LECTURA 6

CAPÍTULO 7

INTRODUCCIÓN AL RIESGO, RENTABILIDAD Y COSTE DE OPORTUNIDAD DEL CAPITAL

Hemos cubierto seis capítulos sin hacer una referencia directa al problema del riesgo, ahora es el momento de hacerla. No podemos quedarnos satisfechos ante afirmaciones tan vagas como decir: «El coste de oportunidad del capital depende del riesgo que afecta al proyecto». Necesitamos saber cómo se define el riesgo, qué relación hay entre riesgo y coste de oportunidad del capital y cómo el directivo financiero puede enfrentarse a situaciones reales con riesgo.

En este capítulo vamos a concentrarnos en la primera de las cuestiones y dejaremos las otras dos para los Capítulos 8 y 9. Vamos a empezar resumiendo casi setenta años de evidencias sobre datos de tasas de rentabilidad en los mercados de capitales. Después daremos un primer vistazo a los riesgos de inversión y mostraremos cómo éstos pueden ser reducidos por la diversificación de la cartera. Vamos a introducir **beta**, la medida típica de riesgo para títulos individuales.

Los temas de este capítulo son el riesgo de la cartera, el riesgo del título y la diversificación. Principalmente, nos situamos en el lugar del inversor individual. Pero al final del capítulo enfocaremos el problema desde otra vertiente y nos preguntaremos si la diversificación tiene sentido como objetivo de la *empresa*.

7.1. SESENTA Y NUEVE AÑOS DE HISTORIA DEL MERCADO DE CAPITALES EN UNA SENCILLA LECCIÓN

Los analistas financieros han sido agraciados con una enorme cantidad de datos sobre precios y rentabilidades de títulos. Por ejemplo, el Centro de la Universidad de Chicago para la Investigación sobre los Precios de los Títulos (Center for Research in Security Prices, CRSP) ha elaborado un fichero de precios y dividendos mensuales, desde 1926, de cada una de las acciones admitidas en la Bolsa de Nueva York (NYSE). Otros ficheros ofrecen datos de los títulos que cotizan en la Bolsa Americana y en el segundo mercado, datos sobre obligaciones, opciones, y algunos otros títulos más. Pero se supone que ha de ser una lección fácil. Nos centraremos, por tanto, en el estudio de Ibbotson Associates, que evalúa los resultados históricos de cinco carteras de títulos:

1. Una cartera de letras del Tesoro, es decir, títulos de deuda del gobierno de los Estados Unidos con vencimiento inferior a un año.
2. Una cartera de obligaciones a largo plazo del gobierno de los Estados Unidos.
3. Una cartera de obligaciones a largo plazo de empresas [1].
4. El Indice Compuesto de Standard Poor's, que representa una cartera de acciones ordinarias de las 500 mayores empresas. Aunque sólo una pequeña proporción de las aproximadamente 7000 empresas que se negocian públicamente se incluyen en el «S&P», estas suponen aproximadamente el 70 por ciento del *valor* de las acciones que se negocian.
5. Una cartera de acciones ordinarias de pequeñas empresas.

Estas carteras presentan diferentes grados de riesgo. Las letras del Tesoro son la inversión más segura que puede realizarse. No hay riesgo de insolven-

[1] Las dos carteras de obligaciones se revisan cada año con el fin de mantener un vencimiento constante.

cia y su corto plazo de vencimiento significa que los precios de las letras de
Tesoro son relativamente estables. De hecho, un inversor que desea colocar
fondos, digamos, a tres meses puede obtener un rendimiento totalmente cier-
to comprando una letra del Tesoro con vencimiento a tres meses. No obstan-
te, el inversor no puede saber cuál va a ser su tasa de rentabilidad *real:* queda
la incertidumbre de la inflación.

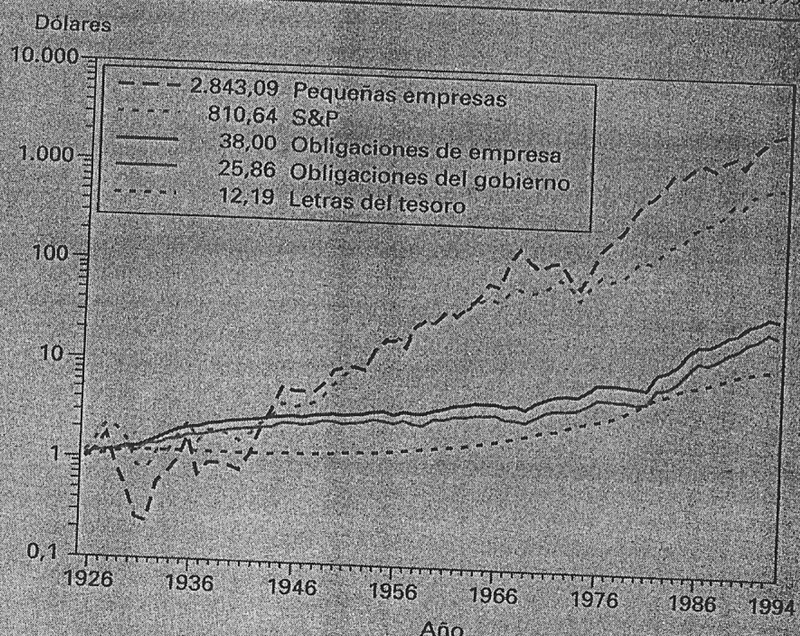
Considerando las obligaciones a largo plazo del Estado, el inversor ad-
quiere un activo cuyo precio fluctúa al son de los tipos de interés. (Los pre-
cios de las obligaciones bajan cuando los tipos de interés suben, y suben
cuando los tipos de interés bajan.) Un inversor que intercambia obligaciones
del Estado por obligaciones de empresas acepta un riesgo de *impago* adicio-
nal. Un inversor que intercambia obligaciones de empresas por acciones or-
dinarias adquiere una proporción directa de los riesgos de la empresa.

La Figura 7.1 muestra cómo su dinero debería haber crecido si usted

FIGURA 7.1

Véase cómo una inversión de 1 $ al comiendo de 1926 habría crecido asumiendo reinversión de todos los dividendos e intereses.

(*Fuente:* Ibbotson Asociates Inc., Stocks, Bonds, Bills and inflation, 1995 Yearbook, Chicago 1995; citado en este capítulo de ahora en adelante como el *Libro del año 1995.*)



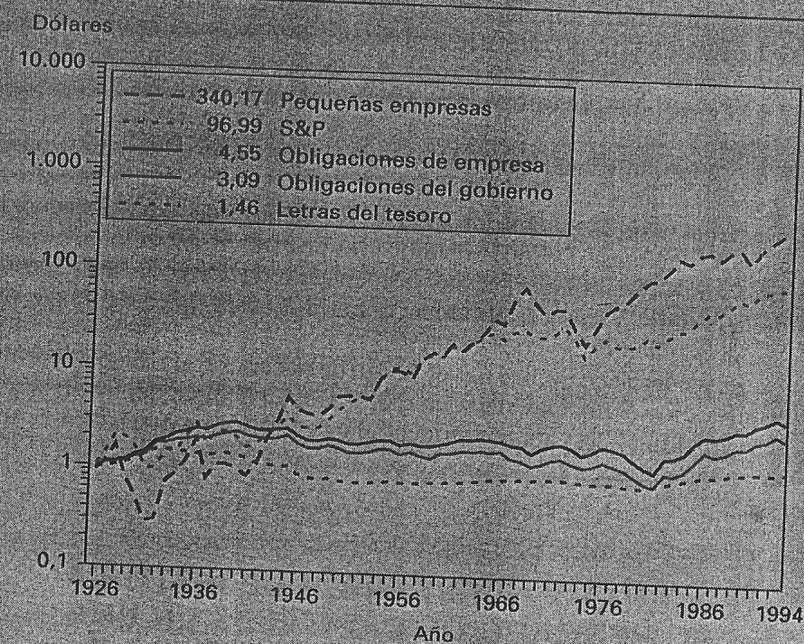
hubiese invertido 1 $ al comienzo de 1926 y reinvertido todos los ingresos de
dividendos o intereses en cada una de las cinco carteras[2]. La Figura 7.2 es
idéntica excepto porque representa el crecimiento del valor *real* de la cartera.
Nos centraremos aquí en valores nominales.

El comportamiento de las distintas carteras coincide con nuestro intuitivo
ranking de riesgo. Cada dólar invertido en la inversión más segura, Letras del
Tesoro, habría crecido casi hasta 12 $ en 1994, escasamente lo suficiente
para cubrir la inflación. Una inversión de obligaciones del gobierno a largo
plazo habría producido 26 $ y las obligaciones de empresas un pellizco más.
Las acciones ordinarias destacan como clase aparte por sí mismas. Un inver-

FIGURA 7.2

Cómo una inversión de 1 $ al comienzo de 1926 habrá crecido en términos reales, asumiendo una reinversión de todos los pagos de intereses y dividendos. Compare este gráfico con la Figura 7.1 y fíjese cómo la inflación ha erosionado el poder de compra de los rendimientos de los inversores..

(*Fuente:* Ibbotson Asociates Inc., *Libro del año 1995.*)



[2] Los valores de la cartera se señalan en un escala logarítmica. Si no fuera así los valores finales de las dos carteras de acciones ordinarias se dispararían saliéndose de la página

sor que colocó un dólar en las acciones de las grandes firmas de Estados Unidos habrá recibido 811 $; pero el gordo le habrá tocado, sin embargo, a los inversores en acciones de pequeñas empresas, que han salido con 2.843 $ por cada dólar invertido.

Ibbotson Associattes calcularon la tasa de rentabilidad de cada una de estas carteras para uno de los años comprendidos entre 1926 y 1994. Esta tasa de rentabilidad refleja tanto la retribución efectiva, dividendos o intereses, como las ganancias de capital realizadas durante el año. Los valores medios de las 69 tasas de rentabilidad anuales de cada cartera se presentan en el Cuadro 7.1.

Desde 1926 las letras del Tesoro han proporcionado la media de rentabilidad más baja $-3{,}7$ por ciento por año en términos *nominales* y 0,6 por ciento en términos *reales*. En otras palabras, la tasa media de inflación en este período ha estado justo por encima del 3 por ciento anual. Las acciones ordinarias han sido otra vez las ganadoras. Las acciones de las empresas grandes han proporcionado una *prima por riesgo* media del 8,4 por ciento al año sobre la rentabilidad en las letras del Tesoro. Las acciones de las pequeñas empresas ofrecieron incluso una prima mayor.

Puede que usted se esté preguntando por qué hemos hecho el cálculo para un período tan largo de tiempo para obtener las medias de las tasas de rentabilidad. La razón es que las tasas anuales de rentabilidad de las acciones ordinarias fluctúan tanto que las medias obtenidas para períodos cortos no son significativas. Nuestra única esperanza de comprender las tasas de rentabilidad históricas es analizándolas durante largos períodos de tiempo[3].

CUADRO 7.1

Tasas de rentabilidad media de las letras del Tesoro, obligaciones del Estado, obligaciones de empresas y acciones ordinarias 1926-1994 (datos en porcentajes anuales).

Cartera	Tasa de rentabilidad media anual (nominal)	Tasa de rentabilidad media anual (real)	Prima por riesgo media (rentabilidad extra frente a las letras del tesoro)
Letras del Tesoro	3,7	0,6	0,0
Obligaciones del Estado	5,2	2,1	1,4
Obligaciones de empresa	5,7	2,7	2,0
Acciones ordinarias (S& P500)	12,2	8,9	8,4
Acc. Ordinarias pequeñas empresas	17,4	13,9	13,7

Fuente: Ibbotson Associates, Inc, *Libro del año 1995.*

Medias aritméticas y rentabilidades anuales compuestas

Percátese de que las medias de rentabilidad que se muestran en el Cuadro 7.1 son medias aritméticas. En otras palabras, Ibbotson Associates simplemente ha sumado las 69 rentabilidades anuales y dividido entre 69. La media aritmética es más alta que la rentabilidad anual compuesta en ese período, que para el índice de S&P ha sido 10,2 por ciento[4].

El adecuado uso de las tasas de rentabilidad aritméticas y compuestas de inversiones del pasado es frecuentemente mal interpretado. Por ello, nos tomaremos un pequeño tiempo para exponer un ejemplo clarificante:

***Ejemplo.** Suponga que el precio de las acciones ordinarias de Big Oil es 100 $. Hay una probabilidad igual de que al final del año la acción valga 90 $, 110 $ o 130 $. Por tanto la rentabilidad podría ser -10 por ciento, $+10$ por ciento, o $+30$ por ciento (asumimos que Big Oil no paga dividendos). La rentabilidad *esperada* es $1/3\,(-10 + 10 + 30) = +10$ por ciento.

