

**Notas a *La vertiginosa adaptabilidad de los mercados financieros*,  
de Andrew Lo**

**Introducción**

1. Véase de Becker (1997, 27-28).
2. Lo (2004, 2005, 2012a).
3. El nombre completo y oficial es el Premio Sveriges Riksbank en Ciencias Económicas en Memoria de Alfred Nobel.
4. Surowiecki (2004).
5. Para obtener más información sobre los fascinantes orígenes de Vanguard, véase <https://about.vanguard.com/who-we-are/>.
6. Blinder y Reis (2005, 3).
7. Andrews (2008).
8. Por ejemplo, Vorzimmer (1969) escribe: «No obstante, sin lugar a dudas, la gran línea divisoria en el desarrollo de la teoría de la evolución de Darwin fue que este leyera a Malthus, quien no solo le proporcionó un elemento fundamental que le faltaba a sus teorías, sino que además sirvió para precipitar la colocación de otros elementos igualmente necesarios en el lugar adecuado en el pensamiento de Darwin». Véase también Hirshleifer (1977).
9. Berkshire Hathaway (2002). Casualmente, Berkshire Hathaway ha hecho un uso abundante de estas armas en las últimas dos décadas.

## Capítulo 1. ¿Ahora somos todos *Homo economicus*?

1. New York Times (1986).
2. Wilford (1986).
3. Sanger (1986).
4. Comisión Presidencial sobre el Accidente del Trasbordador Espacial Challenger (1986, capítulo 4). El 6 de junio de 1986, la comisión presentó su informe, que contenía el siguiente resumen:

El consenso alcanzado por la Comisión y las agencias que han participado en la investigación es que la pérdida del trasbordador espacial Challenger se debió a un fallo en las juntas situadas entre los dos segmentos inferiores de la sección derecha del cohete propulsor sólido. Más concretamente, el fallo consistió en la destrucción de los sellos cuya función es evitar fugas de los gases calientes a través de las juntas durante la combustión de propelente en el cohete propulsor. Las pruebas recogidas por la Comisión indican que ningún otro elemento del sistema del trasbordador espacial contribuyó a este fallo.

5. La cuestión de los O-ring ya la habían identificado en 1985 los ingenieros de Morton Thiokol. De hecho, uno de esos ingenieros —Roger Boisjoly— incluso pidió ayuda con este problema a los participantes en una reunión de la Sociedad de Ingenieros de la Automoción que tuvo lugar en octubre. Más aún, el 31 de julio de 1985 —seis meses antes del desastre del Challenger—, Boisjoly (1985) envió un memorando interno al vicepresidente del departamento de ingeniería de Morton Thiokol, R. K. Lund, en el que decía:

Esta carta se escribe para garantizar que la dirección sea plenamente consciente de la gravedad del actual problema que plantea la erosión de los O-rings en las juntas del cohete propulsor o SRM, desde el punto de vista de la ingeniería... El resultado sería una catástrofe del máximo calado, pues entrañaría la pérdida de vidas humanas... Mi muy sincero y real miedo es que, si no hacemos nada inmediatamente para asignar un equipo a la resolución del problema, dando prioridad absoluta a las juntas de campo, corremos el serio peligro de perder un vuelo junto con todo el equipamiento de lanzamiento.

Además, en una llamada por teleconferencia realizada la noche de la víspera del lanzamiento del 28 de enero, varios ingenieros de Morton Thiokol, incluido Boisjoly, plantearon su preocupación por las bajas temperaturas y argumentaron en favor de posponer el lanzamiento, pero la alta dirección de Morton Thiokol y la NASA hizo caso omiso de sus advertencias. A partir de 1986, se han realizado muchos estudios sobre los procesos de toma de decisiones y las estructuras de gestión que desembocaron en este trágico acontecimiento y la NASA, Morton Thiokol y otras organizaciones han modificado toda una serie de procedimientos operativos como respuesta. Por sus reiterados esfuerzos

con el objetivo de advertir a sus superiores de Morton Thiokol y la NASA, Roger Boisjoly recibió en 1988 el Galardón a la Libertad y Responsabilidad Científica que otorga la Asociación para el Avance de la Ciencia, la Association for the Advancement of Science.

6. Maloney y Mulherin (2003).

7. Ibid., tabla 1.

8. Surowiecki (2004).

9. Aristóteles (1944), *Política*, 1259a.

10. Lo y Hasanhodzic (2010).

11. Hald (1990, capítulo 4).

12. Este término poco habitual proviene de una estrategia de juego del siglo XVIII en la que los apostantes doblarían sus apuestas para cubrir sus pérdidas anteriores (algo que sin lugar a dudas no es buena idea, pero que con frecuencia resulta demasiado tentador e imposible de resistir por motivos de los que hablaremos en los capítulos 3 y 4).

13. Véanse ejemplos en Bass (1985) y en el relato novelado de Mezrich (2002).

14. Einstein (1905).

15. En su evaluación de las tesis bastante poco ortodoxas de sus estudiantes de doctorado, Poincaré resaltó la interesante conexión entre ciencia y economía financiera (Mandelbrot [1982, 395]):

La manera en la que el candidato obtiene la Ley de Gauss es de lo más original y mucho más interesante porque el mismo razonamiento podría, con unos pocos cambios, hacerse extensivo a la teoría de los errores. Lo desarrolla en un capítulo que podría parecer extraño en un primer momento porque le pone por título «Radiación de Probabilidad». Efectivamente, el autor recurre a una comparación con la teoría analítica de la propagación del calor. Una breve reflexión muestra que la analogía es real y la comparación legítima. El razonamiento de Fourier puede aplicarse prácticamente sin cambios a este problema, que es tan distinto de aquel para el que se creó. Es lamentable que [el autor] no desarrollara más esta parte de la tesis.

16. Lévy reconoció después que había interpretado incorrectamente el trabajo de Bachelier y pidió disculpas al mismo Bachelier por su evaluación negativa.

