la teoría de juegos, la teoría de probabilidades, el diseño de computadores y la morfogénesis biológica (Hodges, 1983; Mirowski, 1992, pp. 123-126). Turing podría haber sido el von Neumann británico, si no fuese por el hecho de que carecía de la diligencia de von Neumann para subordinarse a figuras burocráticas y militares.

Von Neumann prosiguió realizando trabajos pioneros sobre arquitectura física de computadores, autómatas celulares y estructuras cerebrales; pero la otra gran herencia de sus últimos años fue la institución de las Conferencias Macy, que su historiador ha denominado «El Grupo Cibernético» (Heims, 1991). Éstas fueron las primeras manifestaciones esperanzadoras de la nueva ciencia que Wiener llamaría más tarde «cibernética». El propósito de estas conferencias era extender de manera explícita los nuevos desarrollos sobre teoría de máquinas/cerebros a las ciencias sociales, en principio sobre todo a la psicología y la antropología. Pero la orientación estadístico-termodinámica de los participantes en las conferencias era lo suficientemente abierta como para incluir los trabajos de Leonard J. Savage sobre la teoría bayesiano-utilitarista de la decisión, así como la teoría de la información de Claude Shannon.

La importancia de las conferencias no radicó tanto en la sinergia que supuestamente engendraron —aunque este resultado no parece estar muy claro—, sino más bien en que promovieron la convicción de que ciertos desarrollos científicos importantes tenían en su base los trabajos de investigación realizados durante la guerra, y que éstos desarrollos poseían múltiples implicaciones para muchas disciplinas «sociales». El principal entusiasta de esta idea era Wiener, que había llegado a la cibernética a través de su trabajo sobre servomecanismos de control balístico llevado a cabo durante la guerra «bajo la supervisión del Dr. Warren Weaver» (Wiener, 1956, p. 249). La innovación de Wiener no consistió solamente en el teorema de predicción de Wiener-Hopf, sino en la reconceptualización de la defensa con armamento antiaéreo en la forma de un puro problema de información: «El con-

cepto de la predicción de un mensaje futuro perturbado por un ruido sobre la base de estadísticas simultáneas del ruido y del mensaje resultó contener en sí mismo la idea de un nuevo método para separar el mensaje del ruido del mejor modo posible en cierto sentido... Bigelow y yo pusimos en marcha un pequeño laboratorio para explorar la posibilidad de predictores... [para] poner nuestras ideas en metal tan rápido como las concibiésemos.» (ibid., pp. 246, 248). Contra quienes puedan pensar que lo que sucede entre el piloto del avión y la batería antiaérea es un duelo entablado a vida o muerte, Wiener insistía en que las actividades de ambos podían ser reducidas a movimientos semimecánicos de retroalimentación, y por tanto todo el proceso podría ser mecanizado. «El trabajo que llevé a cabo sobre el tratamiento estadístico del control antiaéreo me condujo finalmente a la formulación de un punto de vista general para el tratamiento de la ingeniería de comunicaciones... este punto de vista se está extendiendo a otros campos menos ortodoxos como la meteorología, la sociología y la ciencia económica.» (ibid., p. 255). Como más tarde admitía Shannon, «La teoría de la comunicación tiene una fuerte deuda con Wiener por la mayor parte de su filosofía y teoría básica. Su clásico informe para el NDRC sobre *Interpolación, extrapolación y suavizamiento de series temporales estacionarias* de 1949 contiene la primera formulación clara de la teoría de la comunicación como un problema estadístico.» (1949, p. 85, nota pie).

Las jugadas características de las ciencias *cyborg* —capturar movimientos de retroalimentación en construcciones metálicas, plantear los problemas de la reproducción biológica en forma de ecuaciones con autómatas, reducir el pensamiento a una lógica booleana de circuitos eléctricos, desterrar los problemas de la significación fuera de la definición de información, tratar la teoría de probabilidades como si de algún modo hubiese logrado resolver el problema de la inducción, borrar la distinción entre soporte físico y soporte bio-noológico<sup>14</sup>, resumir la cadena sin fin de regresiones estratégicas en unas pocas condiciones de optimalidad, y subordinar finalmente todo el asunto a la explicación de la emergencia de «orden» a partir del caos— pueden ser multiplicadas mediante gran número de otros ejemplos, la mayoría de ellos vinculados de un modo u otro con Warren Weaver<sup>15</sup>. Ésta es una historia que está tan sólo

empezando a escribirse (Pickering, 1995; Galison, 1994). Pero nuestra tarea más inmediata es señalar cómo estos desarrollos se hicieron sitio en la ciencia económica.

### III. La invasión de los ladrones de cuerpos

**E**l propósito de esta sección es proponer las formas generales de una historia de la invasión de los *cyborgs* en la ciencia económica aunque no podamos aquí hacer justicia a este tema de acuerdo con los standards estrictos de los historiadores de la ciencia. Aunque señalaremos diversos textos que pueden ser considerados precedentes en el tratamiento del tema, la mayor parte del trabajo histórico profundo está aun sin hacer. Lo que se requiere idealmente es una descripción densa<sup>16</sup> de cómo los economistas neoclásicos fueron abandonando lentamente el centro de gravedad de su teoría decimonónica basada en la palpable experiencia corporal de la escasez, y moviéndose de manera progresiva hacia la conceptualización del núcleo duro de la experiencia mercantil en la forma de un fenómeno de procesamiento de información<sup>17</sup>.