Si examinamos el proceso al revés y descontamos el flujo esperado a la tasa esperada de rentabilidad, obtendremos el valor de la acción de Big Oil:

$$\text{VA} = \frac{110}{1{,}10} = 100 \text{ \$}$$

La rentabilidad esperada del 10 por ciento es por tanto la tasa correcta a la que descontar el flujo de caja esperado de Big Oil. Es también el coste de oportunidad de capital para inversiones que tengan el mismo grado de riesgo que Big Oil.

---

[3] Incluso teniendo datos de sesenta y nueve años, no podemos asegurar que este período sea realmente representativo y que la media no esté distorsionada por una pequeña cantidad poco frecuente de altas y bajas rentabilidades. La fiabilidad de una estimación de la media generalmente es medida por su *error típico*. Por ejemplo, el error típico de nuestra estimación de la prima de riesgo media de las acciones ordinarias, es 2,5 por ciento. Existe un 95 por ciento de probabilidad de hallar la media *real* en más o menos 2 errores típicos del 8,4 por ciento estimado. En otras palabras, se estima que la media real estaba entre 3,5 y 13,4 por ciento, habrá un 93 por ciento de probabilidad de acertar. (*Nota técnica*: El error típico de la media es igual a la desviación típica dividida por la raíz cuadrada del número de observaciones. En nuestro caso la desviación típica es 20,6 por ciento y por tanto el error típico es $20{,}5/\sqrt{69} = 2{,}5$.)

[4] Esto se ha calculado partiendo de $(1 + r)^{69} = 811$, lo que implica que $r = 0{,}102$.

(*Nota técnica*: para las rentabilidades logarítmicas distribuidas normalmente la rentabilidad compuesta anual es igual a la media aritmética de rentabilidad menos la mitad de la varianza. Por ejemplo la desviación típica anual de las rentabilidades del mercado de Estados Unidos era 0,20 o 20 por ciento. La varianza era, por tanto $0{,}20^2$ o 0,04. La rentabilidad anual compuesta es $0{,}04/2 = 0{,}02$ o 2 por ciento puntos menos que la media aritmética.)

Ahora suponga que observamos las rentabilidades de las acciones de Big Oil durante un largo número de años. Si las probabilidades fueran las mismas la rentabilidad sería -10 por ciento en un tercio de los años, $+10$ por ciento en otro tercio, y $+30$ por ciento en los años restantes. La media aritmética de estas rentabilidades anuales es:

$$\frac{-10 + 10 + 30}{3} = +10\,\%$$

De este modo, la media aritmética de las rentabilidades mide correctamente el coste de oportunidad de capital de inversiones de similar riesgo que la acción de Big Oil.

La rentabilidad anual compuesta de la acción de Big Oil es:

$$(0{,}9 \times 1{,}1 \times 1{,}3)^{1/3} - 1 = 0{,}088 \text{ o } 8{,}8 \text{ por ciento}$$

menos que el coste de oportunidad de capital. Los inversores no estarán dispuestos a invertir en un proyecto que ofrece un 8,8 por ciento de rentabilidad esperada pudiendo conseguir una rentabilidad esperada del 10 por ciento en el mercado de capitales. El valor actual presente de tal proyecto sería:

$$\text{VAN} = 100 + \frac{108{,}8}{1{,}1} = -1{,}1$$

Moraleja: Si el coste de capital se estima sobre la base de rentabilidades históricas o primas de riesgo, use medias aritméticas, y no tasas de rentabilidad compuesta anual.

Utilización de la evidencia histórica para evaluar hoy el coste de capital

Supóngase un proyecto de inversión del que se *sabe,* sin precisar cómo, que tiene el mismo riesgo que el Índice Compuesto de Standard & Poor's. Diremos que tiene el mismo grado de riesgo que la *cartera de mercado,* aunque esto sea únicamente una forma de hablar, ya que el índice no incluye todos los títulos con riesgo. ¿Qué tasa debería utilizarse para descontar los flujos de tesorería de este proyecto?

Ciertamente debería utilizarse la tasa de rentabilidad actualmente esperada sobre la cartera de mercado: es decir, la rentabilidad a la que usted estaría renunciando. La llamamos r_m. Una forma de estimar r_m consiste en suponer que el futuro será como el pasado y que los inversores hoy esperan obtener las mismas tasas «normales» de rentabilidad que las reveladas por las medias recogidas en el Cuadro 7.1. En este caso el valor de r_m sería el 12,2 por ciento, la media de las rentabilidades del mercado en el pasado.

Desafortunadamente, ésta *no* es la forma de hacerlo. El valor normal de r_m probablemente no sea estable en el tiempo. Recuérdese que es la suma de la tasa de interés libre de riesgo r_f y una prima por riesgo. Es sabido que r_f varía con el tiempo. Por ejemplo, al redactar este capítulo en 1995 las letras del Tesoro ofrecían un 6 por ciento, más de un 2 por ciento por encima del 3,7 por ciento de rentabilidad media de la cartera de letras del Tesoro.

¿Qué se puede decir sobre la estimación de r_m para 1995? ¿Podría tomarse el 12,2 por ciento? Esto supondría reducir la prima por riesgo un 2,2 por ciento de puntos. Un procedimiento mucho más sensato sería tomar la tasa anual de interés de las letras del Tesoro y añadir un 8,4 por ciento, la *prima por riesgo* media reflejada en el Cuadro 7.1. Con una tasa del 6 por ciento para las letras del Tesoro, obtendríamos:

$$\begin{aligned} r_m(1995) &= r_f(1995) + \text{prima por riesgo normal} \\ &= 0{,}06 + 0{,}084 = 0{,}144 \text{ o } 14{,}4 \text{ por ciento} \end{aligned}$$

El supuesto básico es que existe una prima por riesgo normal estable sobre la cartera de mercado, de manera que la prima por riesgo esperada en el *futuro* pueda medirse por la prima por riesgo media del pasado. Puede no estarse de acuerdo con este supuesto, pero al menos proporciona una estimación de r_m que parece sensata.

Incluso teniendo datos de cerca de 70 años no podemos calcular la prima de riesgo del mercado exactamente; ni podemos estar seguros de que los inversores de hoy estén demandando la misma recompensa por el riesgo que hace 70 años. Así que estaría bien comprobar que nuestras cifras son por lo menos aproximadas. Robert Harris y Felicia Marston han usado la fórmula del FTD de crecimiento constante para estimar las de tasas de rentabilidad media que los analistas de títulos esperaban en una muestra amplia de acciones ordinarias[5]. Sus conclusiones se resumen en la Figura 7.3. En el período 1982 a 1991 los analistas pronosticaban una rentabilidad del mercado del 8,5 por ciento por encima de las letras del Tesoro.

7.2. MEDIDA DEL RIESGO DE LA CARTERA

Ahora tenemos un par de puntos de referencia. Conocemos la tasa de descuento para proyectos seguros y también la tasa de los proyectos de «riesgo medio». Pero todavía *no* conocemos cómo estimar las tasas de descuento para activos que no se ajustan a estos modelos tan simples. Para hacer esto, tenemos que aprender: 1) cómo medir el riesgo y 2) las relaciones entre el riesgo soportado y la prima de riesgo demandada.

[5] Vea R. S. Harris y F. C. Marstopn «Estimating Shareholder Risk Premia Using Analysts' Growth Forecast», *Financial Management, 21* 63-70 (verano, 1992), Harris y Marston usaron las previsiones de ganancias de cinco años publicadas regularmente por I/B/E/S. Vea la Sección 4.3.

FIGURA 7.3

Rentabilidades de mercado esperadas estimadas usando la fórmula de FTD de crecimiento constante. El margen entre estas estimaciones y la rentabilidad de las letras del Tesoro varía, pero es concordante con la prima por riesgo media a largo plazo del 8,4 por ciento del Cuadro 7.1.

(*Fuente:* R. S. Harris y F. C. Marston «Estimating Shareholder Risk Premia Using Analysts' Growth Forecasts», *Financial Management* 21: 63-70 (Verano, 1992).)

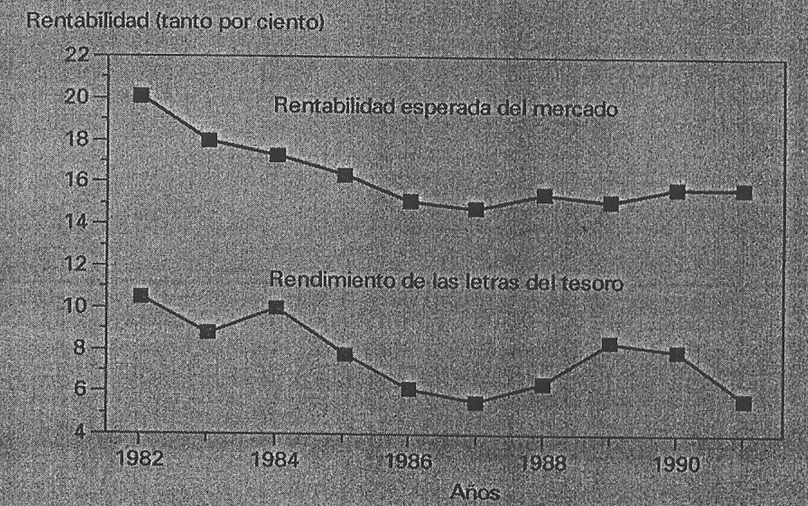
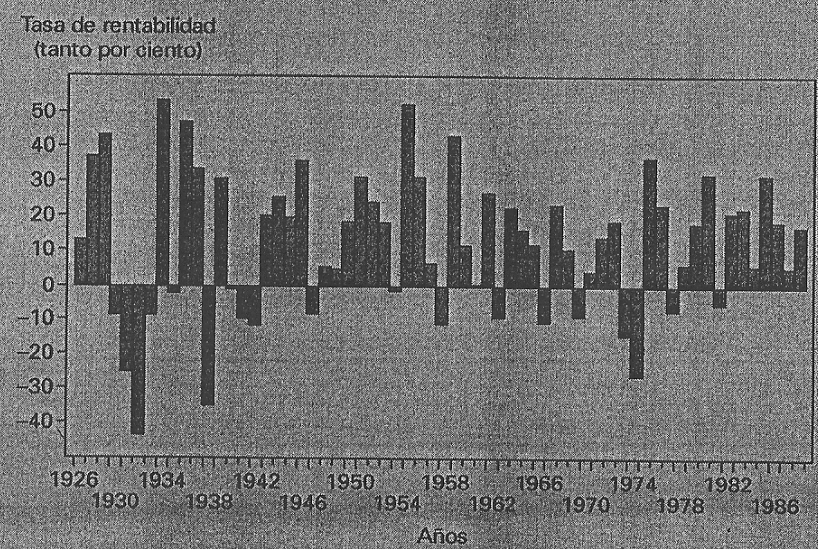


FIGURA 7.4

El mercado de valores ha sido una inversión rentable pero extremadamente variable.

(*Fuente:* Ibbotson Associates, Inc: *Libro del año 1995*.)



La Figura 7.4 muestra las tasas anuales de rentabilidad calculadas por Ibbotson Associates para el Índice Compuesto de Standard & Poor's. Las fluctuaciones en las rentabilidades año a año son notablemente amplias. La rentabilidad anual más alta fue del 54,0 por ciento en 1933, un repunte parcial desde el hundimiento de la bolsa de 1929-1932. No obstante, hubo pérdidas que excedieron el 25 por ciento en cuatro años; la peor fue una rentabilidad del −43,3 por ciento en 1931.

Otra forma de presentar estos datos es por medio de un histograma o distribución de frecuencias. Esto se hace en la Figura 7.5 en donde la variabilidad de las rentabilidades año a año de la cartera de mercado se refleja en el amplio «diferencial» entre los resultados.