17. Samuelson (1941; 1947; 1948) y Samuelson y Nordhaus (2010).

18. Samuelson (1973, 6). En un artículo de 1973 sobre el sustrato matemático de la especulación financiera, Samuelson incluyó un maravilloso tributo a Bachelier:

Habida cuenta de que los especialistas franceses en geometría son prácticamente inmortales, es posible que Bachelier siga vivo en París y se saque un suplemento a su pensión de catedrático jubilado realizando un juicioso arbitraje entre opciones de compra y venta. No obstante, mis extendidas enseñanzas en torno a él durante los últimos 20 años no ha suscitado la aparición de ninguna información al respecto. Desconozco cuánto haya podido contribuir a ello Poincaré, a quien dedica su tesis doctoral. Por último, tal y como sugieren las citas de los trabajos de Bachelier, este parece haber tenido una mente de una sola dirección. ¡Pero menuda mente! Las referencias bastante desdeñosas a él como un pionero poco ortodoxo de los procesos estocásticos y promotor del trabajo en esa área, en boca de otros matemáticos más rigurosos como Kolmogorov, apenas llegan a hacerle justicia a Bachelier. Comparados con los mejores trabajos científicos de su tiempo, sus métodos son sólidos en lo que a rigor se refiere, y su fertilidad fue muy notable. A Einstein se le reverencia

convenientemente por su descubrimiento fundamental e independiente de la teoría de movimiento browniano, 5 años antes después que Bachelier. No obstante, años atrás, cuando comparé los dos textos me formé una opinión (que no he vuelto a reconsiderar) sobre cómo los métodos de Bachelier superaban a los de Einstein en todos y cada uno de los elementos del vector. Así pues, la ecuación Einstein-Fokker-Planck Fourier para la difusión de las probabilidades ya estaba en Bachelier, junto con los usos sutiles del método —ahora estándar— de las imágenes reflejadas.

19. Kendall (1953).

20. Como dice Samuelson (1965, 42): «¿Y quién dice que el tiempo mismo no muestra una correlación serial?»

21. Samuelson (1965).

22. En años posteriores, el perenne interés de Samuelson en la mecánica y la cinemática de los precios, con o sin certidumbre, llevaron a él y a sus alumnos a desarrollar varios proyectos de investigación muy fructíferos, incluyendo en última instancia los modelos de precios de opciones Black-Scholes y Merton, la piedra angular de la ingeniería financiera moderna. Black y Scholes (1973) y Merton (1973).

23. En 1992, Fama pasó a formar parte de la galería de personajes famosos del Malden Catholic High School por sus hazañas deportivas en atletismo y jugando al rugby americano y al béisbol durante su tercer y cuarto curso de instituto.

24. Fama (1963; 1965a).

25. Fama (1965b).

26. Fama (1970).

27. Véanse, por ejemplo, los estudios en Lo (1997).

28. Fama, Fisher, Jensen y Roll (1969).

29. Jensen (1978).

30. La Hipótesis de los Mercados Eficientes recuerda el papel que desempeña la incertidumbre en la mecánica cuántica. Del mismo modo que el principio de incertidumbre de Heisenberg limita lo que podemos saber sobre el posicionamiento y momento de un electrón, si la mecánica cuántica funciona, la Hipótesis de los Mercados Eficientes limita lo que podemos saber sobre cambios futuros de precios si las fuerzas del propio interés económico también funcionan.

31. Smith (1776 [2005], 236).

32. Benner (1876).

33. Haas y Ezekiel (1926).

34. Kaldor (1934).

35. Ezekiel (1938).

36. Breimyer (1959), Harlow (1960).

37. Muth (1961).

38. De hecho, Muth (ibíd., 318) utilizó argumentos similares a los de Samuelson y Fama, pero los aplicó a los mercados no financieros también: «Si la predicción de la teoría fuera significativamente mejor que las expectativas de las empresas, entonces habría oportunidad para que alguien ‘de dentro del mercado’ pudiera beneficiarse de la información —con inventarios especulativos si fuera posible, operando una compañía u ofreciendo un servicio de previsión de precios para empresas. Las oportunidades de beneficiarse dejarían de existir si las expectativas agregadas de la compañía fueran iguales

a la predicción de la teoría».

39. William Pounds, comunicación personal, 21 de abril de 2011.

40. Simon, (1991, 249).

41. Lucas (1972).

42. Finn E. Kydland y Edward C. Prescott recibieron el Premio Nobel en 2004 por su trabajo sobre teoría macroeconómica dinámica, y a Thomas J. Sargent y Christopher A. Sims se les concedió el Premio en 2011 por desarrollar sofisticados métodos para estimar modelos de expectativas racionales utilizando datos macroeconómicos históricos.

43. Klammer (1983, 38).

44. Rhode y Strumpf (2004).

45. New York Times (1924).

46. Forsythe et al. (1992).

47. Dahan, Kim, Lo, Poggio, y Chan (2011).

## Capítulo 2. Siendo tan listo, ¿cómo es que no eres rico?

1. Dabbs et al. (1990).
2. Esta historia —que muy probablemente se haya adornado y alterado a lo largo de varias décadas— ha adquirido la categoría de leyenda urbana y se ha convertido en parte permanente del folklore en los medios académicos. Igual que una venerada reliquia, ha ido pasando de una generación a otra de académicos, tanto en su calidad de cuento con moraleja para catedráticos con ínfulas, como también en tanto que homenaje lleno de admiración por la agudeza intelectual de Morganbesser. Véanse las remembranzas del ingenio de Morganbesser por parte de Gumbel (2004) y Ryerson (2004).
3. Más concretamente, la varianza de incrementos del paseo aleatorio es lineal en el intervalo de tiempo del incremento. Véase Lo y MacKinlay (1988) si se desea consultar los detalles.
4. Evidentemente, el resultado esperado de la mayoría de las inversiones también incrementa con el horizonte temporal de la inversión, lo suficiente como para atraer a muchos para que se conviertan en inversores a largo plazo. Volveremos a hablar de esta cuestión más adelante, en el capítulo 8, cuando exploremos el extraño mundo de los fondos de cobertura pero, por ahora, centrémonos en la varianza.
5. El valor  $p$  de una puntuación  $z$  de 7.51 es  $2,9564 \times 10^{-14}$ . Este resultado se basaba en un índice equiponderado de todos los valores cotizados en la bolsa de Nueva York, la Americana y NASDAQ durante nuestra muestra. Cuando aplicamos nuestro test a una versión ponderada en función del valor de ese índice bursátil —una en la que se diera a los valores mayores un peso proporcional mayor—, el rechazo era menos dramático pero aun así persuasivo: las probabilidades de que la Hipótesis del Paseo Aleatorio en este caso quedaban ligeramente por debajo de 1 de 100.
6. Para celebrar su centenario, Oxford University Press publicó una recopilación de las 100 comunicaciones o *papers* más influyentes de sus 180 revistas, y nuestra comunicación sobre el rechazo del paseo aleatorio fue una de las seleccionadas para su inclusión. Véase <http://www.oxfordjournals.org/news/centenary.html>.
7. De hecho, RAND es el acrónimo de «Research AND Development».
8. La poco habitual vida de Ellsberg se recoge en Wells (2001).
9. Ellsberg (1961). Los axiomas de Savage se refieren al marco matemático ampliamente aceptado para la cuantificación y la gestión del riesgo formulado por el conocido estadístico Leonard Jimmie Savage—el mismo Savage que descubrió a Paul Samuelson las tesis de Bachelier— en su libro pionero *The Foundations of Statistics* [Los Fundamentos de la Estadística].
10. Knight (1921).
11. Kahneman y Tversky (1984).
12. Clark (2008).
13. Société Générale (2008).
14. Huizinga y Laevan (2010) y Brown y Dinç (2011).
15. Espinosa-Vega, Kahn, Matta, y Solé (2011).
16. Para conocer con mayor detalle lo que hacen en realidad los supervisores bancarios, véase el fascinante relato de Eisenbach et al. (2015).

