CAPÍTULO CUATRO

4

VALUACIÓN DE BONOS

UNA NUEVA INVERSIÓN en planta y equipo necesita capital; a menudo, en gran cantidad. A veces las empresas retienen utilidades para cubrir los costos de las inversiones, pero en otras ocasiones deben obtener capital adicional de los inversionistas. Si deciden no emitir más acciones ordinarias se debe conseguir financiamiento. Si necesitan capital de corto plazo podrían obtener un préstamo bancario, pero si necesitan efectivo para inversiones de largo plazo, por lo general emiten bonos, que de hecho son préstamos de largo plazo.

Las empresas no son las únicas emisoras de bonos. Los municipios también reúnen dinero mediante la venta de bonos, y lo mismo hace el gobierno federal. Siempre existe el riesgo de que una empresa o un municipio sea incapaz de cumplir su promesa de pago, pero los inversionistas en emisiones gubernamentales tienen la seguridad de que las promesas de pago se cumplirán a tiempo y en su totalidad.[1]

Este capítulo se centra en la valuación de bonos gubernamentales y en las tasas de interés que el gobierno debe pagar al momento de emitir deuda. Los mercados de estos bonos son enormes. A mediados de 2006 la cantidad total de títulos del Tesoro de Estados Unidos era cercana a 8.4 billones de dólares.[2] Las cantidades correspondientes en Alemania y el Reino Unido fueron de alrededor de 1.1 billones de euros y cuatro billones de libras esterlinas, respectivamente. Los mercados también son complejos, ya que los operadores de bonos realizan negociaciones masivas motivados por pequeñas diferencias de precios.

Las tasas de interés de los bonos de gobierno son una referencia para el resto de las tasas. Las empresas no pueden endeudarse a las mismas tasas de interés bajas que pagan los gobiernos, pero cuando las tasas gubernamentales suben o bajan, las tasas empresariales siguen el mismo comportamiento más o menos de manera proporcional. Por lo tanto, es muy importante que los administradores financieros entiendan cómo se determinan las tasas de interés del gobierno y qué sucede cuando éstas cambian.

Los bonos gubernamentales pagan flujos de efectivo programados que incluyen intereses y devolución del capital. No hay incertidumbre acerca de los montos ni los plazos. Por eso, la valuación de los bonos de gobierno es simple; sólo se trata de descontar con la tasa de interés libre de riesgo, ¿cierto? Pues es falso: no hay una sola tasa de interés libre de riesgo sino docenas, de acuerdo con el

[1] Esto es válido sólo si el bono gubernamental se emitió en la divisa del propio país. Cuando los gobiernos emiten deuda en divisas extranjeras, los inversionistas no pueden estar completamente seguros de los pagos futuros.

[2] Incluye 3.6 billones de dólares de organismos públicos.

vencimiento. Así, los operadores hablan de "tasas de interés *spot*" o "rendimientos al vencimiento", que no son la misma cosa.

Este libro no es adecuado para operadores de bonos, pero si usted interviene en la administración de deuda de una empresa, tendrá que ir más allá de la simple mecánica del descuento. Los administradores financieros profesionales saben analizar las páginas dedicadas a las transacciones de bonos en la prensa financiera, y entienden qué hacen los operadores de bonos cuando cotizan tasas *spot* o rendimientos al vencimiento. También comprenden por qué las tasas de interés son más bajas o más altas que las de largo plazo, y por qué los precios de los bonos de plazo más largo están más expuestos a fluctuaciones en las tasas de interés. Distinguen entre tasas de interés reales (ajustadas por la inflación) y nominales, y anticipan los efectos futuros de la inflación sobre las tasas de interés. En este capítulo abarcaremos estos temas.

4.1 USO DE LA FÓRMULA DE VALOR PRESENTE PARA VALUAR BONOS

Si usted es tenedor de un bono, tiene derecho a recibir una serie constante de pagos en efectivo. Cobra los intereses cada año hasta que el bono venza, y cuando esto ocurra recibirá el valor nominal del bono, que se conoce como **capital**. Por lo tanto, cuando el bono venza, usted recibirá tanto el capital como el interés.

Breve viaje a Alemania para valuar un bono gubernamental

Comenzaremos nuestro análisis de la valuación de bonos con una visita a Alemania, donde las emisiones gubernamentales de largo plazo se conocen como *bunds* (abreviación de *Bundesanleihen*), y pagan intereses y capital en euros. Por ejemplo, supongamos que en julio de 2006 decidió comprar un *bund* de 5% con valor nominal de 100 euros que vence en julio de 2012. Cada año hasta 2012 tendrá derecho a un pago de intereses de .05 $\times$ 100 = 5 euros. Dicha cantidad se conoce como **cupón** del bono.[3] Al final, el gobierno pagará intereses por 5 euros más el valor nominal de 100 euros cuando el bono venza en 2012. El primer pago del cupón ocurrió al año, en julio de 2007. Por lo tanto, los flujos de efectivo por la posesión del bono son los siguientes:

Flujos de efectivo (euros)					
2007	**2008**	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**
5	5	5	5	5	105

¿Cuál es el valor actual de estos pagos? A fin de determinarlos, usted necesitaría analizar el rendimiento ofrecido por títulos similares. En julio de 2006, otros bonos de mediano plazo del gobierno alemán ofrecieron un rendimiento de alrededor de 3.8%. Eso es lo que sacrificó por adquirir los bonos de 5%. Por lo tanto, para valuar los bonos a 5%, debe descontar los flujos de efectivo a 3.8%:

$$\text{VP} = \frac{5}{1.038} + \frac{5}{1.038^2} + \frac{5}{1.038^3} + \frac{5}{1.038^4} + \frac{5}{1.038^5} + \frac{105}{1.038^6} = €106.33$$

[3] Antes los cupones se anexaban a los bonos, los cuales tenían que cortarse y enviarse al emisor para cobrar los intereses. Los *bonos al portador* son así todavía, porque la única evidencia de endeudamiento es el propio bono. En muchas partes del mundo todavía se emiten estos bonos al portador, que son populares entre inversionistas que desean permanecer anónimos. Por el contrario, se pueden emitir *bonos nominativos*, en los cuales se registra la identidad del tenedor y los pagos de cupones se envían de manera automática. Los *bunds* son bonos registrados.

En general, los precios de los bonos se expresan como porcentaje del valor nominal; por eso decimos que el *bund* de 5% vale 106.33 por ciento.

Quizás usted haya advertido que hay un atajo para valuar el *bund*, ya que su compra es como un paquete de dos inversiones. La primera inversión paga los seis cupones anuales de cinco euros cada uno, y la segunda el valor nominal de 100 euros al vencimiento. Por lo tanto, la fórmula de la anualidad sirve para valuar los cupones; después se suma el valor presente del pago final:

$$\begin{aligned}\text{VP(bono)} &= \text{VP(pagos de cupones)} + \text{VP(pago final)}\\ &= (\text{cupón} \times \text{factor de anualidad a 6 años}) + (\text{pago final} \times \text{factor de descuento})\\ &= 5\left[\frac{1}{.038} - \frac{1}{.038(1.038)^6}\right] + \frac{100}{(1.038)^6} = 26.38 + 79.95 = 106.33\end{aligned}$$

Cualquier bono se puede valuar como si fuera un paquete de una anualidad (pagos de cupones) y un pago único (del valor nominal).

En lugar de interrogarnos por el precio del bono, pudimos haber planteado la pregunta de otra manera: si el precio del bono es de 106.33%, ¿cuál es el rendimiento que piden los inversionistas? En este caso tendríamos que encontrar el valor de y que resuelve la siguiente ecuación:

$$106.33 = \frac{5}{1+y} + \frac{5}{(1+y)^2} + \frac{5}{(1+y)^3} + \frac{5}{(1+y)^4} + \frac{5}{(1+y)^5} + \frac{105}{(1+y)^6}$$

La tasa y se conoce como **rendimiento al vencimiento** del bono, que en nuestro caso es de 3.8%. Si usted adquiriera el bono a 106.33% y lo conservara hasta el vencimiento, obtendría un rendimiento de 3.8% por los seis años. Esa cifra refleja tanto el pago de intereses como el hecho de que usted pague más hoy por el bono (106.33 euros) de lo que recibirá al vencimiento (100 euros).

El único método *general* para calcular el rendimiento al vencimiento es el de prueba y error. Suponga una tasa de interés para encontrar el valor presente de los pagos del bono. Si ese valor presente es mayor que el precio actual, la tasa de descuento debió ser muy baja y es necesario que vuelva a intentar con una más alta. La solución más práctica es utilizar un programa de hoja de cálculo o una calculadora programada para encontrar rendimientos.