El punto de partida de esta historia es la revelación de que la ciencia económica no cerró totalmente sus puertas y soltó sus perros guardianes cuando los *cyborgs* llegaron al lugar; ello hubiera ido contra una herencia de casi 70 años de adhesión más o menos matizada a un modelo del hombre abiertamente basado en la imagen del movimiento de puntos de masa en el espacio (Mirowski, 1989). La economía neoclásica conflagraba de manera frecuente al hombre con la máquina —como lo atestiguan el piano lógico de Jevons, la propuesta de Pareto de una mecánica económica, la concepción del funcionamiento de la mente en Irving Fisher como un flujo hidráulico en un sistema de cisternas y el proyecto de Harold Hotelling de tratar la migración humana como un flujo calórico. Durante las décadas de 1930 y 1940 los economistas recibieron con los brazos abiertos en su disciplina a gran número de físicos exilados por causa de la guerra y desempleados; este era el tipo de gente a quienes los economistas pretendían animar para que se instalase en su vecindario. La

diferencia en los años 40 era que, cuando los *cyborgs* llegaron al pueblo, las ideas que traían consigo no se parecían a aquéllas que habían representado el ideal de la «ciencia» para las generaciones previas de economistas. En síntesis, la nueva máquina ya no era como las silenciosas órbitas de la mecánica celeste o las conducciones del flujo hidráulico. Estas tensiones se fueron expresando a lo largo de muchas dimensiones diferentes. Por ejemplo, cuando los neoclásicos pensaban en la «energía», veían un mundo perfectamente reversible y determinista con un único «equilibrio» estable y bien definido donde no había ganancias gratuitas; mientras que los *cyborgs* hablaban de entropía y pérdida, disipación e irreversibilidad. Los neoclásicos mostraron una marcada aversión a la teoría de probabilidades durante las primeras décadas del siglo; mientras que los *cyborgs* eran partícipes de la idea de que el contraste entre caos y orden debía ser formulado en términos probabilísticos. Los neoclásicos seguían aferrados a sus historias panglossianas de optimalidad; mientras que a los *cyborgs* les gustaba parlotear de mecanismos de retroalimentación, donde uno simplemente se las apaña. Los neoclásicos, por supuesto, intentaban sortear el problema del conocimiento afirmando simplemente que era perfecto; mientras que los *cyborgs* consideraban el conocimiento más bien como información, algo que se transmitía con errores y que a veces se confundía con el ruido de fondo. Para los neoclásicos, la redundancia era sinónimo de ineficacia; mientras que para los *cyborgs* una cierta redundancia era necesaria para combatir el ruido. Pese a las admoniciones de Marshall, los neoclásicos sabían muy poco o nada de biología y pasaban de aprender nada más; mas los *cyborgs* insistían en que la biología habría de ser la principal arena de contienda científica durante el siglo XX. Cuando los neoclásicos se veían atraídos por la lógica formal, ésta siempre era de la estirpe más austera y fundacionalista, como la defensa del enfoque bourbakista por Gerard Debreu; pero para los *cyborgs* el interés por la lógica tenía que ver con la exploración de sus recovecos más paradójicos e intratables, como el trabajo de Turing sobre los números computables o el de von Neumann sobre algoritmos efectivos y arquitecturas computacionales.

De modo que los *cyborgs* no fueron en principio recibidos con los brazos abiertos cuando

marcharon, rígidos y marciales, a la conquista de la ciencia económica. Cada una de las manifestaciones cibóricas anteriores, como la teoría de juegos, la teoría de la información, la cibernética, la teoría de autómatas lógicos y las teorías de la racionalidad limitada fueron combatidas y ridiculizadas por la ortodoxia neoclásica imperante en el momento. En la última década del siglo XX, cuando la teoría de juegos ha acabado imponiéndose como el canon microeconómico en la enseñanza universitaria y el enfoque de la «complejidad económica» promovido desde el Instituto de Santa Fe comienza a hacer furor, sería saludable recordar que su camino de ascensión a la nueva ola de la investigación económica contemporánea no ha sido ni llano ni continuo. Merece la pena también recordar que esta oposición interna no puede simplemente ser asimilada a una cuestión de gustos; fueron una serie de cambios en las imágenes fundamentales de la «ciencia» unidos a la lenta difusión del computador por el tejido social, lo que principalmente explican esta aceptación retrasada. Esto sólo se hace más aparente cuando nos damos cuenta de que los mismos científicos *cyborg* consideraban la ciencia económica como uno de sus más obvios territorios de conquista inmediata en su Larga Marcha a lo largo de las ciencias. Como el físico Alvin Weinberg escribía en 1982, «El sistema de mercado es un Demonio de Maxwell social; enviando señales de precios al consumidor, hace que la energía se use de manera más eficiente. A medida que la escala del demonio se hace mayor, así aumenta también progresivamente la cantidad de energía ahorrada en proporción con la cantidad de energía empleada por el demonio». (en Leff y Rex, 1990, p. 116).

