

CAPÍTULO NUEVE

RIESGO Y RENDIMIENTO

EN EL CAPÍTULO 8 empezamos a enfrentarnos al problema de la medición del riesgo. Es hasta ahí donde hemos llegado.

El mercado accionario es riesgoso porque hay un abanico de resultados posibles, cuya medida común es la desviación estándar o varianza. El riesgo de cualquier acción se divide en dos partes: la primera es el *riesgo único*, que es propio de cada acción, y la segunda es el *riesgo del mercado*, que está asociado con las variaciones del conjunto del mercado. Los inversionistas eliminan el riesgo único mediante la tenencia de un portafolio (o cartera) bien diversificado, pero no llegan a eliminar el riesgo del mercado. El único riesgo de un portafolio completamente diversificado es el riesgo del mercado.

La contribución de una acción al riesgo de un portafolio totalmente diversificado depende de su sensibilidad a las fluctuaciones del mercado. Esta sensibilidad generalmente se conoce como *beta*. Un título con una beta de 1.0 tiene un riesgo de mercado promedio, y un portafolio bien diversificado con títulos de ese tipo tiene la misma desviación

estándar que el índice del mercado. Un título con una beta de .5 tiene un riesgo de mercado inferior al promedio; un portafolio bien diversificado con títulos de ese tipo oscila la mitad de lo que lo hace el mercado y su desviación estándar es la mitad de la de este último.

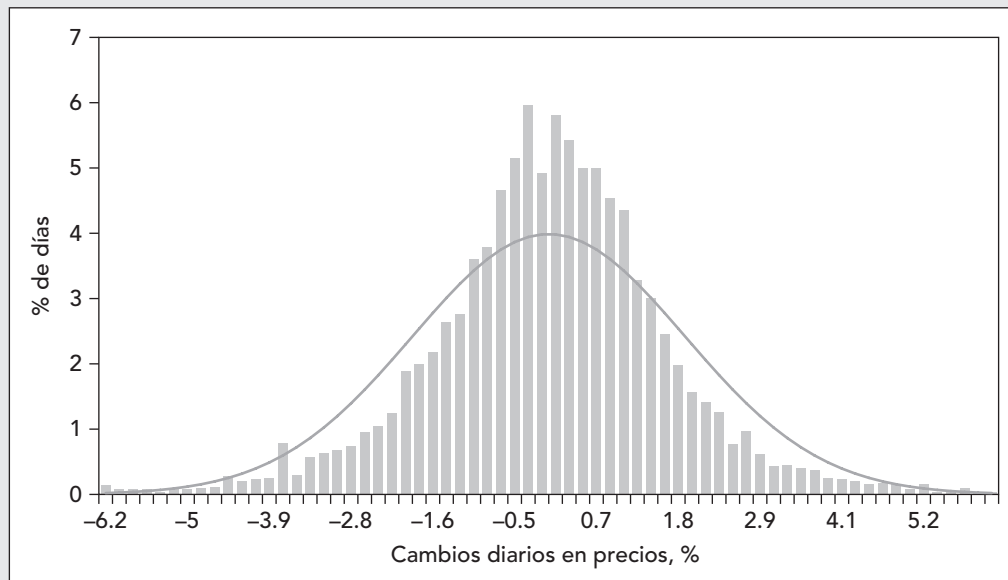
En este capítulo nos basamos en este nuevo conocimiento. Presentamos las principales teorías que vinculan riesgo y rendimiento en una economía competitiva y mostramos cómo se usan estas teorías para estimar los rendimientos demandados por los inversionistas en diferentes inversiones accionarias. Empezamos con la teoría más utilizada: el modelo de valuación de activos de capital, el cual se basa directamente en las ideas desarrolladas en el último capítulo. Asimismo, examinamos otra clase de modelos que se conocen como modelos de fijación de precios por arbitraje o factoriales. Posteriormente, en el capítulo 10, mostramos cómo estas ideas ayudan a que el administrador financiero se enfrente al riesgo en situaciones prácticas de presupuesto de capital.

9.1

HARRY MARKOWITZ Y EL NACIMIENTO DE LA TEORÍA DEL PORTAFOLIO

La mayor parte de las ideas del capítulo 8 datan de un artículo escrito en 1952 por Harry Markowitz.¹ Markowitz centró su atención en la práctica habitual de la diversificación del portafolio y mostró cómo un inversionista reducía la desviación estándar

¹ H. M. Markowitz, "Portfolio Selection", *Journal of Finance* 7 (marzo de 1952), pp. 77-91.

**FIGURA 9.1**

Los cambios diarios en los precios de IBM se distribuyen casi normalmente. Esta gráfica abarca desde 1986 hasta 2006.

de los rendimientos de un portafolio eligiendo acciones que no se movieran exactamente igual. Pero Markowitz no se detuvo ahí; continuó con el desarrollo de los principios básicos para la construcción de portafolios. Estos principios son el fundamento de la mayor parte de lo que se ha escrito acerca de la relación entre riesgo y rendimiento.

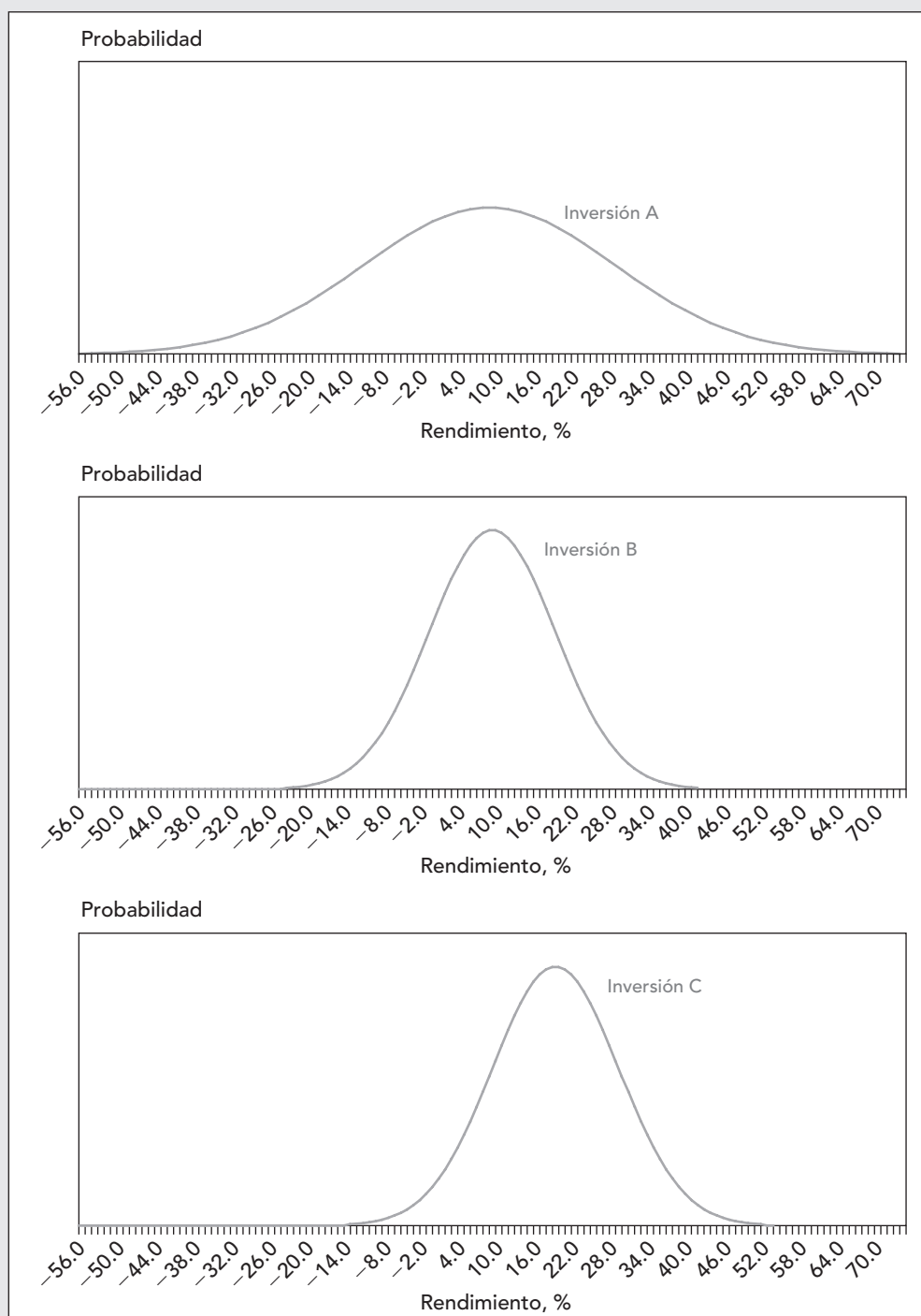
Empezamos con la figura 9.1, la cual muestra un histograma de los rendimientos diarios de la acción de IBM desde 1986 hasta 2006. Sobre este histograma superpusimos una distribución normal en forma de campana. El resultado es típico: cuando se miden en intervalos lo bastante pequeños, las tasas de rendimiento históricas de cualquier acción se ajustan mucho a una distribución normal.²

Las distribuciones normales se definen con tan sólo dos parámetros. El primero es el rendimiento promedio o esperado; el segundo es la varianza o la desviación estándar. Ahora se entiende mejor por qué en el capítulo 8 discutíamos sobre el cálculo del rendimiento esperado y la desviación estándar. No son sólo medidas arbitrarias: si los rendimientos siguen una distribución normal, el rendimiento esperado y la desviación estándar son las *únicas* dos medidas que el inversionista tiene que considerar.

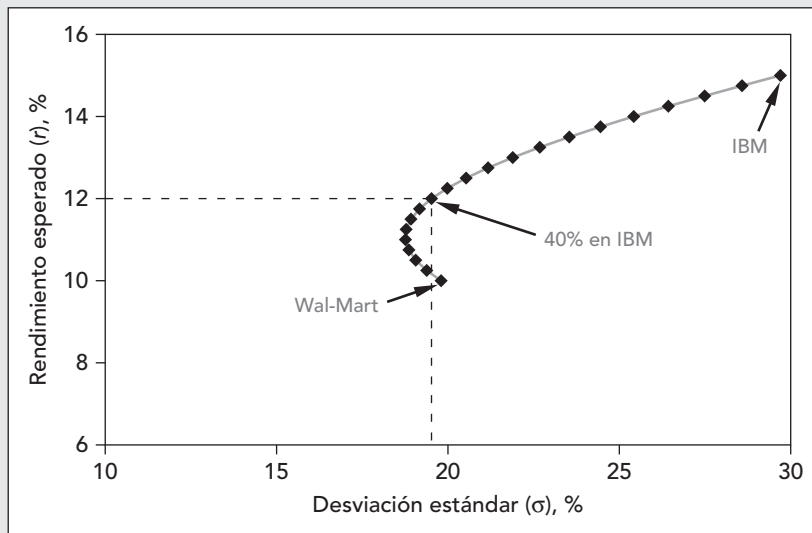
La figura 9.2 representa la distribución de los posibles rendimientos de tres inversiones. A y B ofrecen un rendimiento esperado de 10%, pero A tiene la mayor variabilidad de resultados posibles. Su desviación estándar es de 15% y la de B es de 7.5%. La mayoría de los inversionistas prefiere evitar la incertidumbre y, por lo tanto, se inclinarían más por B que por A.

Ahora comparemos las inversiones B y C. Esta vez ambas tienen la *misma* desviación estándar, pero el rendimiento esperado es de 20% para la acción C y de sólo 10% para la acción B. Casi todos los inversionistas prefieren un rendimiento esperado alto y, por lo tanto, se inclinarían por C y no por B.

² Si fuera a medir rendimientos en intervalos *largos*, la distribución sería sesgada. Por ejemplo, hallaría rendimientos mayores que 100%, pero ninguno menor que -100%. Sería posible aproximarse más a la distribución de rendimientos en un periodo, digamos, de un año, mediante la distribución *lognormal*. Esta distribución, al igual que la normal, se determina por su media y su desviación estándar.

**FIGURA 9.2**

Tanto la inversión A como la B tienen un rendimiento *esperado* de 10%, pero como la inversión A tiene la mayor variabilidad de rendimientos *posibles*, es más riesgosa que la B. Medimos esta variabilidad mediante la desviación estándar. La inversión A tiene una desviación estándar de 15%, y la B, una de 7.5%. Casi todos los inversionistas preferirían B sobre A. La inversión B y la C tienen la misma desviación estándar, pero la C ofrece un rendimiento *esperado* más alto. Casi todos los inversionistas preferirían C sobre B.

**FIGURA 9.3**

La línea curvada ilustra cómo el rendimiento esperado y la desviación estándar cambian si se mantienen diferentes combinaciones de dos acciones. Por ejemplo, si se invierte 40% del dinero en IBM y el resto en Wal-Mart, el rendimiento esperado es de 12%, el cual está a 40% de la distancia entre los rendimientos esperados de las dos acciones. La desviación estándar es de 19.5%, la cual es menor que 40% de la distancia entre las desviaciones estándar de las dos acciones. Ello sucede porque la diversificación reduce el riesgo.

Combinación de acciones en portafolios

Supongamos que duda entre invertir en acciones de Wal-Mart o de IBM. Constatamos que Wal-Mart ofrece un rendimiento esperado de 10% e IBM uno de 15%. Después de revisar la variabilidad histórica de las dos acciones, también se da cuenta de que la desviación estándar de los rendimientos es de 19.8% para Wal-Mart y de 29.7% para IBM. Esta última ofrece el rendimiento esperado más alto, pero es más riesgosa.

Ahora bien, no hay razón alguna para limitarse a poseer sólo una acción. Por ejemplo, en la sección 8.3 analizamos lo que pasaría si se invirtiéramos 60% del dinero en Wal-Mart y 40% en IBM. El rendimiento esperado de este portafolio es de 12%, que es tan sólo un promedio ponderado de los rendimientos esperados de las dos tenencias. ¿Qué sucede con el riesgo de tal portafolio? Sabemos que, gracias a la diversificación, el riesgo del portafolio es menor que el promedio de los riesgos de las acciones individuales. De hecho, con base en la experiencia sabemos que la desviación estándar de este portafolio es de 19.5%.³

En la figura 9.3 graficamos el rendimiento esperado y el riesgo que alcanzaríamos mediante diferentes combinaciones de las dos acciones. ¿Cuál de ellas es mejor? Eso depende de nuestro nivel de tolerancia. Si deseamos apostar todo para volvernos ricos rápidamente, lo mejor sería invertir todo el dinero en IBM. Si queremos una vida más tranquila, deberíamos invertir casi todo el dinero en Wal-Mart, pero, a fin de minimizar el riesgo, también tendríamos que mantener una pequeña inversión en IBM.⁴

En la práctica, uno no está limitado a invertir en sólo dos acciones. Por ejemplo, supongamos que se selecciona un portafolio con cualquiera de las acciones que aparecen en la

³ En la sección 8.3 señalamos que la correlación entre los rendimientos de Wal-Mart y los de IBM ha sido de casi .35. La varianza de un portafolio con una inversión de 60% en Wal-Mart y de 40% en IBM es:

$$\begin{aligned}\text{Varianza} &= x_1^2\sigma_1^2 + x_2^2\sigma_2^2 + 2x_1x_2\rho_{12}\sigma_1\sigma_2 \\ &= [(.6)^2 \times (19.8)^2] + [(.4)^2 \times (29.7)^2] + 2(.6 \times .4 \times .35 \times 19.8 \times 29.7) \\ &= 381.1\end{aligned}$$

La desviación estándar del portafolio es $\sqrt{381.1} = 19.5\%$.