De regreso a Estados Unidos: cupones semestrales y precios de bonos

Al igual que en Alemania, el Tesoro de Estados Unidos obtienen financiamiento mediante subastas de nuevas emisiones de bonos. Algunas de esas emisiones tienen un vencimiento mayor a 30 años; otras, conocidas como *notas*, tienen un vencimiento de hasta 10 años. El gobierno también emite préstamos de corto plazo con vencimientos menores a un año, que se conocen como bonos del Tesoro.

Veamos un ejemplo de nota del gobierno de Estados Unidos. En 2004, el Tesoro emitió notas de 4.0% que vencían en 2009. Los bonos del Tesoro tienen un valor nominal de 1 000 dólares, de modo que si adquiere uno recibirá 1 000 dólares en la fecha de vencimiento. También pueden anticiparse pagos de intereses frecuentes pero, a diferencia del bono alemán, se entregarán de manera *semestral*.[4] En consecuencia, el bono paga un cupón de 4.0/2 = 2.0% del valor nominal cada seis meses.

Una vez que se han emitido, los bonos del Tesoro se comercializan de manera amplia por medio de una red de operadores. Los precios a los que usted puede comprar o

[4] La frecuencia del pago de intereses varía de país a país. Por ejemplo, la mayor parte de los bonos denominados en euros paga intereses en forma anual, mientras que los bonos del Reino Unido, Canadá y Japón lo hacen por lo general de manera bianual.

FIGURA 4.1

Muestra de cotizaciones de bonos de *The Wall Street Journal*, junio de 2006.

Fuente: The Wall Street Journal, junio de 2006. © Dow Jones, Inc.

Treasury Bonds, Notes and Bills

Explanatory Notes

Representative Over-the-Counter quotation based on transactions of $1 million or more. Treasury bond, note and bill quotes are as of mid-afternoon. Colons in bid-and-asked quotes represent 32nds; 101:01 means 101 1/32. Net changes in 32nds. n-Treasury note. i-Inflation-Indexed issue. Treasury bill quotes in hundredths, quoted on terms of a rate of discount. Days to maturity calculated from settlement date. All yields are to maturity and based on the asked quote. Latest 13-week and 26-week bills are boldfaced. For bonds callable prior to maturity, yields are computed to the earliest call date for issues quoted above par and to the maturity date for issues below par. *When issued.
Source: eSpeed/Cantor Fitzgerald

U.S. Treasury strips as of 3 p.m. Eastern time, also based on transactions of $1 million or more. Colons in bid and asked quotes represent 32nds; 99:01 means 99 1/32. Net changes in 32nds. Yields calculated on the asked quotation. ci-stripped coupon interest. bp-Treasury bond, stripped principal. np-Treasury note, stripped principal. For bonds callable prior to maturity, yields are computed to the earliest call date for issues quoted above par and to the maturity date for issues below par.
Source: Bear, Stearns & Co. via Street Software Technology Inc.

Government Bonds & Notes

RATE	MATURITY MO/YR	BID	ASKED	CHG	ASK YLD
2.750	Jun 06n	99:28	99:29	...	4.36
7.000	Jul 06n	100:04	100:05	...	4.91
2.750	Jul 06n	99:22	99:23	...	4.72
2.375	Aug 06n	99:17	99:18	...	4.78
2.375	Aug 06n	99:13	99:14	...	4.92
2.500	Sep 06n	99:07	99:08	...	5.03
6.500	Oct 06n	100:14	100:15	...	5.04
2.500	Oct 06n	99:00	99:01	...	5.04
2.625	Nov 06n	98:30	98:31	...	5.12
3.500	Nov 06n	99:10	99:11	...	5.08
2.875	Nov 06n	98:30	98:31	-1	5.11
3.000	Dec 06n	98:26	98:27	...	5.17
3.375	Jan 07i	100:18	100:19	-1	2.32
3.125	Jan 07n	98:23	98:24	...	5.15
2.250	Feb 07n	98:02	98:03	...	5.13
6.250	Feb 07n	100:21	100:22	-1	5.16
3.375	Feb 07n	98:24	98:25	...	5.13
3.750	Mar 07n	98:29	98:30	...	5.12
3.625	Apr 07n	98:22	98:23	...	5.13
6.625	May 07n	101:10	101:11	...	5.11
4.375	May 07n	99:09	99:10	-1	5.13
3.125	May 07n	98:06	98:07	...	5.11
3.500	May 07n	98:15	98:16	...	5.11
3.625	Jun 07n	98:15	98:16	-1	5.10
3.875	Jul 07n	98:21	98:22	...	5.08
2.750	Aug 07n	97:11	97:12	...	5.08
3.250	Aug 07n	97:29	97:30	...	5.06
6.125	Aug 07n	101:05	101:06	...	5.06
4.000	Aug 07n	98:23	98:24	...	5.07
4.000	Sep 07n	98:20	98:21	-1	5.07
4.250	Oct 07n	98:29	98:30	-1	5.04
3.000	Nov 07n	97:06	97:07	...	5.05

RATE	MATURITY MO/YR	BID	ASKED	CHG	ASK YLD
4.250	Nov 07n	98:27	98:28	-1	5.04
4.375	Dec 07n	99:00	99:01	...	5.03
3.625	Jan 08i	102:05	102:06	-1	2.21
4.375	Jan 08n	98:30	98:31	-1	5.03
3.000	Feb 08n	96:24	96:25	-1	5.02
5.500	Feb 08n	100:26	100:27	...	4.96
3.375	Feb 08n	97:11	97:12	-1	5.02
4.625	Feb 08n	99:10	99:11	-1	5.02
4.625	Mar 08n	99:09	99:10	-1	5.02
4.875	Apr 08n	99:23	99:24	-1	5.01
2.625	May 08n	95:21	95:22	...	5.01
3.750	May 08n	97:22	97:23	-1	5.00
5.625	May 08n	101:03	101:04	-1	4.99
4.875	**May 08n**	**99:22**	**99:23**	**-1**	**5.02**
3.250	Aug 08n	96:14	96:15	-1	4.97
4.125	Aug 08n	98:10	98:11	-1	4.93
3.125	Sep 08n	96:02	96:03	-1	4.97
3.125	Oct 08n	95:30	95:31	-1	4.96
3.375	Nov 08n	96:11	96:12	-1	4.97
4.750	Nov 08n	99:14	99:15	-1	4.98
4.375	Nov 08n	98:19	98:20	-1	4.98
3.375	Dec 08n	96:08	96:09	-1	4.96
3.250	Jan 09n	95:27	95:28	-1	4.96
3.875	Jan 09i	104:03	104:04	-2	2.22
4.500	Feb 09n	98:25	98:26	-1	4.98
3.000	Feb 09n	95:03	95:04	-1	4.97
2.625	Mar 09n	94:01	94:02	-1	4.96
3.125	Apr 09n	95:05	95:06	-1	4.96
3.875	May 09n	97:01	97:02	-1	4.96
5.500	May 09n	101:16	101:17	-1	4.92
4.875	May 09n	99:22	99:23	-1	4.97
4.000	Jun 09n	97:10	97:11	-1	4.96

vender bonos aparecen todos los días en los periódicos financieros. La figura 4.1 es una muestra de la página de cotizaciones de *The Wall Street Journal*. Observe el registro de nuestro bono del Tesoro a 4.0% que vence en junio de 2009. El **precio de venta** de 97:11 es el precio que tendría que pagarle a un operador para poseer el bono. Este precio se cotiza en 32_{avos} en lugar de decimales. Por lo tanto, un precio de 97:11 significa que cada bono cuesta 97 con 11/32 o 97.34375% del valor nominal. Como el valor nominal del bono es 1 000 dólares, su precio cotizado es 973.4375.[5]

El **precio de compra** es la cantidad que los inversionistas recibirán si venden el bono a un operador. Éste genera ganancias mediante el cobro de un *diferencial* entre el precio de compra y el de venta. Note que el diferencial de los bonos a 4% es solamente 1/32 o alrededor de .03% del valor nominal.