Empecemos pues, por orden de importancia reciente, con la teoría de juegos de von Neumann. Existe ahora un acuerdo entre los historiadores sobre el hecho de que la ortodoxia neoclásica recibió el libro de Morgenstern y von Neumann de 1944 con indiferencia e incompreensión, forzando a von Neumann a volver sus ojos a la incipiente comunidad científica de los «analistas de defensa» como el grupo más indicado para acogerla y alimentarla (Mirowski, 1991; Weintraub, 1992; Leonard, 1995). Sus vínculos con los militares (especialmente en la organización RAND<sup>18</sup>) le permitieron reclutar nuevos entusiastas para sus ideas y asegurarse de que sus trabajos estuvieran bien financiados;

pero lo más sobresaliente es que el mismo von Neumann no tuviese interés en volver a realizar nuevos trabajos en el área durante la última década de su vida. Las razones por las que von Neumann creía que la teoría de juegos era un campo prometedor —su carácter intrínsecamente estocástico; que resaltaba ciertas concepciones de estabilidad basadas en la retroalimentación; que imitaba ciertas actividades del cerebro— no eran las mismas razones que hacían a los neoclásicos interesarse por ella. Éstos estaban más fascinados por la idea de axiomatizar lo que consideraban su «teoría básica»<sup>19</sup> y especialmente por la teoría de la utilidad esperada, un ejercicio que para von Neumann suponía sólo un rodeo fastidioso. Von Neumann por contra prefería fijar su atención mucho más directamente en la promesa de una ciencia *cyborg* alterando el programa de investigación que comenzó en 1944: teoría de computadores, teoría de autómatas lógicos, descripciones estilizadas del cerebro (Aspray, 1990; von Neumann, 1958). Por tanto no debe extrañar que los teóricos económicos ortodoxos se quedasen atollados en esta prematura e incompleta realización del *cyborg* en la teoría de juegos, y sean aun incapaces o contrarios a seguir completamente a von Neumann hacia la tierra prometida. La reciente fascinación por una supuesta «teoría de juegos evolutiva» podría, sin embargo, indicar otra gran oleada de asentamiento del *cyborg* en la ciencia económica.

Pero no es sólo la microeconomía la que ha llegado a convertirse en suelo fértil para el florecimiento de los *cyborgs*; la macroeconomía se ha mostrado también casi tan vulnerable a la invasión. A pesar de los grandes esfuerzos que se han dedicado al examen de la procedencia de la teoría de expectativas racionales, sólo conozco un autor que ha localizado su inspiración en las ciencias *cyborg* (Sent, en prensa). Uno de los protagonistas de este movimiento, Thomas Sargent, ha admitido la importancia de la teoría de la predicción de Wiener en su adscripción a la posibilidad de una separación formal entre la señal y el ruido; el truco de las expectativas racionales consiste en proyectar esta capacidad sobre el equipamiento cognitivo del actor económico representativo, convirtiendo su implementación en la esencia misma de la «racionalidad». La centralidad de la «información» como una suerte de valoración completamente indiferente al sentido es la marca del *cyborg* que

los economistas de las expectativas racionales llevan orgullosamente en su frente. Si no hubiese sido Sargent, ya le habría tocado a otro la tarea de importar estas nociones, desde el momento en que Wiener mismo había estado exhortando a los economistas a tomar en cuenta a la «cibernética» desde una fecha tan temprana como la década de los 50:

La econometría nunca llegará demasiado lejos hasta que no se den estos dos pasos: uno de estos pasos es que las observaciones de las cantidades, demandas, inventarios y demás deben estar sujetas a los mismos criterios de precisión y rigor que la observación [de la dinámica —N. de los T.—] mediante la cual son combinados entre sí. El otro es que debemos reconocer desde el principio la naturaleza estadística y frecuentemente imperfecta de las cantidades con las que operamos [en la ciencia económica —N. de los T.—] y darles un tratamiento de tipo gibbseano. (1956, p. 260).

Como sabemos, Sargent se hizo famoso por imponerse a sí mismo la imposible tarea de tratar de reconciliar el mecanicismo estático de la economía neoclásica con estos imperativos cibóricos; pero bajo la presión de sus diversos intentos fallidos, podemos ver ciertos signos recientes de que Sargent se siente ahora impelido a abrazar la ciencia *cyborg* con muchas menos reservas que antes (Sargent, 1993; Weagle, en prensa, b).

Los expertos en teoría de juegos y los teóricos de las expectativas racionales son el epítome de la fascinación por los modelos formales que habita en la profesión económica; pero el amor por las matemáticas no es un prerrequisito necesario para caer bajo la égida de las ciencias *cyborg*. Nuestro ejemplo a este respecto es el premio Nobel Friedrich Hayek. Hoy en día es de sobra conocido que antes de finales de los años 30 Hayek era un economista austriaco más o menos convencional que trabajaba en la construcción de modelos relativamente mecánicos del ciclo económico. Bajo las presiones de la guerra y de una encarnizada batalla con Keynes sobre cual versión macroeconómica podía explicar mejor la Gran Depresión, Hayek sufrió una «transformación» (Caldwell, 1988) por la que pasó de defensor a crítico de la ortodoxia neoclásica. Llegó a la conclusión de que lo que hacía falta era proponer una nueva teoría de los

«fenómenos complejos» para poder explicar por qué un mercado descentralizado habría de desempeñar mejor que una economía centralmente planificada. Aunque no ha sido muy leída fuera de los círculos de aficionados a la teoría económica austriaca, Hayek llegó incluso a publicar su propia teoría del cerebro en su libro *Sensory Order* (1952). Los ascendentes cibóricos del entusiasmo de Hayek quedan claros en sus últimos escritos: «incluso esos constituyentes tan relativamente simples de los fenómenos biológicos como son los sistemas de retroalimentación (o cibernéticos), en los que una cierta combinación de estructuras físicas produce una estructura total que posee características distintivas, requieren para su descripción formas mucho más elaboradas que cualesquiera descripciones de las leyes generales de la mecánica» (1969, p. 26). ¿Y a que no adivinan a quien cita Hayek como autoridad científica en materias de tanto calado? ¡Warren Weaver, no podía ser otro!