17. Grant, Hake y Hornseth (1951).

18. Véase, por ejemplo, Deneubourg, Aron, Goss y Pasteels (1987), Pasteels, Deneubourg y Goss (1987), Kirman (1993), Hölldobler y Wilson (1990), Harder y Real (1987), Thuijsman, Peleg, Amitai y Shmida (1995), Keasar, Rashkovich, Cohen y Shmida (2002), Bitterman, Wodinsky y Candland (1958), Behrend y Bitterman (1961), Graf, Bullock y Bitterman (1964), Young (1981) y Woolverton y Rowlett (1998).

19. Agradezco a Steve Ross el haberme proporcionado esta fascinante ilustración del emparejamiento de probabilidades. Ross atribuye este ejemplo a Amos Tversky, pero Tversky falleció antes de que pudiéramos confirmar los detalles.

20. Bakalar (2010).

21. Hablando en términos matemáticos, las finales o *playoffs* consisten en un torneo de un *bracket* con sesenta y cuatro equipos, seis rondas y eliminaciones a partido único, algo así como un árbol binario pero al revés.

22. McCrea y Hirt (2009).

23. Tversky y Kahneman (1971).

24. Tversky y Kahneman (1974).

25. La respuesta es veintitrés personas.

26. Para obtener detalles sobre este cálculo, véase

<http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=4542341> (última consulta: 15 de agosto de 2016)

27. Gilovich, Vallone y Tversky (1985).

28. Bocskocsky, Ezekowitz y Stein (2014).

29. Kahneman y Tversky (1979).

30. Véase, por ejemplo, Alexander (1961), Osborne (1962), Larson (1960), Cootner (1962), Steiger (1964), Niederhoffer y Osborne (1966) y Schwartz y Whitcomb (1977). De hecho, tanto Alexander (1961) como Schwartz y Whitcomb (1977) usan ratios de varianza para verificar la Hipótesis del Paseo Aleatorio y, pese a que no emplean el tipo de inferencia estadística rigurosa que derivamos nosotros en nuestro estudio, fue un error por nuestra parte haber pasado por alto su contribución. Nuestra única excusa es que ninguno de nuestros colegas era consciente de la existencia de estos estudios tampoco, ya que nadie nos indicó estas referencias antes o después de que se publicaran nuestras comunicaciones.

31. Niederhoffer (1997).

32. *Ibíd.*, 270.

### Capítulo 3. Siendo tan rico, ¿cómo es que no eres listo?

1. Keynes (1936, 161).
2. Keynes mismo tomó el término de la obra *Del conocimiento* del filósofo escocés ilustrado David Hume.
3. En comparación, el anticuado electroencefalógrafo podía registrar cambios en la actividad eléctrica de la superficie del cerebro en milisegundos, mil veces más rápido.
4. Esta analogía es un poco injusta porque en los estudios de resonancia magnética funcional (IRMf) podemos controlar las actividades del sujeto. Si pidiéramos a toda la ciudad excepto los profesionales de las finanzas que se fueran de vacaciones, seguramente veríamos mucho consumo de electricidad en el bajo Manhattan, que es una manera bastante exacta de reflejar en un mapa la función en relación a la geografía.
5. Klüver y Bucy (1937). El síndrome de Klüver-Bucy se encontró después en humanos, aunque es muy poco frecuente.
6. Kapp et al. (1979).
7. LeDoux (1996).
8. Uno de los libros de texto imprescindibles en el sector, *Guided Flight Discovery: Private Pilot* [Descubrimiento de los vuelos guiados: piloto privado] (2007, 3–38) de Jeppesen Sanderson menciona tres pasos clave para recuperarse de una pérdida de sustentación, el primero de los cuales es: «Disminuye el ángulo de ataque. Dependiendo del tipo de avión, puedes encontrarte con que hace falta una cantidad diferente de presión hacia delante en los mandos. Un movimiento hacia delante demasiado suave puede no bastar para recuperar altura; por otro lado, demasiada presión puede suponer una carga negativa en el ala, dificultando la recuperación».
9. Adolphs et al. (1994).
10. Bechara et al. (1995).
11. Feinstein et al. (2011).
12. Slovic (1999).
13. Lichtenstein et al. (1978).
14. National Transportation Safety Board [Consejo Nacional de Seguridad en el Transporte] (2000).
15. Hahn (1997).
16. Eisenberger, Lieberman y Williams (2003).
17. O'Connor et al. (2008).
18. Takahashi et al. (2009).
19. Olds y Milner (1954).
20. Sacks (1974).
21. Carlsson et al. (1957).
22. Breiter et al. (2001).
23. Tal y como mencionan los experimentadores: «Se hacía que las ganancias fueran mayores que las pérdidas, para compensar la tendencia firmemente establecida entre los sujetos a atribuir mayor peso a una pérdida que a una ganancia de igual magnitud», un resultado psicológico que surge directamente de la investigación de Kahneman y Tversky.
24. Kuhnen y Knutson (2005).



25. Wicker et al. (2003), Wright et al. (2004).
26. Sanfey et al. (2003).
27. Schüll (2012).
28. Clark et al. (2009).
29. Lo y Repin (2002).
30. Lo, Repin y Steenbarger (2005).
31. Montague y Berns (2002).
32. McClure et al. (2004).
33. Kable y Glimcher (2007).
34. Smith et al. (2010).
35. Bartra et al. (2013).
36. Pessiglione y Lebreton (2015).
37. Knutson y Bossaerts (2007).