⁴ El portafolio con el riesgo mínimo tiene 78.4% de su inversión en Wal-Mart. En la figura 9.3 suponemos que no se asumirán posiciones negativas en ninguna acción, o sea, descartamos las ventas en corto.

Acción	Rendimiento esperado	Desviación estándar	Portafolios eficientes (porcentajes asignados a cada acción)			
			A	B	C	D
Amazon.com	23.1%	56.0%	100	52.2	19.2	1.0
IBM	15.0	29.7		33.8	9.4	
Disney	13.4	27.7				
Microsoft	14.2	24.4		13.7	25.8	1.9
Boeing	11.7	29.8				
Starbucks	12.3	29.9				5.9
ExxonMobil	7.9	19.2				16.7
Wal-Mart	10.0	19.8				23.7
Pfizer	8.0	19.2				15.1
Heinz	10.6	16.5		.2	45.6	35.6
Rendimiento esperado del portafolio			23.1	19.1	14.3	9.9
Desviación estándar del portafolio			56.0	36.1	17.8	10.6

TABLA 9.1

Ejemplos de portafolios eficientes seleccionados con 10 acciones.

Nota: Se estimaron las desviaciones estándar y las correlaciones entre los rendimientos de las acciones con base en los rendimientos accionarios mensuales de julio de 2001 a julio de 2006. Se calcularon los portafolios eficientes suponiendo que las ventas en corto están prohibidas.

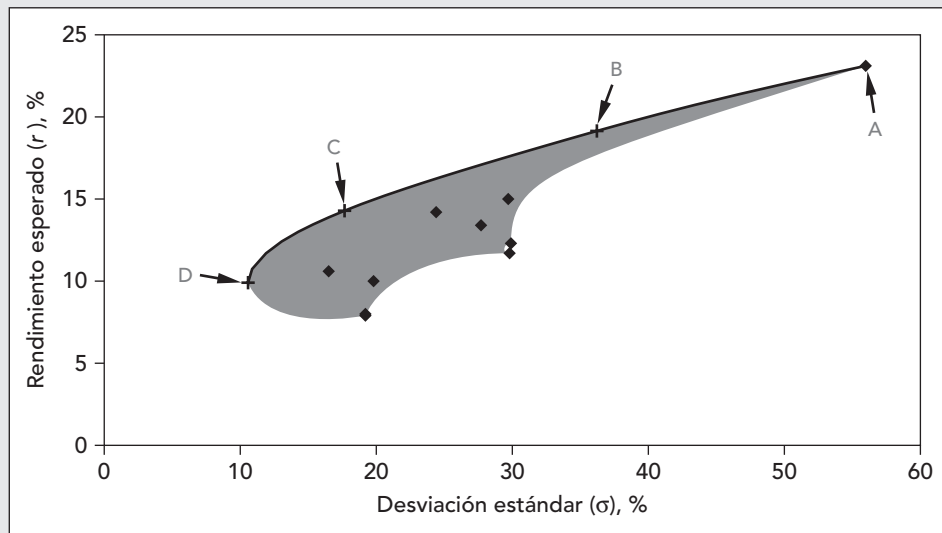
primera columna de la tabla 9.1. Después de analizar las posibilidades de cada empresa, se cuenta con los pronósticos de rendimientos que aparecen en la segunda columna de la tabla. Utilizar los datos de los pasados cinco años para estimar el riesgo de cada acción (columna 3) y la correlación entre los rendimientos de cada par de acciones.⁵

Ahora veamos la figura 9.4. Cada rombo indica la combinación de riesgo y rendimiento ofrecida por los diferentes títulos. Por ejemplo, Amazon.com (señalado con "A" en la figura) tiene la desviación estándar más alta y también ofrece el rendimiento esperado más elevado. Está representado por el rombo ubicado en la esquina superior derecha de la figura 9.4.

Mediante la mezcla de inversiones en títulos individuales, se obtiene una selección más amplia de riesgo y rendimiento: en realidad, *en cualquier punto* del área sombreada de la figura 9.4. Pero, ¿qué punto del área sombreada es mejor? ¿Eso depende del objetivo que tengamos?, ¿hacia dónde queremos ir? La respuesta debería ser obvia: queremos movernos hacia arriba (para incrementar el rendimiento esperado) y hacia la izquierda (para reducir el riesgo). Vayamos tan lejos como sea posible y terminaremos con uno de los portafolios ubicados a lo largo de la línea más gruesa. Markowitz los llamó **portafolios eficientes**. Claramente, estos portafolios son mejores que cualquier otro que esté ubicado dentro del área sombreada.

Aquí no calcularemos este conjunto de portafolios eficientes, pero quizá sea interesante saber cómo hacerlo. Recordemos el problema de racionamiento de capital de la sección 6.4. Ahí queríamos usar una cantidad limitada de inversión de capital para una combinación de proyectos que arrojaran el VPN total más alto. Aquí deseamos utilizar los fondos de un inversionista para obtener el rendimiento esperado más alto dada la desviación estándar. En principio, ambos problemas se solucionan mediante el procedi-

⁵ Hay 45 diferentes coeficientes de correlación, por lo que no los hemos mostrado todos en la tabla 9.1.

**FIGURA 9.4**

Cada rombo muestra el rendimiento esperado y la desviación estándar de una de las 10 acciones de la tabla 9.1. El área sombreada indica las posibles combinaciones de rendimiento esperado y desviación estándar de la inversión en una *mezcla* de estas acciones. Si preferimos rendimientos esperados altos y queremos evitar las desviaciones estándar elevadas, nos inclinaremos por los portafolios ubicados a lo largo de la línea más oscura. Éstos son los portafolios *eficientes*. Señalamos los cuatro portafolios eficientes descritos en la tabla 9.1 (A, B, C y D).

miento de tanteo, pero sólo en teoría. A fin de solucionar el problema de racionamiento de capital, empleamos programación lineal, y para solucionar el problema del portafolio, recurrimos a una variante de la programación lineal que se conoce como *programación cuadrática*. Dado el rendimiento esperado y la desviación estándar de cada acción, así como la correlación entre cada par de acciones, podríamos usar un programa cuadrático estándar de computadora para calcular el conjunto de portafolios eficientes.

De estos portafolios eficientes, cuatro están señalados en la figura 9.4, y su composición se resume en la tabla 9.1. El portafolio A ofrece el rendimiento esperado más alto; toda su inversión está centrada en una acción, Amazon.com. El portafolio D ofrece el menor riesgo; en la tabla 9.1 se aprecia que consta de una gran parte de Heinz, la cual ha tenido la desviación estándar más baja. Observe que D también tiene una pequeña parte de Amazon.com, aunque esta acción es muy riesgosa a nivel individual. ¿La razón? Según la información histórica, los resultados de Amazon están débilmente correlacionados con los de las otras acciones del portafolio y, por lo tanto, dicha empresa aporta una diversificación adicional.

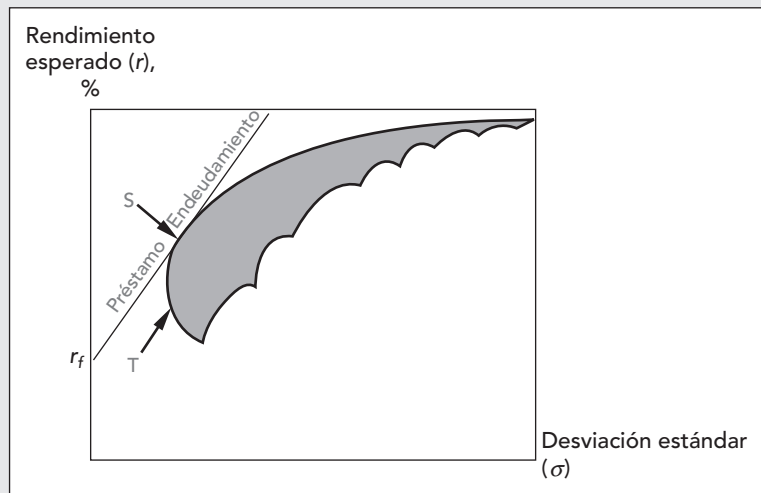
De igual modo, la tabla 9.1 muestra la composición de los otros dos portafolios eficientes B y C, que tienen niveles intermedios de riesgo y rendimiento esperado.

Introduzcamos los préstamos y el endeudamiento

Por supuesto, los grandes fondos de inversión seleccionan entre miles de acciones y, en consecuencia, consiguen mayores combinaciones de riesgo y rendimiento. La figura 9.5 representa estas combinaciones con el área sombreada en forma de huevo roto. De nueva cuenta, el conjunto de portafolios eficientes se señala con la línea curvada de trazo grueso.

FIGURA 9.5

Los préstamos y el endeudamiento extienden el rango de posibilidades de inversión. Si se invierte en el portafolio S y se presta o endeuda a la tasa de interés libre de riesgo, r_f , se alcanza cualquier punto a lo largo de la línea recta desde r_f hasta S. Ello produce un rendimiento esperado para cualquier nivel de riesgo más alto que si sólo se invirtiera en acciones ordinarias.



Ahora introducimos otra posibilidad más. Supongamos que también prestamos dinero o nos endeudamos a cierta tasa de interés libre de riesgo r_f . Si invertimos parte de nuestro dinero en letras del Tesoro (es decir, prestamos dinero) y asignamos el resto a un portafolio de acciones ordinarias S, obtenemos cualquier combinación de rendimiento esperado y riesgo ubicada a lo largo de la línea recta que une r_f con S en la figura 9.5. Como el endeudamiento es simplemente un préstamo negativo, ampliamos nuestro rango de posibilidades hacia la derecha de S mediante el endeudamiento de fondos a una tasa de interés de r_f y los invertimos de la misma manera en la que lo hicimos con nuestro propio dinero en el portafolio S.

Pongamos algunos números a lo anterior. Supongamos que el portafolio S tiene un rendimiento esperado de 15% y una desviación estándar de 16%. Las letras del Tesoro ofrecen una tasa de interés (r_f) de 5% libre de riesgo (o sea, su desviación estándar es cero). Si invertimos la mitad de nuestro dinero en el portafolio S y prestamos el resto a 5%, el rendimiento esperado de nuestra inversión estará a la mitad del camino entre el rendimiento esperado de S y la tasa de interés de las letras del Tesoro:

$$\begin{aligned} r &= (\frac{1}{2} \times \text{rendimiento esperado de S}) + (\frac{1}{2} \times \text{tasa de interés}) \\ &= 10\% \end{aligned}$$

Y la desviación estándar estará a la mitad del camino entre la desviación estándar de S y la desviación estándar de las letras del Tesoro:⁶

$$\begin{aligned} \sigma &= (\frac{1}{2} \times \text{desviación estándar de S}) + (\frac{1}{2} \times \text{desviación estándar de las letras}) \\ &= 8\% \end{aligned}$$

O supongamos que decidimos arriesgarlo todo: nos endeudamos a la tasa de las letras del Tesoro con una cantidad equivalente a nuestra riqueza inicial e invertimos todo en

⁶ Para verificarlo, hay que escribir la fórmula de la desviación estándar de un portafolio de dos acciones:

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{x_1^2\sigma_1^2 + x_2^2\sigma_2^2 + 2x_1x_2\rho_{12}\sigma_1\sigma_2}$$

Ahora veamos qué pasa cuando el título 2 carece de riesgo, es decir, cuando $\sigma_2 = 0$.

el portafolio S. Tenemos el doble del propio dinero invertido en S, pero debemos *pagar* los intereses del préstamo. Por lo tanto, nuestro rendimiento esperado es:

$$r = (2 \times \text{rendimiento esperado de S}) - (1 \times \text{tasa de interés}) \\ = 25\%$$

Y la desviación estándar de nuestra inversión es:

$$\sigma = (2 \times \text{desviación estándar de S}) - (1 \times \text{desviación estándar de las letras}) \\ = 32\%$$

En la figura 9.5 se aprecia que cuando prestamos una porción de nuestro dinero nos quedamos a la mitad de r_f y S; si nos endeudamos con dinero a la tasa libre de riesgo, extendemos nuestras posibilidades más allá de S. También observamos que, sin importar el nivel de riesgo seleccionado, obtenemos el rendimiento esperado más alto mediante una combinación de un portafolio S y endeudamiento o préstamo. S es el *mejor* portafolio eficiente. No hay ninguna razón para mantener, por ejemplo, la cartera T.

Si tenemos una gráfica de portafolios eficientes, como en la figura 9.5, es fácil encontrar el mejor portafolio eficiente. Comenzamos con el eje vertical en r_f y dibujamos la línea más inclinada posible que toque la línea curvada gruesa de portafolios eficientes. Esa línea será la tangente de esta curva. El portafolio eficiente que corresponde al punto de tangencia es el mejor de todos. Observemos que ofrece la *razón* de prima de riesgo a desviación estándar más alta. Esta razón de la prima de riesgo a la desviación estándar se conoce como la *razón de Sharpe*:

$$\text{Razón de Sharpe} = \frac{\text{Prima de riesgo}}{\text{Desviación estándar}} = \frac{r_p - r_f}{\sigma_p}$$

Los inversionistas dan seguimiento a las razones de Sharpe para medir el desempeño de los administradores de inversiones ajustado por el riesgo. (Vea el minicaso que aparece al final de este capítulo.)

Ahora bien, separamos el trabajo del inversionista en dos etapas. Primero, tiene que seleccionar el mejor portafolio de acciones ordinarias (en nuestro ejemplo, S). Segundo, este portafolio debe mezclarse con endeudamiento o préstamo para conseguir una exposición al riesgo que se ajuste mejor al gusto particular del inversionista. Por ende, cada inversionista debería poner su dinero solamente en dos inversiones de referencia: un portafolio riesgoso S y un préstamo libre de riesgo (endeudamiento o préstamo).