Varianza y desviación típica

Las medidas estadísticas más habituales de la variabilidad son la varianza y la desviación típica. La varianza de la rentabilidad del mercado es el valor esperado del cuadrado de las desviaciones respecto a la rentabilidad esperada. En otras palabras,

$$\text{Varianza } (\tilde{r}_m) = \text{valor esperado de } (\tilde{r}_m - r_m)^2$$

donde $\tilde{r}_m$ es la rentabilidad actual y r_m es la rentabilidad esperada[6]. La desviación típica es simplemente la raíz cuadrada de la varianza:

$$\text{Desviación típica de } \tilde{r}_m = \sqrt{\text{varianza } (\tilde{r}_m)}$$

[6] Ésta es una cuestión técnica. Cuando se estima la varianza de una muestra de rentabilidades observadas, se suman las desviaciones al cuadrado y se divide entre $N - 1$ donde N es el número de observaciones. Dividimos por $N - 1$ en lugar de N para corregir lo que se conoce como *la pérdida de 1 grado de libertad*. La fórmula es:

$$\text{Varianza de } (\tilde{r}_m) = \frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^{N} (\tilde{r}_{mt} - r_m)^2$$

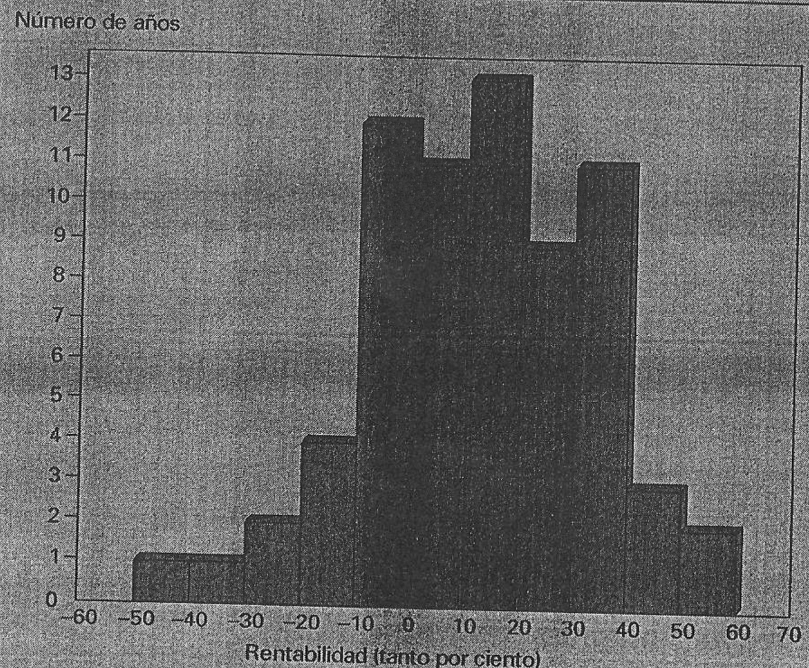
donde

$\tilde{r}_{mt}$ = rentabilidad del mercado en el período t.
r_m = valor medio de $\tilde{r}_m$.

FIGURA 7.5

Histograma de las tasas anuales de rentabilidad del mercado de acciones de los Estados Unidos, 1926-1988, que muestra el amplio diferencial entre las rentabilidades de la inversión en acciones ordinarias.

(*Fuente*: Ibbotson Associates, *Libro del año 1995*.)



La desviación típica a menudo se denota por σ y la varianza por σ^2.

Ejemplo: muy sencillo, permitirá ver cómo se calculan la varianza y la desviación típica. Suponga que se le presenta la oportunidad de jugar al siguiente juego. Comienza invirtiendo 100 $. Luego se lanzan dos monedas al aire. Por cada cara que saque consigue la inversión inicial *más* un 20 por ciento, y por cada cruz que saque recupera la inversión inicial *menos* un 10 por ciento. Está claro que son cuatro los resultados igualmente probables:

- Cara + cara: gana 40 por ciento.
- Cara + cruz: gana 10 por ciento.
- Cruz + cara: gana 10 por ciento.
- Cruz + cruz: pierde 20 por ciento.

Hay una posibilidad entre cuatro, o un 0,25, de obtener un 40 por ciento, dos entre cuatro, o un 0,5, de obtener un 10 por ciento, y una entre cuatro, o un 0,25, de perder un 20 por ciento. La rentabilidad esperada del juego es, por tanto, la media ponderada de los resultados posibles:

$$\text{Rentabilidad esperada} = (0{,}25 \times 40) + (0{,}5 \times 10) + (0{,}25 \times -20) = +10\,\%$$

r: rentab esperad $\tilde{r}$ = rentab actual

CUADRO 7.2

El juego de lanzar al aire la moneda: cálculo de la varianza y la desviación típica.

Tanto por ciento de la tasa de rentabilidad ($\tilde{r}$)	Desviación de la rentabilidad esperada ($\tilde{r} - r$)	Cuadrado de la desviación $(\tilde{r} - r)^2$	Probabilidad	Probabilidad × cuadrado de la desviación
+40	+30	900	0,25	225
+10	0	0	0,5	0
−20	−30	900	0,25	225

Varianza = valor esperado de $(\tilde{r} - r)^2 = 450$

Desviación típica $= \sqrt{\text{varianza}} = \sqrt{450} = 21$

El Cuadro 7.2 muestra que la varianza de las rentabilidades porcentuales es 450. La desviación típica es la raíz cuadrada de 450 o 21. Este valor viene expresado en las mismas unidades que la tasa de rentabilidad, así que puede decirse que la variabilidad del juego es de un 21 por ciento.

Una forma de definir la incertidumbre es decir que pueden suceder más cosas de las que en realidad ocurrirán. El riesgo de un activo puede expresarse completamente, como se vio en el juego de lanzar al aire una moneda, describiendo todos los resultados posibles y la probabilidad de cada uno. Para activos reales esto es engorroso y a menudo imposible. Por ello, se usa la varianza y la desviación típica para resumir la variabilidad de los posibles resultados[7].

Estas medidas son índices naturales del riesgo[8]. Si el resultado del juego de lanzar al aire una moneda hubiera sido cierto, la desviación típica habría

[7] Cuál de las dos utilizamos es cuestión de mera conveniencia. Dado que la desviación típica viene expresada en las mismas unidades que la tasa de rentabilidad, es conveniente por lo general utilizar la desviación típica. No obstante, cuando estamos refiriéndonos a la *proporción* de riesgo que se debe a algún factor, es más práctico normalmente trabajar en términos de varianza.

[8] Como explicamos en el Capítulo 8, la desviación típica y la varianza son las medidas correctas del riesgo si la rentabilidad de las acciones se distribuye normalmente.

sido cero. La verdadera desviación típica es positiva porque *no* sabemos qué puede ocurrir. Pensemos en un segundo juego, igual que el primero excepto que cada cara supone una ganancia de un 35 por ciento y cada cruz una pérdida de un 25 por ciento. De nuevo hay cuatro resultados igualmente posibles:

- Cara + cara: gana 70 por ciento.
- Cara + cruz: gana 10 por ciento.
- Cruz + cara: gana 10 por ciento.
- Cruz + cruz: pierde 50 por ciento.

En este juego la rentabilidad esperada es del 10 por ciento, la misma que en el primer juego. Pero su desviación típica es el doble que en el primer juego, 42 frente a 21 por ciento. Según esta medida, el segundo juego es dos veces más arriesgado que el primero.

Medida de la variabilidad de la cartera

En principio puede estimarse la variabilidad de cualquier cartera de acciones u obligaciones por el procedimiento que se acaba de describir. Se identifican los resultados posibles, se asigna una probabilidad a cada resultado y se efectúan los cálculos. Pero, ¿dónde se obtienen las probabilidades? No pueden conocerse por los periódicos; los periódicos parecen olvidarse de ellas en el deseo de evitar afirmaciones concluyentes acerca de las perspectivas de los títulos. En cierta ocasión vimos un artículo titulado «Los precios de las obligaciones es posible que tiendan a moverse claramente en una u otra dirección». Los agentes de bolsa se manifiestan de forma muy similar. Su respuesta a nuestra pregunta sobre los posibles resultados del mercado sería del siguiente tenor:

> *«El mercado parece atravesar en la actualidad un período de consolidación. A corto plazo, hemos de mantener una posición constructiva, suponiendo que el relanzamiento económico continúe. El mercado puede subir un 20 por ciento en un año a partir de ahora, quizá más si la inflación es moderada. Por otra parte, ...»*

El Oráculo de Delfos daba consejos, pero no probabilidades.

La mayor parte de los analistas financieros comienzan observando la variabilidad en el pasado. Por supuesto, no hay ningún riesgo en mirar hacia atrás, pero es razonable suponer que las carteras con un comportamiento pasado de alta variabilidad tengan también un comportamiento futuro poco previsible.

La desviación típica y las varianzas anuales observadas de nuestras cuatro carteras durante el período 1926-1994 fueron[9]:

Cartera	**Desviación típica σ**	**Varianza σ^2**
Letras del Tesoro	3,3	10,7
Obligaciones del Estado a largo plazo	8,7	75,5
Obligaciones de empresa	8,3	69,7
Acciones ordinarias	20,2	408,0
Acciones ordinarias de pequeñas empresas	34,3	1.177,4

Como era de esperar, las letras del Tesoro fueron los títulos menos variables y las acciones ordinarias o de pequeñas empresas las más variables. Las obligaciones del Estado y de las empresas se mantuvieron en un término medio[10].

Podría resultar interesante comparar el juego del lanzamiento de la moneda y el mercado de acciones como inversiones alternativas. El mercado de acciones ofreció una rentabilidad media anual del 12,2 por ciento con una desviación típica del 20,9 por ciento. El juego ofrece el 10 y el 21 por ciento respectivamente, una rentabilidad ligeramente inferior y aproximadamente la misma variabilidad. Los otros compañeros de juego pueden haber sacado una cruda impresión del mercado de valores.

Por supuesto no hay ninguna razón por la que la variabilidad del mercado deba ser la misma durante casi setenta años. Por ejemplo, ahora es claramente menor que en la Gran Depresión de los años treinta.

[9] Ibbotson Associates, *Libro del año 1995*. Adviértase que cuando nos referimos al riesgo de las *obligaciones* hay que especificar el período de tiempo y si estamos hablado en términos reales o nominales. La rentabilidad *nominal* en obligaciones a largo plazo del Estado están aseguradas para los inversores que las mantengan hasta su vencimiento, en otras palabras, está libre de riesgo si nos olvidamos de la inflación. Después de todo, el gobierno puede emitir dinero para saldar sus deudas. No obstante, la rentabilidad real en títulos del Tesoro es incierta porque nadie sabe cuál será el poder adquisitivo de un dólar en el futuro.

La rentabilidad de las obligaciones sobre las que Ibbotson Associates nos informó, fue medida anualmente. Las rentabilidades reflejan año tras año cambios en los precios de las obligaciones al igual que los intereses recibidos. Las rentabilidades *a un año* en obligaciones a largo plazo son arriesgadas en términos nominales y reales.

[10] Nótese que las obligaciones de empresa aparecen justo por delante de las obligaciones del Estado en términos de baja variabilidad. No hay que preocuparse por ello. El problema es que resulta difícil conseguir dos series de obligaciones que sean similares en los demás aspectos. Por ejemplo, la mayoría de las obligaciones de empresas son rescatables (es decir, la empresa tiene la opción de volver a comprarlas por su valor nominal). Las obligaciones del Estado no son rescatables. También el pago de intereses son más altos en obligaciones de empresas. Por ello, los inversores en obligaciones de empresas recuperan antes su dinero. Como veremos en el Capítulo 25, esto también reduce la variabilidad de las obligaciones.

He aquí las desviaciones típicas de las rentabilidades para períodos sucesivos de diez años desde 1926:

Período	Desviación típica del mercado σ_m
1926-1939	33,6
1940-1949	15,8
1950-1959	11,8
1960-1969	12,1
1970-1979	15,9
1989-1994	15,2

Estas cifras no respaldan la impresión generalizada de especial volatilidad de los precios de las acciones durante los años 80 y principios de los 90. Durante estos años la volatilidad fue inferior a la media.

Sin embargo, hubo breves episodios de volatilidad extremadamente alta. El Lunes Negro, 19 de octubre de 1987, el índice de mercado cayó un 23 por ciento *en un solo día*. La desviación típica del índice de la semana alrededor del Lunes Negro era equivalente al 89 por ciento anual. Afortunadamente, pocas semanas después del crack la volatilidad bajó a niveles normales.

Cómo se reduce el riesgo mediante la diversificación

Podemos calcular nuestras medidas de la variabilidad tanto para títulos individuales como para carteras de títulos. Por supuesto, el nivel de variabilidad durante sesenta y nueve años años resulta menos interesante para empresas concretas que para la cartera de mercado; es rara la empresa que afronta hoy los mismos riesgos económicos que en 1926.

El Cuadro 7.3 presenta las desviaciones típicas estimadas para 10 acciones ordinarias muy conocidas en un período reciente de cinco años[11]. ¿Considera «altas» estas desviaciones típicas? Debería hacerlo. Recuerde que la desviación típica de la cartera de mercado fue del 20 por ciento durante el período 1926-1994 y algo menor en los últimos años. De nuestras acciones individuales únicamente Exxon ha tenido una desviación típica inferior al 20 por ciento aunque otros dos se deslizaron justo por debajo del larguero. La mayor parte de las acciones son considerablemente más variables que la cartera de mercado y únicamente una pequeña parte es menos variable.

CUADRO 7.3

Desviaciones típicas de acciones ordinarias seleccionadas, 1989-1994 (cifras en porcentaje anual).