#### Capítulo 4. El poder de la narrativa

1. Damasio (1994, 34–37), Eslinger y Damasio (1985).
2. Damasio (1994, 41–45), Saver y Damasio (1991), Damasio, Tranel y Damasio (1991; 1998).
3. Véase, por ejemplo, Damasio (1994) y Rolls (1990; 1994; 1999). Investigaciones recientes en el ámbito de las neurociencias cognitivas y la economía sugieren que se da una importante relación entre la racionalidad en la toma de decisiones y la emoción (Grossberg y Gutowski 1987, Damasio 1994, Elster 1998, Lo 1999, Lo y Repin 2002, Loewenstein 2000 y Peters y Slovic 2000), lo que implica que estas dos no son opuestas sino, de hecho, complementarias. Por ejemplo, en contra de la creencia muy extendida de que las emociones no tienen cabida en los procesos racionales de toma de decisiones financieras, Lo y Repin (2002) presentan pruebas preliminares de que las variables psicológicas asociadas con el sistema nervioso autónomo están altamente correlacionadas con acontecimientos del mercado, incluso para los agentes que tiene mucha experiencia profesional operando en bolsa. Los autores argumentan que las respuestas emocionales son un factor significativo en el procesamiento en tiempo real de los riesgos financieros, y que un componente importante del conjunto de habilidades de un agente profesional es su capacidad para canalizar las emociones, de modo consciente o inconsciente, de maneras concretas en momentos en que se den determinadas condiciones en el mercado.
4. Véase capítulo 10.3, Rolls (1999).
5. Véase sección 1.2, de Becker (1997) y Zajonc (1980; 1984).
6. Véase Baumeister, Heatherton, y Tice (1994).
7. Véase Damasio (1994, 141–143 y gráfico 7.3).
8. Bechara et al. (1994).
9. Damasio (1994, 212–217).
10. Kamstra, Kramer y Levi (2003).
11. Lo y Repin (2002) y Lo, Repin y Steenbarger (2005).
12. Coates y Herbert (2008).
13. Di Pellegrino et al. (1992).
14. Rizzolatti y Fabbri-Destro (2010).
15. Baron-Cohen (1989).
16. Perner y Wimmer (1985).
17. Kinderman, Dunbar y Bentall (1998).
18. Véase Kasparov y Greengard (2007, 50–51), aunque Kasparov relata una partida con el «Búlgaro Batallador», Vesilin Topalov, en la que, de algún modo, vio una jugada de jaque con quince movimientos de antelación.
19. Wolford, Miller y Gazzaniga (2000).
20. Miller y Valsangkar-Smyth (2005).
21. Gazzaniga (2008, 294) y Gazzaniga y LeDoux (1978).
22. Gazzaniga (2013).
23. Para apreciar la magnitud del dolor que sufrió Ralston, a continuación se ofrece un resumen breve de la autoamputación que se realizó, escrito por un bloguero montañero, Shane Burrows (véase <http://climb-utah.com/Roost/bluejohn2.htm>). ADVERTENCIA: los

lectores fácilmente impresionables no deberían seguir leyendo:

Ralston se preparó para amputarse el brazo derecho por debajo del hombro utilizando la hoja de cuchillo de su navaja. Al darse cuenta de que la hoja no era lo suficientemente afilada como para cortar el hueso, optó por hacer palanca con el brazo contra la roca para fracturarse el brazo y luego cortar los tejidos. Primero se rompió el radio, que conecta el codo con el pulgar. Al cabo de unos pocos minutos se fracturó el cúbito, el hueso exterior del antebrazo. Después se hizo un torniquete en el brazo y por último utilizó el cuchillo de la navaja para amputarse el brazo derecho por debajo del codo. El procedimiento completo se alargó durante aproximadamente una hora.

Los interesados en los detalles escabrosos pueden consultar la descripción todavía más gráfica que hace el propio Ralston (2004, 281–285).

24. Schoenemann et al. (2005) y Smaers et al. (2011).

25. Ralston (2004, 248).

26. Mischel et al. (1972).

27. Desrochers, Amemori y Graybiel (2015).

28. Ophir, Nass y Wagner (2009).

29. Liston et al. (2009).

30. Rosenthal y Fode (1963).

31. Rosenthal (1994).

32. Rosenthal y Jacobson (1968).

33. Hawkins y Blakeslee (2004, 104).

34. Por cierto, el número en comparación relativamente pequeño de átomos también significa que se podría especificar cualquier átomo en el universo observable en el espacio de una tarjeta postal.

35. McCulloch y Pitts (1943).

36. Le et al. (2012).

37. Minsky (1986).

38. *Ibíd.*, 308.

39. Winston (2012).

40. Por supuesto, este hecho no desmerece en modo alguno el increíble logro de Einstein. Muchos otros físicos antes que Einstein partieron de los mismos conocimientos de base pero ni se acercaron a la narrativa que Einstein creó.

## Capítulo 5. La revolución de la evolución

1. Rathmann (1994).
2. Chen y Li (2001).
3. Darwin (1859).
4. Richard Dawkins, el gran biólogo evolucionista de Oxford y autor de grandes éxitos como *El gen egoísta* y *El relojero ciego*, tal vez sea el comunicador de la teoría evolucionista más convincente de nuestro tiempo. A lo largo de los años, ha respondido a todas las críticas serias que se han planteado a la teoría de la evolución, así que no voy a intentar repetir su elocuente y convincente batería de argumentos de contraataque ahora, sino que animo a los lectores a consultar su fascinante obra.
5. Cook (2003), Cook et al. (2012).
6. Mayr (2004, 31).
7. Eddington (1928, 72).
8. Dawkins (1986, 46–49).
9. Bersaglieri et al. (2004).
10. Hume (2006).
11. Tattersall (1998, 110–124).
12. Ibid., 126–134.
13. McDougall (2005).
14. Tattersall (1998, 176–177).
15. Burbano et al. (2010), Green et al. (2010).
16. Reich et al. (2010).
17. Wilcox et al. (1988).
18. Haines (2008).
19. En lo que se refiere a gran parte del debate que sigue, estoy en deuda con el trabajo de Georg Striedter (2005; 2006).
20. Tattersall (1998, 136–140).
21. Falk (1990).
22. Leonard y Robertson (1994).
23. Talbot (2012).
24. Tattersall (2010).
25. West-Eberhard (2003, 51–55).
26. Herodotus 2.2, (1987, 131–132).
27. Véase, por ejemplo, Rymer (1993).
28. Pinker (1991; 1994).
29. Rolls (1999; 2013).
30. Rawson (1979).
31. Caspi et al. (2003).
32. Barnea et al. (2010).
33. Krützen et al. (2005).
34. Los datos sobre población mundial se han obtenido de la Base de Datos Internacional de la Oficina del Censo de Estados Unidos, la U.S. Census Bureau. Esta