Nuestro ejemplo final de un científico *cyborg* es Herbert Simon, más conocido en otros lares como uno de los «padres» de la Inteligencia Artificial (Crevier, 1993), pero a quien se recuerda entre los economistas como el teórico de la «racionalidad limitada». De la teoría de juegos a los ordenadores a la teoría de la retroalimentación a la estrategia militar no existe otro que haya vivido el credo *cyborg* con más fe, consistencia y éxito que Herbert Simon. Su teoría de la racionalidad limitada no fue demasiado bien recibida o comprendida en la ciencia económica, pero como tantos otros científicos *cyborg*, lo que hizo fue mudarse a otro departamento (el de psicología de la Universidad Carnegie-Mellon) cuando los economistas se mostraron demasiado obtusos o recalcitrantes. También el lleva sus credenciales cibóricas orgullosamente sobre su facha:

La teoría de la información, la teoría estadística de la decisión y la teoría de juegos han hecho surgir un nuevo interés en el tema de la formación de conceptos... La guerra había producido un vasto aumento de la investigación sobre las habilidades y las realizaciones humanas... Dado que gran parte de este trabajo estaba interesado en los miembros humanos del complejo sistema hombre-máquina —pilotos, artilleros, personal de radar— los investigadores pudieron observar

las analogías existentes entre el procesamiento humano de la información y el comportamiento de los servomecanismos y los computadores... El giro completamente nuevo que tomó mi vida en 1955 fue el resultado imprevisto de mi trabajo con el Laboratorio de

Investigación de Sistemas en RAND y mi contacto con el computador. (1991, pp. 196, 198).

La ciencia económica ortodoxa, como tiene por costumbre, intentó domesticar la racionalidad limitada como un caso especial de sus modelos de optimización, pero Simon se atrincheró en su territorio insistiendo en que el significado de «racionalidad» no podía seguir siendo el mismo bajo el nuevo régimen de la ciencia *cyborg*. «Para el sujeto que percibe la situación como una en la cual las probabilidades pueden cambiar, y que está más atento a ganarle la mano al experimentador (o a la naturaleza) que a maximizar sus ganancias esperadas, la racionalidad es algo bastante diferente.» (1982, p. 271). ¿Qué mejor modo de describir el dilema de una Vida enfrentada a la persistente e inexorable degradación entrópica?

#### IV. Orden a partir del caos

**E**n la primera sección de este trabajo prometía la obtención de un beneficio particular para esta propuesta de reorientación de la historia del pensamiento económico moderno. Como mínimo, espero que esta iniciación en la historia de los *cyborgs* provoque algunas reflexiones serias por parte de aquéllos que ven en la perspectiva del Instituto de Santa Fe o en el surgimiento de una «teoría económica evolutiva» o en la fascinación por la complejidad una promesa excepcional de futuro para la ciencia económica. Pero, por supuesto, esto sólo no serviría para llevar a cabo la promesa.

Creo que la ciencia económica ortodoxa ha ido vagando sin rumbo al menos desde hace una década, perpleja tras la disolución de su némesis, el marxismo, carente de una valoración clara de sus propios éxitos y fracasos, aquejada de un aburrimiento endémico provocado por el maquillaje indisimulado de difuntas controversias mantenidas en el olvido a causa de la repre-

sión de su propia historia intelectual. No es muy frecuente que un economista eminente se congratule del progreso de la disciplina como un todo; y la mayor parte de las alabanzas que cantan tienen ese aire rancio de alguien que recita un catecismo que aprendió en su juventud, o peor, de uno que pura y simplemente se está autopromocionando. Algunos sospechan que los criterios para valorar el éxito científico dependen de un modo algo más que casual de la coyuntura histórica, pero se ven a sí mismos incapaces de seguir esta pista hasta sus últimas consecuencias, por temor a que retorne un corrosivo relativismo que creen haber desterrado a los terrenos de la sociología o la antropología.

La ventaja de la reorientación de la historia del pensamiento económico para tomar en cuenta las ciencias *cyborg* es que puede proporcionarnos la ocasión de plantear estas cuestiones en el contexto de un terreno más nuevo y menos sobrecargado. Puede comenzarse la discusión preguntándose: ¿está la ciencia económica actualmente más interesada en construir pequeños simulacros de procesadores de información que en describir las transacciones de mercado? ¿Ha cambiado de forma dramática durante el último siglo el significado del término «economizar»? ¿Está ahora la ciencia económica en la coyuntura de repudiar a la física y abrazar a la biología como fuente de metáforas y formalismos fructíferos? ¿Cuál ha sido con precisión el impacto intelectual del ordenador, un aparato, que todo el mundo tiene ahora en la mesa de su despacho? ¿Sería mejor abandonar ese curso de topología y cambiarse a uno de programación en el departamento de ciencias de la computación? ¿Qué es lo que pretende lograr la ciencia económica al reorientar su visión del papel y las funciones de los mercados?