Acción	Desviación típica	Acción	Desviación típica
AT&T	21,4	Exxon	12,1
Biogen	51,5	Ford Motor	28,0
Bristol-Myers Squibb	18,6	General Electric	19,6
Coca-Cola	21,6	McDonald's	21,7
Compaq	43,5	Microsoft	53,6

Esto nos lleva a una cuestión importante: la cartera de mercado está formada por acciones individuales; entonces ¿por qué su variabilidad no refleja la variabilidad media de sus componentes? La respuesta es que la *diversificación reduce la variabilidad.*

Incluso con una pequeña diversificación se puede obtener una reducción sustancial en la variabilidad. Supongamos que se calculan y comparan las desviaciones típicas de carteras aleatoriamente escogidas de una acción, 2 acciones, 5 acciones, etcétera. En la Figura 7.6 puede verse cómo la diversificación puede reducir casi a la mitad la variabilidad de las rentabilidades. Puede conseguir la mayor parte de este beneficio con relativamente pocas acciones: la mejora es pequeña cuando el número de títulos se incrementa en más de 20 o 30, por ejemplo.

La diversificación se produce porque los precios de las diferentes acciones no evolucionan de idéntico modo. Los estadísticos hacen referencia a lo mismo cuando indican que los cambios en el precio de las acciones están imperfectamente correlacionados. Fijémonos, por ejemplo, en la Figura 7.7 Obsérvese cómo una inversión *en* Coca-Cola *o* Compaq habría resultado ser muy variable. Pero hubo momentos en los que una caída en el valor de una de las acciones quedó compensada por una subida en el precio de la otra[12]. Por

[11] Estas estimaciones se realizaron a partir de las tasas de rentabilidad *mensuales*. Cinco observaciones anuales son insuficientes para estimar la variabilidad. Transformamos la varianza mensual en anual multiplicándola por 12. Es decir, la varianza de la rentabilidad mensual es una doceava parte de la varianza anual. Cuanto más tiempo mantenga usted un título o una cartera, mayor es el riesgo que tendrá que correr.

Esta transformación supone que las sucesivas rentabilidades mensuales son estadísticamente independientes. Éste es, de hecho, un buen supuesto, como veremos en el Capítulo 13.

Debido a que la *varianza* es aproximadamente proporcional a la longitud del intervalo de tiempo en el que se mide la rentabilidad de un título o cartera, la *desviación típica* es proporcional a la raíz cuadrada del intervalo.

[12] La correlación entre las rentabilidades de las dos acciones fue de 0,24 en ese período.

FIGURA 7.6

La diversificación reduce el riesgo (desviación típica) rápidamente al principio, más lentamente después.

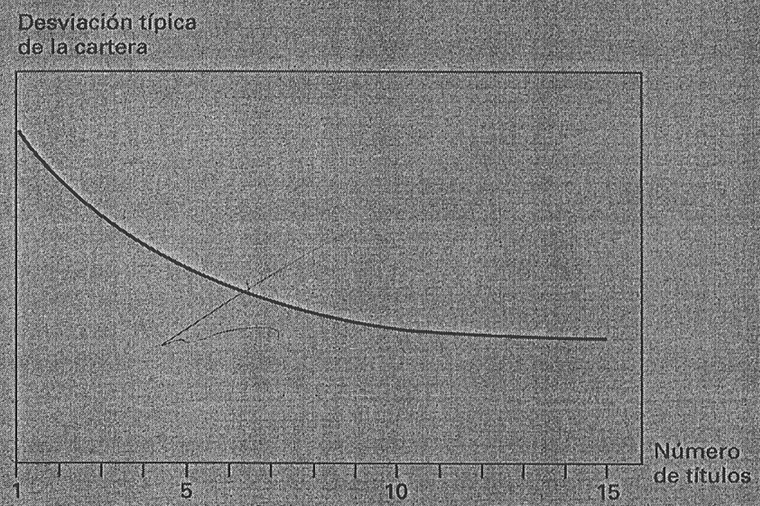
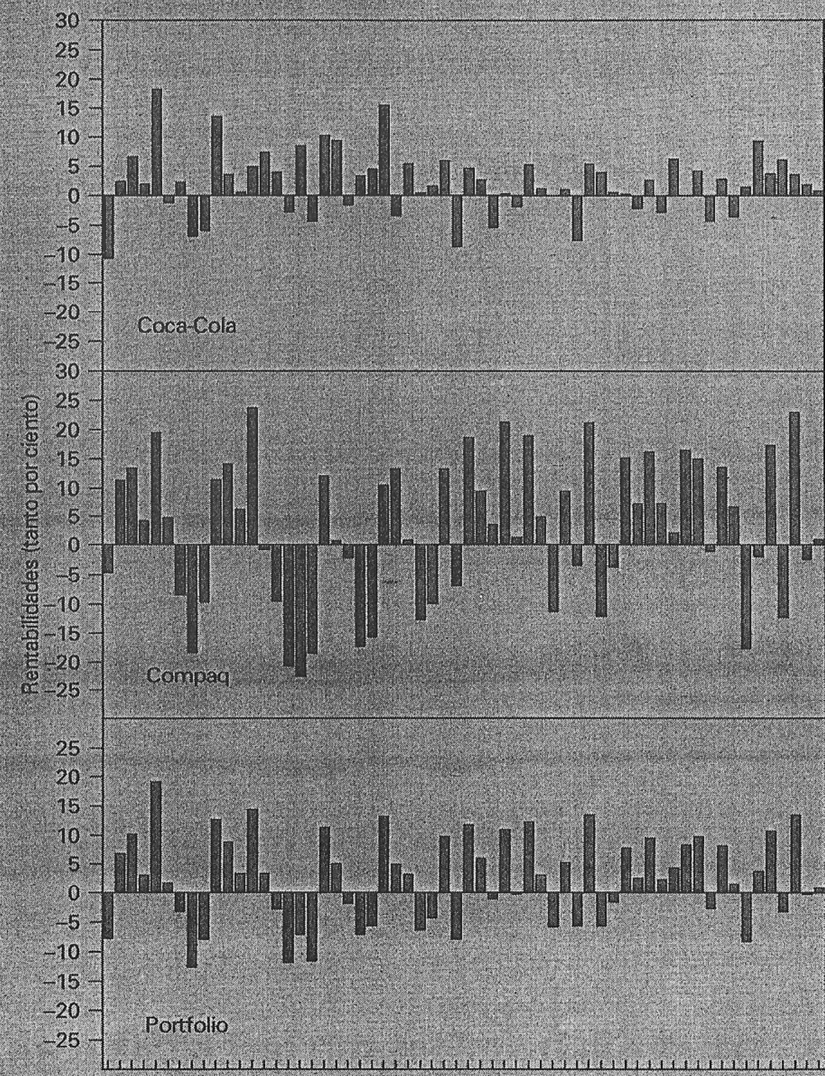


FIGURA 7.7

La variabilidad de una cartera con las mismas acciones de Coca-Cola y Compaq habría tenido menor variabilidad que la media de las acciones individuales. Estas rentabilidades corresponden al período de julio de 1989 a junio de 1994.



tanto, hubo una oportunidad de reducir nuestro riesgo por medio de la diversificación. La Figura 7.7 muestra como si se hubieran repartido los fondos por igual entre los dos títulos, la variabilidad de nuestra cartera habría sido sustancialmente inferior a la variabilidad media de los dos títulos[13].

El riesgo que puede ser potencialmente eliminado por medio de la diversificación es conocido como **riesgo único** o **propio**[14]. El riesgo único resulta del hecho de que muchos de los peligros que rodean a una determinada empresa son específicos suyos y tal vez de sus competidores inmediatos. Pero hay también un riesgo que usted no puede evitar, sin embargo, por mucho que diversifique. Este riesgo es conocido generalmente como **riesgo de mercado**[15]. El riesgo de mercado deriva del hecho de que hay otros peligros en el conjunto de la economía que amenazan a todos los negocios. Por eso las acciones tienden a moverse en el mismo sentido. Y ésta es la razón por

[13] Durante los cinco años desde 1989 a 1994 las desviaciones típicas de Coca-Cola y Compaq fueron 21,6 por ciento y 43,5 por ciento respectivamente. La desviación típica de una cartera con la mitad invertida en cada una de ellas fue el 26,5 por ciento.

[14] Al riesgo único o propio se le denomina *específico riesgo diversificable.*

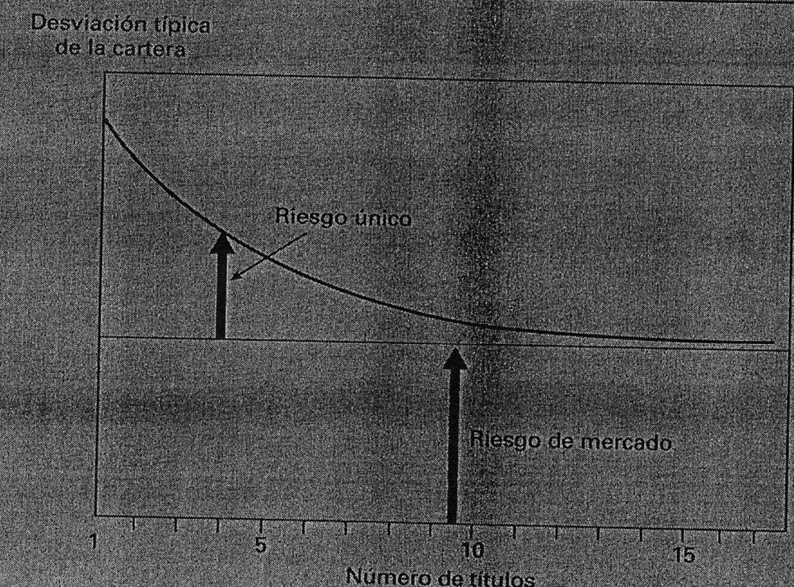
[15] El riesgo del mercado puede ser llamado a menudo *riesgo no sistemático, riesgo residual* o *riesgo sistemático* o *riesgo no diversificable.*

la que los inversores están expuestos a las «incertidumbres del mercado» independientemente del número de acciones que posean.

En la Figura 7.8 hemos dividido el riesgo en sus dos componentes, riesgo único y riesgo de mercado. Si se posee una sola acción, el riesgo único es muy importante; pero, en cuanto se tiene una cartera de 20 acciones o más, la diversificación ha producido sus resultados más importantes. Para una cartera razonablemente bien diversificada, únicamente importa el riesgo de mercado. Por tanto, la principal fuente de incertidumbre para un inversor que diversifica radica en si el mercado sube o baja, arrastrando la cartera del inversor con él.

FIGURA 7.8

La diversificación elimina el riesgo único. Pero hay una parte del riesgo que la diversificación *no puede* eliminar. Se llama *riesgo de mercado*.



7.3. CALCULANDO EL RIESGO DE LA CARTERA

Ya hemos dado una idea intuitiva de cómo se reduce el riesgo mediante la diversificación pero para entender perfectamente el efecto de la diversificación necesitamos conocer cómo depende el riesgo de la cartera del riesgo de las acciones individuales.

Suponemos que el 60 por ciento de nuestra cartera está formada por acciones de Bristol Myers Squibb (BMS) y el resto de Ford Motor (FM). Esperamos que a lo largo del año BMS dará una rentabilidad de 15 por ciento y FM de 21 por ciento. La rentabilidad esperada en nuestra cartera es una sencilla media ponderada de las rentabilidades esperadas de las acciones individuales[16]:

$$\text{Rentabilidad esperada de la cartera} = (0{,}60 \times 15) + (0{,}40 \times 21) = 17{,}4\,\%$$

Calcular la rentabilidad esperada de la cartera es fácil. La parte más difícil es calcular el riesgo de nuestra cartera. En el pasado, la desviación típica de las rentabilidades era aproximadamente un 18,6 por ciento para Bristol Myres Squibb y un 28 por ciento para Ford Motor. Creemos que las cifras son una medida adecuada de la dispersión de los posibles resultados *futuros*. La primera inclinación puede considerar que la desviación típica de las rentabilidades de nuestra cartera es una media ponderada de las desviaciones típicas de las acciones individuales, es decir $(0{,}6 \times 28) + (0{,}40 \times 42) = 33{,}6$ por ciento. Esto sería correcto *solamente* si los precios de las dos acciones se movieran en perfecta correlación. En cualquier otro caso, la diversificación reduciría el riesgo por debajo de esta cifra.

El procedimiento exacto para calcular el riesgo de una cartera de dos acciones viene expresado en la Figura 7.9. Necesitamos rellenar las cuatro casillas. Para completar la casilla superior izquierda, ponderamos la varianza de las rentabilidades de la acción 1 (σ_1^2) por el *cuadrado* de la cantidad invertida (x_1^2). Análogamente, para completar la casilla inferior derecha, ponderaremos la varianza de las rentabilidades de la acción 2 (σ_2^2) por el cuadrado de la cantidad invertida de la acción 2 (x_2^2).