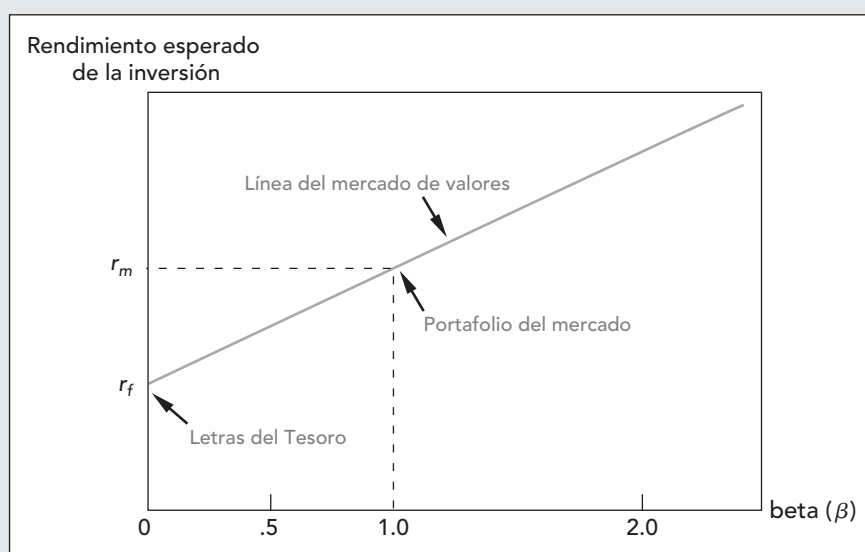
¿A qué portafolio se parece S? Si poseemos mejor información que nuestros rivales, desearíamos que nuestro portafolio tuviera una mayor proporción de nuestra inversión en acciones que creemos que están subvaluadas. Pero en un mercado competitivo es poco probable que alguien tenga el monopolio de las buenas ideas. En ese caso no hay razón alguna para mantener un portafolio de acciones ordinarias diferente de las de los demás. En otras palabras, da lo mismo conservar el portafolio del mercado. Por eso, muchos inversionistas profesionales invierten en un portafolio del índice de mercado, y también por eso muchos otros mantienen portafolios bien diversificados.

9.2 LA RELACIÓN ENTRE RIESGO Y RENDIMIENTO

En el capítulo 8 examinamos los rendimientos de algunas inversiones. La inversión menos riesgosa fueron las letras del Tesoro estadounidense. Como el rendimiento de éstas es fijo, no resulta afectado por lo que le suceda al mercado. En otras palabras, las letras del Tesoro tienen una beta de 0. Asimismo, consideramos una inversión mucho más riesgosa: el portafolio del mercado de acciones ordinarias, que tiene un riesgo de mercado promedio: su beta es de 1.0.

FIGURA 9.6

El modelo de valuación de activos de capital muestra que la prima de riesgo esperada de cada inversión es proporcional a su beta. Esto significa que cada inversión debería ubicarse sobre la línea inclinada del mercado de valores que conecta a las letras del Tesoro con el portafolio del mercado.



Los inversionistas inteligentes no asumen riesgos únicamente por diversión. Están jugando con dinero real. Por lo tanto, demandan un rendimiento más alto del portafolio del mercado que de las letras del Tesoro. La diferencia entre el rendimiento de mercado y la tasa de interés se denomina *prima de riesgo del mercado*. Desde 1900, la prima de riesgo del mercado ($r_m - r_f$) ha promediado 7.6% al año.

En la figura 9.6 graficamos el riesgo y el rendimiento esperado de las letras del Tesoro y el portafolio del mercado. Se observa que las letras del Tesoro tienen una beta y una prima de riesgo de 0.⁷ El portafolio del mercado tiene una beta de 1.0 y una prima de riesgo de $r_m - r_f$. Ello nos da dos puntos de referencia para la prima de riesgo esperada. Pero, ¿cuál es la prima de riesgo esperada cuando la beta no es 0 ni 1?

A mediados de los años sesenta, tres economistas —William Sharpe, John Lintner y Jack Treynor— dieron una respuesta a esta pregunta,⁸ que se conoce como **modelo de valuación de activos de capital** o **CAPM** (del inglés *Capital Asset Pricing Model*). Lo que muestra el modelo es sorprendente y sencillo a la vez. En un mercado competitivo, la prima de riesgo esperada varía en proporción directa con la beta. Esto significa que en la figura 9.6 todas las inversiones deben situarse a lo largo de la línea inclinada, la cual se conoce como **línea del mercado de valores**. La prima de riesgo esperada de una inversión que tiene una beta de .5 es, por ende, la *mitad* de la prima de riesgo esperada del mercado; la prima de riesgo esperada de una inversión con una beta de 2.0 es el *doble* de la prima de riesgo esperada del mercado. Escribimos esta relación como:

Prima de riesgo esperada
de la acción = $\beta \times$ prima de riesgo esperada del mercado

$$r - r_f = \beta (r_m - r_f)$$

⁷ Recordemos que la prima de riesgo es la diferencia entre el rendimiento esperado de la inversión y la tasa libre de riesgo. Para las letras del Tesoro, la diferencia es de cero.

⁸ W. F. Sharpe, "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance* 19 (septiembre de 1964), pp. 425-442; y J. Lintner, "The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets", *Review of Economics and Statistics* 47 (febrero de 1965), pp. 13-37. El artículo de Treynor no se ha publicado.

Acción	Beta (β)	Rendimiento esperado [$r_f + \beta(r_m - r_f)$]
Amazon.com	2.20	20.4%
IBM	1.59	16.1
Disney	1.26	13.8
Microsoft	1.13	12.9
Boeing	1.09	12.6
Starbucks	.69	9.8
ExxonMobil	.65	9.6
Wal-Mart	.57	9.0
Pfizer	.55	8.9
Heinz	.36	7.5

TABLA 9.2

Estos cálculos de los rendimientos esperados por los inversionistas en octubre de 2006 se basaron en el modelo de valuación de activos de capital. Supusimos una tasa de interés r_f de 5% y una prima de riesgo esperada $r_m - r_f$ de 7%.

Algunas estimaciones de rendimientos esperados

Antes de decir de dónde viene la fórmula, la usaremos para conocer los rendimientos que buscan los inversionistas en determinadas acciones. A fin de hacerlo, necesitamos tres parámetros: β , r_f y $r_m - r_f$. En la tabla 8.5 dimos las estimaciones de las betas de 10 acciones. En octubre de 2006, la tasa de interés de las letras del Tesoro fue de aproximadamente 5%.

¿Y con respecto a la prima de riesgo del mercado? Como señalamos en el último capítulo, no podemos medir $r_m - r_f$ con precisión. De acuerdo con la información histórica, puede suponerse que será de 7.6%, aunque muchos economistas y administradores financieros pronosticarían una cifra menor. Utilicemos 7% en este ejemplo.

La tabla 9.2 reúne estos números y nos da una estimación del rendimiento esperado de cada acción. La acción con la beta más grande de nuestra muestra es Amazon.com; nuestra estimación de su rendimiento esperado es 20.4%. La acción con la beta más pequeña es Heinz; nuestra estimación de su rendimiento esperado es 7.5%, 2.5% más que la tasa de interés de las letras del Tesoro.

El modelo de valuación de activos de capital también se usa para encontrar la tasa de descuento de una nueva inversión de capital. Por ejemplo, supongamos que se analiza una propuesta de Pfizer para expandir su capacidad. ¿A qué tasa debe descontar los flujos de efectivo previstos? De acuerdo con la tabla 9.2, los inversionistas buscan un rendimiento de 8.9% en los negocios con el riesgo de Pfizer. De ahí que el costo de capital de una inversión posterior en el mismo negocio sea de 8.9%.⁹

En la práctica, rara vez la selección de una tasa de descuento es tan fácil. (Después de todo, no se espera recibir un gran salario sólo por poner números en la fórmula.) Por ejemplo, se debe aprender cómo adaptar el riesgo extra causado por el endeudamiento de una empresa. También se tiene que considerar la diferencia entre tasas de interés de corto y largo plazos; si son muy diferentes, sería inadecuado un costo de capital basado en la tasa de corto plazo para inversiones de capital de largo plazo. Pero estos refinamientos pueden esperar un poco.¹⁰

⁹ Recordemos que en lugar de invertir en planta y maquinaria, la empresa podría devolver el dinero a los accionistas. El costo de oportunidad de la inversión es el rendimiento que los accionistas esperarían recibir por la compra de activos financieros. Este rendimiento esperado depende del riesgo de mercado de los activos.

¹⁰ Hay que tratar aquí las cuestiones fiscales, porque una empresa debe pagar impuestos sobre el ingreso proveniente de una inversión en letras del Tesoro u otros títulos que paguen intereses. Resulta que la tasa de descuento correcta para las inversiones libres de riesgo es la tasa de las letras del Tesoro *después de impuestos*. En el capítulo 20 retomaremos este punto.

En el capítulo 10 se tratan otros temas sobre el uso práctico de las betas y el modelo de valuación de activos de capital.

Repaso del modelo de valuación de activos de capital

Revisemos los principios básicos de la selección de portafolios:

1. Los inversionistas prefieren los altos rendimientos esperados con baja desviación estándar. Los portafolios de acciones ordinarias que ofrecen el rendimiento esperado más alto, dada cierta desviación estándar, se conocen como *portafolios eficientes*.
2. Si el inversionista presta o se endeuda a la tasa de interés libre de riesgo, un portafolio eficiente será mejor que todos los demás: el portafolio que ofrezca la prima de riesgo más elevada por su desviación estándar (es decir, el portafolio S de la figura 9.5). Un inversionista con aversión al riesgo pondrá parte de su dinero en ese portafolio eficiente y otra parte en el activo libre de riesgo. Una inversionista tolerante al riesgo invertirá todo su dinero en este portafolio o se endeudaría para invertir incluso más.
3. La estructura del mejor portafolio eficiente depende de la evaluación del inversionista sobre rendimientos esperados, desviaciones estándar y correlaciones. Pero supongamos que todo el mundo tiene la misma información y el mismo juicio. Si no hay información superior, cada inversionista debería mantener el mismo portafolio que los demás; en otras palabras, deberían mantener el portafolio del mercado.

Ahora regresemos al riesgo de las acciones individuales:

4. No debe examinarse el riesgo de una acción por separado, sino su contribución al riesgo del portafolio. Dicha contribución depende de la sensibilidad de la acción a los movimientos del mercado.
5. Se conoce como *beta* a la sensibilidad de una acción a los cambios en el valor del portafolio del mercado. Por consiguiente, la beta mide la contribución marginal de una acción al riesgo del portafolio del mercado.

Si todo el mundo mantiene el portafolio de mercado, y si la beta mide la contribución de cada título al riesgo del portafolio del mercado, entonces no es una sorpresa que la prima de riesgo demandada por los inversionistas sea proporcional a la beta. Eso es lo que dice el CAPM.

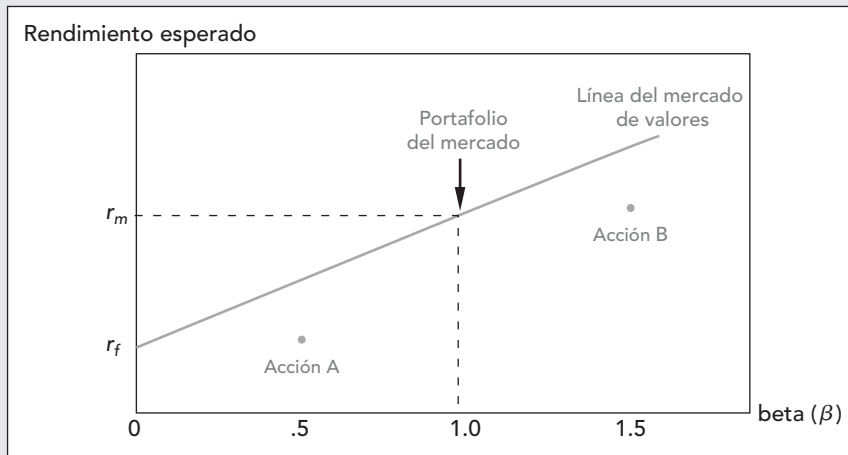
¿Y si una acción no se ubica sobre la línea del mercado de valores?

Imagínese que descubrimos la acción A de la figura 9.7. ¿La compraría? Esperemos que no;¹¹ si queremos una inversión con una beta de .5, obtendríamos un rendimiento esperado más elevado invirtiendo la mitad del dinero en letras del Tesoro y la otra mitad en el portafolio del mercado. Si todo el mundo comparte el mismo punto de vista sobre la acción A, su precio tendrá que caer hasta que el rendimiento esperado iguale lo que conseguiríamos en cualquier otra parte.

¿Qué sucede con la acción B de la figura 9.7? ¿Un inversionista estaría tentado por su elevado rendimiento? No debería, si fuera inteligente. Conseguiría un rendimiento esperado más alto por la misma beta endeudándose 50 centavos de cada dólar de su dinero si invirtiera en el portafolio del mercado. De nueva cuenta, si todo el mundo coincide con ese juicio, no se sostendrá el precio de la acción B. Tendrá que caer hasta que su rendimiento esperado sea igual al rendimiento esperado de la combinación de endeudamiento e inversión en el portafolio del mercado.

Hemos demostrado nuestra teoría. Un inversionista siempre obtiene una prima de riesgo esperada $\beta(r_m - r_f)$ al mantener una combinación del portafolio del mercado y un

¹¹ Por supuesto, a menos que tratemos de venderla.

**FIGURA 9.7**

En equilibrio, ninguna acción debe estar debajo de la línea del mercado de valores. Por ejemplo, en vez de comprar la acción A, los inversionistas preferirían prestar parte de su dinero e invertir el saldo en el portafolio del mercado. Y en lugar de comprar la acción B, preferirían endeudarse e invertir en el portafolio del mercado.

préstamo libre de riesgo. De ahí que en los mercados competitivos nadie mantendrá una acción que ofrezca una prima de riesgo esperada *menor* que $\beta(r_m - r_f)$. Pero ¿qué pasa con la otra posibilidad? ¿Hay acciones que ofrezcan una prima de riesgo superior? En otras palabras, ¿hay algunas que se ubiquen por encima de la línea del mercado de valores de la figura 9.7? Si juntamos todas las acciones, tenemos el portafolio del mercado. Por lo tanto, sabemos que, *en promedio*, las acciones están en la línea. Como ninguna está *debajo* de ésta, entonces tampoco hay ninguna *arriba* de ella. Por ende, todas y cada una de las acciones deben estar en la línea del mercado de valores y ofrecer una prima de riesgo esperada de:

$$r - r_f = \beta(r_m - r_f)$$

9.3

VALIDEZ Y ROL DEL MODELO DE VALUACIÓN DE ACTIVOS DE CAPITAL

Cualquier modelo económico es una representación simplificada de la realidad. Tenemos que simplificar a fin de interpretar lo que sucede a nuestro alrededor, pero también debemos saber cuánta fe podemos depositar en cada modelo.