entidad ofrece estadísticas de varias fuentes para las estimaciones sobre población mundial desde el año 10.000 a. de C. hasta 1950, e incluye estimaciones al alza y a la baja; yo he hecho una media de estas estimaciones para obtener una única para cada año para el que se dispone de datos. Desde 1951 hasta 2011, la Oficina del Censo de Estados Unidos proporciona una estimación única para el año. Si se desea profundizar más, puede consultarse la siguiente página web:

<http://www.census.gov/population/international/data/idb/worldhis.php>.

35. Hawkins y Blakeslee (2004, 99).
36. Danziger, Levav y Avnaim-Pesso (2011a).
37. Tierney (2011).
38. Weinshall-Margel y Shapard (2011).
39. Danziger, Levav y Avnaim-Pesso (2011b).
40. Maynard Smith (1975).
41. Hamilton (1964a, 1964b).
42. Trivers (1971).
43. Trivers (1972).
44. Maynard Smith (1982).
45. Wilson (1994, 319–320).
46. Wilson (1994, 322–323).
47. Wilson (1994, 328).
48. Buck v. Bell, 274 U.S. 200, en 207.
49. Wilson (1994, 336–347).
50. Sociobiology Study Group [Grupo de Estudio de Sociobiología] (1975).
51. Wilson (1994, 340).
52. Trivers (2002, 161).
53. Cosmides y Tooby (1987, 303).
54. Tooby y Cosmides (2005, 16–19).
55. Pinker (1994).
56. Lai et al. (2001).
57. Hurlbert y Ling (2007).

## Capítulo 6. La Hipótesis de los Mercados Adaptativos

1. Véase Grossman y Stiglitz (1980).
2. Simon (1997).
3. Simon (1955).
4. Simon tenía una respetable marca personal de 1853 antes de dejar el mundo de la competición. Simon (1991, 241–242).
5. Simon (1955n4).
6. El número de maneras en que se pueden organizar todos estos elementos es sencillamente el producto del número de elementos:  $10 \times 10 \times 6 \times 21 \times 4 \times 10 \times 4 = 2.016.100$ . Nótese que los números de posibles chaquetas y corbatas son 6 y 21, no 5 y 20, porque tengo la opción de no llevar ni chaqueta ni corbata. ¡Imagina lo mucho que se complicaría este problema de toma de decisión en un centro naturista donde la ropa es opcional!
7. Simon (1953).
8. Simon (1991, 249).
9. Crowther-Heyck (2005, 161).
10. Schlaepfer et al. (2002).
11. Véase Brennan y Lo (2011, 2012) para consultar la versión matemática formal de nuestro modelo.
12. Véase Brennan y Lo (2012).
13. Simon (1969).
14. También se conoce como la Ley de los Grandes Números.
15. Peltzman (1975).
16. Sobel y Nesbit (2007).
17. Samuelson (1998, 1376).
18. Samuelson (1947, 21).
19. Debreu (1991, 2).
20. Teoría de Juegos (von Neumann y Morganstern 1944, Nash 1951); teoría del equilibrio general (Debreu 1959); la economía de la incertidumbre (Arrow 1964); crecimiento económico a largo plazo (Solow 1956); teoría de carteras y fijación de precios de activos financieros (Markowitz 1952, Sharpe 1964, Tobin 1958); teoría de fijación de precios de opciones (Black y Scholes 1973, Merton, 1973); modelos macroeconómicos (Tinbergen 1956, Klein 1970); modelos de equilibrio general computable (Scarf 1973); expectativas racionales (Muth 1961, Lucas 1972).
21. Samuelson (1947, 3).
22. A pesar de los tres siglos de investigación, en tiempos tan recientes como 2013 los físicos todavía están descubriendo nuevas soluciones para describir el movimiento de tres cuerpos que ejercen fuerza gravitacional entre sí (Šuvakov y Dmitrašinović, 2013).
23. Wilson (1998).
24. Veblen (1898).
25. Fisher (1930).
26. Haldane (1924).

27. Wilson (1975), Nowak, Tarnita y Wilson (2010).
28. Gigerenzer (2015), Gigerenzer y Gaissmaier (2011).
29. Alchian (1950).
30. Hirshleifer (1977).
31. Robson (1996a, b, 2001a, b) y Robson y Samuelson (2007, 2009).

32. Véase Becker (1976), Hirshleifer (1977) y Tullock (1979) para consultar las derivadas económicas de la sociobiología; Maynard Smith (1982, 1984) y Weibull (1995) para obtener información sobre la teoría de juegos evolucionista; Nelson y Winter (1982) y Andersen (1994) para conocer una interpretación evolucionista del cambio económico; Anderson, Arrow y Pines (1988) sobre las economías como sistemas adaptativos complejos; Arrow y Levin (2009) para saber más sobre el impacto de la incertidumbre en el número de descendientes en los actuales patrones de consumo; y Burnham (2013) en relación a una síntesis evolucionista de la economía neoclásica y conductista. Hodgson (1995) contiene ejemplos adicionales de estudios que se sitúan en el punto de intersección de la economía con la biología, y publicaciones como la *Journal of Evolutionary Economics* [Revista de Economía Evolucionista] y la *Electronic Journal of Evolutionary Modeling and Economic Dynamics* [Revista Electrónica de Modelos Evolucionistas y Dinámicas Económicas] albergan en la actualidad la producción creciente de este tipo de literatura.