La siguiente columna de la figura 4.1 indica el cambio de precios desde el día anterior. El precio de los bonos de 4.0% disminuyó 1/32. Por último, la columna denominada "Ask Yld" contiene el **rendimiento al vencimiento en venta**. Como el interés es semestral, los rendimientos de los bonos estadounidenses se cotizan por lo general con capitalización semestral. Por ende, si usted adquiere el bono de 4.0% al precio de compra y lo retiene hasta el vencimiento, recibirá semestralmente un rendimiento capitali-

[5] El precio del bono cotizado se conoce como precio *plano* (*limpio*). El precio que en realidad paga el tenedor del bono (a veces denominado *precio sucio* o *entero*) es igual al precio plano *más* el interés que el emisor ya recibió desde el último pago de cupón. El método exacto para calcular este *interés devengado* varía de acuerdo con el tipo de bono. En todo caso, es necesario utilizar el precio plano para hallar el rendimiento.

zable de 4.96%, que es equivalente a un rendimiento de seis meses de 4.96/2 = 2.48 por ciento.

Ahora podemos repetir los cálculos del valor presente que hicimos con el bono del gobierno alemán. Es necesario subrayar que los bonos en Estados Unidos tienen un valor nominal de 1 000 dólares, pagan cupones semestrales y su rendimiento se capitaliza en forma semestral.

Los flujos de efectivo de los bonos de 4% de 2009 son los siguientes:

Flujos de efectivo (dólares)					
Dic. 2006	**Jun. 2007**	**Dic. 2007**	**Jun. 2008**	**Dic. 2008**	**Jun. 2009**
20	20	20	20	20	1 020

Si los inversionistas exigen un rendimiento semestral de 2.48% por invertir en bonos a tres años, el valor presente de esos flujos de efectivo será:

$$\text{VP} = \frac{20}{1.0248} + \frac{20}{1.0248^2} + \frac{20}{1.0248^3} + \frac{20}{1.0248^4} + \frac{20}{1.0248^5} + \frac{1\,020}{1.0248^6} = \$973.54$$

Cada bono vale $973.54 o 97.35% del valor nominal (la diferencia respecto a la cifra que aparece en *The Wall Street Journal* se debe a un error de redondeo).

4.2 VARIACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS BONOS CON LAS TASAS DE INTERÉS

Los precios de los bonos varían conforme cambian las tasas de interés. Por ejemplo, supongamos que los inversionistas exigen un rendimiento de 3% sobre los bonos del Tesoro a tres años. ¿Cuál sería el precio de los cuatro trimestres de 2009? Sólo repita la última operación, pero con un rendimiento a seis meses de 1.5%:

$$\text{VP} = \frac{20}{1.015} + \frac{20}{1.015^2} + \frac{20}{1.015^3} + \frac{20}{1.015^4} + \frac{20}{1.015^5} + \frac{1\,020}{1.015^6} = \$1\,028.49$$

es decir, 102.85% del valor nominal. Una tasa de interés más baja ocasiona que el precio del bono sea más alto.

La recta decreciente de la figura 4.2 muestra el valor de nuestro bono a 4% para diferentes tasas de interés. Adviértase que conforme los rendimientos disminuyen, los precios de los bonos aumentan. Cuando el rendimiento es igual al cupón (4%), el precio del bono es igual a su valor nominal. Cuando el rendimiento es menor, el bono se vende con prima.

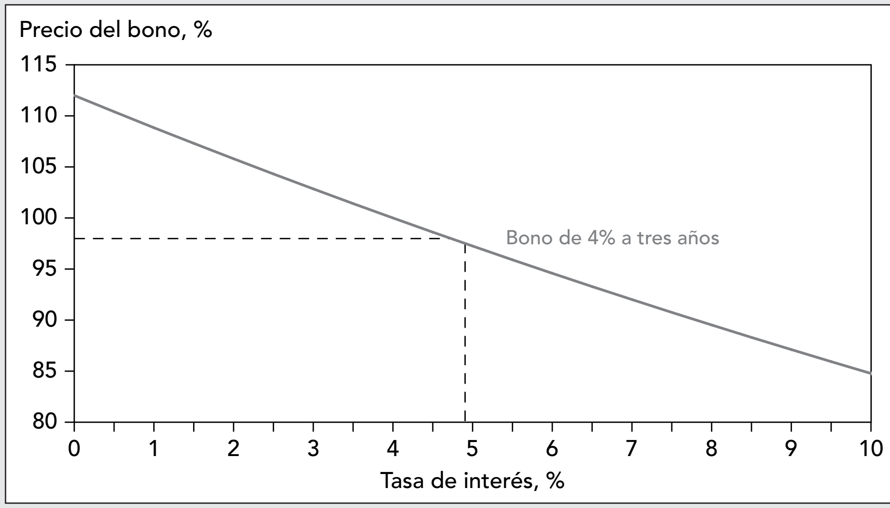
Los inversionistas en bonos cruzan los dedos para que las tasas de interés de mercado sean menores, a fin de que el precio de sus títulos aumente. Si *no tienen suerte* y las tasas de interés aumentan, el valor de su inversión será menor. Es probable que cualquier cambio de este tipo en las tasas de interés acarree efectos mínimos sobre el valor de los flujos de efectivo de corto plazo, pero tales efectos serían significativos sobre los flujos más distantes. De este modo, las fluctuaciones en las tasas de interés afectan más a los precios de los bonos de largo plazo que a los de corto plazo.

Duración y volatilidad

¿Qué significa bonos de "largo plazo" y de "corto plazo"? Un bono con cupón a 30 años ofrece pagos en *cada uno* de los años, desde el 1 hasta el 30. Por lo tanto, describir el instrumento como un bono a 30 años es un poco engañoso, ya que el tiempo promedio para cada entrada de efectivo es de menos de 30 años.

FIGURA 4.2

El valor del bono con cupón de 4% a tres años disminuye conforme las tasas de interés aumentan.



Año	Ct	VP(Ct) a 5%	Proporción del valor total [VP(Ct)/V]	Proporción del valor total x periodo
1	100	95.24	0.084	0.084
2	100	90.70	0.080	0.160
3	1 100	950.22	0.836	2.509
		V = 1 136.16	1.000	Duración = 2.753 años

TABLA 4.1

Las primeras cuatro columnas muestran que el flujo de efectivo en el tercer año participa con menos de 84% del valor presente del bono de 10% a tres años. La columna final indica cómo calcular el periodo promedio ponderado de los flujos de efectivo. Este promedio representa la duración del bono.

Consideremos un bono simple a tres años que paga un interés anual de 10% al año. En las primeras tres columnas de la tabla 4.1 se calcula el valor presente (V) del bono con un rendimiento supuesto al vencimiento de 5%. El valor total del bono es de 1 136.16 dólares.

En la cuarta columna se muestra la participación de los pagos individuales en el valor del bono. Observe que el flujo de efectivo en el año 3 suma menos de 84% del valor. El restante 16% proviene de los flujos de efectivo anteriores.

Los analistas de bonos utilizan el término **duración** para referirse al periodo promedio de cada pago. Si V representa el valor total del bono, la duración se calcula de la manera siguiente:[6]

$$\text{Duración} = \frac{[1 \times \text{VP}(C_1)]}{V} + \frac{[2 \times \text{VP}(C_2)]}{V} + \frac{[3 \times \text{VP}(C_3)]}{V} + \cdots$$

[6] Esta medida también se conoce como *duración Macaulay*, por el nombre de su inventor.

La última columna de la tabla 4.1 muestra que, para el bono de 10% a tres años:

$$\text{Duración} = (1 \times .084) + (2 \times .080) + (3 \times .836) = 2.753 \text{ años}$$

El vencimiento del bono es de tres años, pero el periodo promedio ponderado de cada flujo de efectivo es de sólo 2.753 años.

A continuación estudiemos el caso de otro bono a tres años, cuyo pago de cupón es de 4%. Tiene el mismo vencimiento que el bono de 10%, pero en este caso los pagos de cupón durante los dos primeros años representan una pequeña fracción del valor total. En este sentido, el bono es de mayor plazo. La duración de los bonos de 4% a tres años es de 2.884 años.

Veamos ahora lo que sucede con el precio de los bonos de 4 y 10% conforme cambian las tasas de interés:

	Bono de 3 años a 10%		**Bono de 3 años a 4%**	
	Precio nuevo	**Cambio**	**Precio nuevo**	**Cambio**
El rendimiento decrece .5%	1 151.19	+1.32%	986.26	+1.39%
El rendimiento aumenta .5%	1 121.41	−1.30	959.53	−1.36
Diferencia		2.62		2.75

Una variación de un punto porcentual en el rendimiento provoca que el precio de los bonos de 10% cambie en 2.62%. Por ende, los bonos de 10% tienen una **volatilidad** de 2.62%, mientras que en los bonos de 4% es de 2.75%.