Las entradas en esta casilla diagonal depende de la varianza de las acciones 1 y 2; las entradas en las otras dos casillas dependen de su *covarianza*. Como podemos adivinar, la covarianza es una medida del grado por el cual dos acciones «covarían». La covarianza puede ser expresada como el producto del coeficiente de correlación ρ_{12} y las dos desviaciones típicas[17]:

[16] Comprobémoslo. Supongamos que invertimos 60 \$ BMS y 40 \$ en FM. La rentabilidad esperada por dólar en BMS es 0,15(60) = 9 \$ y en FM es 0,21(40) = 8,40 \$. La rentabilidad esperada por dólar en nuestra cartera es 9 + 8,40 = 17,40 \$. La *tasa* de rentabilidad de la cartera es 17,40/100 = 0,174 o 17,4 por ciento.

[17] Otra forma de definir la covarianza es la siguiente:

$$\text{Covarianza entre acción 1 y 2} = \sigma_{12} = \text{valor esperado de } (\tilde{r}_1 - r_1) \times (\tilde{r}_2 - r_2)$$

Adviértase que la covarianza de las acciones consigo mismo es justamente la varianza:

$$\sigma_{11} = \text{valor esperado de } (\tilde{r}_1 - r_1) \times (\tilde{r}_1 - r_1)$$
$$= \text{valor esperado de } (\tilde{r}_1 - r_1)^2 = \text{varianza de la acción 1.}$$

FIGURA 7.9

La varianza de una cartera con dos acciones es la suma de las cuatro casillas. x_i = cantidad invertida en la acción i; σ_i^2 = la varianza de la rentabilidad de la acción i; σ_{ij} = la covarianza de las rentabilidades de i y j ($\rho_{ij}\sigma_i\sigma_j$) = la correlación de las rentabilidades i y j.

	Acción 1	Acción 2
Acción 1	$x_1^2\sigma_1^2$	$x_1x_2\sigma_{12} = x_1x_2\rho_{12}\sigma_1\sigma_2$
Acción 2	$x_1x_2\sigma_{12} = x_1x_2\rho_{12}\sigma_1\sigma_2$	$x_2^2\sigma_2^2$

$$\text{Covarianza entre las acciones 1 y 2} = \sigma_{12} = \rho_{12}\sigma_1\sigma_2$$

La mayor parte de las acciones tienden a moverse juntas. En este caso el coefiente de correlación ρ_{12} es positivo, y por consiguiente es también positivo. Si las perspectivas de las acciones fueran totalmente independientes, el coeficiente de correlación y la covarianza podrían ser cero; y si las acciones tendieran a moverse en direcciones contrarias, el coeficiente de correlación y la covarianza podrían ser negativas. Del mismo modo que pondremos la varianza por el *producto* de las cantidades de las acciones x_1 y x_2.

Una vez hayamos completado las cuatro casillas, simplemente sumaremos las entradas para obtener la varianza de la cartera:

$$\text{Varianza de la cartera} = x_1^2\sigma_1^2 + x_2^2\sigma_2^2 + 2(x_1x_2\rho_{12}\sigma_1\sigma_2)$$

La desviación típica de la cartera es, por supuesto, la raíz cuadrada de la varianza.

Ahora podemos intentar introducir algunas cifras para Bristol Myers Squibb y Ford Motor. Anteriormente dijimos que si las dos acciones estaban perfectamente correlacionadas, la desviación típica de la cartera sería el 40 por ciento de la diferencia entre la desviación típica de las dos acciones. Lo comprobaremos rellenando las casillas con $\rho_{12} = +1$.

	Bristol Myers Squibb	Ford Motor
Bristol Myers Squibb	$x_1^2\sigma_1^2 = (0{,}60)^2 \times (18{,}6)^2$	$x_1x_2P_{12}\sigma_1\sigma_2 = 0{,}60 \times 0{,}40 \times 1 \times 18{,}6 \times 28$
Ford Motor	$x_1x_2P_{12}\sigma_1\sigma_2 = 0{,}60 \times 0{,}40 \times 1 \times 18{,}6 \times 28$	$x_2^2\sigma_2^2 = (0{,}40)^2 \times (28)^2$

La varianza de la cartera es la suma de las entradas:

$$\text{Varianza de la cartera} = [(0{,}60)^2 \times (18{,}6)^2] + [(0{,}40)^2 \times (28)^2] + 2(0{,}60 \times 0{,}40 \times 1 \times 18{,}6 \times 28) = 500$$

La desviación típica es $\sqrt{500} = 22{,}4$ por ciento, 40 por ciento de diferencia entre 18,6 y 28.

Bristol Myers y Ford Motor no se mueven con perfecta correlación. Si la experiencia pasada es usada como guía, la correlación entre las dos acciones es alrededor de 0,2. Si volvemos otra vez al mismo ejercicio pero con $\rho_{12} = +0{,}2$, encontramos:

$$\text{Varianza de la cartera} = [(0{,}60)^2 \times (18{,}6)^2] + [(0{,}40)^2 \times (28)^2] + 2(0{,}60 \times 0{,}40 \times 0{,}2 \times 18{,}6 \times 28) = 300$$

La desviación típica es $\sqrt{300} = 17{,}3$ por ciento. El riesgo es ahora menor que el 40 por ciento del camino entre 18,6 y 28, en realidad, es el mismo riesgo que si invirtiéramos solamente en Bristol Myers Squib.

El mejor resultado de la diversificación aparece cuando dos acciones están correlacionadas negativamente. Desgraciadamente esto casi nunca ocurre con acciones reales, pero sólo por ilustrarlo, supongámoslo para Bristol Myers Squib y Ford Motor. Ya que estamos siendo irrealistas, seámoslo de todo y asumamos una correlación perfecta negativa (ρ_{12} = -1). En este caso:

$$\text{Varianza de la cartera} = [(0{,}60)^2 \times (18{,}6)^2] + [(0{,}40)^2 \times (28)^2] + 2(0{,}60 \times 0{,}40 \times (-1) \times 18{,}6 \times 28) = 0$$

Cuando hay una correlación perfecta negativa, hay siempre una estrategia de cartera (en función de determinadas ponderaciones de la cartera), la cual eliminará por completo el riesgo[18]. Su perfecta correlación negativa no suele ocurrir realmente entre acciones ordinarias.

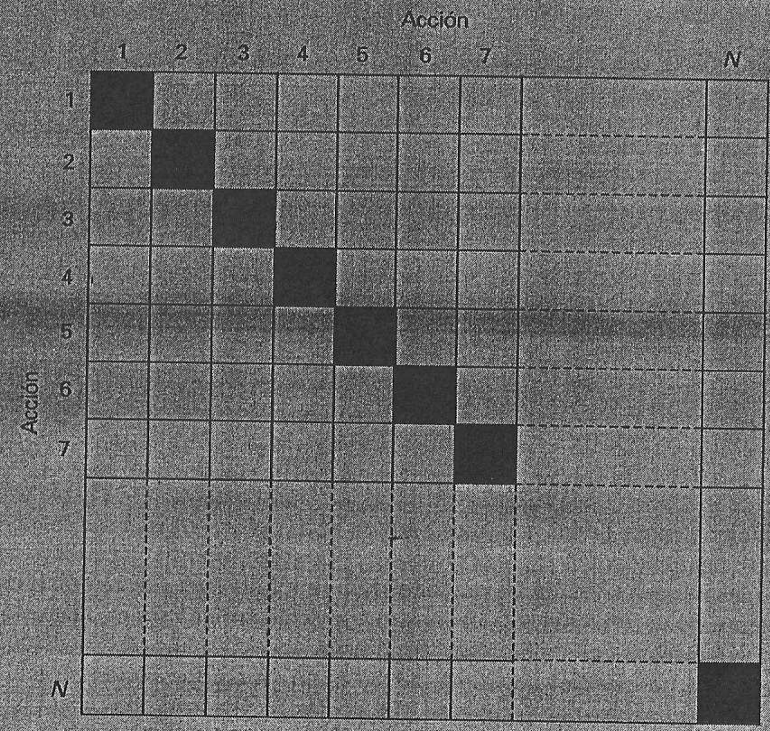
[18] Ya que la desviación típica de Ford Motor es 1,5 veces la de Bristol Myers Squibb, necesitamos invertir 1,5 veces más en Bristol Myers para eliminar el riesgo en esta cartera de dos acciones.

*Fórmula general para calcular el riesgo de la cartera

El método para calcular el riesgo de la cartera puede fácilmente ser extendido a carteras de tres o más títulos. Simplemente tenemos que rellenar un mayor número de casillas. Cada casilla de la diagonal, las sombreadas en la Figura 7.10, contiene la varianza ponderada por el cuadrado de la cantidad invertida. Cada una de las otras casillas contienen la covarianza entre ese par de títulos, ponderada por el producto de las cantidades invertidas[19].

FIGURA 7.10

Para encontrar la varianza de una cartera de N acciones debemos añadir las entradas en una matriz como ésta. Las casillas de la diagonal contienen los términos de la varianza ($x_i^2\sigma_i^2$), y las otras contienen los términos de las covarianzas ($x_ix_j\sigma_{ij}$).



*Límites para la diversificación

¿Se ha fijado en la Figura 7.10 qué importantes se vuelven las covarianzas cuando añadimos más títulos a la cartera? Cuando hay sólo dos títulos, hay el mismo número de casillas de varianza que de covarianza. Cuando hay muchos títulos, el número de covarianzas es mucho mayor al de varianzas. De esta forma la variabilidad de una cartera bien diversificada se refleja principalmente en la covarianza.

Supongamos que estamos tratando con carteras en las cuales las mismas inversiones son realizadas en cada una de las N acciones. La cantidad invertida en cada una es, por tanto, $1/N$. De esta forma, en cada casilla de la varianza tenemos $(1/N)^2$ veces la varianza, y en cada casilla de la covarianza tenemos $(1/N)^2$ veces la covarianza. Hay N cajas de varianza y $N^2 - N$ cajas de covarianza. Por consiguiente,

$$\begin{aligned}\text{Varianza de la cartera} &= N\left(\frac{1}{N}\right)^2 \times \text{varianza promedio} \\ &\quad + (N^2 - N)\left(\frac{1}{N}\right)^2 \times \text{covarianza promedio} \\ &= \frac{1}{N} \times \begin{matrix}\text{varianza}\\ \text{promedio}\end{matrix} + \left(1 - \frac{1}{N}\right) \times \begin{matrix}\text{covarianza}\\ \text{promedio}\end{matrix}\end{aligned}$$

Fijémonos cómo cuando N aumenta, la varianza de la cartera gradualmente se aproxima a la medida de la covarianza. Si la covarianza media fuese 0, podría ser posible eliminar *todo* el riesgo teniendo un suficiente número de títulos. Desafortunadamente las acciones ordinarias se mueven juntas, no independientemente. De esta forma la mayor parte de las acciones que el inversor puede realmente comprar están ligadas a una red de covarianzas positivas que fijan el límite a los beneficios de diversificación. Ahora podemos entender el significado preciso del riesgo del mercado descrito en la Figura 7.8. Es la covarianza media la que constituye el fundamento del riesgo que permanece después de que la diversificación haya actuado.

[19] El equivalente formal para «sumar todas las casillas» es:

$$\text{Varianza de cartera} = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} x_ix_j\sigma_{ij}$$

Advierta que cuando $i = j$, σ_{ij} es exactamente la varianza de la acción i.

7.4. CÓMO AFECTAN AL RIESGO DE LA CARTERA LOS TÍTULOS INDIVIDUALES

Anteriormente presentamos algunos datos relativos a la variabilidad de 10 títulos individuales. La mayor desviación típica la tenía Biogen y Exxon la menor. Si usted hubiera sido accionista de Biogen la dispersión de sus posibles rentabilidades hubiera sido tres veces mayor que si usted hubiera sido accionista de Exxon. Pero éste no es un hecho importante. Los inversores precavidos no se la juegan a una sola carta: reducen su riesgo por medio de la diversificación. Estarán, por tanto, interesados en el efecto que cada acción tendrá sobre el riesgo de su cartera.

Esto nos lleva a uno de los principales temas de este capítulo: *el riesgo de una cartera bien diversificada depende del riesgo de mercado de los títulos incluidos en la cartera.* Haga un tatuaje en su frente con esta frase si no puede recordarla de otra manera. Es una de las más importantes ideas de este libro.

CUADRO 7.4

Betas para las acciones ordinarias seleccionadas, 1989-1994.