33. Por ejemplo, DeLong et al. (1991) y Blume y Easley (1992) exploran la supervivencia a largo plazo de los agentes racionales e irracionales y muestran que la irracionalidad puede perdurar; Waldman (1994) muestra que la selección natural y la reproducción sexual pueden a menudo llevar a comportamientos subóptimos o «segundas mejores opciones»; Luo (1995, 1998, 1999, 2001, 2003) explora las implicaciones de la selección natural como medio de intercambio en los mercados de futuros y monetarios; la literatura sobre modelos basados en el agente de la que fueron pioneros Arthur et al. (1997), en la que se simulan las interacciones entre agentes software programados con heurística sencilla, se apoya en gran medida en dinámicas evolucionistas; Hirshleifer y Luo (2001) consideran las perspectivas a largo plazo de los agentes excesivamente confiados en un mercado de acciones competitivo; y Kogan et al. (2006) muestran que los agentes irracionales pueden influir en los precios de mercado incluso cuando su riqueza se hace insignificante; Lensberg y Schenk-Hoppé (2007) deducen las propiedades asintóticas de las estrategias de inversión pero siguen el criterio de Kelly; y Hens et al. (2011) obtienen una explicación evolutiva del rompecabezas del valor de alta calidad o *premium*.

34. Lo y Zhang (2017).
35. Arthur et al. (1997).
36. Farmer (2002), Farmer y Skouras (2013).
37. Beinhocker (2006).
38. Schumpeter (1942).
39. Nelson y Winter (1982).
40. Hayek y Bartley (1988, 23–25).
41. Soros (1987).

## Capítulo 7. Las islas Galápagos de las finanzas

1. Mallaby (2010, 160–161).
2. *Ibíd.*, 167.
3. Grossman y Stiglitz (1980).
4. A los lectores curiosos les recomiendo tres libros excelentes, que están estrechamente relacionados además, acerca de los pinzones de Darwin y su evolución: *Cómo y por qué se multiplican las especies: la radiación de los pinzones de Darwin* de Peter R. Grant y B. Rosemary Grant; *Ecology and Evolution of Darwin's Finches* [Ecología y evolución de los pinzones de Darwin] de Peter R. Grant; y el libro ganador de un Pulitzer, escrito por Jonathan Weiner sobre las investigaciones de Grant en las Galápagos, que lleva por título, *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time* [El pico de pinzón: una historia contemporánea de la Evolución].
5. Sulloway (1982).
6. Darwin (1845).
7. Sato et al. (1999).
8. Currier (2006).
9. Mallaby (2010, 16–22).
10. Jones (1949).
11. Mallaby (2010, 22–28).
12. *Ibíd.*, 411n32.
13. Loomis (1966).
14. SEC (1969).
15. Loomis (1970).
16. Thackray (1977).
17. Mallaby (2010, 422n3).
18. *Ibíd.*, 112.
19. Buffett (1984).
20. Patterson (2009, 41–42).
21. *Ibíd.*, 42–43.
22. Entrevista telefónica a David E. Shaw, 8 de agosto de 2012. Todas las citas de David E. Shaw se han tomado directamente de la entrevista.
23. Sobre el TAPS, Eichenwald (1991).
24. Véase Patterson (2009, 44), donde se ofrece un relato posiblemente poco fiable de la marcha de Shaw basado en los recuerdos de Tartaglia.
25. Información pública.
26. Coppersmith (1994).
27. Lowenstein (2000, 26–27).
28. *Ibíd.*, 59.
29. Grupo de Trabajo del Presidente, President's Working Group (1999, 12–13).
30. Paine (1966).
31. GAO (1999, 7).
32. Lowenstein (2000, 211).
33. President's Working Group (1999, 10–12).
34. GAO (2000, 5–14).



35. Getmansky, Lee y Lo (2015, tabla YYY).
36. *Ibíd.*, tabla 3.
37. Philips (2013).
38. Jensen (2007).

## Capítulo 8. Los mercados adaptativos en acción

1. Sharpe (1964). El CAPM fue desarrollado de manera independiente y aproximadamente al mismo tiempo por John Lintner (1965), Jan Mossin (1966) y Jack Treynor (1961; 1962), aunque Treynor nunca publicó sus resultados. Así pues, el CAPM a menudo se cita como el CAPM de Sharpe-Lintner. Nosotros hemos seguido más de cerca la versión de Sharpe.

2. Siegel (2014).

3. Este término también hace referencia a las reformas tanto económica como regulatoria que se produjeron tras la Gran Depresión con el fin de modular la actividad financiera, incluida gran parte de la regulación actual estadounidense que rige todo el sistema financiero; la Ley Glass-Steagall de 1932, La Ley sobre el Sistema Bancario o Banking Act de 1933, la Ley sobre Acciones o Securities Act de 1933, la Ley sobre el Intercambio de Acciones o Securities Exchange Act de 1934, la Ley sobre Empresas Inversoras o Investment Company Act de 1940, y la Ley sobre Asesores sobre Inversiones o Investment Advisers Act de 1940. No debería confundirse la Gran Modulación con la «Gran Moderación», un término acuñado por Stock y Watson (2002) que hace referencia al periodo de baja volatilidad en el ciclo empresarial de Estados Unidos registrado entre 1987 y 2007. Los dos conceptos están claramente relacionados.

4. Más concretamente, es un gráfico que muestra las rentabilidades medias compuestas geoméricamente y anualizadas de un periodo de 1.250 días para el índice con ponderación por valor del CRSP.

5. Black (1972).

6. Hasanhodzic y Lo (2011).

7. Bogle (1997).

8. Merton (1989; 1995a, b) y Merton y Bodie (2005).

9. Lo y Patel (2008).

10. Hasanhodzic y Lo (2007).

11. Lo (2004; 2005; 2012a).

12. Técnicamente, asumiendo rentabilidades del índice de distribución logarítmica normal con una media anualizada del 10%.

13. Detalles técnicos adicionales: he aplicado el algoritmo a las rentabilidades diarias del índice con ponderación por valor del CRSP desde 1925 hasta 2014, que utiliza un estimador de ventanas consecutivas de volatilidad de 21 días y un valor de 16,9% para el objetivo de volatilidad anualizada (que resulta ser la volatilidad de las rentabilidades del índice con ponderación por valor del CRSP para todo el periodo de la muestra). Yo utilicé una ventana más larga de 125 días para esta comparación con objeto de mostrar que el control de la volatilidad tiene un efecto, incluso fuera de la ventana de 21 días usada para escalar la cartera. Para más información, véase Lo (2016).

14. El valor de contrato para el E-Mini S&P 500 es 50 veces el valor del índice, así que un nivel de 2.000 en el índice genera un valor contractual de 100.000 dólares. El diferencial entre el precio de compra y de venta de este contrato suele ser 1 punto o *tick*, que son 12,50 dólares por contrato. Así pues, el coste unidireccional puede estimarse aproximadamente como la mitad de esa cantidad o 0,625 puntos básicos (bps). Las cuotas adicionales para el E-Mini S&P 500 (comisión, NFA, intercambio, etc.) van de 1,87 dólares

a 2,46 dólares por contrato, dependiendo del método de ejecución, y ascienden a 0,221 bps de media, con lo cual el coste total de ejecutar un único contrato es ligeramente inferior a 1 bp a partir del 30 de marzo de 2015.