Espero de todo corazón que los economistas se vayan encaprichando cada vez más con las ciencias *cyborg* en el futuro inmediato; de hecho, lo creo inevitable. Las razones de esta creencia deberían ahora estar un poco más claras. La ciencia económica ha ido siempre y de forma persistente por detrás de los desarrollos realmente excitantes que han tenido lugar en las ciencias físicas, sólo para recogerlos un poco más tarde en una versión distorsionada y distendida. Esto es lo que, en cierta medida, está ocurriendo justamente también ahora en el Instituto de Santa Fe (Mirowski, 1996; Horgan, 1995; Weagle, en prensa, a). Los economistas no

practican esta forma desfasada de mimesis simplemente para tratar de arrogarse los ropajes de la «ciencia» con sus relumbrantes Premios Nobel, aunque algo de eso hay también. Toca a los historiadores y los filósofos de la ciencia económica considerar seriamente la noción de que la ciencia económica está tan implicada en la producción de simulacros —o mejor dicho, autómatas— como lo está en la comprensión de «la economía». En este sentido, los economistas han sido siempre cibernéticos clandestinos, por lo menos desde que Quesnay produjo un modelo del sistema circulatorio humano a base de tubos de latón y luego convirtió ese mismo modelo numérico en su *Tableau Oeconomique*.

La idea de que existe un orden de cosas oculto «debajo» o «detrás» del mercado es por supuesto un tema importante en la historia del pensamiento económico. Este tema se ha visto repetidamente enredado o entrelazado con la convicción de que ese orden económico oculto que es necesario encontrar es un orden Natural, o mejor aun, un orden que posee las mismas características generales que las Leyes de la Naturaleza. En los siglos XVIII y XIX este argumento convenció a un número importante de figuras intelectuales de que el mercado era como una máquina; las máquinas eran las más altas formas de orden conocidas, artefactos humanos gobernados por las leyes impersonales de la ciencia. Pero el siglo veinte es el siglo de la biología, y de la información. Como lo escribió Wiener, «El organismo se opone al caos, a la desintegración, a la muerte, como el mensaje se opone al ruido.» (1954, p. 95). Curiosamente, el hecho de que tengamos ahora una máquina, un ordenador, casi en cada escritorio no hace sino intensificar este tipo de convicciones. ¿Puede extrañar entonces que cuando los ciudadanos de este fin del siglo XX quieren sostener que el mercado es capaz de conjurar el orden en medio del caos, vengan a sus mentes modelos abstractos de bits de información sacados de simulacros de organismos, células o genes?

## NOTAS

<sup>1</sup> PHILIP MIROWSKI: «Machine Dreams: Economic Agents as Cyborgs». Traducción de A. Javier Izquierdo y Peter A. de Souza. La versión inglesa de este trabajo tiene prevista su aparición para 1998, en el suplemento anual de la revista *History of Political Economy*. El título de la versión castellana está tomado en préstamo de la novela de

Philip K. Dick *Do Androids Dream of Electric Sheep?* (¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?). En esta novela se inspiró el film de Ridley Scott *Blade Runner*, uno de los grandes clásicos cinematográficos de la «cibercultura», tal vez junto con *2001 Una odisea en el espacio* de Stanley Kubrick, basado asimismo en la novela homónima de Arthur C. Clarke. La conexión entre estos dos films y el paradigma de las ciencias *cyborgs* que explora Mirowski en su trabajo está claramente implicada en el uso que ambos films hacen de las ideas pioneras sobre el problema de la inteligencia artificial formuladas por el lógico y matemático británico Alan Mathyson Turing en un trabajo de 1950 publicado en la revista de filosofía *Mind*, «Computer Machinery and Intelligence» [trad. A. M. Turing, «Maquinaria computadora e inteligencia» en Alan Ross Anderson (ed.): *Controversia sobre mentes y máquinas*, Barcelona: Tusquets, 1984, pp. 11-50]. En *Blade Runner*, el procedimiento de entrevista empleado por los detectives para identificar a aquellos robots-replicas que han logrado desarrollar emociones humanas (en la entrevista de la escena inicial del film y el test de Deckart a Rachel) se escenifica a la manera del «juego de imitación» presentado por Turing en el punto inicial de su artículo, lo que en la literatura especializada ha llegado a conocerse como el «Test de Turing». Sobre la obra de Kubrick-Clarke, Andrew Hodges, el biógrafo de Turing, ha escrito: «La fecha de *2001 A Space Odyssey* está presumiblemente tomada de la profecía de los 50 años del artículo [de Turing] en *Mind* [...] creo que, a finales del siglo, el sentido de las palabras y la opinión profesional habrán cambiando tanto que podrá hablarse de máquinas pensantes sin levantar controversias», Turing, *op. cit.*, p. 25], que Arthur C. Clarke y Stanley Kubrick mencionan explícitamente en [el libro-guion del film]. Su retrato de HAL [el ordenador de a bordo de la nave] está esencialmente basado en las ideas de Turing; pero inexplicablemente la trama hace que HAL sea destruido por «la lógica de los planificadores» cuyos «dioses gemelos, la Seguridad y el Interés Nacional, no tienen sentido alguno para HAL. El sólo es consciente del conflicto que lentamente va destruyendo su integridad del conflicto entre la verdad y el ocultamiento de la verdad.» (Andrew Hodges, *Alan Turing: The Enigma*, Londres: Vintage, 1992, p. 533, nota pie). [N. de los T.]

<sup>2</sup> En el sentido de la semiótica de Peirce [N. de los T.].

<sup>3</sup> Con sus aplicaciones al desarrollo de un paradigma evolutivo en economía matemática [N. de los T.].