Comencemos con algunas cuestiones sobre las cuales hay un amplio consenso. Primero, pocas personas ponen en duda la idea de que los inversionistas requieren algún rendimiento extra por asumir riesgos. Por eso, en promedio, las acciones ordinarias han dado un rendimiento más alto que las letras del Tesoro de Estados Unidos. ¿Quién querría invertir en acciones ordinarias riesgosas si sólo ofrecieran el *mismo* rendimiento esperado que las letras? Nosotros no quisiéramos, y sospechamos que el lector tampoco.

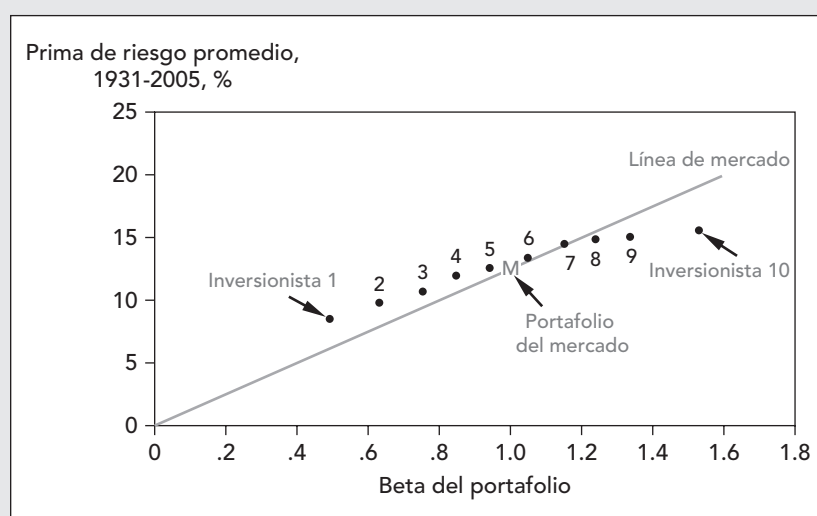
Segundo, los inversionistas no parecen preocuparse principalmente por aquellos riesgos que no pueden eliminar mediante la diversificación. Si no fuera así, tendríamos que los precios de las acciones de dos compañías aumentarían si éstas se fusionaran para reducir sus riesgos. Pero no observamos ningún fenómeno así. Las fusiones encaminadas únicamente a reducir el riesgo no incrementan los precios de las acciones, ni tampoco las sociedades de inversión se valúan más alto que las acciones que poseen.

El modelo de valuación de activos de capital integra estas ideas en una forma sencilla. Por eso los administradores financieros lo consideran una herramienta conveniente para enfrentarse a la resbaladiza noción del riesgo; también por eso cerca de tres cuartas partes

FIGURA 9.8

El modelo de valuación de activos de capital muestra que la prima de riesgo esperada de cualquier inversión debería estar sobre la línea del mercado de valores. Los puntos indican las primas de riesgo promedio reales de portafolios con diferentes betas. Los portafolios de alta beta generaron rendimientos promedio más elevados, tal y como lo predice el CAPM. Pero esos portafolios están por debajo de la línea de mercado, mientras que los de baja beta están por encima. Si trazáramos una línea que se ajustara a los rendimientos de 10 portafolios, sería más "plana" que la línea de mercado.

Fuente: F. Black, "Beta and Return", *Journal of Portfolio Management* 20 (otoño de 1993), pp. 8-18. © 1993 Institutional Investor. Reproducida con permiso. Agradecemos a Adam Kolasinski por haber actualizado los cálculos.



de ellos lo usan para calcular el costo de capital.¹² De igual manera, los economistas emplean a menudo el modelo de valuación de activos de capital para demostrar ideas importantes en finanzas, incluso cuando hay otras maneras de probarlas. Sin embargo, ello no significa que el modelo de valuación de activos de capital sea una verdad definitiva. Más adelante veremos que posee varias características poco convenientes, y por ello estudiaremos varias teorías alternativas. Nadie sabe si alguna de esas teorías alternativas finalmente tendrá éxito o si llegue a haber otros mejores modelos de riesgo y rendimiento que aún no han visto la luz.

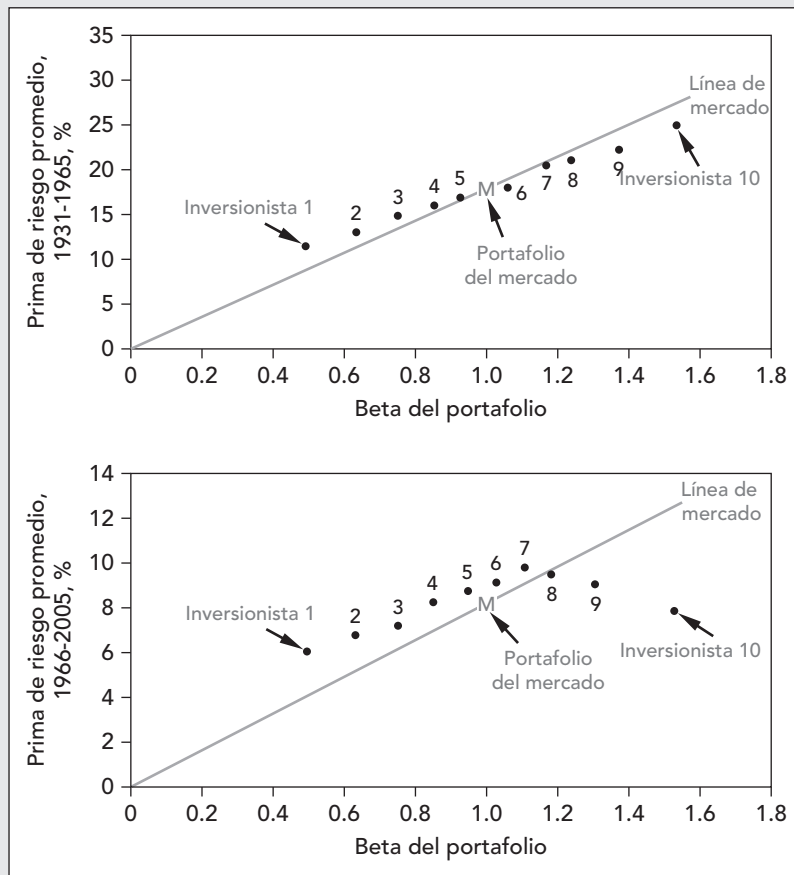
Evaluación del modelo de valuación de activos de capital

Imaginemos que en 1931 10 inversionistas se reunieron en un bar de Wall Street y acordaron establecer fondos de inversión mutualista para sus hijos. Cada inversionista decidió seguir una estrategia diferente. El inversionista 1 optó por comprar 10% de las acciones de la Bolsa de Valores de Nueva York (NYSE, del inglés *New York Stock Exchange*) que tuvieran las betas estimadas más bajas; el inversionista 2 eligió el 10% con las siguientes betas más bajas, y así sucesivamente hasta el inversionista 10, quien compró las acciones con las betas más altas. De igual manera, planearon que al final de cada año reestimarían las betas de todas las acciones de la NYSE a fin de reestructurar sus portafolios.¹³ Y así partieron con mucha cordialidad y buenos deseos.

Con el tiempo, los 10 inversionistas fallecieron, pero sus hijos acordaron reunirse a principios de 2006 en el mismo bar para comparar el desempeño de sus portafolios. La figura 9.8 muestra qué resultados tuvo cada uno. El portafolio del inversionista 1 resultó ser mucho menos riesgoso que el mercado; su beta fue de sólo .49. Sin embargo, el inversionista 1 también consiguió el rendimiento más bajo, 8.5% por encima de la tasa de interés libre de riesgo. En el otro extremo, la beta del portafolio del inversionista 10 fue de 1.53, cerca de tres veces más que la del inversionista 1, pero fue recompensado

¹² Veá J. R. Graham y C. R. Harvey, "The Theory and Practice of Corporate Finance: Evidence from the Field", *Journal of Financial Economics* 61 (2001), pp. 187-243. Varios administradores encuestados reportaron que utilizaban más de un método para calcular el costo de capital. Setenta y tres por ciento declaró que empleaban el modelo de valuación de activos de capital, mientras que 39% afirmó que utilizaba el promedio del rendimiento accionario histórico y 34% el modelo de valuación de activos de capital con algunos factores de riesgo adicionales.

¹³ Se estimaron las betas usando los rendimientos de los 60 meses anteriores.

**FIGURA 9.9**

La relación entre beta y el rendimiento promedio real ha sido mucho más débil desde mediados de los años sesenta. En particular, las acciones con las betas más altas han proporcionado rendimientos pobres.

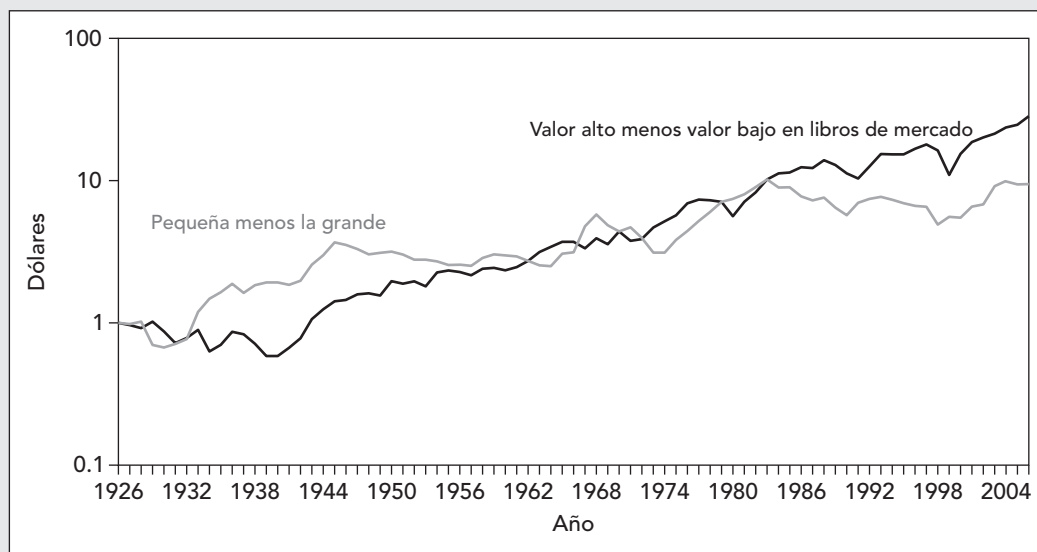
Fuente: F. Black, "Beta and Return", *Journal of Portfolio Management* 20 (otoño de 1993), pp. 8-18. © 1993 Institutional Investor. Reproducida con permiso. Agradecemos a Adam Kolasinski por haber actualizado los cálculos.

con el rendimiento más elevado, que promedió 15.6% anual por arriba de la tasa de interés¹⁴. De ahí que durante este periodo de 75 años los rendimientos claramente se hayan incrementado con la beta.

Como se observa en la figura 9.8, durante el mismo periodo de 75 años el portafolio del mercado proporcionó un rendimiento promedio de 12.5% por arriba de la tasa de interés¹⁴ y (por supuesto) tuvo una beta de 1.0. El CAPM predice que la prima de riesgo debería incrementarse en la misma proporción que la beta, por lo que los rendimientos de cada portafolio deberían estar en la línea del mercado de valores de pendiente positiva de la figura 9.8. Como el mercado otorgó una prima de riesgo de 12.5%, el portafolio del inversionista 1, cuya beta es de .49, debería haber proporcionado una prima de riesgo de al menos 6%, y el portafolio del inversionista 10, cuya beta es de 1.53, debería haber proporcionado una prima superior a 19%. Se observa que, mientras las acciones de beta elevada se desempeñaron mejor que las de beta baja, la diferencia no fue tan grande como lo predice el CAPM.

Aunque la figura 9.8 ofrece un amplio apoyo al CAPM, los críticos han señalado que la pendiente de la línea ha sido particularmente plana en los últimos años. Por ejemplo, la figura 9.9 muestra qué resultados obtuvieron nuestros 10 inversionistas entre 1966 y

¹⁴ En la figura 9.8 las acciones del "portafolio del mercado" tienen la misma ponderación. Como las acciones de las empresas pequeñas proporcionaron rendimientos promedio más elevados que los de las empresas grandes, la prima de riesgo de un índice con ponderaciones iguales es más alta que un índice ponderado por valores. Ésta es una de las razones por las que existe la diferencia entre la prima de riesgo de mercado de 12.5% de la figura 9.8 y la prima de 7.6% reportada en la tabla 8.1.

**FIGURA 9.10**

La línea superior muestra la diferencia acumulada entre el retorno de stocks de una firma pequeña y una grande. La línea inferior indica la diferencia acumulada entre el retorno de stocks de alto valor en libros a mercado y aquellos de bajo valor en libros a mercado, por ejemplo, stocks de crecimiento).

Fuente: Kenneth French's Web site, mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html. Utilizada con autorización.

2005. Ahora es menos claro quién invita las copas: los rendimientos están muy acordes al CAPM, con la importante excepción de los dos portafolios con el riesgo más elevado. El inversionista 10, quien se subió a la montaña rusa del portafolio de beta elevada, ganó un rendimiento que estuvo por debajo del mercado. Por supuesto, antes de 1966, la línea fue, de manera correspondiente, más inclinada. Esto se indica en la figura 9.9.

¿Qué pasa aquí? Es difícil de decir. Los defensores del modelo de valuación de activos de capital enfatizan que se pueden observar los rendimientos *actuales*, mas no los rendimientos *esperados*. Los rendimientos actuales de las acciones reflejan expectativas, pero también incorporan mucho “ruido” (el flujo constante de sorpresas que ocultan si los inversionistas promedio han recibido los rendimientos que esperaban). Este ruido haría imposible juzgar si el modelo se comporta mejor en un periodo que en otro.¹⁵ Tal vez lo mejor que podamos hacer sea observar el periodo más amplio para el cual haya datos razonables. Esto nos lleva de vuelta a la figura 9.8, la cual sugiere que los rendimientos esperados en verdad se incrementan con la beta, aunque menos rápidamente de lo que predice la versión simplificada del CAPM.¹⁶

También se ha cuestionado al CAPM en un segundo aspecto: aunque el rendimiento no haya incrementado con la beta en los últimos años, sí se ha relacionado con otras medidas. Por ejemplo, la línea oscura de la figura 9.10 muestra la diferencia acumulada

¹⁵ Un segundo problema con la evaluación del modelo es que el portafolio del mercado contiene todas las inversiones riesgosas, incluidos bonos, acciones, mercancías, bienes raíces y hasta capital humano. La mayoría de los índices de mercado solamente contiene una muestra de acciones ordinarias.