Observe que los bonos de 4% tienen mayor volatilidad y duración. De hecho, la volatilidad de un bono se relaciona en forma directa con su duración:[7]

$$\text{Volatilidad (\%)} = \frac{\text{duración}}{1 + \text{rendimiento}}$$

Respecto a los bonos de 10%:

$$\text{Volatilidad (\%)} = \frac{2.753}{1.05} = 2.62$$

En la figura 4.3 se indica la forma en que los cambios en las tasas de interés afectan el precio de dos bonos de 4% a tres y 30 años. La volatilidad de cada bono es la pendiente de la línea que relaciona el precio del bono con la tasa de interés. El bono a 30 años tiene una duración mucho más larga que el de 3 años; en consecuencia, es más volátil, como indica la curva más inclinada de la figura 4.3. Observe que la volatilidad del bono se modifica conforme fluctúa la tasa de interés: la primera es más alta a tasas de interés más bajas (la curva es más inclinada) y más baja a tasas más altas (la curva es más horizontal).[8]

Advertencia

La volatilidad mide el efecto de las fluctuaciones en las tasas de interés sobre los precios de los bonos. Por ejemplo, habíamos calculado que los bonos de 10% a tres años tenían

[7] Por esta razón, la volatilidad también se conoce como *volatilidad modificada*.

[8] Los inversionistas de bonos llaman a esta relación *convexidad* de un bono.

FIGURA 4.3

Gráfica de los precios de bonos de 5% a tres y 30 años. Observe que los precios de los bonos de largo plazo son más sensibles a los cambios en la tasa de interés que los bonos de corto plazo. La volatilidad de los bonos es la pendiente de la curva que relaciona su precio con la tasa de interés.

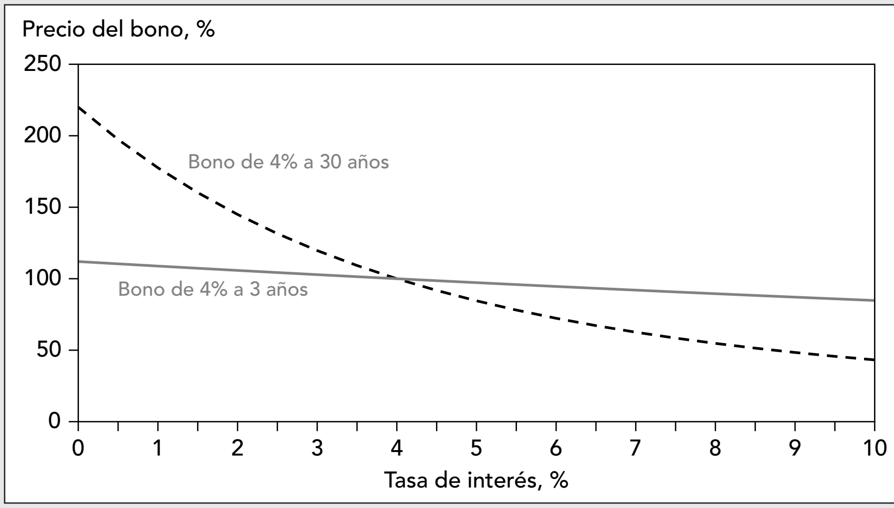
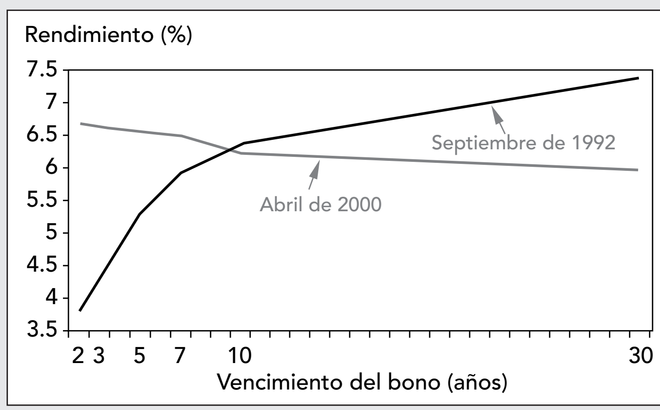


FIGURA 4.4

Las tasas de interés a corto y largo plazos no siempre son paralelas. En Estados Unidos, las tasas de interés a corto plazo subieron rápidamente entre abril de 2000 y septiembre de 1992, en tanto que las de largo plazo declinaron.



una volatilidad de 2.62. Esto significa que un cambio de un punto porcentual en las tasas de interés origina un cambio de 2.62% en el precio del bono:

$$\text{Cambio en el precio del bono} = 2.62 \times \text{cambio en tasas de interés}$$

En el capítulo 27 mostraremos la forma en que esta medida de la volatilidad puede ayudar a las empresas a entender los efectos de los cambios en las tasas de interés y cómo puedan protegerse de tales riesgos.

Si los rendimientos de los bonos fluctuaran al mismo ritmo, la medida de la volatilidad captaría con *exactitud* el efecto de los cambios en la tasa de interés sobre los precios de los bonos. Sin embargo, en la figura 4.4 se muestra que las tasas de interés de corto y largo plazos nunca se mueven al unísono. Entre 1992 y 2000, las tasas de interés de corto plazo casi se duplicaron, mientras que las de largo plazo disminuyeron. Por ende, la pendiente de la estructura de plazos, que al principio mostraba una marcada ascendencia, se volvió descendente. Como los rendimientos de corto y largo plazos no varían en forma paralela, una sola medida de volatilidad no puede explicar todos los cambios; por eso los administradores no sólo deben preocuparse de los riesgos que implican los cambios agregados en las tasas de interés, sino también de los desplazamientos en la curva de la estructura a plazos.

4.3 ESTRUCTURA A PLAZOS DE LAS TASAS DE INTERÉS

Analicemos con detalle la relación entre tasas de interés a corto y largo plazos. Considérese un préstamo sencillo que paga un dólar en el periodo 1. El valor presente del préstamo es:

$$\text{VP} = \frac{1}{1 + r_1}$$

Descontamos el flujo de efectivo con r_1, la tasa actual para un préstamo de un periodo. Por lo general se conoce como **tasa spot** de un periodo que se cotiza hoy.

Si un préstamo pagara un dólar en los periodos 1 y 2, su valor presente sería:

$$\text{VP} = \frac{1}{1 + r_1} + \frac{1}{(1 + r_2)^2}$$

Esta ecuación es idéntica a la que obtuvimos al principio del capítulo 3, cuando valuamos una serie de flujos de efectivo carentes de riesgos. El flujo de efectivo del primer periodo se descuenta con la tasa *spot* de un periodo cotizada hoy, en tanto que el flujo del segundo periodo se descuenta con la tasa *spot* de dos periodos cotizada hoy. La serie de tasas *spot* r_1, r_2, etc., representa la **estructura a plazos** de las tasas de interés.

Rendimiento al vencimiento y estructura de plazos

En vez de descontar cada pago con diferentes tasas de interés, se podría calcular una sola tasa que genere el mismo valor presente. En realidad, ya lo habíamos calculado en la sección 4.1, cuando estimamos el rendimiento al vencimiento de los bonos gubernamentales de Alemania y Estados Unidos. En el caso del préstamo sencillo de dos años, sólo se escribe el valor presente en términos del rendimiento al vencimiento como:

$$\text{VP} = \frac{1}{1 + y} + \frac{1}{(1 + y)^2}$$

Los administradores financieros que busquen una medida rápida e informativa de las tasas de interés sólo tienen que leer la sección sobre rendimientos al vencimiento de los bonos gubernamentales en los periódicos financieros. También pueden consultar la **curva de rendimiento**, que resume la variación del rendimiento de los bonos con relación a su vencimiento. En este sentido, los administradores podrían hacer generalizaciones como: "La tasa de interés (es decir, el rendimiento) sobre un préstamo a cinco años es de cinco por ciento."

En este libro también utilizamos el término *rendimiento al vencimiento* como equivalente del rendimiento que piden los inversionistas en bonos. Sin embargo, es importante comprender las limitaciones de esta medida cuando las tasas *spot* r_1, r_2, etc., no son iguales. El rendimiento al vencimiento es un promedio de las tasas *spot*; como tal, podría ocultar información valiosa. Si desea entender por qué los bonos se venden a precios diferentes, tiene que profundizar y examinar por separado las tasas de interés de los flujos de efectivo a un año, dos años y así sucesivamente. En otras palabras, tiene que analizar las tasas de interés *spot*.