15. Black y Pérold (1992).

16. Black (1976).

17. Niederhoffer (1997, capítulo 15).

18. Niederhoffer y Zeckhauser (1983).

19. Leibowitz (2005).

20. Véase, por ejemplo, Zeckhauser y Niederhoffer (1983), Blume y Easley (1992), Luo (1995), Niederhoffer (1997), Hirshleifer y Luo (2001), Farmer (2002) y Kogan, Ross, Wang y Westerfield (2006).

21. Bass (1985; 2000).

22. Farmer y Lo (1999).

23. En una comunicación posterior, Doyné y sus colaboradores mostraron en un modelo más estilizado que la tasa a la que las ineficiencias desaparecen se ralentiza a medida que la ineficiencia disminuye, de modo que el tiempo que se tarda en llegar a un mercado eficiente puede ser superior a lo que él sugería en un primer momento. Véase Cherkashin, Farmer y Lloyd (2009) para consultar los detalles.

24. DeLong et al. (1991), Blume y Easley (1992), Waldman (1994), Luo (1995, 1998, 1999, 2001, 2003), Hirshleifer y Luo (2001) y Kogan, Ross, Wang, y Westerfield (2006).

25. Zweig (2015).

26. Khandani y Lo (2007).

27. Lo y MacKinlay (1990).

28. Thal Larsen (2007).

29. Dowd, Cotter, Humphrey y Woods (2011, tabla 2).

30. Getmansky, Lee y Lo (2015).

31. <https://www.youtube.com/watch?v=oIKbWTdKfHs>.

## Capítulo 9. Miedo, avaricia y crisis financiera

1. Krugman (2005).
2. El Índice Case-Shiller de Precios Reales de Viviendas se incrementó, de 113,73 en julio de 1996 a 194,63 en junio de 2006. Véase <http://www.econ.yale.edu/~shiller/data/Fig3-1.xls>.
3. Sorkin et al. (2008).
4. El Índice Case-Shiller de Precios Reales de Viviendas de junio de 2015 es 155,87. Véase <http://www.econ.yale.edu/~shiller/data/Fig3-1.xls>.
5. Greenspan y Kennedy (2005), Greenspan y Kennedy (2008).
6. Lo (2012b).
7. Murphy (2012).
8. Información obtenida de Merrill Lynch & Co., Inc., Formulario 10-K para el Año Fiscal hasta el 31 de diciembre de 2004, 16; The Goldman Sachs Group, Inc., Formulario 10-Q para el Trimestre Fiscal hasta el 27 de mayo de 2005, 33; The Bear Stearns Companies Inc., Formulario 10-K para el Año Fiscal hasta el 30 de noviembre de 2005, 17; Lehman Brothers Holdings Inc., Formulario 10-K para el Año Fiscal hasta el 30 de noviembre de 2005, 65–66; Morgan Stanley, Formulario 10-k para el Año Fiscal hasta el 30 de noviembre de 2005, 11. Agradezco a Bob Lockner la información que me ha proporcionado.
9. Pickard (2008). Agradezco a Jacob Goldfield haberme hecho reparar en este ejemplo.
10. *Ibíd.*
11. Satow (2008).
12. Sirri (2009).
13. GAO (2009).
14. *Ibíd.*, 41, gráfico 6.
15. Labaton (2008).
16. Coffee (2008).
17. Woodward (2009).
18. Blinder (2009).
19. Stiglitz (2009).
20. Reinhart y Rogoff (2009, 213–214).
21. Simposio MIT150, 27 de enero de 2011, Cambridge, MA: <http://amps-web.amps.ms.mit.edu/public/150th/jan27/150econFinance-part2.html>, 43:30 a 44:30, consultado el 19 de septiembre de 2015.
22. Shiller (2005).
23. Rajan (2005).
24. Rajan (2010, 3).
25. Chan et al. (2006).
26. Gimein (2005).
27. MacDonald y Robinson (2009).
28. *Ibíd.*, 268–269.
29. Comisión de Investigación de la Crisis Financiera (2011, 3–22).
30. Nakamoto y Wighton (2007).

31. Dash y Thomas (2007).
32. Knight (2005).
33. Perrow (1984).
34. Perrow (2010).
35. Wolfe (1987)
36. Khandani, Lo y Merton (2013).
37. Stock y Watson (2003).
38. Khandani y Lo (2011).

## Capítulo 10. Las finanzas se portan mal

1. Henriques (2011).
2. Seal (2009).
3. Henriques y Kouwe (2008).
4. Datos sobre Calificaciones Empresariales y Sectoriales disponibles en la página web <http://www.gallup.com/poll/12748/business-industry-sector-ratings.aspx>.
5. Güth et al. (1982).
6. Sanfey et al. (2003).
7. Proctor et al. (2013)
8. Burnham (2007).
9. Zak et al. (2007).
10. Greene et al. (2001).
11. Greene et al. (2004).
12. Berton (2010).
13. Datos del NYSE disponibles en la página web: [http://www.nyxdata.com/nysedata/asp/factbook/viewer\\_edition.asp?mode=table&key=3294&category=3](http://www.nyxdata.com/nysedata/asp/factbook/viewer_edition.asp?mode=table&key=3294&category=3), consultados el 10 de septiembre de 2016.
14. Guerrero (2010).
15. Milgram (1963).
16. Véase <https://www.youtube.com/watch?v=1HcMWInTtFQ>, en particular 21:45 a 41:00, consulta realizada el 31 de agosto de 2016.
17. Haney, Banks y Zimbardo (1973a; 1973b).
18. Haidt (2007). En escritos más recientes, Haidt ha añadido una sexta dimensión: libertad frente a opresión.
19. Graham et al. (2009).
20. Oficina de Investigaciones de la SEC (2009, 1).
21. *Ibíd.*, 21–22, Ocrant (2001), Arvedlund (2001).
22. Oficina de Investigaciones de la SEC (2009, 61–67).
23. *Ibíd.*, 67–74.
24. *Ibíd.*, 61, 354.
25. *Ibíd.*, 361–363.
26. *Ibíd.*, 77–80.
27. *Ibíd.*, 145–149.
28. *Ibíd.*, 195–197.
29. *Ibíd.*, 136–138.
30. *Ibíd.*, 223.
31. *Ibíd.*, 240–244.
32. *Ibíd.*, 255–259.
33. *Ibíd.*, 266–268.
34. *Ibíd.*, 368.
35. GAO (2013).
36. *Ibíd.*, 33–38.
37. *Ibíd.*, 11.
38. *Ibíd.*, 16–17.