¹⁶ Decimos “versión simplificada” porque Fischer Black ha demostrado que, aunque hubiera restricciones al endeudamiento, aún existiría una relación positiva entre el rendimiento esperado y la beta, y en consecuencia la línea del mercado de valores sería menos inclinada. Vea F. Black, “Capital Market Equilibrium with Restricted Borrowing”, *Journal of Business* 45 (julio de 1972), pp. 444-455.

entre los rendimientos de las acciones de empresas pequeñas y los de empresas grandes. Lo que hubiera marcado la diferencia habría sido comprar las acciones con la capitalización de mercado más pequeña y vender las de capitalización más elevada. Se observa que las acciones con la menor capitalización de mercado no siempre se comportaron bien, pero que en el largo plazo sus dueños obtuvieron rendimientos sustancialmente superiores. Desde finales de 1926, la diferencia media anual entre los rendimientos de los dos grupos de acciones ha sido de 3.7%.

Ahora observemos la línea gris de la figura 9.10, que muestra la diferencia acumulada entre los rendimientos de las acciones de valor y las acciones de crecimiento. Se llaman acciones de valor las que tienen altas razones de valor en libros a valor de mercado. Las acciones de crecimiento son aquellas que tienen bajas razones de valor en libros a valor de mercado. Nótese que las acciones de valor han proporcionado un rendimiento de largo plazo más alto que las acciones de crecimiento.¹⁷ Desde 1926, la diferencia media anual entre los rendimientos de las acciones de valor y los de crecimiento ha sido de 5.2%.

La figura 9.10 no va acorde con el CAPM, para el cual la beta es la *única* razón por la que difieren los rendimientos esperados. Al parecer, los inversionistas vieron riesgos en las acciones con “menor capitalización” y en las acciones de valor que no se explican a través de la beta.¹⁸ Tomemos, por ejemplo, las acciones de valor. Muchas de ellas pudieron haberse vendido por debajo del valor en libros porque las empresas estaban en serios problemas; si la economía se desaceleró inesperadamente, las empresas pudieron haberse desplomado todas juntas. Por lo tanto, los inversionistas, cuyos ingresos también pudieron haber seguido el mismo camino en caso de recesión, habrían considerado estas acciones demasiado riesgosas y habrían demandado una compensación en la forma de rendimientos esperados más elevados. Si ése fuera el caso, la versión sencilla del CAPM no sería toda la verdad.

De nueva cuenta, es difícil juzgar qué tanto se daña al CAPM con este descubrimiento. La relación entre rendimientos accionarios y tamaño de la empresa o razón de valor en libros/valor de mercado se ha documentado bastante bien. Sin embargo, si se observan larga y detenidamente los rendimientos históricos, con toda seguridad se encontrará alguna estrategia que tan sólo por casualidad habría funcionado en el pasado. Esta práctica se conoce como “minería de datos” o “husmear en los datos”. Quizá los efectos de tamaño y de valor en libros/valor de mercado sean sólo el resultado de la casualidad que proviene de husmear en los datos. De ser así, debieron desvanecerse cuando se descubrieron. Hay algunas pruebas de que esto es así. Si observamos de nuevo la figura 9.10, apreciaremos que en los pasados 20 años las acciones de empresas pequeñas han sido superadas por el mercado con la misma frecuencia con que lo han batido.

No hay duda alguna de que las pruebas a favor del CAPM son menos convincentes que lo que alguna vez creyeron los académicos, pero más allá de dichas dudas razonables, sería difícil rechazarlo. Como es poco probable que los datos y las estadísticas arrojen respuestas concluyentes, la credibilidad de la *teoría* del CAPM tendrá que soportarse junto con los “hechos” empíricos.

¹⁷ Fama y French calcularon los rendimientos de portafolios diseñados para aprovechar el efecto de tamaño y el efecto de valor en libros/valor de mercado. Vea E. Fama y K. R. French, “The Cross-Section of Expected Stock Returns”, *Journal of Financial Economics* 47 (junio de 1992), pp. 427-465. Al momento de calcular los rendimientos de estos portafolios, Fama y French controlan las diferencias de tamaño de las empresas cuando se comparan acciones con altas y bajas razones de valor en libros/valor de mercado. De igual manera, controlan las diferencias en la razón de valor en libros/valor de mercado al momento de comparar las acciones de empresas pequeñas con las de empresas grandes. Para los detalles de metodología y rendimientos actualizados sobre los factores de tamaño y de valor en libros/valor de mercado, vea el sitio web de Kenneth French (mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html).

¹⁸ Un inversionista que compró acciones de empresas pequeñas y vendió acciones de empresas grandes habría incurrido en algo de riesgo; su portafolio habría tenido una beta de .20, lo cual no es tan grande como para explicar la diferencia de rendimientos. No hay una relación sencilla entre el rendimiento de portafolios con acciones de valor y de crecimiento y la beta.

Supuestos sobre los que se basa el modelo de valuación de activos de capital

El modelo de valuación de activos de capital se basa en varios supuestos que aún no hemos terminado de analizar. Por ejemplo, supusimos que una inversión en letras del Tesoro estadounidense está exenta de riesgos. Es cierto que en una inversión así la posibilidad de incumplimiento es muy pequeña, pero las letras no garantizan un rendimiento *real*. Hay un poco de incertidumbre acerca de la inflación. Otro supuesto era que los inversionistas se *endeudaban* con dinero a cierta tasa de interés a la cual pueden prestar. Generalmente, las tasas de endeudamiento son más altas que las tasas de empréstito.

Resulta que muchos de estos supuestos no son cruciales, y con un ligero retoque es posible modificar el modelo de valuación de activos de capital para manejarlos. La idea realmente importante es que los inversionistas estén contentos de invertir su dinero en una cantidad limitada de portafolios de referencia. (En el CAPM básico, tales referencias son las letras del Tesoro y el portafolio del mercado.)

En estos CAPM modificados el rendimiento esperado está sujeto al riesgo del mercado, pero éste depende del portafolio de referencia. En la práctica, ninguno de estos modelos se utiliza como una versión estándar.

9.4 ALGUNAS TEORÍAS ALTERNATIVAS

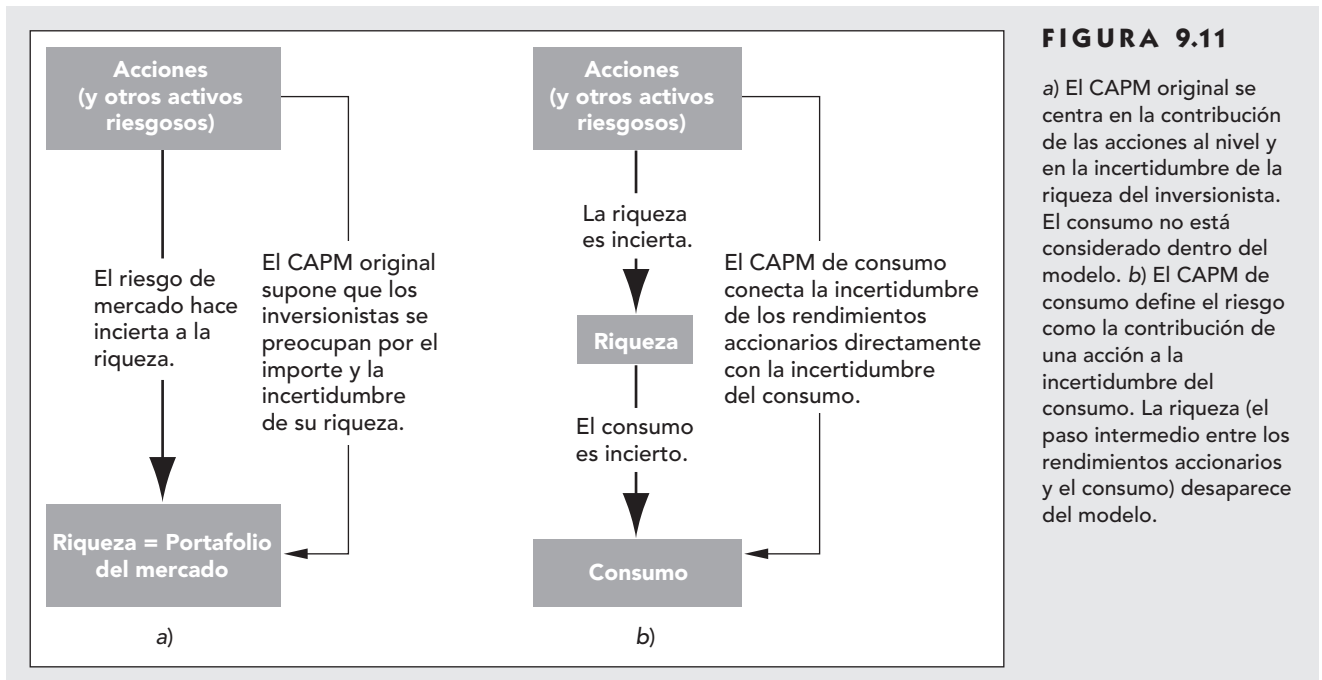
El modelo de valuación de activos de capital describe a los inversionistas como si únicamente estuvieran preocupados por el nivel y la incertidumbre de su riqueza futura. Pero eso sería demasiado simplista. Por ejemplo, los inversionistas pudieron haberse acostumbrado a un cierto nivel de vida, por lo que la pobreza del mañana sería particularmente difícil de soportar para ellos. Los psicólogos conductuales también han observado que los inversionistas no se preocupan solamente por el valor *actual* de sus tenencias, sino que también revisan si sus inversiones muestran alguna ganancia. Una ganancia, por pequeña que sea, sería una fuente adicional de satisfacción. El modelo de valuación de activos de capital no considera el hecho de que los inversionistas toman en cuenta el precio al cual compraron una acción y que sienten regocijo cuando su inversión está en números negros o depresión cuando está en números rojos.¹⁹

Betas de consumo versus betas de mercado

Para la mayoría de la gente la riqueza no es un fin en sí mismo. ¿De qué sirve la riqueza si no se puede gastar? La gente invierte ahora para proveerse de consumo futuro o para sus familiares o herederos. Los riesgos más importantes son los que obligarían a reducir el consumo futuro.

Douglas Breeden ha desarrollado un modelo en el cual se mide el riesgo de un título mediante su sensibilidad a los cambios en el consumo de los inversionistas. Si tiene razón, el rendimiento esperado de una acción debería cambiar de acuerdo con su *beta de consumo* en vez de su beta de mercado. La figura 9.11 resume las diferencias principales entre el CAPM original y el CAPM de consumo. En el modelo original, los inversionistas se preocupan exclusivamente por el importe y la incertidumbre de su riqueza futura. La riqueza de cada inversionista está perfectamente correlacionada con el rendimiento del portafolio del mercado; por consiguiente, la demanda de acciones y otros activos

¹⁹ En el capítulo 14 discutiremos de nuevo el tema de la aversión a las pérdidas. Las consecuencias para la asignación de precios de activos se exploran en S. Benartzi y R. Thaler, "Myopic Loss Aversion and the Equity Premium Puzzle", *Quarterly Journal of Economics* 110 (1995), pp. 75-92; y en N. Barberis, M. Huang y T. Santos, "Prospect Theory and Asset Prices", *Quarterly Journal of Economics* 116 (2001), pp. 1-53.



riesgosos está determinada por el riesgo de mercado. El motivo más profundo para invertir —proveer de consumo— no está incluido en el modelo.

En el CAPM de consumo, la incertidumbre de los rendimientos accionarios se relaciona directamente con la incertidumbre del consumo. Por supuesto, el consumo depende de la riqueza (valor del portafolio), pero la riqueza no aparece explícitamente en el modelo.

El CAPM de consumo tiene varias características atractivas. Por ejemplo, no se tiene que identificar el portafolio del mercado ni ninguna otra referencia. No hay que preocuparse de que el Índice Compuesto de Standard and Poor's no siga los rendimientos de todas las inversiones riesgosas.

Sin embargo, habrá que ser capaces de medir el consumo. *Rápido:* ¿Cuánto se consumió el mes pasado? Es fácil contar las hamburguesas y los boletos para el cine, pero ¿qué sucede con la depreciación de un auto o de la lavadora, o con el costo diario de la póliza de seguro de una casa? Sospechamos que el cálculo del consumo total de una persona se basará en supuestos y asignaciones arbitrarios o aproximados. Y si es difícil medir en dólares el consumo total, podemos imaginarnos la tarea que enfrenta un estadístico del gobierno cuando se le pide estimar el consumo mensual de todos nosotros.

En comparación con los precios de las acciones, el consumo agregado estimado cambió suave y gradualmente a lo largo del tiempo. En consecuencia, la volatilidad del consumo parece ser demasiado baja como para explicar las tasas promedio históricas de los rendimientos de las acciones ordinarias, salvo en el caso de un inversionista con una irracional aversión al riesgo. Ello reflejaría nuestras medidas de consumo deficientes o tal vez modelos deficientes del modo en el que los individuos distribuyen el consumo a lo largo del tiempo. A menos que se resuelvan estos problemas, parece poco probable que el CAPM de consumo tenga aplicaciones prácticas.

Teoría de la fijación de precios (valoración) por arbitraje

La teoría de la valoración de activos de capital empieza con un análisis del modo en el que los inversionistas construyen portafolios eficientes. La **teoría de la fijación de precios (o valoración) por arbitraje** o APT (del inglés *arbitrage pricing theory*), de Stephen

Ross, procede de una familia completamente diferente. No se pregunta qué portafolios son eficientes. En lugar de ello, comienza *suponiendo* que el rendimiento de cada acción depende, por una parte, de dominantes influencias macroeconómicas o “factores” y, por otra, del “ruido” (sucesos que son específicos de cada empresa). Sin embargo, se supone que el rendimiento obedece a la siguiente relación sencilla:

$$\text{Rendimiento} = a + b_1(r_{\text{factor 1}}) + b_2(r_{\text{factor 2}}) + b_3(r_{\text{factor 3}}) + \dots + \text{ruido}$$

La teoría no dice cuáles son los factores: podría ser un factor del precio del petróleo, un factor de la tasa de interés, etc. El rendimiento del portafolio del mercado *podría* ser o no un factor.

Algunas acciones serán más sensibles a cierto factor que otras. ExxonMobil sería más sensible a un factor del petróleo que, digamos, Coca-Cola. Si el factor 1 recoge los cambios inesperados en los precios del petróleo, b_1 , será más alto para ExxonMobil.

Para cualquier acción individual hay dos fuentes de riesgo. La primera es el riesgo que proviene de los factores macroeconómicos dominantes. Éste no se elimina con la diversificación. La segunda es el riesgo que surge de acontecimientos que sólo atañen a la empresa. La diversificación elimina el riesgo único y por eso los inversionistas diversificados lo ignoran cuando deciden ya comprar o vender una acción. La prima de riesgo esperada de una acción resulta afectada por el riesgo macroeconómico o factorial, mas *no* por el riesgo único.