Ejemplo A continuación se muestra un ejemplo en que la comparación de los rendimientos de dos bonos es engañosa. Estamos en 2009; usted piensa invertir en bonos del Tesoro de Estados Unidos y se topa con las siguientes cotizaciones:

Bono	Precio en % del valor nominal	Rendimiento al vencimiento
5% de 2014	85.211	8.78%
10% de 2014	105.429	8.62

¿Los bonos de 5% de 2014 son mejor inversión porque su rendimiento es mayor? La única forma de saberlo con seguridad es usar las tasas de interés *spot* para calcular los valores presentes de los bonos. En la tabla 4.2 (que supone, por simplicidad, cupones anuales) se muestran los resultados.

El supuesto más importante de la tabla 4.2 es que las tasas de interés de largo plazo son más altas que las de corto plazo. En particular, suponemos que la tasa de interés a un año es $r_1 = .05$, la de dos años es $r_2 = .06$, y así sucesivamente. Cuando se descuenta el flujo de efectivo anual a una tasa apropiada, el valor presente del bono es igual al precio cotizado. De este modo los bonos se valúan en forma adecuada.

Si los dos bonos tienen precios correctos, ¿por qué los bonos 5% tienen un rendimiento superior? La razón es que por cada dólar que invierta en esos bonos, recibirá un flujo de efectivo relativamente menor durante los primeros cuatro años y más alto en el último año. Por consiguiente, aunque las fechas de vencimiento de los dos bonos sean idénticas, los bonos de 5% proporcionan casi todos sus flujos de efectivo en 2014. En otras palabras, los bonos de 5% representan una inversión de más largo plazo que los bonos de 10%. Su alto rendimiento al vencimiento refleja el hecho de que las tasas de interés de largo plazo rebasan a las de corto plazo.

Vea por qué en este ejemplo el rendimiento al vencimiento es engañoso. Al momento de calcular el rendimiento, se utilizó la *misma* tasa para descontar *todos* los pagos del bono. Pero en nuestro ejemplo los tenedores de bonos exigen *diferentes* tasas de rendimiento (r_1, r_2, etc.) para flujos de periodos distintos. Como los flujos de efectivo de los dos bonos tampoco son idénticos, tienen diferentes rendimientos al vencimiento; por lo tanto, el rendimiento de los bonos de 5% de 2014 es solamente una aproximación al rendimiento apropiado de los bonos de 10% de 2014.

		Cálculo del valor presente			
		Bono de 5% de 2014		Bono de 10% de 2014	
Año	Tasa de interés *spot*	Flujo de efectivo	VP	Flujo de efectivo	VP
2010	$r_1 = .05$	$ 50	$ 47.62	$ 100	$ 95.24
2011	$r_2 = .06$	50	44.50	100	89.00
2012	$r_3 = .07$	50	40.81	100	81.63
2013	$r_4 = .08$	50	36.75	100	73.50
2014	$r_5 = .09$	1 050	682.43	1 100	714.92
		Totales	$852.11		$1 054.29

TABLA 4.2

Cálculo del valor presente de dos bonos cuando las tasas de interés de largo plazo son más altas que las de corto plazo.

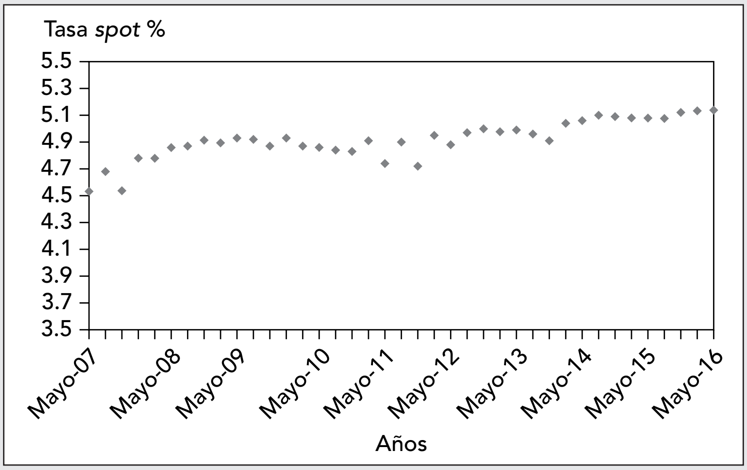


FIGURA 4.5

Tasas *spot* de los bonos del Tesoro segregados (junio de 2006).

Medición de la estructura a plazos

Piense que la tasa *spot*, r_t, es la tasa de interés de un bono que hace un pago único en el periodo t. Los instrumentos de ese tipo se conocen como **bonos segregados**, *stripped bonds* o simplemente *strips*. A petición del tenedor, el Tesoro dividirá un bono ordinario en paquetes de minibonos de pago único. Así, los bonos de 5% de 2014 podrían intercambiarse por cinco *strips* con cupones de 50 dólares y un *strip* principal de 1 000 dólares.

Los periódicos financieros publican los precios diarios de los *strips*. Por ejemplo, en junio de 2006 un *strip* a 10 años costaba 609.06, y 10 años después ofrecía al tenedor un pago único de 1 000 dólares. Así, la tasa *spot* a 10 años era la siguiente: $(1\,000/609.06)^{1/10} - 1 = .0508$ o 5.08%.[9]

En la figura 4.5 usamos los precios de *strips* a distintos vencimientos para indicar la estructura a plazos de las tasas *spot* de uno a 10 años. Se aprecia que los inversionistas requieren una tasa de interés más elevada por prestar a 10 años en lugar de uno.

4.4 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE PLAZOS

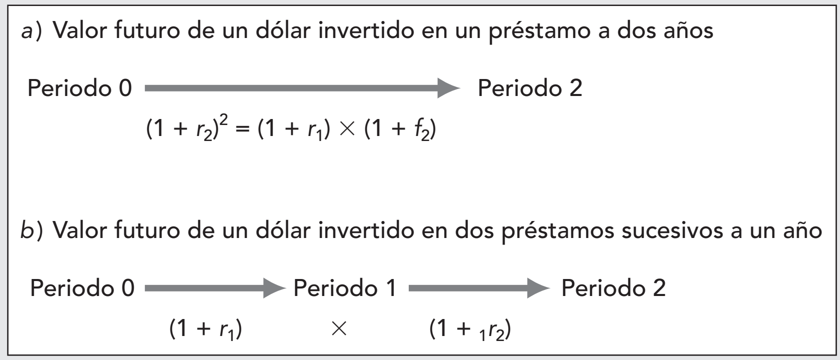
La estructura a plazos que mostramos en la figura 4.5 tenía una pendiente positiva. En otras palabras, las tasas de interés de largo plazo eran más altas que las de corto plazo. Esta estructura es la más común, aunque a veces se presenta una relación inversa cuando las tasas de corto plazo son más altas que las de largo plazo. ¿Por qué se producen estos cambios en la estructura de plazos?

Veamos un ejemplo sencillo. Supongamos que la tasa *spot* de un año (r_1) es de 5% y que la tasa de dos años es más elevada: $r_2 = 6\%$. Si usted invirtiera en un *strip* del Tesoro a un año, recibiría la tasa *spot* de un año y al final del periodo su inversión habría crecido a $(1 + r_1) = 1.05$ dólares. Si decidiera invertir a dos años, obtendría la tasa *spot* de dos años de r_2 y al final del periodo cada dólar habría aumentado a $(1 + r_2)^2 = 1.06^2 = 1.1236$

[9] Se trata de una tasa capitalizable en forma anual. En Estados Unidos, los operadores de bonos cotizan tasas pagaderas cada seis meses.

FIGURA 4.6

Un individuo puede invertir en un préstamo a dos años *a*) o en dos préstamos sucesivos a un año *b*). En equilibrio, según la teoría de las expectativas, los pagos esperados de ambas estrategias deberían ser los mismos. Es decir, la tasa de interés *forward*, f_2, debe ser la misma que la tasa *spot* esperada, ${}_1r_2$.



dólares. Si reinvierte su dinero en el segundo año, sus ahorros crecerán desde 1.05 dólares hasta 1.1236 dólares, lo que representa un incremento de 7.01%. Tal es el porcentaje que gana por mantener su dinero invertido dos años en lugar de uno, y se conoce como **tasa de interés forward** o f_2.

Observe cómo calculamos la tasa *forward*. Cuando invierte a un año, cada dólar aumenta hasta $(1 + r_1)$, y a dos años hasta $(1 + r_2)^2$. Por lo tanto, el rendimiento adicional que se obtuvo en el segundo año es $f_2 = (1 + r_2)^2/(1 + r_1) - 1$. En nuestro ejemplo,

$$f_2 = (1 + r_2)^2/(1 + r_1) - 1 = (1 + .06)^2/(1 + .05) - 1 = .0701, \text{ o } 7.01\%$$

Si transformamos la ecuación anterior, obtenemos una expresión de la tasa *spot* a dos años, r_2, en términos de la tasa *spot* a un año, r_1, así como la tasa *forward*, f_2:

$$(1 + r_2)^2 = (1 + r_1)(1 + f_2)$$

Es decir, se puede interpretar la inversión a dos años como la ganancia de la tasa *spot* a un año y el rendimiento adicional, o la tasa *forward*, del segundo año.