39. SEC (2014, 132). Estos cambios parecen estar teniendo un impacto. La calificación de la SEC en el Índice de Satisfacción Global de la Oficina de Gestión de Personal —basado en la misma encuesta mencionada en el informe de la GAO que se cita— mejoró, pasando de 59 en 2012 a 65 en 2014 (Office of Personnel Management [Oficina de Gestión de Personal], 2014). En comparación, en 2014 la agencia con la calificación de satisfacción en el trabajo más alta fue la National Aeronautics and Space Administration, la Agencia Nacional de la Aeronáutica y el Espacio (con un valor de 74 en el índice), mientras que la agencia con la calificación más baja fue el Department of Homeland Security, el Departamento de Seguridad Nacional (con un valor en el índice de 48), y el valor global en el índice del gobierno en general se situó en 59.

40. Cohn, Fehr y Maréchal (2014).

41. *Ibíd.*, 86.

42. Gibson, Tanner y Wagner (2015).

43. Dyck, Morse y Zingales (2013).

44. Deason, Rajgopal y Waymire (2015).

45. Black y Scholes (1973), Merton (1973).

46. Comunicación privada con John V. Guttag—hijo de Irwin Guttag y programador de la SR-52— que se convirtió en ingeniero informático y acabó al frente del Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática del MIT, y en la actualidad es titular de la cátedra Dugald C. Jackson de Ingeniería Eléctrica e Informática del MIT.

47. Scholes (2006).

48. Lim et al. (2006).

49. Banco de Pagos Internacionales (2016, tabla D1 en <http://stats.bis.org/statx/srs/table/d1> y tabla D5.1 en <http://stats.bis.org/statx/srs/table/d5.1>).

50. Kirilenko y Lo (2013).

51. Más concretamente, la venta afectaba a contratos de futuros del índice bursátil e-mini S&P 500 de junio de 2010.

52. CFTC/SEC (2010).

53. Lucas (2014).

54. Zhang, Brennan y Lo (2014).

**Capítulo 11. Arreglar las finanzas**

1. May, Levin y Sugihara (2008), Haldane y May (2011), Levin y Lo (2016).
2. Levin y Lo (2016).
3. Brennan y Lo (2014).
4. CME Group (2015).
5. CME Group (2010).
6. Levin y Lo (2015).
7. Chave y Levin (2003).
8. Bonner (2006, 62–65).
9. Li et al. (2015).
10. Davis Polk (2015, 2).
11. Billio et al. (2012).
12. Merton et al. (2013) y Billio et al. (2016).
13. Acharya et al. (2009).
14. BBC News Magazine (2012).
15. Fielding et al. (2011).
16. Para consultar el resume oficial del NTSB en relación a su proceso de investigación, vea: <http://www.nts.gov/investigations/process.html>.
17. NTSB (1993).
18. *Ibíd.*, vi.
19. Abbe, Khandani y Lo (2012).
20. Zimbardo (2007, 451–456).
21. Agradezco a Hamid Mehran el haber sugerido esta terminología.
22. Tversky y Kahneman (1981).
23. Lo (1999).
24. De Nederlandsche Bank (2009).
25. Véase Nuijts y de Haan (2013) para obtener información más detallada sobre los esfuerzos actuales del DNB en relación a la supervisión de la cultura bancaria.
26. De Nederlandsche Bank (2014).
27. Eisenbach et al. (2015).
28. Kane (2015).



## Capítulo 12. Llegar donde ningún otro hombre ha llegado jamás

1. Véase Pearson y Davies (2014).
2. Keynes (1963).
3. American Cancer Society [Asociación Estadounidense contra el Cáncer] (2016).
4. Estos retos, junto con algunas posibles soluciones financieras descritas en esta sección, se estudian en mayor profundidad en Fernandez, Stein y Lo (2012), y Fagnan, Fernandez, Lo y Stein (2013), Lo y Pisano (2016), y Montazerhodjat, Weinstock y Lo (2016).
5. Datos Nacionales Agregados, PricewaterhouseCoopers/National Venture Capital Association MoneyTree™ Report, Datos: Thomson Reuters, <https://www.pwcmoneytree.com/> consulta realizada el 3 de septiembre de 2016.
6. Dibner, Trull y Howell (2003), Huggett (2015).
7. Huggett y Paisner (2016).
8. Datos disponibles en la web del National Center for Biotechnology Information, el Centro Nacional de Información Biotecnológica:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/statistics>.
9. Fauci y Folkers (2012).
10. Thomas (2012).
11. DiMasi, Grabowski y Hansen (2016).
12. Esta cifra es el valor neto actual de un flujo de 2.000 millones de dólares al año durante diez años utilizando un 10% de coste de capital, el valor que se suele utilizar para el sector farmacéutico.
13. National Venture Capital Association [Asociación Nacional de Capital Riesgo] (2016, gráfico 3.14).
14. A partir de 24 de noviembre de 2016, la rentabilidad real del Índice de Bonos A de Empresas Estadounidenses de Bank of America Merrill Lynch era 3,07%, y emitir un bono de descuento puro a diez años con un valor nominal de 37.000 millones de dólares a este nivel de rentabilidad generaría una recaudación actual de 27.200 millones de dólares. Según el Investor Services [Servicio a los Inversores] de Moody's (2008, documento 28), la tasa acumulada de impago en el año 10 para bonos de calificación A es 1,095 por ciento; habida cuenta de que hay una probabilidad del 2% de que el fondo no genere 37.000 millones de dólares en el año 10, el riesgo de impago de estos bonos contra el cáncer se capta de manera conservadora con la calificación A.
15. Véase <http://cancerx.mit.edu>.
16. Sachs (2005).
17. Collier (2007).
18. Sachs (2005, 244–265).
19. Collier (2007, 38–52).
20. Haushofer y Fehr (2014).
21. Haushofer y Shapiro (2013).
22. Methylobakter tundripaludum.
23. Fearer (2014), Dockser Marcus (2014).