<sup>4</sup> «Podemos aceptar sin reservas como hipótesis científica satisfactoria la doctrina tan brillantemente expuesta por Laplace, quien afirmaba que un conocimiento perfecto del universo tal como pudo haber existido en un momento dado, nos proporcionaría un conocimiento perfecto de lo que habría de pasar en adelante y para siempre jamás. La inferencia científica es imposible a menos que podamos considerar el presente como el resultado de lo que ya es pasado, y como la causa de lo que está por venir. Para una inteligencia perfecta nada es incierto.» (Jevons, 1905, pp. 738-39).

<sup>5</sup> Aun en fecha tan tardía como 1905, Ernest Rutherford seguía sosteniendo que «la ciencia no ofrece escapatoria alguna a la conclusión de Kelvin y Helmholtz de que el Sol habrá de enfriarse finalmente y esta Tierra nuestra se tornará un planeta muerto que se desplaza a través del frío intenso de un espacio vacío.» (en Smith y Wise, 1989, p. 551). Los capítulos 15 y 16 del libro de Smith y Wise discuten esta literatura.

<sup>6</sup> «Puede mostrarse que es una especie de facultad memorística, manifestada en un sistema donde ocurren actos

de medición, lo que podría ser la causa de la disminución de la entropía y por tanto de una violación de la Segunda Ley de la Termodinámica, si no fuese por el hecho de que las propias mediciones van acompañadas necesariamente por la producción de entropía.» (Szilard, en Leff y Rex, 1990, p. 124).

<sup>7</sup> La ecuación, que es la misma que la de la función  $H$  de Boltzmann, era:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

donde la  $P$  representa las probabilidades de un símbolo particular en un conjunto de  $s$  símbolos que aparecen en una cadena «promedio» de símbolos. La «Información» o la «entropía» se encuentra en su máximo cuando los símbolos no son ni demasiado probables, y por tanto redundantes desde el punto de vista de la transmisión, ni demasiado improbables, pues es ese caso se requeriría demasiada codificación para transmitir de manera eficiente. La interpretación convencional, tal como lo describe Hayles es «El máximo de información [en este sentido] se da cuando existe una mezcla de orden y sorpresa, cuando el mensaje es en parte anticipado y en parte sorprendente.» Nótese que esto no tiene nada que ver con el contenido semántico del mensaje.

<sup>8</sup> En inglés: «had been everywhere that was going anywhere» [N. de los T.]

<sup>9</sup> La única excepción parcial es (Rees, 1987), quien se las apaña para ser a la vez escasamente informativo y mal organizado.

<sup>10</sup> De la Fundación Rockefeller [N. de los T.]

<sup>11</sup> Por el hecho de retratar a Weaver como un Demonio no debe inferirse que pretendamos también «demonizarlo». La abrumadora impresión que se obtiene leyendo sus propias memorias (1970, y las memorias retrospectivas de algunos otros es la de un carácter más bien apagado, un buen organizador, alguien a quien se le daba mejor allanar los oleajes creados por otros más histriónicos y talentosos que él.

<sup>12</sup> Wiener a Arturo Rosenbluth, 24 de enero de 1945; citado en (Aspray, 1990, p. 316).

<sup>13</sup> Desciframiento de códigos criptográficos secretos [N. de los T.]

<sup>14</sup> *Hardware* y *wetware* en el original [N. de los T.]

<sup>15</sup> Por ejemplo, aparentemente Weaver le presentó a Szilard a Brillouin antes de que éste escribiese su trabajo sobre el Demonio de Maxwell (Lanouette, 1992, pp. 332, 535 nota pie). Está también la conexión de que muchas de las personas implicadas en la investigación de operaciones después de la guerra acabaron luego trabajando en temas de programación lineal, combinatoria, teoría de grafos, álgebra de matrices y de hecho, finalmente, en teoría de la complejidad algorítmica. Cf. (Lenstra *et. al.*, 1991).

<sup>16</sup> En el sentido de Clifford Geertz [N. de los T.]

<sup>17</sup> Un inicio de este trabajo histórico puede ser encontrado en (Weagle, en prensa, b). En este trabajo vemos cómo los temas computacionales habían estado presentes desde el nacimiento de la economía neoclásica, pero que a medida que han ido situándose al frente de la misma han servido para socavar la noción clave de equilibrio económico como optimización sujeta a restricciones.

<sup>18</sup> Acrónimo de «Research and Development» (investigación y desarrollo) [N. de los T.]

<sup>19</sup> La teoría de la utilidad [N. de los T.]

## REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- ANDERSON, P.; ARROW, K.; y PINES, D. (eds.) (1988): *The Economy as an Evolving Complex System*, Redwood City: Addison-Wesley.
- ASPRAY, William (1985): «The Scientific Conceptualization of Information: A Survey», *Annals of the History of Computing*, (7), pp. 117-140.
- (1990): *John von Neumann and the Origins of Modern Computing*, Cambridge, MA: MIT Press [trad. William Aspray, *John von Neumann y los orígenes de la computación moderna*, Barcelona: Gedisa, 1993].
- BENNETT, Charles (1987): «Demons, Engines and the Second Law», *Scientific American*, Noviembre (258), pp. 108-116.
- BINMORE, Ken (1987/88): «Modelling Rational Players, I y II», *Economics and Philosophy*, (3), pp. 9-55.
- BRILLOUIN, Leon (1951): «Maxwell's Daemon Cannot Operate: Information and Entropy I», *Journal of Applied Physics* (22), pp. 334-357.
- BOWKER, Geof (1993): «How to Be Universal: Some Cybernetic Strategies, 1943-70», *Social Studies of Science*, (23), pp. 107-27.
- BRUSH, Stephen (1983): *Statistical Physics and the Atomic Theory of Matter*, Princeton: Princeton University Press.
- BUSH, Vannevar (1970): *Pieces of the Action*, Nueva York: William Morrow.
- CALDWELL, Bruce (1988): «Hayek Transformation», *History of Political Economy*, (20), pp. 513-541.
- COHEN, I. Bernard (1994): *Interactions*, Cambridge, MA: MIT Press.
- CRAYER, Earlene (1986): «Patronage and Direction of Research in Economics», *Minerva*, (24), pp. 205-222.
- CREVIER, Daniel (1993), *AI*, New York: Basic Books.
- FORMAN, Paul (1987): «Beyond Quantum Electronics: National Security as a basis for physical research in the US», *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, (18), pp. 149-229.
- FORTUN, M. y SCHWEBER, S. (1993), «Scientists and the Legacy of WWII: The Case of Operations Research», *Social Studies of Science*, (23), pp. 595-642.
- GALISON, Peter (1994): «The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic Vision», *Critical Inquiry*, (21), pp. 228-266.
- GANDY, Robin (1988): «The Confluence of Ideas in 1936», en Rolf HERKEN (ed.): *The Universal Turing Machine: A Half-Century Survey*, Oxford: Oxford University Press.
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas (1971): *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, MA: Harvard University Press. [Trad. *La ley de la entropía y el proceso económico*, Madrid, Fundación Argentaria, 1996.]
- GILBERT, Nigel y DORAN, Jim (eds.) (1994): *Simulating Societies*, Londres: UCL Press.
- GOODWIN, Crauford M. (ed.) (1991): *Economics and National Security*, Supplement to vol. 23, *History of Political Economy*, Durham, NC: Duke University Press.
- GRATTAN-GUINNES, Ivor (1990): «Work for the Hairdressers: The Production of de Prony's Tables», *Annals of the History of Computing*, (12), pp. 177-185.
- : «The Correspondence Between George Boole and Stanley Jevons, 1863-4», *History and Philosophy of Logic*, (12), pp. 15-35.
- GRAY, Chris *et. al* (eds.) (1995): *The Cyborg Handbook*, Londres: Routledge.