Acción	Beta	Acción	Beta
AT&T	0,92	Exxon	0,51
Biogen	2,20	Ford Motor	1,12
Bristol-Myers Squibb	0,97	General Electric	1,22
Coca-Cola	1,12	McDonald's	1,07
Compaq	1,18	Microsoft	1,23

El riesgo de mercado es medido por la beta

Si quiere conocer la contribución de un título individual al riesgo de una cartera bien diversificada, no sirve de nada saber cuál es el riesgo del título por separado, necesita medir su riesgo de *mercado,* lo que equivale a medir su sensibilidad respecto a los movimientos del mercado. Esta sensibilidad se denomina **beta** (β).

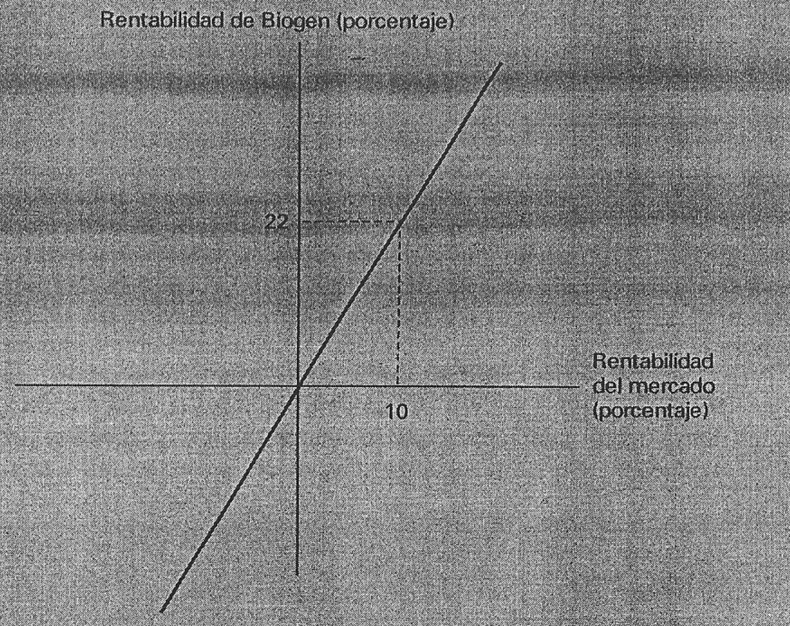
Acciones con betas mayores que 1,0 tienden a amplificar los movimientos conjuntos del mercado. Acciones con betas entre 0 y 1,0 tienden a moverse en la misma dirección que el mercado, pero no tan lejos. Por supuesto, el mercado es la cartera de todas las acciones, por tanto la acción «media» tiene una beta de 1,0. El Cuadro 7.4 informa acerca de betas de las 10 acciones ordinarias a las cuales anteriormente ya nos habíamos referido.

Biogen, una empresa de biotecnología de rápido crecimiento, tuvo una beta de 2,20 durante los cinco años entre mediados de 1989 a mediados de 1994. Si el futuro se asemeja al pasado, *en media* esto significa que cuando el mercado crezca un 1,0 por ciento, el precio de las acciones de Biogen crecerá en un 1,11 por ciento. Cuando el mercado disminuya en un 2 por ciento, Biogen disminuirá en un 2,22 por ciento, y así sucesivamente. De esta forma, si dibujamos un gráfico en el que se ajusta una línea que relacione la rentabilidad de Biogen frente a la rentabilidad del mercado, tendrá una pendiente de 2,20. Fijémonos en la Figura 7.11.

Por supuesto, la rentabilidad de las acciones de Biogen no están perfectamente correlacionadas con las rentabilidades del mercado. La empresa está también sujeta a el riesgo específico, por tanto las rentabilidades reales

FIGURA 7.11

La rentabilidad de las acciones de Biogen cambia a una media del 2,20 por ciento para cada variación de la rentabilidad del mercado en un 1 por ciento adicional. Así pues, beta es 2,20 por ciento.



ıdrán estar dispersas sobre la línea fijada en la Figura 7.11. Algunas veces .ogen se dirigirá al sur mientras el mercado va al norte, o viceversa.

De todas las acciones del Cuadro 7.4, Biogen sobresale como inusualmen- sensible a los movimientos del mercado. Exxon está en el extremo opuesto. trazamos una línea gráfica mostrando las rentabilidad de Exxon frente a la :l mercado sería mucho menos inclinada: la pendiente sería sólo 0,51.

or qué las betas de los títulos determinan el riesgo e la cartera

ɜvisemos dos puntos importantes sobre el riesgo de los títulos y el riesgo de cartera:

- El riesgo del mercado explica la mayoría del riesgo de una cartera bien diversificada.
- La beta de los títulos individuales mide su sensibilidad a los movimientos del mercado.

Es fácil observar a dónde nos estamos dirigiendo: en el contexto de la ırtera el riesgo de los títulos es medido por beta. Quizá pudimos llegar a ;ta conclusión, pero preferimos explicarlo. En realidad, ofreceremos dos ¢plicaciones.

xplicación 1: ¿Dónde está la base? La Figura 7.8 muestra cómo la ɜsviación típica de las rentabilidades de la cartera depende del número de tulos de la cartera. Con más títulos, y por tanto mejor diversificación, el esgo de la cartera disminuye hasta que todo el riesgo propio es eliminado y ›lamente permanece la base del riesgo del mercado.

¿Dónde está la base? Depende de la beta media de los títulos seleccionados.

Suponga que construimos una cartera que contenga un gran número de :ciones, digamos 500, elegidas aleatoriamente de todo el mercado. ¿Qué ɔnseguiríamos? El mercado en sí, o una cartera *muy* próxima a él. La beta ɜría 1,0 y la correlación con el mercado sería 1,0. Si la desviación típica del ıercado fuera 20 por ciento (su media aproximadamente para 1926-1994, ntonces la desviación típica de la cartera también sería del 20 por ciento.

Pero supongamos que construimos la cartera con un gran grupo de accio- es con beta media 1,5. Otra vez acabaríamos con una cartera de 500 accio- es sin riesgo único; una cartera que se mueve casi en correlación perfecta on el mercado[20]. No obstante, *esta* desviación típica de la cartera sería del 30 por ciento, 1,5 veces la del mercado. Una cartera bien diversificada con un beta de 1,5 amplificará cada movimiento del mercado en un 50 por ciento y acabará con un 150 por ciento del riesgo del mercado.

Por supuesto, podríamos repetir el mismo experimento con acciones con un beta de 0,5 y acabar con una cartera bien diversificada con la mitad de riesgo del mercado. Las Figuras 7.12*a*, *b* y *c* nos muestran estos tres casos.

La cuestión general es la siguiente: el riesgo de una cartera bien diversificada es proporcional a la beta de la cartera, la cual es igual a la beta media de los títulos incluidos en la cartera. Esto nos muestra cómo el riesgo de la cartera está dirigido por las betas de los títulos.

***Explicación 2: Las betas y las covarianzas.** Un estadístico definiría la beta de la acción *i* como:

$$\beta_1 = \frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2}$$

donde σ_{im} es la covarianza entre la rentabilidad de la acción *i* y la rentabilidad del mercado y σ_m^2 es la varianza de la rentabilidad del mercado.

Esto da lugar a que la proporción entre la covarianza y la varianza mida la contribución de las acciones al riesgo de la cartera. Puede ver esto volviendo a los anteriores cálculos del riesgo de la cartera de Bristol Myers Squib y Ford Motor.

Recuerde que el riesgo de esta cartera era la suma de las siguientes casillas:

	Bristol Myers Squibb	Ford Motor
Bristol Myers Squibb	$(0{,}60)^2 \times (18{,}6)^2$	$0{,}60 \times 0{,}40 \times 0{,}2 \times 18{,}6 \times 28$
Ford Motor	$0{,}60 \times 0{,}40 \times 0{,}2 \times 18{,}6 \times 28$	$(0{,}40)^2 \times (28)^2$

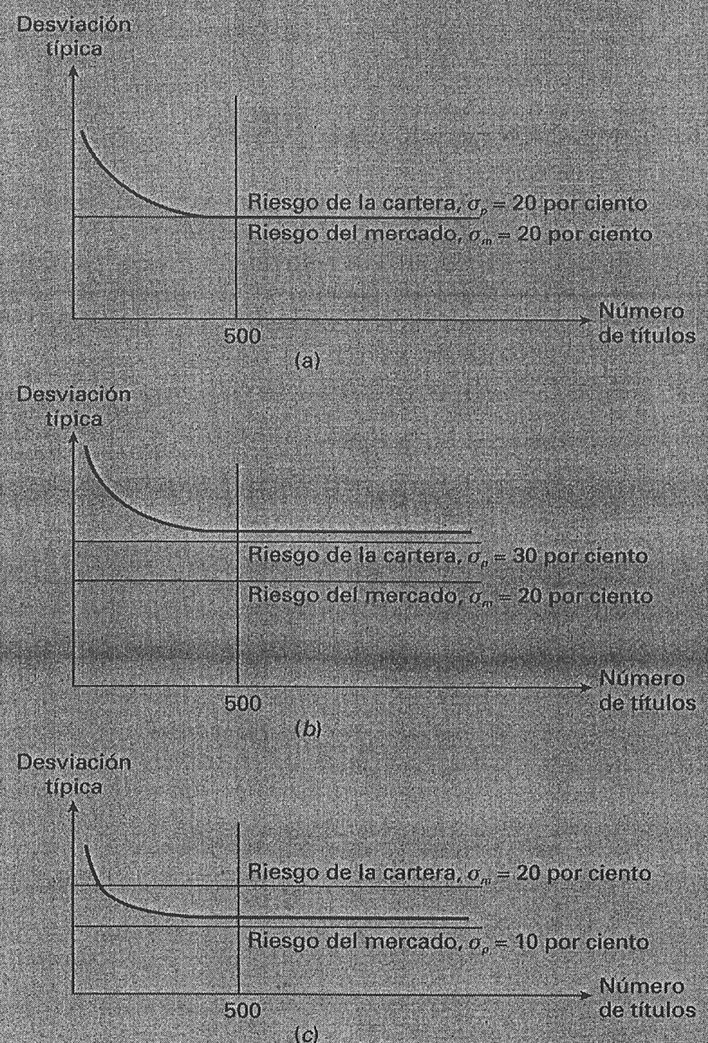
Si sumamos cada *fila* de casillas, podemos observar qué parte del riesgo de la cartera viene de Bristol Myers y qué parte de Ford Motor:

Stock	Contribución al riesgo
Bristol-Myers	$0{,}60 \times \{[0{,}60 \times (18{,}6)^2] + (0{,}40 \times 0{,}2 \times 18{,}6 \times 28)\} = 0{,}60 \times 249$
Ford	$0{,}40 \times \{(0{,}60 \times 0{,}2 \times 18{,}6 \times 28) + [0{,}40 \times (28)^2]\} = 0{,}40 \times 376$
Total de la cartera	300

[20] Una cartera con 500 acciones con B = 1,5 todavía tendría algún riesgo único porque estaría ɩcesivamente concentrada en las industrias con beta alto. Su desviación típica real sería un poco ıás alta que al 30 por ciento. Si esto le preocupa, relájese; en el Capítulo 8 le mostraremos cómo ɔdemos construir una carretera totalmente diversificada con un beta de 1,5 endeudándose e invirɜndo en la cartera del mercado.

FIGURA 7.12

a) Una selección al azar de 500 aciones de la cartera finalizada con $\beta = 1$ y una desviación típica igual a la del mercado (en este caso 20 por ciento). *b)* Una cartera de 500 acciones construida con acciones con una media $\beta = 1{,}5$ tiene una desviación típica sobre un 30 por ciento (el 150 por ciento de la del mercado). *c)* Una cartera de 500 acciones construida con acciones de $\beta = 0{,}5$ tiene una desviación típica sobre un 10 por ciento (la mitad de la del mercado).



La contribución de Bristol Myers al riesgo de la cartera depende de su importancia relativa en la cartera (0,60) y su covarianza con las acciones de la cartera (249). (Fíjese que la covarianza media de Bristol Myers con la cartera incluye su covarianza consigo misma, es decir, su varianza.) La *proporción* del riesgo que viene de las acciones de Bristol Myers es:

$$\text{Valor relativo en el mercado} \times \frac{\text{covarianza media}}{\text{varianza de la cartera}} = 0{,}60 \times \frac{249}{300} = 0{,}60 \times 0{,}83 = 0{,}5$$

De forma similar, la contribución de Ford Motor al riesgo de la cartera depende de su importancia relativa en la cartera (0,40) y su covarianza media con las acciones en la cartera (376). La *proporción* del riesgo que viene de la empresa Ford Motor es también 0,5:

$$0{,}40 \times \frac{376}{300} = 0{,}40 \times 1{,}25 = 0{,}5$$

En cada caso la proporción depende de dos números, el tamaño relativo de cada paquete de acciones (0,60 o 0,40) y la medida del efecto de cada paquete sobre el riesgo de la cartera (0,83 o 1,25). Los últimos valores son las betas de Bristol Myers *relativos a esta cartera.* En media, una variación extra de un 1 por ciento en el valor de la cartera estaría asociado con una variación extra de un 0,83 por ciento en el valor de Bristol y una variación del 1,25 por ciento del valor de Ford.