Teoría de las expectativas

¿Estaría satisfecho si ganara 7% adicional por invertir a dos años en lugar de uno? La respuesta depende de cuánto cree que cambiarán las tasas de interés el próximo año. Supongamos, por ejemplo, que anticipa un aumento rápido de las tasas de interés, por lo que al final del año la tasa a un año será de 8%. En ese caso, en lugar de invertir en un bono a dos años y ganar 7% adicional en el segundo año, sería mejor invertir en un bono a un año y, al vencimiento, reinvertir el dinero un año más a 8%. Si el resto de los inversionistas hiciera lo mismo, nadie estaría dispuesto a retener el bono a dos años y su precio caería hasta el punto en que el rendimiento adicional por mantenerlo sería igual a la tasa futura a un año esperada. Llamemos esta tasa esperada ${}_1r_2$, o sea, la tasa *spot* en el año 1 de un préstamo con vencimiento al final del año 2.[10] En la figura 4.6 se muestra que en ese punto los inversionistas ganarían el mismo rendimiento esperado por invertir en un préstamo a dos años en lugar de dos préstamos sucesivos a dos años.

Esto se conoce como **teoría de las expectativas** de la estructura a plazos, la cual establece que, en equilibrio, la tasa de interés *forward* f_2 es igual a la tasa *spot* a un año espe-

[10] Es importante que distinga ${}_1r_2$ de r_2, la tasa de interés *spot* de un bono retenido desde el periodo 0 hasta el periodo 2. La cantidad ${}_1r_2$ representa una tasa *spot* a un año que fue cotizada en el periodo 1.

rada ${}_1r_2$. La teoría implica que la *única* explicación de una estructura a plazos con pendiente positiva es que los inversionistas esperan que aumenten las tasas de interés de corto plazo; por el contrario, la *única* explicación de una estructura con pendiente negativa es que los inversionistas esperan que las tasas de corto plazo disminuyan.[11] La teoría de las expectativas también señala que una inversión en una serie de bonos de corto plazo es equivalente al rendimiento esperado de otra inversión en bonos de largo plazo.

Si las tasas de interés de corto plazo son mucho menores que las de largo plazo, resulta más tentador endeudarse a corto plazo. La teoría de las expectativas muestra que tales estrategias ingenuas no funcionarían: si las tasas de corto plazo son menores que las de largo plazo, es porque los inversionistas esperan que suban las tasas de interés. Cuando la estructura de plazos tiene pendiente positiva, la posibilidad de que gane dinero mediante el endeudamiento a corto plazo depende de que los inversionistas hayan *sobrestimado* los incrementos futuros en las tasas de interés.

Incluso a primera vista, la teoría de las expectativas no da una explicación completa de la estructura de plazos. Por ejemplo, si analizamos el periodo 1900-2006 encontramos que el rendimiento de los bonos de largo plazo del Tesoro de Estados Unidos promedió alrededor de 1.2 puntos porcentuales más que el rendimiento de los bonos de corto plazo.[12] Tal vez las tasas de corto plazo fueron menores que las pronosticadas por los inversionistas, pero es más probable que los inversionistas quisieran un rendimiento adicional por mantener los bonos de largo plazo, y que en general lo consiguieran. De ser así, la teoría de las expectativas es errónea.

Hoy en día la teoría de las expectativas tiene pocos adeptos, aunque la mayoría de los economistas cree que las expectativas sobre las tasas de interés futuras tienen un impacto sustancial sobre la estructura a plazos. Por ejemplo, se escucha con frecuencia a los comentaristas financieros aseverar que la tasa de interés *forward* para los próximos meses está por encima de la actual tasa *spot*, y concluir que el mercado espera que la Reserva Federal aumente las tasas de interés.

En realidad, hay pruebas sólidas que justifican estos razonamientos. Supongamos que en todos los meses del periodo 1950-2005 usó la tasa de interés *forward* a tres meses para predecir el cambio en la tasa *spot* correspondiente. Habría encontrado que, en promedio, cuanto más pronunciada fuera la estructura a plazos, más hubiera aumentado la tasa *spot*. Al parecer una parte de la teoría de las expectativas es acertada.

Introducción del riesgo

¿Qué excluye la teoría de las expectativas? La respuesta más obvia es "el riesgo". Si tiene confianza en el nivel futuro de las tasas de interés, seleccionará la estrategia que ofrezca el rendimiento más alto. Pero si no está seguro acerca de sus pronósticos, es más posible que elija una estrategia menos riesgosa, incluso si implica sacrificar parte del rendimiento.

Recuerde que los precios de los bonos de larga duración son más volátiles que aquellos de los bonos a corto plazo. Un incremento repentino en las tasas de interés podría rebajar con facilidad 30 o 40% del precio de los bonos de largo plazo. Algunos inversionistas no se preocupan por esa volatilidad adicional. Por ejemplo, los fondos de pensiones y las instituciones de seguros de vida que poseen pasivos de largo plazo, preferirán asegurar los rendimientos futuros mediante la inversión en bonos de largo plazo. Sin embargo, la volatilidad de estos bonos *genera* un riesgo adicional para los inversionistas

[11] Así se desprende de nuestro ejemplo. Si la tasa *spot* a un año, r_1, excede la tasa *spot* a dos años, r_2, r_1 también será superior a la tasa *forward*, f_2. Si ésta es igual a la tasa *spot* esperada, ${}_1r_2$, r_1 también debe ser mayor que ${}_1r_2$.

[12] Los bonos del Tesoro de corto plazo tienen un vencimiento máximo de seis meses. Describimos estos bonos en el capítulo 30.

que no poseen tales obligaciones. Estos inversionistas estarán preparados para mantener bonos de largo plazo sólo si ofrecen rendimientos más elevados. En este caso, la tasa *forward* debe ser *superior* a la tasa *spot* esperada; en consecuencia, la estructura a plazos tendrá una pendiente positiva más inclinada. Por supuesto, si se espera que disminuyan las tasas *spot* futuras, la estructura de plazos podría tener una pendiente descendiente y aun así recompensar a los inversionistas por prestar a largo plazo. Pero esta recompensa adicional por el riesgo asumido de invertir en bonos de largo plazo haría que la pendiente bajara menos.

Inflación y estructura a plazos

Al momento de comparar diferentes bonos, debe tomar en cuenta otro factor. Aunque se conozcan los flujos de efectivo de los bonos del Tesoro de Estados Unidos, nunca podrá estar seguro del valor del dinero, porque éste depende de la tasa de inflación.

Pensemos que usted ahorra para su retiro. ¿Cuál de las siguientes estrategias es más riesgosa? ¿Invertir en varios bonos del Tesoro a un año o en uno a 20 años?

Si adquiere el bono a 20 años, sabe con exactitud cuánto dinero tendrá al final del periodo, pero también hace una apuesta de largo plazo contra la inflación. Hoy en día es benigna, pero ¿en 20 años? La incertidumbre inflacionaria aumenta los riesgos de establecer hoy las tasas a las que prestaría en el futuro lejano.

Podría reducir dicha incertidumbre si invierte en varios bonos de corto plazo. Aunque desconozca la tasa a la que podrá reinvertir su dinero al final del año, al menos sabe que usará la última información disponible sobre la inflación del año siguiente.

En este sentido, si la tasa de inflación se acrecienta, podrá transferir su dinero a otros instrumentos que ofrezcan una tasa de interés más alta.

De modo que aquí encontramos otro motivo para que los bonos de largo plazo ofrezcan una prima de riesgo adicional. Si la inflación representa otro riesgo para los prestamistas de largo plazo, los prestatarios deberán otorgar incentivos extraordinarios para que los inversionistas les presten dinero a largo plazo. Por esa razón la estructura a plazos tiene una pendiente mucho más inclinada cuando la tasa de inflación es incierta.

4.5 TASAS DE INTERÉS REALES Y NOMINALES

Es el momento de estudiar en forma cuidadosa la relación entre inflación y tasas de interés. Supongamos que usted invierte 1 000 dólares en un bono a un año que realiza un pago único de 1 100 dólares al final. En sí, se conoce el flujo de efectivo, pero el gobierno no asegura en absoluto la capacidad de compra del dinero. Si los precios de los bienes y servicios aumentan más de 10%, usted perderá capacidad de compra.