La teoría de la valoración por arbitraje afirma que la prima de riesgo esperada de una acción depende de la prima de riesgo esperada asociada con cada factor y de la sensibilidad de la acción a cada factor (b_1, b_2, b_3 , etc.). Por lo tanto, la fórmula es:²⁰

$$\begin{aligned} \text{Prima de riesgo esperada} &= r - r_f \\ &= b_1(r_{\text{factor 1}} - r_f) + b_2(r_{\text{factor 2}} - r_f) + \dots \end{aligned}$$

Obsérvese que esta fórmula realiza dos afirmaciones:

1. Si le da un valor de cero a las b de la fórmula, la prima de riesgo esperada es cero. Un portafolio diversificado que se construya con nula sensibilidad a los factores macroeconómicos estará virtualmente libre de riesgo y, por lo tanto, su precio deberá ofrecer una tasa de interés libre de riesgo. Si el portafolio ofreciera un rendimiento más elevado, los inversionistas obtendrían una ganancia libre de riesgo (o “por arbitraje”) al endeudarse para adquirir el portafolio. Si ofreciera un rendimiento menor, se obtendría una ganancia por arbitraje al ejecutar la estrategia al revés; en otras palabras, se *vendería* el portafolio de sensibilidad nula y se *invertirían* las ganancias en letras del Tesoro estadounidense.
2. Un portafolio diversificado construido con exposición, digamos, al factor 1, ofrecerá una prima de riesgo que variará en proporción directa a la sensibilidad del portafolio a ese factor. Por ejemplo, construimos dos portafolios, A y B, que están afectados únicamente por el factor 1. Si el portafolio A es el doble de sensible a éste que el portafolio B, el primero debe ofrecer el doble de prima de riesgo. Por lo tanto, si se divide el dinero en partes iguales entre letras del Tesoro estadounidense y el portafolio A, el portafolio combinado tendría exactamente la misma sensibilidad al factor 1 que el portafolio B y ofrecería la misma prima de riesgo. Supongamos que la fórmula de la valoración por arbitraje *no* fuera válida. Por ejemplo, si la combinación de letras del Tesoro y el portafolio A ofrecieran un rendimiento más alto, los inversionistas obtendrían una ganancia por arbitraje vendiendo el portafolio B e invirtiendo los ingresos en la combinación de letras y el portafolio A.

²⁰ Existen algunos factores macroeconómicos que no son preocupantes para los inversionistas. Por ejemplo, varios macroeconomistas creen que la oferta de dinero no importa y que, por lo tanto, los inversionistas no se inquietan por la inflación. Tales factores no afectarían a la prima de riesgo, y desaparecerían de la fórmula de la APT de rendimiento esperado.

El arbitraje que hemos descrito se aplica a portafolios bien diversificados, cuyo riesgo único se ha eliminado. Pero si la relación de la valoración por arbitraje es válida para todos los portafolios diversificados, por lo regular también lo será para acciones individuales. Cada acción debe ofrecer un rendimiento esperado acorde con su contribución al riesgo del portafolio. En la APT, esta contribución depende de la sensibilidad del rendimiento de la acción a los cambios inesperados en los factores macroeconómicos.

Comparación entre el modelo de valuación de activos de capital y la teoría de la valoración por arbitraje

Al igual que el modelo de valuación de activos de capital, la teoría de la valoración por arbitraje subraya que el rendimiento esperado depende del riesgo que proviene de la economía en su conjunto y no está afectado por el riesgo único. Se puede pensar que los factores de la valoración por arbitraje representan portafolios especiales de acciones que están sujetas a una influencia común. Si la prima de riesgo esperada de cada uno de estos portafolios es proporcional a la beta de mercado de cada uno, entonces la teoría de la valoración por arbitraje y el modelo de valuación de activos de capital proporcionarán la misma respuesta. En cualquier otra circunstancia, diferirán.

¿Cómo se comparan las dos teorías? La valoración por arbitraje posee algunas características atractivas. Por ejemplo, el portafolio del mercado, que juega un rol tan fundamental en el modelo de valuación de activos de capital, no forma parte de la teoría de la valoración por arbitraje.²¹ Por consiguiente, no tenemos que preocuparnos por el problema de medir el portafolio del mercado, y en principio podemos probar la teoría de la valoración por arbitraje incluso si sólo tenemos datos de una muestra de activos riesgosos.

Por desgracia, se gana y se pierde. La teoría de la valoración por arbitraje no nos dice cuáles son los factores subyacentes, a diferencia del modelo de valuación de activos de capital, que agrupa *todos* los riesgos macroeconómicos en un *solo* factor bien definido: el rendimiento del portafolio del mercado.

El modelo de tres factores

Volvamos a la ecuación de la APT. Para estimar los rendimientos esperados, hay que seguir los tres pasos siguientes:

Paso 1: Identificar una lista corta y razonable de factores macroeconómicos que podrían afectar los rendimientos de las acciones;

Paso 2: Estimar la prima de riesgo esperada de cada uno de esos factores ($r_{\text{factor } 1} - r_f$ etc.); y

Paso 3: Medir la sensibilidad de cada acción a los factores (b_1, b_2 , etcétera).

Una forma de acortar este proceso es aprovechar la investigación de Fama y French, que mostró que las acciones de las empresas pequeñas y de las que tienen elevadas razones de valor en libros/valor de mercado han proporcionado rendimientos por encima del promedio. Ello podría ser simplemente una coincidencia. Pero también hay algunas pruebas de que estos factores están relacionados con la rentabilidad de la empresa y, por lo tanto, recogerían los factores de riesgo que fueron excluidos del CAPM sencillo.²²

²¹ Por supuesto, el portafolio del mercado *resultaría* ser uno de estos factores, pero ésa no es una consecuencia necesaria de la teoría de la valoración por arbitraje.

²² E. F. Fama y K. R. French, "Size and Book-to-Market Factors in Earnings and Returns", *Journal of Finance* 50 (1995), pp. 131-155.

Si los inversionistas demandan un rendimiento extra por asumir la exposición a estos factores, entonces tenemos que medir el rendimiento esperado que más se parezca a la teoría de la valoración por arbitraje:

$$r - r_f = b_{\text{mercado}}(r_{\text{factor de mercado}}) + b_{\text{tamaño}}(r_{\text{factor de tamaño}}) + b_{\text{razón contable/mercado}}(r_{\text{factor razón contable/mercado}})$$

Generalmente, esta ecuación se conoce como modelo de tres factores de Fama y French. Usarla para estimar los rendimientos esperados es lo mismo que aplicar la teoría de la valoración por arbitraje. He aquí un ejemplo.²³

Paso 1: Identificar los factores Fama y French ya han identificado los tres factores que al parecer determinan los rendimientos esperados. Los rendimientos de cada uno de estos factores son:

Factor	Medido por
Factor de mercado	Rendimiento del índice de mercado <i>menos</i> tasa de interés libre de riesgo
Factor de tamaño	Rendimiento de acciones de empresas pequeñas <i>menos</i> rendimiento de acciones de empresas grandes
Factor razón de valor contable (o en libros)/valor de mercado	Rendimiento de acciones de alta razón de valor contable/valor de mercado <i>menos</i> rendimiento de acciones de baja razón de valor contable/valor de mercado

Paso 2: Estimar la prima de riesgo de cada factor Continuaremos con nuestra cifra de 7% de la prima de riesgo de mercado. Quizá la historia sea una guía para la prima de riesgo de los otros dos factores. Como vimos antes, entre 1926 y 2006 la diferencia entre los rendimientos anuales de las acciones de pequeña y grande capitalización de mercado promedió 3.7% anual, mientras que la diferencia entre los rendimientos de las acciones de altas y bajas razones de valor en libros/valor de mercado promedió 5.2%.

Paso 3: Medir la sensibilidad a los factores Algunas acciones son más sensibles que otras a las fluctuaciones en los rendimientos de los tres factores. Esto se aprecia en las primeras tres columnas de números de la tabla 9.3, la cual muestra algunas estimaciones de sensibilidades a factores de 10 tipos de industrias durante 60 meses hasta junio de 2006. Por ejemplo, un incremento de 1% en el rendimiento del factor de razón en valor en libros/valor de mercado *reduce* 1.07% el rendimiento de las acciones de empresas de informática, pero *incrementa* .63% el rendimiento de las acciones de empresas de servicio público. En otras palabras, cuando las acciones de valor (alta razón de valor en libros/valor de mercado) superan las acciones de crecimiento (baja razón de valor en libros/valor de mercado), las acciones de informática tienden a desempeñarse relativamente mal y las acciones de empresas de servicios públicos a desempeñarse relativamente bien.

Una vez que se han calculado las sensibilidades a los factores, es fácil multiplicarlas por el rendimiento esperado de cada factor y sumar los resultados. Por ejemplo, la prima de riesgo esperada de las acciones de empresas de informática es de $r - r_f = (1.67 \times 7) + (.39 \times 3.7) - (1.07 \times 5.2) = 7.6\%$. Para calcular el rendimiento que los inversionistas esperan en 2006, tenemos que sumar la tasa de interés libre de riesgo, que es de cerca de 5%. Por ende, el modelo de tres factores sugiere que el rendimiento esperado de las acciones de empresas de informática en 2006 fue de $5 + 7.6 = 12.6\%$.

Comparemos esta cifra con la estimación del rendimiento esperado utilizando el modelo de valuación de activos de capital (la última columna de tabla 9.3). El modelo de tres factores proporciona una estimación mucho menor del rendimiento esperado de

²³ Fama y French usaron primero el modelo de tres factores para estimar el costo de capital de diferentes tipos de industrias. Veá E. F. Fama y K. R. French, "Industry Costs of Equity", *Journal of Financial Economics* 43 (1997), pp. 153-193. Fama y French enfatizan la imprecisión de los modelos CAPM y APT para estimar los rendimientos que los inversionistas esperan.

	Modelo de tres factores			Rendimiento esperado*	Rendimiento esperado**
	Sensibilidad de los factores				
	b_{mercado}	$b_{\text{tamaño}}$	$b_{\text{razón contable/valor de mercado}}$		
Automotriz	1.51	.31	1.08	22.3%	14.9%
Bancaria	.92	−.17	.13	11.5	11.0
Química	1.04	.01	.26	13.7	12.0
Informática	1.67	.39	−1.07	12.6	18.7
De construcción	.41	1.12	1.05	17.5	14.1
Alimentaria	.43	−.09	.28	9.1	7.5
Petrolera y gasera	.77	.21	.73	15.0	9.9
Farmacéutica	.68	−.62	−.43	5.2	9.1
De telecomunicaciones	1.36	−.81	−.05	11.3	13.0
De servicios públicos	.71	.13	.63	13.7	9.5

TABLA 9.3

Estimaciones de rendimientos accionarios esperados de industrias selectas, realizadas con el modelo de tres factores de Fama y French y el CAPM.

* El rendimiento esperado es igual a la tasa de interés libre de riesgo más la sensibilidad de los factores multiplicada por la prima de riesgo de los factores, es decir, $5 + (b_{\text{mercado}} \times 7) + (b_{\text{tamaño}} \times 3.7) + (b_{\text{razón contable/valor de mercado}} \times 5.2)$.

** Estimado como $r_i + \beta(r_m - r_f)$, es decir, $5 + \beta \times 7$. Nótese que β se estimó con base en una regresión simple y quizá difiera de los valores de b_{mercado} .

las acciones de empresas de informática. ¿Por qué? Principalmente porque las acciones de empresas de informática tienen una exposición menor (-1.07) al factor razón de valor en libros/valor de mercado.

Los principios básicos de la selección de portafolios pueden resumirse en la afirmación lógica de que los inversionistas tratan de aumentar el rendimiento esperado de sus portafolios y disminuir la desviación estándar del rendimiento. Un portafolio que arroje el rendimiento esperado más alto dada cierta desviación estándar, o la desviación estándar más baja dado cierto rendimiento esperado, se conoce como *portafolio eficiente*. Para determinar qué portafolios son eficientes, un inversionista debe ser capaz de expresar el rendimiento esperado y la desviación estándar de cada acción, así como el grado de correlación entre cada par de acciones.

Los inversionistas que se limitan a mantener acciones ordinarias deberían seleccionar portafolios eficientes acordes con su actitud hacia el riesgo. Pero los inversionistas que también pueden endeudarse y prestar a la tasa de interés libre de riesgo deberían seleccionar el *mejor* portafolio de acciones ordinarias *sin importar* su actitud hacia el riesgo. Una vez hecho eso, después pueden establecer el riesgo de todo su portafolio decidiendo qué proporción de su dinero están dispuestos a invertir en acciones. El mejor portafolio eficiente ofrece la razón más alta de prima de riesgo prevista a desviación estándar del portafolio.

Para aquel inversionista que sólo tenga las mismas oportunidades e información que los demás, el mejor portafolio accionario es el mismo que el mejor portafolio accionario de los demás inversionistas. En otras palabras, él o ella debería invertir en una combinación del portafolio del mercado y el préstamo libre de riesgo (o sea, prestar y endeudarse).

La contribución marginal de una acción al riesgo del portafolio se mide por su sensibilidad a los cambios en el valor del portafolio. La contribución marginal de una acción al riesgo del *portafolio del mercado* se mide por la *beta*. Ésa es la idea fundamental detrás

RESUMEN

del modelo de valuación de activos de capital (CAPM), el cual concluye que la prima de riesgo esperada de cada título debería incrementarse proporcionalmente a su beta:

Prima de riesgo esperada = beta $\times$ prima de riesgo del mercado

$$r - r_f = \beta(r_m - r_f)$$

La teoría de la valuación de activos de capital es el mejor modelo conocido de riesgo y rendimiento. Es plausible y ampliamente utilizado, pero está lejos de ser perfecto. Los rendimientos actuales están relacionados con la beta en el largo plazo, pero esa relación no es tan estrecha como podría pensarse desde el CAPM, y otros factores parecen explicar mejor los rendimientos desde mediados de los años sesenta. Parece que los riesgos de las acciones de empresas pequeñas, y de las acciones con altos valores en libros en relación con los precios de mercado, se explican a través del CAPM.

Asimismo, se ha criticado al CAPM por sus hipótesis demasiado simplificadoras. Una teoría más reciente, denominada modelo de valuación de activos de capital de *consumo*, sugiere que el riesgo de un título proviene de la sensibilidad de los rendimientos a los cambios en el *consumo* de los inversionistas. Esta teoría busca una beta de *consumo*, en lugar de una relacionada con el portafolio del mercado.