Para calcular la beta de Ford relativa a la cartera tomaremos sencillamente la covarianza de Bristol con la cartera y la dividiremos por la varianza de la cartera. La idea es exactamente la misma si queremos calcular la beta Bristol *relativa a la cartera del mercado.* Tan sólo calcularemos su covarianza con la de la cartera del mercado y la dividiremos por la varianza del mercado:

$$\begin{gathered}\text{Beta relativa a la cartera del mercado} \\ \text{(o simplemente, beta)} \\ = \frac{\text{covarianza con el mercado}}{\text{varianza del mercado}} = \frac{\sigma_{im}}{\sigma_m^2}\end{gathered}$$

7.5. DIVERSIFICACIÓN Y ADITIVIDAD DE VALOR

Hemos visto cómo la diversificación reduce el riesgo y, por tanto, resulta lógica para los inversores individuales. Pero, ¿tiene también sentido para la empresa? ¿Es más atractiva para los inversores una empresa diversificada que una no diversificada? Si esto es así, hemos llegado a un resultado *suma-*

ente distorsionante. Si la diversificación es un objetivo apropiado para la npresa, cada proyecto debería ser analizado como una adición potencial a cartera de proyectos de la empresa. El valor del paquete diversificado :biera ser mayor que la suma de las partes. Los valores actuales no añadi- ın nada.

La diversificación es sin duda una buena idea, pero esto no significa que s empresas deban ponerla en práctica. Si los inversores *no* fueran capaces : mantener en sus carteras un gran número de títulos, podrían desear que las npresas diversificasen por ellos. Pero los inversores sí *pueden* diversifi- r[21]. De distintas maneras pueden hacerlo con mayor facilidad que las em- esas. Los inversores individuales pueden invertir en el sector del acero esta mana y liquidar la inversión la semana próxima. Una empresa no puede ıcer esto. Con toda seguridad, el individuo lo podría hacer sin más que :gar los corretajes de la operación de compra y venta de acciones de empre- s del acero, pero piense en el tiempo y los costes que le supondría a una npresa adquirir una acerería o poner en marcha una nueva.

Usted puede intuir probablemente hacia dónde nos dirigimos. Si los in- ·rsores pueden diversificar por su propia cuenta, no pagarán algo *más* por ulos de empresas diversificadas. Y si tienen una gama suficientemente am- ıa de títulos para elegir, tampoco pagarán algo *menos* porque ellos no pue- n invertir por separado en cada factoría. Por tanto, en países como los Estados Unidos, que tienen unos mercados de capitales amplios y competitivos, la diversificación ni añade ni sustrae valor a la empresa. El valor total es simplemente la suma de las partes.

Esta conclusión es importante para las finanzas de la empresa, ya que justifica la suma de los valores actuales. El concepto de aditividad del valor es tan importante que parece necesario dar una definición formal de él. Si los mercados de capitales establecen un valor VA(A) para el activo A y otro VA(B) para B, el valor de mercado de una empresa que tuviese únicamente estos dos activos sería:

$$\mathrm{VA(AB)} = \mathrm{VA(A)} + \mathrm{VA(B)}$$

Una empresa con tres activos que combine los activos A, B y C tendría un valor $\mathrm{VA(ABC)} = \mathrm{VA(A)} + \mathrm{VA(B)} + \mathrm{VA(C)}$, y así sucesivamente para cualquier número de activos.

Hemos sustentado en argumentos intuitivos el concepto de aditividad del valor. Pero el concepto es más general y puede demostrarse formalmente de muy distintas formas[22]. El concepto de aditividad del valor parece estar ampliamente aceptado; son miles los directivos que suman a diario miles de valores actuales, normalmente sin ser conscientes de ello.

6. RESUMEN

Nuestra revisión de la historia del mercado de capitales muestra que las rentabilidades recibidas por los inversores han variado de acuerdo con los riesgos por ellos soportados. En un extremo, los títulos muy seguros, como las letras del Tesoro de los Estados Unidos, que han proporcionado una rentabilidad media, durante la mitad del siglo, de tan sólo el 3,7 por ciento anual. Los títulos más arriesgados que analizamos fueron las acciones ordinarias. Han proporcionado una rentabilidad media del 12,2 por ciento, con una prima de más del 8 por ciento sobre la tasa de interés segura.

Esto nos proporciona dos puntos de referencia para el coste de oportunidad del capital. Si estamos evaluando un proyecto seguro, descontamos al tipo actual de interés libre de riesgo. Si estamos evaluando un proyecto de riesgo medio, descontamos a la rentabilidad esperada sobre la media de las acciones ordinarias, cuya evidencia histórica sugiere que aproximadamente es un 8 por ciento superior a la tasa libre de riesgo. Esto nos sitúa ante otros muchos activos que no se corresponden con estos casos sencillos. Antes de enfrentarnos a ellos, necesitamos saber cómo medir el riesgo.

El riesgo se evalúa mejor en un contexto de cartera. La mayor parte de los inversores no se la juegan a una sola carta: diversifican. De esta manera el riesgo efectivo de cada título no puede juzgarse analizando cada título por separado. Parte de la incertidumbre acerca de la rentabilidad de los títulos es siempre «diversificada» cuando se agrupan los títulos con otros en una cartera.

El riesgo en inversión significa que las rentabilidades futuras no son predecibles. La gama de resultados posibles se mide habitualmente por medio de la desviación típica. La desviación típica de la *cartera de mercado*, representada generalmente por el Índice Compuesto de Standard & Poor's, se encuentra próxima al 20 por ciento anual.

[21] Una de las formas más sencillas de diversificar para un individuo es comprar acciones en un do de inversión que tenga una cartera diversificada.

[22] Puede tomar como referencia el Apéndice del Capítulo 33, en el que se discute la diversificación y la aditividad de valor en el contexto de la funciones.

La mayor parte de las acciones individuales tienen mayores desviaciones típicas que ésta, pero buena parte de su variabilidad se corresponde con el riesgo *único* que puede eliminarse a través de la diversificación. La diversificación no puede eliminar el riesgo de *mercado*.

Las carteras diversificadas están expuestas a las variaciones del nivel general del mercado. La contribución de un título al riesgo de una cartera bien diversificada depende de hasta qué punto el título sea propenso a verse afectado por una baja general del mercado. Esta sensibilidad a los movimientos del mercado es conocida como *beta* (β). Beta mide la intensidad con que los inversores esperan que varíe el precio de una acción por cada punto porcentual de variación en el mercado. La beta media de todos los títulos es 1,0. Una acción con una beta mayor que 1 es muy sensible a los movimientos del mercado; una acción con una beta menor que 1 es menos sensible a los movimientos del mercado. La desviación típica de una cartera bien diversificada es proporcional a su beta. Así, una cartera diversificada integrada por acciones con una beta de 2,0 tendrá el doble de riesgo que una cartera diversificada que combine acciones con una beta de 1,0.

Una de las conclusiones de este capítulo es que la diversificación es una cosa buena *para el inversor*. Esto no quiere decir que las *empresas* deban diversificar. La diversificación empresarial es redundante si los inversores pueden diversificar por su propia cuenta. Dado que la diversificación no afecta al valor de la empresa, los valores actuales se suman incluso cuando el riesgo es explícitamente considerado. La *aditividad del valor* nos permite que el criterio del valor actual neto para el presupuesto de capital funcione incluso bajo incertidumbre.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Una valiosa recopilación bibliográfica relativa a los resultados de los títulos en los Estados Unidos desde 1926:

Ibbotson Associates, Inc.: *Stocks, Bonds, Bills, and Inflation: 1995 Yearbook,* Ibbotson Associates, Chicago, 1995.

Merton discute los problemas encontrados en la medición de las rentabilidades medias con datos históricos:

R. C. Merton: «On Estimating the Expected Return on the Market: An Exploratory Investigation», *Journal of Financial Economics,* **8**: 323-361 (diciembre, 1980)

La mayoría de los textos sobre inversiones dedican un capítulo o dos a la distinción entre riesgo de mercado y riesgo único y al afecto de la diversificación sobre el riesgo. Véase, por ejemplo:

Z. Bodie, A. Kane y A. J. Marcus: *Investments,* 2.ª ed., Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Ill. 1992.

W. F. Sharpe y G. J. Alexander: *Investements*, 4.ª edición, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1989.

Un clásico análisis del grado en que las acciones se mueven conjuntamente se encuentra en:

B. F. King «Market and Industry Factors is Stock Price Behavior», *Journal of Business,* Security Prices: A Supplement, **39**: 179-190 (enero, 1966).

Hay diversos estudios sobre cómo se reduce la desviación típica por diversificación. He aquí uno:

M. Statman: «How Many Stock Make a Diversified Portfolio», *Journal of Financial and Quantitative Analysis,* **23**: 353-364 (septiembre, 1987).

Pruebas formales del principio de aditividad del valor pueden encontrarse en:

S. C. Myers: «Procedures for Capital Budgeting under Uncertainty», *Industrial Management Review,* **9**: 1-20 (primavera, 1968).

L. D. Schall: «Asset Valuation, Firm Investment and Firm Diversification», *Journal of Business,* **45**: 11-28 (enero, 1972).

CUESTIONES

7.1. *a)* ¿Cuál fue la rentabilidad media anual de las acciones en los Estados Unidos de 1926 a 1994 (aproximadamente)?

b) ¿Cuál fue la diferencia media entre esta rentabilidad y la rentabilidad de las letras del Tesoro?

c) ¿Cuál fue la rentabilidad media de las letras del Tesoro en términos reales?

d) ¿Cuál fue la desviación típica de las rentabilidades anuales del índice de mercado?

e) ¿Esta desviación típica fue mayor o menor que la de la mayoría de las acciones individuales?

7.2. Complete las palabras que faltan:

El riesgo se mide habitualmente por la varianza de las rentabilidades o la _______, que es simplemente la raíz cuadrada de la varianza. Siempre que los cambios en el precio de las acciones no estén perfectamente _______, el riesgo de una cartera diversificada es _______ que el riesgo de las acciones individuales.

El riesgo que puede eliminarse mediante diversificación es conocido como riesgo_______. Pero la diversificación no puede evitar todo el riesgo; el riesgo que no puede eliminarse es conocido como riesgo ________.

7.3. Un juego de azar ofrece las siguientes probabilidades y beneficios. Cada jugada cuesta 100 $, así que el beneficio neto por jugada será el beneficio obtenido menos 100 $.

Probabilidad	Beneficio ($)	Beneficio neto ($)
0,10	500	400
0,50	100	0
0,40	0	−100

¿Cuál es el flujo de caja esperado y la tasa de rentabilidad esperada? Calcule la varianza y la desviación típica de esta tasa de rentabilidad.

7.4. Laureano Cambiante, destacado directivo de una sociedad de inversión mobiliaria obtuvo las siguientes tasas de rentabilidad porcentuales desde 1990 a 1994. Las tasas de rentabilidad en el S&P 500 se ofrecen para comparación:

	1990	1991	1992	1993	1994
Sr. Cambiante	+2,0	+25,1	+10,0	−2,3	−5,0
S&P 500	−3,2	+30,6	+7,7	+10,0	+1,3

Calcule la rentabilidad media y la desviación típica de la sociedad de inversión mobiliaria del Sr. Cambiante. Según estas medidas, ¿lo ha hecho peor o mejor que S&P?

7.5. ¿Verdadero o falso?

a) Los inversores prefieren empresas diversificadas porque son menos arriesgadas.

b) Si las acciones estuvieran perfecta y positivamente correlacionadas, la diversificación no reduciría el riesgo?

c) La contribución de una acción al riesgo de una cartera bien diversificada depende de su riesgo.

d) Una cartera bien diversificada con una beta de 2,0 es el doble de arriesgada que la cartera de mercado.

e) Una cartera no diversificada con una beta de 2,0 es menos del doble de arriesgada que la carterra de mercado.

7.6. ¿Cuál es la beta de cada una de las acciones que aparecen en el Cuadro 7.5?

7.7. Supongamos que la desviación típica de la rentabilidad del mercado es aproximadamente del 20 por ciento.

a) ¿Cuál es la desviación típica de las rentabilidades de una cartera bien diversificada con una beta de 1,3?

b) ¿Cuál es la desviación típica de las rentabilidades de una cartera bien diversificada con una beta de 0?

c) Una cartera bien diversificada tiene una desviación típica del 15 por ciento. ¿Cuál es su beta?

d) Una cartera poco diversificada tiene una desviación típica del 20 por ciento. ¿Qué puede decir de su beta?