Hay varios índices para medir el nivel general de precios. El más conocido es el índice de precios al consumidor (IPC), que mide la cantidad de dólares que una familia debe desembolsar para realizar compras. La tasa de inflación se calcula con el cambio en el IPC de un año a otro. En la figura 4.7 se muestra la tasa de inflación en Estados Unidos desde 1900. Su punto más alto se registró al final de la Primera Guerra Mundial, cuando llegó a 21%. Dicha cifra, sin embargo, pierde importancia cuando se compara con la inflación de Alemania en 1923, que fue superior a 20 000 000 000% al año (alrededor de 5% al día). Por supuesto, los precios no siempre aumentan. Por ejemplo, en los últimos años Japón y Hong Kong enfrentaron un problema de deflación. Estados Unidos experimentó deflación grave durante la Gran Depresión, cuando los precios disminuyeron 24% en tres años.

La tasa de inflación promedio en Estados Unidos fue de 3.1% entre 1900 y 2006. Según la figura 4.8, entre los países desarrollados Estados Unidos ha sido el que mejor

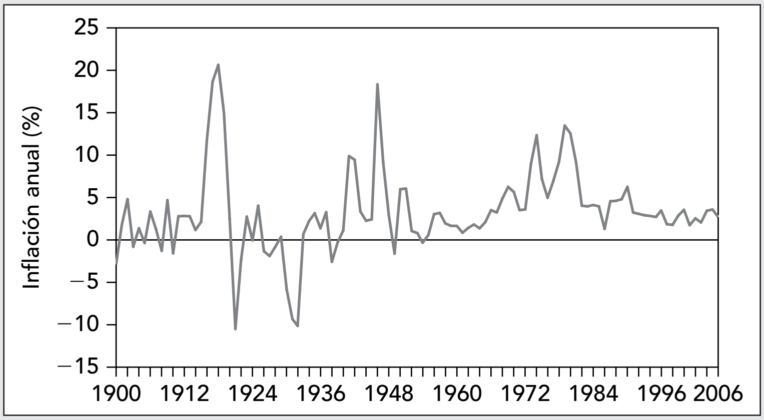


FIGURA 4.7

Tasas de inflación anual en Estados Unidos (1900-2006).

Fuente: E. Dimson, P. R. Marsh y M. Staunton, *Triumph of the Optimists: 101 Years of Investment Returns* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2002); información actualizada por los autores. Reimpreso con autorización de Princeton University Press.

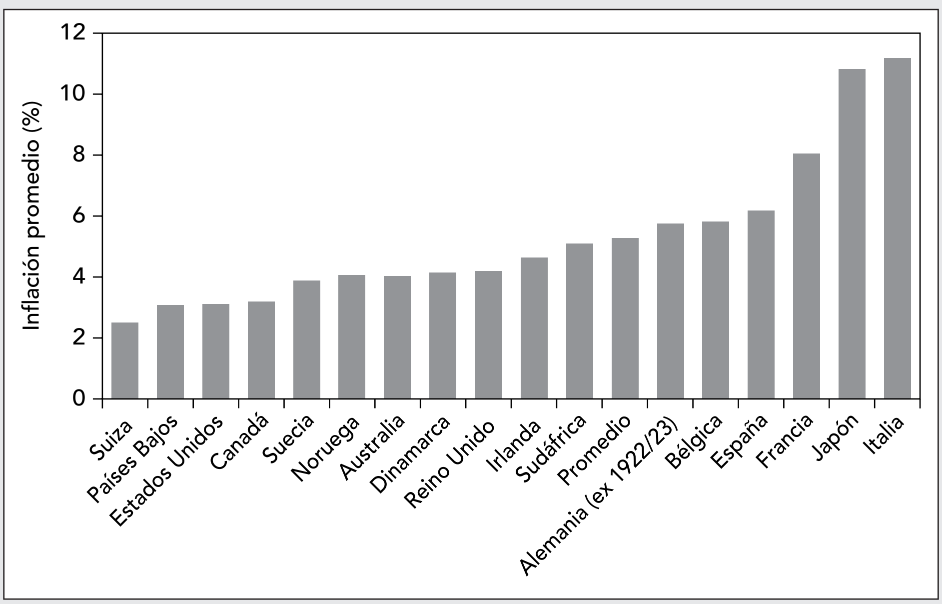


FIGURA 4.8

Tasa de inflación promedio en 17 países de 1900 a 2006.

Fuente: E. Dimson, P. R. Marsh y M. Staunton, *Triumph of the Optimists: 101 Years of Investment Returns* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2002); información actualizada por los autores. Reimpreso con autorización de Princeton University Press.

ha controlado la inflación. Los países que resultaron destruidos por la guerra experimentaron tasas de inflación más altas. Por ejemplo, en Italia y Japón la inflación durante el periodo 1900-2006 fue de 11% al año en promedio.

En ocasiones, los economistas se refieren a dólares corrientes o nominales, en contraposición a los dólares constantes o reales. Por ejemplo, el flujo de efectivo *nominal* de un bono a un año sería de 1 100 dólares. Ahora bien, supongamos que durante el año los precios de los bienes aumentaron 6%; por lo tanto, cada dólar compraría 6% menos bienes el siguiente año en comparación con el actual. Al final del año, 1 100 dólares comprarán la misma cantidad de bienes que 1 100/1.06 = 1 037.74 dólares hoy. El pago nominal del bono sería de 1 100 dólares, pero el *real* sólo de 1 037.74 dólares.

La fórmula general para convertir flujos de efectivo nominales de un periodo futuro *t* en flujos reales es:

$$\text{Flujo de efectivo real } t = \frac{\text{flujo de efectivo nominal}}{(1 + \text{tasa de inflación})}$$

Por ejemplo, si invirtiera 1 000 dólares en un bono con cupón de 10% a 20 años, el pago final del último año equivaldría a 1 100 dólares; pero si la inflación anual fuera de 6%, el valor real de ese pago sería de $1\,100/1.06^{20} = 342.99$ dólares.

Cuando un **agente de bolsa** afirma que un bono produce 10%, se refiere a la tasa de interés nominal. Esta tasa indica qué tan rápido su dinero crecerá.

Inversión en dólares corrientes		Ganancia en dólares del periodo 1	Resultado
1 000	→	1 100	Tasa de *interés nominal* de 10%

Sin embargo, con una inflación de 6% estaría 3.774% mejor al final del año que al principio:

Inversión en dólares corrientes		Valor real esperado de dólares del periodo 1	Resultado
1 000	→	1 037.74	Tasa de interés *real* esperada de 3.774%

Por consiguiente, podríamos decir que "la cuenta bancaria ofrece una tasa de rendimiento nominal de 10%", o que "ofrece una tasa de rendimiento real esperada de 3.774%". La fórmula para calcular la tasa de rendimiento real es:

$$1 + r_{\text{real}} = (1 + r_{\text{nominal}})/(1 + \text{tasa de inflación})$$

En nuestro ejemplo,[13]

$$1.03774 = 1.10/1.06$$

Bonos indizados y tasa de interés real

Casi todos los bonos son similares a los bonos del Tesoro de Estados Unidos: ofrecen una tasa de interés fija *nominal*. La tasa de interés *real* que usted recibe es incierta porque depende de la tasa de inflación. Si resulta ser más alta que la esperada, el rendimiento real de los bonos será menor que el pronosticado.

Usted *podría* asegurarse un rendimiento real mediante la compra de un bono indizado cuyos pagos estuvieran vinculados a la inflación. En muchos países estos bonos han estado en circulación durante décadas, pero eran casi desconocidos en Estados Unidos hasta 1997, cuando el Departamento del Tesoro comenzó a emitir bonos protegidos contra la inflación que se conocen como Treasury Inflation-Protected Securities o TIPS (por sus siglas en inglés).[14]

---

[13] Una regla básica indica que $r_{\text{real}} = r_{\text{nominal}}$ – tasa de inflación. En nuestro ejemplo, es igual a $r_{\text{real}} = .10 - .06 = .04$ o 4%. Esta cifra no es una mala aproximación a la verdadera tasa de interés real de 3.774%. Pero es mejor utilizar la fórmula completa en aquellos países donde la inflación sea muy alta (a veces de 100% o más).

[14] Antes de 1997 los bonos indizados no eran totalmente desconocidos en Estados Unidos. Por ejemplo, en 1780 se compensó a soldados de la Guerra de Independencia estadounidense con bonos indizados que pagaban el equivalente de "cinco medidas de maíz; 68 libras y cuatro séptimos de libra de carne de res; 10 libras de lana de oveja y 16 libras de cuero de oveja curtido.