La teoría de la valoración por arbitraje ofrece una explicación alternativa del riesgo y el rendimiento. Afirma que la prima de riesgo esperada de una acción dependería de la exposición de la acción a varios factores macroeconómicos dominantes que afectan a los rendimientos accionarios:

$$\text{Prima de riesgo esperada} = b_1(r_{\text{factor 1}} - r_f) + b_2(r_{\text{factor 2}} - r_f) + \dots$$

Aquí las b representan las sensibilidades de los títulos individuales a los factores, y $r_{\text{factor}} - r_f$ es la prima de riesgo demandada por los inversionistas que están expuestos a dicho factor.

La teoría de la valoración por arbitraje no dice cuáles son esos factores. Pide a los economistas que participen en la caza de un juego desconocido con sus herramientas estadísticas. Fama y French han sugerido tres factores:

- El rendimiento del portafolio del mercado menos la tasa de interés libre de riesgo.
- La diferencia entre el rendimiento de acciones de pequeñas y grandes empresas.
- La diferencia entre el rendimiento de acciones con alta razón de valor contable (o en libros)/valor de mercado y acción con baja razón de valor contable/valor de mercado.

En el modelo de tres factores de Fama y French, el rendimiento esperado de cada acción depende de su exposición a estos tres factores.

Cada uno de estos modelos diferentes de riesgo y rendimiento tiene su grupo de partidarios. Sin embargo, todos los economistas financieros están de acuerdo con dos ideas básicas: 1) los inversionistas requieren un rendimiento esperado extra por asumir riesgos, y 2) parecen estar preocupados principalmente por el riesgo que no puede eliminarse mediante la diversificación.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

El artículo pionero sobre selección de portafolios es:

H. M. Markowitz, "Portfolio Selection", *Journal of Finance* 7 (marzo de 1952), pp. 77-91.

Hay varios libros de texto sobre selección de portafolios que explican tanto la teoría original de Markowitz como algunas ingeniosas versiones simplificadas. Vea por ejemplo:

E. J. Elton, M. J. Gruber, S. J. Brown y W. N. Goetzmann, *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*, 6a. ed. (Nueva York: John Wiley & Sons, 2002).

De los tres artículos pioneros sobre el modelo de valuación de activos de capital, el artículo de Jack Treynor nunca ha sido publicado. Los otros dos artículos son:

W. F. Sharpe, "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance* 19 (septiembre de 1964), pp. 425-442.

J. Lintner, "The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets", *Review of Economics and Statistics* 47 (febrero de 1965), pp. 13-37.

Es vasta la literatura subsecuente sobre el modelo de valuación de activos de capital. Hay decenas de pruebas publicadas del modelo de valuación de activos de capital. El artículo de Fischer Black es un ejemplo de muy fácil lectura. Los debates sobre la teoría son poco comprometedores. Dos ejemplos excelentes pero avanzados son el estudio de Campbell y el libro de Cochrane. El libro de Copeland et al. proporciona más detalles que este capítulo sobre los modelos de la valoración por arbitraje:

T. E. Copeland, J. F. Weston y K. Shastri, *Financial Theory and Corporate Policy*, 4a. ed. (Pearson Addison Wesley, 2005).

F. Black, "Beta and Return", *Journal of Portfolio Management* 20 (otoño de 1993), pp. 8-18.

J. Y. Campbell, "Asset Pricing at the Millenium", *Journal of Finance* 55 (agosto de 2000), pp. 1515-1567.

J. H. Cochrane, *Asset Pricing* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005).

La puesta en práctica más accesible de la APT es:

E. J. Elton, M. J. Gruber y J. Mei, "Cost of Capital Using Arbitrage Pricing Theory: A Case Study of Nine New York Utilities", *Financial Markets, Institutions, and Instruments* 3 (agosto de 1994), pp. 46-73.

1. Si los rendimientos accionarios están distribuidos normalmente, la distribución se puede definir por completo gracias a dos parámetros. ¿Cuáles son? (página 207)
2. ¿Qué significa "el conjunto de portafolios eficientes"? (página 210)
3. Si un inversionista se endeuda y presta a la misma tasa de interés, ¿dependería la elección de un portafolio de acciones ordinarias de la disposición del inversionista a soportar riesgos? ¿Por qué sí o por qué no? (páginas 212-213)

PREGUNTAS CONCEPTUA- LES

1. He aquí los rendimientos y las desviaciones estándar de cuatro inversiones.

	Rendimiento	Desviación estándar
Letras del Tesoro	6 %	0%
Acción P	10	14
Acción Q	14.5	28
Acción R	21.0	26

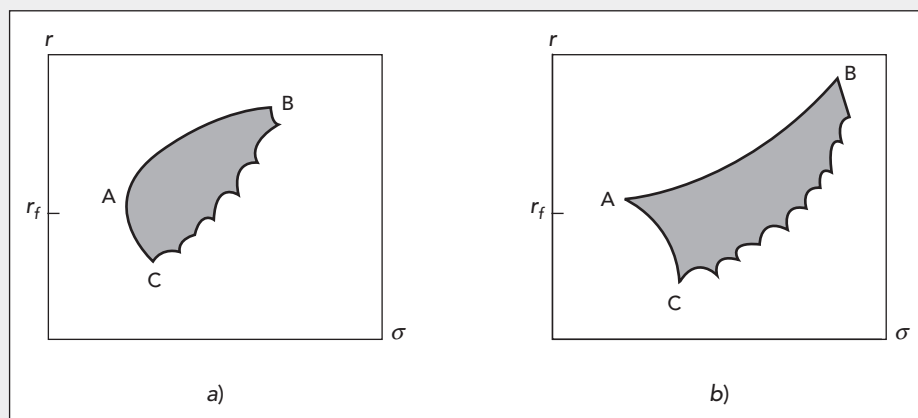
Calcular las desviaciones estándar de los portafolios siguientes.

- a) 50% en letras del Tesoro, 50% en la acción P.
- b) 50% tanto en Q como en R, suponiendo que las acciones tienen:
 - correlación positiva perfecta
 - correlación negativa perfecta
 - cero correlación

CUESTIONARIO

FIGURA 9.12

Vea la pregunta 3.



- c) Graficar una figura como la 9.3 para Q y R, suponiendo un coeficiente de correlación de .5.
- d) La acción Q tiene un rendimiento más bajo que R, pero una desviación estándar más elevada. ¿Significa eso que el precio de Q es demasiado alto o que el precio de R es demasiado bajo?
2. Para cada uno de los siguientes pares de inversiones, especificar cuál preferirá un inversionista racional (suponiendo que son las *únicas* inversiones disponibles para el inversionista):
- a) Portafolio A $r = 18\%$ $\sigma = 20\%$
Portafolio B $r = 14\%$ $\sigma = 20\%$
- b) Portafolio C $r = 15\%$ $\sigma = 18\%$
Portafolio D $r = 13\%$ $\sigma = 8\%$
- c) Portafolio E $r = 14\%$ $\sigma = 16\%$
Portafolio F $r = 14\%$ $\sigma = 10\%$
3. La figura 9.12 pretende mostrar el rango de combinaciones posibles de rendimiento esperado y desviación estándar.
- a) ¿Cuál diagrama está incorrectamente dibujado y por qué?
- b) ¿Cuál es el conjunto de portafolios eficientes?
- c) Si r_f es la tasa de interés, señalar con una X el portafolio accionario óptimo.
4. a) Representar los siguientes portafolios riesgosos en una gráfica:

	Portafolio							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Rendimiento esperado (r), %	10	12.5	15	16	17	18	18	20
Desviación estándar (σ), %	23	21	25	29	29	32	35	45

- b) Cinco de estos portafolios son eficientes, ¿cuáles tres no lo son?
- c) Suponga que es posible endeudarse y prestar a una tasa de interés de 12%. ¿Cuál de los portafolios anteriores tiene la razón de Sharpe más alta?
- d) Un inversionista está dispuesto a tolerar una desviación estándar de 25%. ¿Cuál es el máximo rendimiento esperado que conseguirá si no puede endeudarse ni prestar?

- e) ¿Cuál es la estrategia óptima de un inversionista si se endeuda o presta a 12% y está dispuesto a tolerar una desviación estándar de 25%? ¿Cuál es el máximo rendimiento esperado que conseguirá con ese riesgo?
5. Suponga que la tasa de las letras del Tesoro es de 4% y que el rendimiento esperado del mercado es de 10%. Utilice las betas de la tabla 9.2.
- a) Calcule el rendimiento esperado de Microsoft.
- b) Encuentre el rendimiento esperado más alto ofrecido por alguna de estas acciones.
- c) Halle el rendimiento esperado más bajo ofrecido por alguna de estas acciones.
- d) ¿Ofrecería IBM un rendimiento esperado más alto o más bajo si la tasa de interés fuera de 6% en vez de 4%? Suponga que el rendimiento esperado del mercado permanece en 10%.
- e) ¿Ofrecería ExxonMobil un rendimiento esperado más alto o más bajo si la tasa de interés fuera de 8%?
6. ¿Certo o falso?
- a) Del CAPM se desprende que una inversión con una beta negativa tendría un rendimiento esperado menor que la tasa de interés.
- b) El rendimiento esperado de una inversión con una beta de 2.0 es dos veces el rendimiento esperado del mercado.
- c) Si una acción se ubica por debajo de la línea del mercado de valores, está subvaluada.
7. Considere un modelo de APT de tres factores. Los factores y las primas de riesgo relacionadas son:

Factor	Prima de riesgo
Cambio en el PNB	5%
Cambio en precios de energía	-1
Cambio en tasa de interés de largo plazo	+2

Calcule las tasas de rendimiento esperadas de las acciones siguientes. La tasa de interés libre de riesgo es de 7%.

- a) Una acción cuyo rendimiento no esté correlacionado con los tres factores.
- b) Una acción con exposición promedio a cada factor (es decir, con $b = 1$ para cada uno).
- c) Una acción de una empresa concentrada en el sector energético, con alta exposición al factor de energía ($b = 2$), pero con cero exposición a los otros dos factores.
- d) Una acción de una empresa de aluminio con sensibilidad promedio a los cambios en las tasas de interés y el PNB, pero con exposición negativa de $b = -1.5$ al factor de energía. (La empresa de aluminio es intensiva en uso de energía y sufre cuando los precios de la energía suben.)
8. ¿Certo o falso? Explique o matice según crea necesario.
- a) Los inversionistas demandan tasas de rendimiento esperadas más altas para las acciones que tienen tasas de rendimiento más variables.
- b) De acuerdo con el CAPM, un título con una beta de 0 ofrecerá un rendimiento esperado de cero.
- c) Un inversionista que invierta 10 000 dólares en letras del Tesoro y 20 000 dólares en el portafolio del mercado tendrá una beta de 2.0.
- d) Los inversionistas demandan tasas de rendimiento esperadas más altas de las acciones cuyos rendimientos están altamente expuestos al riesgo macroeconómico.
- e) Los inversionistas demandan tasas de rendimiento esperadas más altas para las acciones cuyos rendimientos son muy sensibles a las fluctuaciones del mercado de valores.

EJERCICIOS PRÁCTICOS

9. Revise el cálculo de Wal-Mart e IBM en la sección 9.1. Recalcule el rendimiento esperado del portafolio y la desviación estándar para diferentes valores de x_1 y x_2 , suponiendo el coeficiente de correlación $\rho_{12} = 0$. Grafique el conjunto de posibles combinaciones de rendimiento esperado y desviación estándar como en la figura 9.3. Repita el problema con $\rho_{12} = +1$ y $\rho_{12} = -1$.
10. Mark Harrywitz propone invertir en dos acciones, X y Y. Espera recibir un rendimiento de 12% de X y de 8% de Y. La desviación estándar de los rendimientos es de 8% para X y de 5% para Y. El coeficiente de correlación entre los rendimientos es de .2.
- a) Calcule el rendimiento esperado y la desviación estándar de los portafolios siguientes:

Portafolio	Porcentaje en X	Porcentaje en Y
1	50	50
2	25	75
3	75	25

- b) Represente gráficamente el conjunto de portafolios compuestos de X y Y.
- c) Suponga que el Sr. Harrywitz se endeuda y presta a una tasa de interés de 5%. Muestre en una gráfica cómo altera esto sus oportunidades. Dado que se endeuda o presta, ¿qué proporciones del portafolio de acciones ordinarias invertiría en X y Y?
11. Ebenezer Scrooge ha invertido 60% de su dinero en la acción A y el resto en la acción B. Evalúe sus posibilidades de la siguiente manera:

	A	B
Rendimiento esperado (%)	15	20
Desviación estándar (%)	20	22
Correlación entre rendimientos	.5	

- a) ¿Cuál es el rendimiento esperado y la desviación estándar de los rendimientos de su portafolio?
- b) ¿Cómo cambiaría la respuesta si el coeficiente de correlación fuera de 0 o $-.5$?
- c) ¿Es el portafolio del Sr. Scrooge mejor o peor que uno invertido completamente en la acción A, o no es posible saberlo?



12. Cuando calculamos los portafolios eficientes en la tabla 9.1, supusimos que el inversionista no mantendría posiciones cortas (es decir, no tendría tenencias negativas). Con el uso de un programa de Excel calcule la frontera eficiente con ventas en corto.
- a) Observe los portafolios eficientes construidos a partir de las 10 acciones de la tabla 9.1. ¿Cómo mejora la posibilidad de ventas en corto a las elecciones disponibles para el inversionista?
- b) A continuación, descargue las hojas de cálculo "Monthly Adjusted Prices" de 10 acciones diferentes de finance.yahoo.com o del sitio web de Standard & Poor's y escriba los rendimientos pasados en un programa de Excel. (El programa incluirá hasta 10 años de rendimientos.) Escriba algunas cifras factibles para el rendimiento esperado de cada acción y localice el conjunto de portafolios eficientes.



13. Descargue las hojas de cálculo "Monthly Adjusted Prices" para General Motors (GM) y Harley-Davidson (HOG) de finance.yahoo.com o del sitio web de Standard & Poor's. Utilice la función SLOPE de Excel para calcular la beta de cada empresa. (Vea el capítulo 8, ejercicio práctico 11 para más detalles.)