- HANDS, D. Wade y MIROWSKI, Philip (1995): «Harold Hotelling and the Neoclassical Dream», trabajo presentado a la ASSA [American Science Studies Association], San Francisco.
- HARAWAY, Donna (1991): *Simians, Cyborgs and Women. The Reinvention of Nature*, Nueva York: Routledge [trad. Donna Haraway, *Ciencia, mujeres y cyborgs. La reinención de la naturaleza*, Madrid: Cátedra, 1995, prólogo de Jorge Ardity, Fernando García-Selgas y Jackie Orr].
- HAYEK, Friedrich (1969): *Studies in Philosophy, Politics and Economics*, Nueva York: Simon & Schuster.
- HAYLES, N. Katherine (1990): *Chaos Bound*, Ithaca: Cornell University Press [trad. N. Katherine Hayles, *La evolución del caos*, Barcelona: Gedisa, 1993].
- HEIMS, Steve (1980), *John von Neumann and Norbert Wiener: From Mathematics to the Technologies of Life and Death*, Cambridge: MIT Press [trad. Steve Heims, *John von Neumann y Norbert Wiener*, vols. 1 y 2, Barcelona: Salvat, 1986].
- (1991): *The Cybernetics Group*, Cambridge: MIT Press.
- HODGES, Andrew (1983), *Alan Turing: The Enigma*, Nueva York: Simon & Schuster.
- HOUTHAKKER, Hendrik (1956), «Economics and Biology: Specialization and Speciation», Stanford University Technical Report, n.º 30, Office of Naval Research.
- INGRAO, Bruna e Israel, GIORGIO (1990): *The Invisible Hand*, Cambridge, MA: MIT Press.
- JEVONS, William S. (1905): *Principles of Science*, 2.ª ed., Londres: Macmillan.
- KAGEL, John; BATTALJO, Raymond, y GREEN, Leonard (1995): *Economic Choice Theory: An Experimental Analysis of Animal Behavior*, Nueva York: Cambridge University Press.
- KAUFFMAN, Stuart (1993): *The Origin of Order*, Oxford: Oxford University Press.
- (1995): *At Home in the Universe*, Oxford: Oxford University Press.
- KAY, Lily (1993): *The Molecular Vision of Life*, Oxford: Oxford University Press.
- (1995): «Who Wrote the Book of Life», trabajo presentado a la Conferencia sobre el Genoma Humano, University of Notre Dame, octubre.
- KELLER, Evelyn Fox (1995): *Refiguring Life*, Nueva York: Columbia University Press.
- KIRMAN, Alan (1993), «Ants, Rationality and Recruitment», *Quarterly Journal of Economics*, febrero, 137-156.
- KLAMER, Arjo y COLANDER, David (1990): *The Making of An Economist*, Boulder, CO: Westview Press.
- KOHLER, Robert (1991): *Partners in Science*, Chicago: University of Chicago Press.
- LANDAUER, Rolf (1991): «Information is Physical», *Physics Today*, mayo, 23-29.
- LANGTON, Chris (1992), «Life at the Edge of Chaos», en LANGTON (ed.), *Artificial Life II*, Reading, MA: Addison-Wesley.
- LANOUEETTE, William (1992): *Genius in the Shadows: A Biography of Leo Szilard*, Nueva York: Scribners.
- LATOUR, Bruno (1993): *We Have Never Been Modern*, Cambridge, MA: Harvard University Press [trad. Bruno Latour, *Nunca hemos sido modernos*, Madrid: Debate, 1993].
- LEFF, Harvey y REX, Andrew (eds.) (1990): *Maxwell's Demon*, Princeton: Princeton University Press.
- LENSTRA, J.; KAN, A.; y SCHRIVER, A. (eds.) (1991): *History of Mathematical Programming*, Amsterdam: North Holland.
- LEONARD, Robert J. (1995): «From Parlor Games to Social Science», *Journal of Economic Literature*, (33), pp. 730-761.
- LEVY, Steven (1992): *Artificial Life*, Nueva York: Vintage.
- MAYR, Otto (1986): *Authority, Liberty and Automatic Machinery in Early Modern Europe*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- MIROWSKI, Philip (1989): *More Heat than Light. Economics as Social Physics: Physics as Nature's Economics*, Nueva York: Cambridge University Press.
- (1991): «When Games Grow Deadly Serious» (en Goodwin, 1991).
- (1992): «What were von Neumann and Morgenstern Trying to Accomplish?» (en Weintraub, 1992).
- (1994): *Natural Images in Economic Thought: Markets Read in Tooth and Claw*, Nueva York: Cambridge University Press.
- (1996): «Do You Know the Way to Santa Fe?» en Steve PRESMAN (ed.): *New Directions in Political Economy: Malvern after Ten Years*, Londres: Routledge.
- OTA (Office of Technology Assessment) (1989): *New Developments in Biotechnology. Patenting Life*, Washington: USGPO.
- OWENS, Larry (1989): «Mathematicians at War: Warren Weaver and the AMP» en David ROWE y John McCLEARY (eds.): *History of Modern Mathematics*, vol. II, San Diego, CA: Academic Press.
- PALMER, R. et. al. (1994): «Artificial Economic Life: A Simple Model of the Stock Market», *Physica D*, (75), pp. 264-274.
- PICKERING, Andrew (1995): «Cyborg History and the World War II Regime», *Perspectives in Science*, (3), pp. 1-45.
- RABINBACH, Anson (1990): *The Human Motor*, Nueva York: Basic Books.
- RESS, Mina (1987): «Warren Weaver (1894-1978)», *Biographical Memoirs of the National Academy of Sciences*, (57), pp. 493-530.
- ROMANO, Richard (1982): «The Economic Ideas of Charles Babbage», *History of Political Economy*, (14), pp. 385-405.
- SARGENT, Thomas J. (1993): *Bounded Rationality in Macroeconomics*, Oxford: Clarendon Press.
- SCHAFFER, Simon (1994): «Babbage's Intelligence: Calculating Engines and the Factory System», *Critical Inquiry*, (21), pp. 203-227.
- SCHRÖDINGER, Erwin (1944): *What is Life?*, Cambridge, UK: Cambridge, University Press. [trad. Erwin Schrödinger, *¿Qué es la vida? El aspecto físico de la célula viva*, Barcelona: Tusquets, 1988].
- SENT, Esther-Mirjam, en prensa, *Resisting Sargent*, Cambridge University Press.
- SHANNON, Claude (1987): «Interview», *Omni*, agosto, pp. 61-66 y 110.
- SHANNON, Claude, y WEAVER, Warren (1949): *The Mathematical Theory of Communication*, Urbana, IL: University of Illinois Press.
- SHEEHAN, J. y SOSNA, M. (eds.) (1991): *Boundaries of Humanity: Humans, Machines, Animals*, Berkeley, CA: University of California Press.
- SIMON, Herbert A. (1982): *Models of Bounded Rationality*, vol II, Cambridge, MA: MIT Press.
- (1991): *Models of My Life*, Nueva York: Basic Books.
- SMITH, Crosby y WISE, M. NORTON (1989): *Energy and Empire. A Biographical Study of Lord Kelvin*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- SMITH, John Maynard (1982): *Evolution and the theory of Games*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- VON NEUMANN, John (1958), *The Computer and the Brain*, New Haven, CON: Yale University Press [trad. John von Neumann, *El ordenador y el cerebro*, Barcelona: Antoni Bosch, 1980].
- VON NEUMANN, John, y MORGENSTERN, Oskar (1964): *Theory of Games and Economic Behavior* [1944], Nueva York: Wiley.
- WALDROP, Mitchell (1992): *Complexity*, Nueva York: Simon & Schuster.
- WEAGLE, Matt, en prensa a, «Inoculating Neoclassicism Against the Genetic Algorithm».
- : En prensa b, *A History of Computational Economics*.
- WEAVER, Warren (1947): «Science and Complexity», *American Scientist*, (36), pp. 536-544.
- (1970): *Sciences of Change*, Nueva York: Scribners.
- WEINBERG, Alvin (1982): «On the Relationship between Information and Energy Systems», en LEFF y REX (1990).
- WEINTRAUB, E. R. (ed.) (1992): *Towards a History of Game Theory*, Supplement to vol. 24, *History of Political Economy*, Durham, NC: Duke University Press.
- WIENER, Norbert (1954): *The Human Use of Human Beings*, 2.ª ed., Nueva York: Doubleday Anchor.
- (1956): *I am a Mathematician*, Nueva York: Doubleday.