7.8. Una cartera contiene inversiones por igual en 10 acciones. Cinco tienen una beta de 1,2; el resto una beta de 1,4. ¿Cuál de las siguientes es la beta de la cartera?

a) 1,3.

b) Mayor que 1,3, porque la cartera no está completamente diversificada.

c) Menor que 1,3, porque la diversificación reduce la beta.

7.9. ¿En cual de las siguientes situaciones tendría mayor reducción del riesgo mediante sus inversiones en dos acciones?

a) Las dos acciones están perfectamente correlacionadas.

b) No hay correlación.

CUADRO 7.5

Véanse las cuestiones de la Pregunta 7.6.

Acción	Rentabilidad esperada de la acción si la rentabilidad del mercado es −10 %	Rentabilidad esperada de la acción si la rentabilidad del mercado es +10 %
A	0	+20
B	−20	+20
C	−30	0
D	+15	+15
E	+10	−10

CUADRO 7.6

Desviaciones típicas y coeficientes de correlación para una muestra de siete acciones.

	AT&T	Biogen	Coca-Cola	Compaq	General Electric	McDonald's	McGraw-Hill	Desviaciones típicas (porcentaje)
AT&T	1	0,13	0,40	0,08	0,42	0,27	0,26	21
Biogen		1	0,22	0,34	0,45	0,28	0,18	51
Coca-Cola			1	0,24	0,48	0,34	0,32	22
Compaq				1	0,17	0,14	0,17	44
General Electric					1	0,48	0,54	20
McDonald's						1	0,39	22
McGraw-Hill							1	19

c) Hay una pequeña correlación negativa.
d) Hay una perfecta correlación negativa.

7.10. Para calcular la varianza de tres acciones, necesita añadir nueve casillas

Utilice los mismos signos que utilizamos en este capítulo; por ejemplo, x_1 = cantidad invertida de la acción 1 y σ_{12} = covarianza entre acción 1y 2. Ahora complete las nueve casillas.

7.11. ¿Verdadero o falso? ¿Por qué? «La diversificación reduce el riesgo. Por tanto, las empresas deberían favorecer inversiones de capital con poca correlación con sus líneas o negocios ya existentes.»

PREGUNTAS Y PROBLEMAS

7.1. Éstas son tasas de inflación y rentabilidades del mercado de valores y letras del Tesoro entre 1990 y 1994:

Año (%)	Inflación (%)	Rentabilidad S&P 500 (%)	Rentabilidad Letras del Tesoro (%)
1990	+6,1	−3,2	+7,8
1991	+3,1	+30,6	+5,6
1992	+2,9	+7,7	+3,5
1993	+2,8	+10,0	+2,9
1994	+2,8	+1,3	+3,9

a) ¿Cuál fue la rentabilidad real de S&P cada año?
b) ¿Cuál fue la rentabilidad real media?
c) ¿Cuál fue la prima por riesgo en cada año?
d) ¿Cuál fue la prima por riesgo media?
e) ¿Cuál fue la desviación típica de la prima por riesgo?

7.2. Usted tira un dado. Si el número que le sale es menor que 3 recibirá 10 $. Si es mayor que 4, usted paga 20 $. Si no, empatará. ¿Cuál es el beneficio esperado? ¿Cuál es la desviación típica?

7.3. Cada una de las siguientes afirmaciones es peligrosa o engañosa. Explique por qué.
a) Una obligación del Gobierno de los Estados Unidos a largo plazo es siempre absolutamente segura.
b) Todos los inversores preferirían acciones a obligaciones porque las acciones ofrecen tasas de rentabilidad a largo plazo más altas.
c) La mejor previsión práctica de las futuras tasas de rentabilidad en el mercado de valores está en la media de rentabilidades históricas de 5 ó 10 años.

7.4. Hay pocas, si las hay, empresas reales con beta negativa. Pero supongamos que hemos encontrado una con $\beta = -0{,}25$.
a) ¿Cómo esperaría que el precio de las acciones cambiase si todo el mercado aumenta un 5 por ciento? ¿Y si cae un 5 por ciento?
b) Tiene un millón de dólares invertidos en una cartera bien diversificada de acciones. Ahora recibe una herencia de 20.000 $. ¿Cuál de las siguientes acciones producirá la rentabilidad más segura de toda la cartera?
i. Invertir 20.000 $ en letras del Tesoro (las cuales tienen $\beta = 0$).
ii. Invertir 20.000 $ en acciones con $\beta = 1$.
iii. Invertir 20.000 $ en acciones con $\beta = -0{,}25$.
Explique su respuesta.

7.5. Lonesome Gulch Mines tiene una desviación típica de 42 por ciento por año y beta de +0,10. Amalgamated Copper tiene una desviación típica de 31 por ciento al año y beta de +0,66. Explicar por qué Lonesome Gulch es una inversión más segura para un inversor diversificado.

***7.6.** El Cuadro 7.5 muestra las desviaciones típicas y los coeficientes de correlación de siete acciones. Calcule la varianza de una cartera con un 40 por ciento en Compaq, 40 por ciento en McDonald's y 20 por ciento en McGraw-Hill.

***7.7.** Revise sus cálculos de la Pregunta 6. Calcule la contribución de cada acción a la varianza de toda la cartera. ¿Qué es la beta de cada acción relativa a la cartera de tres acciones?

***7.8.** Su excéntrica tía Claudia le ha legado 50.000 $ en acciones de General Electric y 50.000 $ en efectivo. Desgraciadamente, su testamento exige que las acciones de General Electric no sean vendidas en un año, y que los 50.000 $ sean totalmente invertidos en una de las acciones que se muestran en el Cuadro 7.6. ¿Cuál es la posible cartera más segura bajo estas condiciones?

***7.9.** Suponga que una letra del Tesoro ofrece una rentabilidad del 6 por ciento y la prima esperada por riesgo del mercado es el 8,5 por ciento. La desviación típica de la rentabilidad de la letra es cero y la desviación típica de la rentabilidad del mercado es el 20 por ciento. Use la fórmula del riesgo de una cartera para calcular la desviación típica de carteras con diferentes proporciones en letras del Tesoro y en el mercado. (Tenga en cuenta que la covarianza de dos tasas de rentabilidad debe ser cero cuando la desviación típica de una de ellas es cero.) Haga un gráfico de las rentabilidades esperadas de la cartera y las desviaciones típicas.

7.10. Picadero S.A., que es propietaria de un establo de caballos de carreras, acaba de invertir en un misterioso semental de buena forma física pero discutida pureza. Algunos expertos en caballos han predicho que el caballo ganará el codiciado Premio Zarzuela; otros han dicho que deberían retirarlo. ¿Es una inversión arriesgada para los accionistas de Picadero? Explíquelo.

7.11. «La varianza de una acción *no* tiene efecto en absoluto sobre el riesgo de la cartera si la cartera está diversificada» ¿Es esto correcto? Explíquelo.

7.12. «Hay un alto lado de riesgo y un bajo lado de riesgo. La desviación típica no distingue entre ellos.» ¿Piensa que el locutor tiene la razón?

7.13. Responda a los siguientes comentarios:

a) «Riesgo no es variabilidad. Si sé que una acción va fluctuar entre 10 $ y 20 $, me puedo hacer un lío.»

b) «Hay otros tipos de riesgo además del riesgo de beta: existe el riesgo que tendríamos si disminuye la demanda, hay un riesgo de que el mejor jefe de planta se muera, existe el riesgo del aumento del precio del acero. Debe tener todas estas cosas en consideración.»

c) «El riesgo para mí es la posibilidad de pérdida.»

d) «Aquellos chicos que me sugieren que beta es una medida de riesgo, hacen la suposición de que estos betas no cambian.»

***7.14.** Aquí exponemos algunos datos históricos sobre las características del riesgo de MCI y Polaroid:

	MCI	Polaroid
β (beta)	1,24	0,99
Desviación típica anual de la rentabilidad	34	28

Suponemos que la desviación típica de la rentabilidad del mercado era 20 por ciento.

a) El coeficiente de correlación de la rentabilidad de MCI con Polaroid es 0,20. ¿Cuál es la desviación típica de una cartera invertida la mitad en MCI y la otra mitad en Polaroid?

b) ¿Cuál es la desviación típica de una cartera con 1/3 invertido en MCI, 1/3 en Polaroid y 1/3 en letras del Tesoro?

c) ¿Cuál es la desviación típica si la cartera está equitativamente dividida entre MCI y Polaroid y es financiada en un 50 por ciento, es decir, el inversor pone sólo el 50 por ciento del total del importe y pide prestado el resto a un agente?

d) ¿Cuál es la desviación típica *aproximada* de una cartera compuesta de 100 acciones con beta 1,94 como MCI? ¿Y qué sucede con 100 acciones de Polaroid? (*Pista*: el apártado *d*) no debería requerir nada más que simple aritmética.)

***7.15.** Creemos que hay un 40 por ciento de probabilidad de que la acción A disminuirá un 10 por ciento y un 60 por ciento de probabilidad de que aumentará un 20 por ciento. Igualmente, hay un 30 por ciento de probabilidad de que la acción B disminuirá un 10 por ciento y un 70 por ciento de probabilidad de que aumentará un 20 por ciento. El coefiente de correlación entre dos acciones es 0,7. Calcular la rentabilidad esperada, la varianza y la desviación típica de cada acción; después calcule la covarianza entre sus rentabilidades.

***7.16.** Un inversor individual invierte el 60 por ciento de sus fondos en acciones I y el resto en acciones J. La desviación típica de las rentabilidades en I es 10 por ciento y en J es 20 por ciento. Calcule la varianza de las rentabilidades de la cartera suponiendo:

a) La correlación entre rentabilidades es 1,0.

b) La correlación es 0,5.

c) La correlación es 0.

***7.17.** *a*) ¿Cuántos términos de varianza y de covarianza necesita para calcular el riesgo de 100 acciones de una cartera?

b) Suponga que todas las acciones tuviesen una desviación típica del 30 por ciento y una correlación con las demás de 0,4. ¿Cuál es la desviación típica de las rentabilidades en una cartera que tiene la misma cuantía en 50 acciones?

c) ¿Cuál es la desviación típica de una cartera totalmente diversificada de tales acciones?

***7.18.** Suponer que la desviacion típica de las rentabilidades de una acción típica es alrededor de 0,4 (o 40 por ciento) al año. La correlación entre las rentabilidades de cada par de acciones es 0,3. Calcular la varianza y desviación típica de las rentabilidades en una cartera que tiene las mismas inversiones en dos acciones, tres acciones, y así sucesivamente hasta diez acciones.

a) Utilice sus estimaciones para dibujar dos gráficos como los de la Figura 7.8 (uno para la varianza y el otro para la desviación típica). ¿Cuánta amplitud tiene el subyacente riesgo del mercado que no puede ser eliminado por diversificación?

b) Ahora repita el problema, suponiendo que la correlación entre cada par de acciones es 0.

***7.19.** La cartera del mercado tiene una desviación típica del 20 por ciento y la covarianza entre las rentabilidades del mercado y de aquellas acciones Z es 800.

a) ¿Cuál es la beta de la acción Z?

b) ¿Cuál es la desviación típica de una cartera totalmente diversificada de tales acciones?

c) ¿Cuál es la beta media de todas las acciones?

d) Si la cartera del mercado diera una rentabilidad extra del 5 por ciento, ¿cuánta rentabilidad extra pueden esperar de la acción Z?

***7.20.** A menudo es útil conocer hasta qué punto nuestra cartera está bien diversificada. Dos medidas han sido sugeridas:

a) Varianza de las rentabilidades en una cartera totalmente diversificada como una proporción de las varianzas de las rentabilidades en *nuestra* cartera.

b) El número de títulos en una cartera que (i) tiene el mismo riesgo que la nuestra, (ii) es invertida en acciones «típicas» y (ii) tiene los mismos importes invertidos en cada acción.

Suponemos que tenemos ocho acciones. Todas son bastante típicas, tienen una desviación típica de 0,40 al año y la correlaciión entre cada par es 0,3. De su fondo, el 20 por ciento es invertido en una acción, el 20 por ciento en la segunda acción y el 60 por ciento restante es difundido equitativamente entre las seis acciones restantes.

Calcule la diversificación de la cartera con cada una de las dos medidas arriba indicadas.

7.21. La diversificación tiene un enorme valor para los inversores, sin embargo las oportunidades de diversificación no deberían tener influencia en las decisiones de inversión de la empresa ¿Podría explicar esta aparente paradoja?