- a) Suponga que el índice S&P 500 cae inesperadamente 5%. ¿Cuánto podría esperarse que cayeran GM o HOG?
- b) ¿Cuál es la empresa más riesgosa para un inversionista bien diversificado? ¿Cuán riesgosa es?
- c) Suponga que la tasa de las letras del Tesoro es de 4% y que el rendimiento esperado del S&P 500 es de 11%. Utilice el CAPM para pronosticar la tasa de rendimiento esperado de cada acción.
14. Descargue las hojas de cálculo “Monthly Adjusted Prices” para Boeing y Pfizer del sitio web de Standard & Poor’s.
- a) Calcule la desviación estándar anual de cada empresa, utilizando los rendimientos mensuales de los últimos tres años. Use la función STDEV de Excel y multiplique por la raíz cuadrada de 12 para convertir a unidades anuales.
- b) Emplee la función CORREL para calcular el coeficiente de correlación entre los rendimientos mensuales de las acciones.
- c) Use el CAPM para estimar las tasas de rendimiento esperadas. Calcule las betas o utilice la beta más reciente que se reporta en “Monthly Valuation Data” en el sitio web de Standard & Poor’s. Use la tasa actual de las letras del Tesoro y una estimación razonable de la prima de riesgo del mercado.
- d) Construya una gráfica como la de la figura 9.3. ¿Qué combinación de Boeing y Pfizer tiene el riesgo de portafolio más bajo? ¿Cuál es el rendimiento esperado de este portafolio de riesgo mínimo?
15. La tasa de las letras del Tesoro es de 4% y el rendimiento esperado del portafolio del mercado es de 12%. Utilice el modelo de valuación de activos de capital:
- a) Dibuje una gráfica similar a la figura 9.6 que muestre cómo el rendimiento esperado varía con la beta.
- b) ¿Cuál es la prima de riesgo del mercado?
- c) ¿Cuál es el rendimiento requerido de una inversión con una beta de 1.5?
- d) Si una inversión con una beta de .8 ofrece un rendimiento esperado de 9.8%, ¿tiene un VPN positivo?
- e) Si el mercado espera un retorno de 11.2% del stock X, ¿cuál es su beta?
16. Casi todas las empresas de la tabla 9.2 están incluidas en el sitio web de Standard & Poor’s. Para ellas, utilice la función SLOPE de Excel para recalcular las betas de los rendimientos mensuales de las hojas de cálculo “Monthly Adjusted Prices”. Utilice todos los rendimientos disponibles hasta un máximo de 60 meses. Recalcule las tasas de rendimiento esperado con la fórmula del CAPM, usando una tasa actual libre de riesgo y una prima de riesgo de mercado de 7%. ¿Cuánto han cambiado los rendimientos esperados con respecto a las cifras reportadas en la tabla 9.2?
17. Localice en finance.yahoo.com o en el sitio web de Standard & Poor’s una acción de ingreso de bajo riesgo —ExxonMobil o Kellogg serían buenas candidatas—. Estime la beta de la empresa a fin de confirmar que está muy por debajo de 1.0 y utilice las tasas de rendimiento mensuales de los tres años más recientes. Para el mismo periodo, estime la desviación anual estándar de la acción, la desviación estándar del S&P 500 y el coeficiente de correlación entre los rendimientos de la acción y del S&P 500. (Se dieron las funciones de Excel en el ejercicio práctico anterior.) Pronostique la tasa de rendimiento esperado de la acción, suponiendo que el CAPM es válido, con un rendimiento de mercado de 12% y una tasa libre de riesgo de 5%.
- a) Construya una gráfica como la de la figura 9.5 que muestre las combinaciones de riesgo y rendimiento de un portafolio invertido en su acción de bajo riesgo y en el mercado. Varíe la fracción invertida en la acción desde cero hasta 100%.
- b) Suponga que un inversionista puede endeudarse y prestar a 5%. ¿Invertiría en alguna combinación de su acción de bajo riesgo y el mercado? ¿O simplemente invertiría en el mercado? Explique.



- c) Suponga que pronostica un rendimiento de la acción que está cinco puntos porcentuales por encima del rendimiento del CAPM utilizado en la parte a). Haga nuevamente las partes a) y b) con este pronóstico del rendimiento más elevado.
- d) Encuentre una acción de beta elevada y vuelva a realizar las partes a), b) y c).
18. Percival Hygiene tiene 10 millones de dólares para invertir en bonos empresariales de largo plazo. La tasa de rendimiento anual esperada de este portafolio de bonos es de 9% y la desviación anual estándar es de 10%.
- Amanda Reckonwith, la asesora financiera de Percival, recomienda que la empresa considere una inversión en un fondo indizado que sigue de cerca al índice Standard and Poor's 500. El índice tiene un rendimiento esperado de 14% y su desviación estándar es de 16%.
- a) Suponga que Percival pone todo su dinero en una combinación del fondo indizado con letras del Tesoro. Por lo tanto, ¿mejora Percival su tasa de rendimiento esperado sin modificar el riesgo de su portafolio? El rendimiento de la letra del Tesoro es de 6%.
- b) ¿Podría Percival hacerlo mejor invirtiendo cantidades iguales en el portafolio de bonos empresariales y el fondo indizado? La correlación entre el portafolio de bonos y el fondo indizado es de +.1.
19. Algunas preguntas verdaderas o falsas acerca de la APT:
- a) Los factores de la APT no pueden reflejar los riesgos diversificables.
- b) La tasa de rendimiento del mercado no puede ser un factor de la APT.
- c) No hay teoría que identifique específicamente los factores de la APT.
- d) El modelo de la APT podría ser cierto pero no muy útil, por ejemplo, si los factores relevantes cambiaran inesperadamente.
20. Considere el siguiente modelo simplificado de la APT:

Factor	Prima de riesgo esperada
Mercado	6.4%
Tasa de interés	-.6
Diferencial de rendimiento	5.1

Calcule el rendimiento esperado de las acciones siguientes. Suponga que $r_f = 5\%$.

	Exposición a factores de riesgo		
	Mercado	Tasa de interés	Diferencial de rendimiento
Acción	(b_1)	(b_2)	(b_3)
P	1.0	-2.0	-.2
P ²	1.2	0	.3
P ³	.3	.5	1.0

21. Estudie de nuevo el ejercicio práctico 20. Considere un portafolio con inversiones iguales en las acciones P, P² y P³.
- a) ¿Cuál es la exposición a los factores de riesgo del portafolio?
- b) ¿Cuál es el rendimiento esperado del portafolio?
22. La tabla siguiente muestra la sensibilidad de cuatro acciones a los tres factores de Fama y French durante los cinco años anteriores a junio de 2006. Calcule el rendimiento espera-

do de cada acción suponiendo que la tasa de interés es de 5%, la prima de riesgo esperada del mercado, de 7.6%; la prima de riesgo esperada del factor de tamaño, de 3.7%, y la prima de riesgo esperada del factor razón de valor contable/valor de mercado, de 5.2%. (Estas cifras fueron las primas conseguidas en el periodo 1926-2006.)

Factor	Sensibilidad a los factores			
	Coca-Cola	Ford	Pfizer	Microsoft
Mercado	.36	2.00	.58	.89
Tamaño*	-.23	-.03	-.47	-.07
Razón de valor contable/valor de mercado†	.38	1.10	-.15	-1.17

* Rendimiento de acciones de empresas pequeñas menos rendimientos de acciones de empresas grandes.

† Rendimiento de acciones de alta razón de valor contable/valor de mercado menos rendimiento de acciones de baja razón de valor contable/valor de mercado.

23. En la nota al pie de página 4 señalábamos que el portafolio de riesgo mínimo contenía una inversión de 78.4% en Wal-Mart y de 21.6% en IBM. Demuéstrelo. (*Pista:* Se necesita un poco de cálculo para hacerlo.)
24. Observe de nuevo el conjunto de portafolios eficientes que calculamos en la sección 9.1.
- Si la tasa de interés es de 10%, ¿cuál de los cuatro portafolios eficientes debe mantenerse?
 - ¿Cuál es la beta de cada tenencia con relación a ese portafolio? (*Pista:* Advierta que si un portafolio es eficiente, la prima de riesgo esperada de cada tenencia debe ser proporcional a la beta de la acción *relativa a ese portafolio*.)
 - ¿Cómo cambiarían sus respuestas de a) y b) si la tasa de interés fuera de 5?
25. El siguiente ejercicio ilustra la APT. Suponga que sólo hay dos factores macroeconómicos dominantes. Las inversiones X, Y y Z tienen las siguientes sensibilidades a esos dos factores:

DESAFÍOS

Inversión	b_1	b_2
X	1.75	.25
Y	-1.00	2.00
Z	2.00	1.00

Suponga que la prima de riesgo esperada del factor 1 es de 4% y la del factor 2 de 8%. Obviamente, las letras del Tesoro ofrecen una prima de riesgo de cero.

- De acuerdo con la APT, ¿cuál es la prima de riesgo de cada una de las tres acciones?
- Suponga que un inversionista compra 200 dólares de X y 50 dólares de Y, y que vende 150 dólares de Z. ¿Cuál es la sensibilidad de su portafolio a cada uno de los dos factores? ¿Cuál es la prima de riesgo esperada?
- Suponga que ahora compra 80 dólares de X y 60 dólares de Y, y que vende 40 dólares de Z. ¿Cuál es la sensibilidad de su portafolio a cada uno de los dos factores? ¿Cuál es la prima de riesgo esperada?
- Por último, suponga que compra 160 dólares de X y 20 dólares de Y, y que vende 80 dólares de Z. ¿Ahora cuál es la sensibilidad de su portafolio a cada uno de los dos factores? ¿Y cuál es la prima de riesgo esperada?
- Sugiera dos posibles formas de construir un fondo que solamente tenga una sensibilidad de .5 al factor 1. (*Pista:* Un portafolio contiene una inversión en letras del Tesoro.) Ahora compare las primas de riesgo de cada una de esas dos inversiones.

- f) Suponga que la APT *no* fuera válida y que X ofreciera una prima de riesgo de 8%, Y una de 14% y Z una de 16%. Diseñe una inversión que tenga sensibilidad nula a cada factor y una prima de riesgo positiva.

MINICASO

Juan y María discuten sobre la selección de portafolios

El escenario: Juan y María se dan la mano en un acogedor restaurante francés ubicado en el centro de Manhattan, varios años antes del minicaso del capítulo 10. María es una operadora del mercado de futuros y Juan administra un portafolio de acciones ordinarias de 125 millones de dólares para un fondo de pensiones grande. Acaban de pedir “tornados a la financiera” como platillo principal y “flan a la financiera” de postre. Juan lee las páginas financieras de *The Wall Street Journal* a la luz de una vela.

Juan: ¡Caramba! Los futuros de la papa alcanzaron su límite diario. Agreguemos una orden de Dauphinoise gratinadas. ¿Pudiste cubrir la tasa de interés del préstamo en euros?

María: Juan, por favor dobla ese periódico. (*Lo hace de muy mala gana.*) Juan, te amo. ¿Te casarías conmigo?

Juan: Oh, María, también te amo, pero... hay algo que debes saber sobre mí, algo que no le he dicho a nadie más.

María (preocupada): Juan, ¿qué es?

Juan: Creo que soy un indizador de clóset.

María: ¿Qué? ¿Por qué?

Juan: Los rendimientos de mi portafolio siempre parecen seguir al índice de mercado S&P 500. A veces me va un poco mejor, ocasionalmente un poco peor. Pero la correlación entre mis rendimientos y los rendimientos del mercado está por arriba de 90%.

María: ¿Y eso qué tiene de malo? Tus clientes quieren un portafolio diversificado de acciones de gran capitalización de mercado. Por supuesto, tu portafolio seguirá al mercado.

Juan: ¿Por qué mi cliente no compra únicamente un fondo indizado? ¿Por qué *me* pagan? ¿Realmente genero valor mediante una administración activa? Lo intento, pero supongo que no soy más que... un indizador.

María: Oh, Juan, sé que generas valor. Fuiste un analista bursátil estrella.

Juan: No es fácil hallar acciones que estén verdaderamente sub o sobrevaluadas. Por supuesto, tengo opiniones fundamentadas sobre algunas.

María: Explicaste por qué Pioneer Gypsum era una buena compra. Y eres optimista con respecto a Global Mining.

Juan: Cierto, Pioneer. (*Saca unas notas escritas a mano de la bolsa de su saco.*) Precio de la acción: 87.50 dólares. Estimo un rendimiento esperado de 11% con una desviación anual estándar de 32%.

María: ¿Sólo 11%? Acabas de pronosticar un rendimiento de 12.5%.

Juan: Sí, uso una prima de riesgo de mercado de 7.5% y la tasa de interés libre de riesgo es alrededor de 5%. Eso es igual a 12.5%. Pero la beta de Pioneer es de tan sólo .65. Iba a comprar 30 000 acciones esta mañana, pero perdí el valor. Tengo que seguir diversificando.

María: ¿Has intentado con la teoría moderna del portafolio?

Juan: ¿TMC? No es práctica. Se ve bastante bien en los libros de texto, en los que muestran fronteras eficientes con cinco o 10 acciones. Pero selecciono entre cientos de acciones, tal vez miles. ¿De dónde obtengo los insumos para 1 000 acciones? ¡Es un millón de varianzas y covarianzas!

María: En realidad, tan sólo 500 000, querido. Las covarianzas que están por arriba de la diagonal son las mismas que las covarianzas que están por debajo. Pero tienes razón, casi todas las estimaciones no serían más que basura o estarían vencidas.

Juan: Ni qué decir con respecto a los rendimientos esperados. Basura entra, basura sale.

María: Pero Juan, no tienes que hallar las 1 000 ponderaciones del portafolio, sino sólo unas cuantas. He aquí el truco: considera tu referencia, el S&P 500, como el título 1. Con eso dejarías de ser un indizador. Después, piensa en algunas acciones que conoces muy bien. Por ejemplo, Pioneer podría ser el título 2. Global, el título 3. Y así sucesivamente. En seguida, pondrías a trabajar toda tu maravillosa mente financiera.

Juan: Ya entendí: administración activa quiere decir vender parte de tu portafolio de referencia e invertir los ingresos en ciertas acciones como Pioneer. Pero ¿cómo sé si Pioneer realmente mejora el portafolio? Incluso si lo hiciera, ¿cuánto debería comprar?

María: Tan sólo maximiza la razón de Sharpe, querido.

Juan: ¡Ya entendí! ¡La respuesta es sí!

María: ¿Cuál fue la pregunta?

Juan: Me preguntaste si me casaría contigo. La respuesta es sí. ¿A dónde iríamos de luna de miel?

María: ¿Qué tal Australia? Me encantaría visitar la Bolsa de Valores de Melbourne.

PREGUNTAS

1. La tabla 9.4 reproduce las notas de Juan sobre Pioneer Gypsum y Global Mining. Calcule el rendimiento esperado, la prima de riesgo y la desviación estándar de un portafolio invertido parcialmente en el mercado y parcialmente en Pioneer. (Calcule los insumos necesarios con base en las betas y las desviaciones estándar dadas en la tabla.) ¿Mejora la razón de Sharpe si se agrega Pioneer a la referencia de mercado? ¿Cuánto debería invertir Juan en Pioneer y cuánto en el mercado?

	Pioneer Gypsum	Global Mining
Rendimiento esperado	11.0%	12.9%
Desviación estándar	32%	20%
Beta	.65	1.22
Precio de la acción	\$87.50	\$105.00

TABLA 9.4

Notas de Juan sobre Pioneer Gypsum y Global Mining.

2. Repita el análisis para Global Mining. ¿Qué debería hacer Juan en este caso? Suponga que Global participa con .75% en el índice S&P.