Los flujos de efectivo reales de los TIPS son fijos, pero los nominales (intereses más capital) aumentan de acuerdo con el Índice de Precios al Consumidor. Por ejemplo, supongamos que el Tesoro de Estados Unidos emite TIPS de 3% a 20 años con un precio de 100 dólares. Si en el primer año el IPC aumenta (digamos) 10%, el cupón del bono se incrementará 10% a $(1.1 \times 3) = 3.3\%$; el pago final del capital también aumentaría en la misma proporción a $(1.1 \times 100) = 110\%$. Por ende, un inversionista que adquiere un bono al precio de emisión y lo retiene hasta el vencimiento recibirá un rendimiento real de tres por ciento.

Mientras escribíamos esto en el verano de 2006, los TIPS de largo plazo ofrecían un rendimiento de alrededor de 2.3%. Este rendimiento es *real*: mide los bienes adicionales que la inversión permitirá comprar. De igual manera, ese rendimiento es 2.8% menor que el rendimiento nominal de los bonos del Tesoro. Si la tasa de inflación anual fuera mayor que 2.8%, se conseguiría un rendimiento más atractivo con una inversión en TIPS de largo plazo; por el contrario, si la tasa de inflación fuera menor que 2.8%, sería mejor una inversión en bonos nominales.

El rendimiento real que exigen los inversionistas depende del ahorro voluntario de los individuos (oferta de capital)[15] y de las oportunidades de inversión productiva del gobierno y las empresas (demanda de capital). Por ejemplo, pensemos que las oportunidades de inversión mejoran; como las empresas tienen ahora más proyectos rentables, estarán dispuestas a invertir más dada la tasa de interés prevaleciente en el mercado. En consecuencia, la tasa debe subir para inducir a los individuos a ahorrar la cantidad adicional que las empresas desean invertir.[16] Por otro lado, si las oportunidades de inversión se deterioraran, habría una disminución en la tasa de interés real.

Esto significa que la tasa de interés real requerida depende de fenómenos reales. Una elevada propensión agregada al ahorro estaría asociada con mayor riqueza agregada (porque los ricos generalmente ahorran más), una distribución desigual de la riqueza (la distribución equitativa implicaría menos ricos, que son quienes ahorran más) y una alta proporción de adultos (los jóvenes no necesitan ahorrar y los de edad avanzada ya no quieren: "No te lo puedes llevar"). Del mismo modo, una propensión grande a invertir se relacionaría con un elevado nivel de actividad industrial o importantes avances tecnológicos.

Las tasas de interés cambian, pero de manera gradual. Esto puede observarse en el Reino Unido, donde el gobierno ha emitido bonos indizados desde 1982. La línea inferior de la figura 4.9 especifica que el rendimiento real de estos bonos ha fluctuado en un rango relativamente pequeño, mientras que el rendimiento de los bonos nominales de gobierno (la línea superior) ha disminuido mucho.

Inflación y tasas de interés nominales

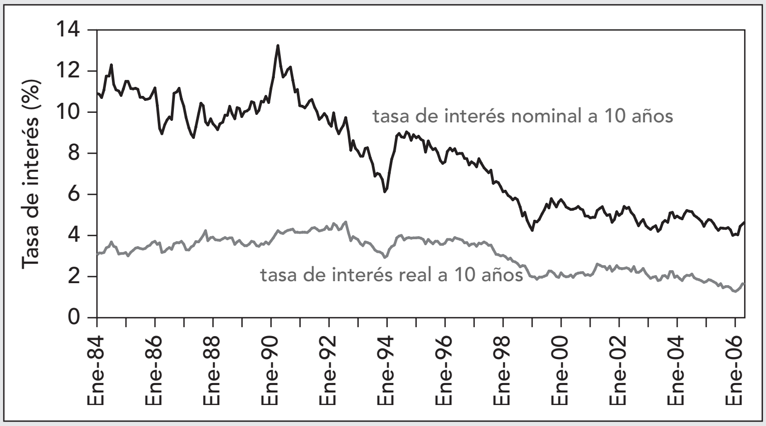
¿Cómo inciden las perspectivas inflacionarias en la tasa de interés nominal? A continuación incluimos la respuesta del economista Irving Fisher a esta pregunta. Supongamos que los consumidores se sienten tan contentos con 100 manzanas hoy como con 105 dentro de un año. En este caso, la tasa de interés real o "en manzanas" es de 5%. Si el precio de las manzanas permanece constante, por ejemplo en un dólar, estaríamos contentos de recibir 100 dólares hoy o 105 dólares al final del año. Con los cinco dólares

[15] Una parte de este ahorro es indirecto. Por ejemplo, si tiene 100 acciones de IBM y ésta decide retener utilidades de un dólar por acción, la empresa ahorrará 100 dólares a cuenta de usted. El gobierno también podría obligarlo a ahorrar mediante el aumento de impuestos para invertir en carreteras, hospitales, etcétera.

[16] Presuponemos que los inversionistas ahorran más conforme aumentan las tasas de interés. No tiene que ser de esa manera; a continuación incluimos un ejemplo radical de la forma en que una tasa de interés más alta podría significar menos ahorro. Supongamos que en 20 años necesitará 50 000 dólares a los precios actuales para los gastos de colegiatura de sus hijos. ¿Cuánto tendrá que ahorrar hoy para cumplir con esa obligación? La respuesta es el valor presente del gasto real de 50 000 dólares después de 20 años o 50 000/(1 + tasa de interés real).[20] Cuanto más alta sea la tasa de interés, menores serán tanto el valor presente como su monto de ahorro.

FIGURA 4.9

La línea inferior indica el rendimiento real de los bonos indizados de largo plazo emitidos por el gobierno británico. La línea superior señala el rendimiento de los bonos nominales de largo plazo. Observe que el rendimiento real ha sido mucho más estable que el nominal.



adicionales compraremos 5% más manzanas dentro de un año que lo que hubiéramos podido comprar hoy.

Supongamos ahora que el precio esperado de las manzanas será 10% mayor: 1.10 dólares por pieza. En ese caso, *no* estaríamos felices de sacrificar 100 dólares hoy por la promesa de 105 dólares el próximo año. Para comprar 105 manzanas dentro de un año, tendríamos que recibir 1.10 $\times$ 105 dólares = 115.50. En otras palabras, la tasa de interés nominal tendría que incrementarse a 15.50% debido a la tasa de inflación esperada.

La teoría de Fisher indica que un cambio en la tasa de inflación esperada ocasionará un cambio similar en la tasa de interés *nominal*, pero ninguno en la tasa de interés real requerida. La fórmula que relaciona la tasa de interés nominal con la inflación esperada es:

$$1 + r_{\text{nominal}} = (1 + r_{\text{real}})(1 + i)$$

donde r_{real} es la tasa de interés real que los consumidores exigen e i es la tasa de inflación esperada. En nuestro ejemplo, el pronóstico inflacionario hace que $1 + r_{\text{nominal}}$ aumente a $1.05 \times 1.10 = 1.155$.

Las tasas de interés *nominales* no pueden ser negativas; si lo fueran, los individuos preferirían mantener efectivo, el cual no produce intereses. ¿Y las tasas *reales*? Por ejemplo, ¿es posible que la tasa de interés nominal sea de 5% y la tasa de inflación esperada de 10%, con lo cual se tendría una tasa de interés negativa? Si esto ocurriera, usted podría ganar dinero de la siguiente manera: se endeudaría con 100 dólares a una tasa de interés de 5% para comprar manzanas. A continuación, almacenaría las manzanas para venderlas dentro de un año a 110 dólares. Lo anterior redituaría dinero en cantidad suficiente para liquidar el préstamo más una ganancia de cinco dólares.

Como no hay métodos fáciles para ganar dinero, concluimos que si no cuesta nada almacenar los bienes, la tasa de interés nominal no será inferior al aumento esperado en los precios. Empero, el costo de almacenaje de muchos bienes es más elevado que el de las manzanas, e incluso muchos no se almacenan (por ejemplo, los cortes de cabello). Para esos bienes la tasa de interés nominal puede ser menor que el aumento esperado en los precios.

¿Cuán acertada es la teoría de Fisher sobre las tasas de interés?

No todos los economistas están de acuerdo con Fisher en que la tasa de inflación no afecta la tasa de interés real. Por ejemplo, si los cambios en los precios se asocian con los cambios en el nivel de actividad industrial, en condiciones inflacionarias quizá sería preferible una cantidad mayor o menor de 105 manzanas dentro de un año, para compensar la pérdida de 100 manzanas hoy.

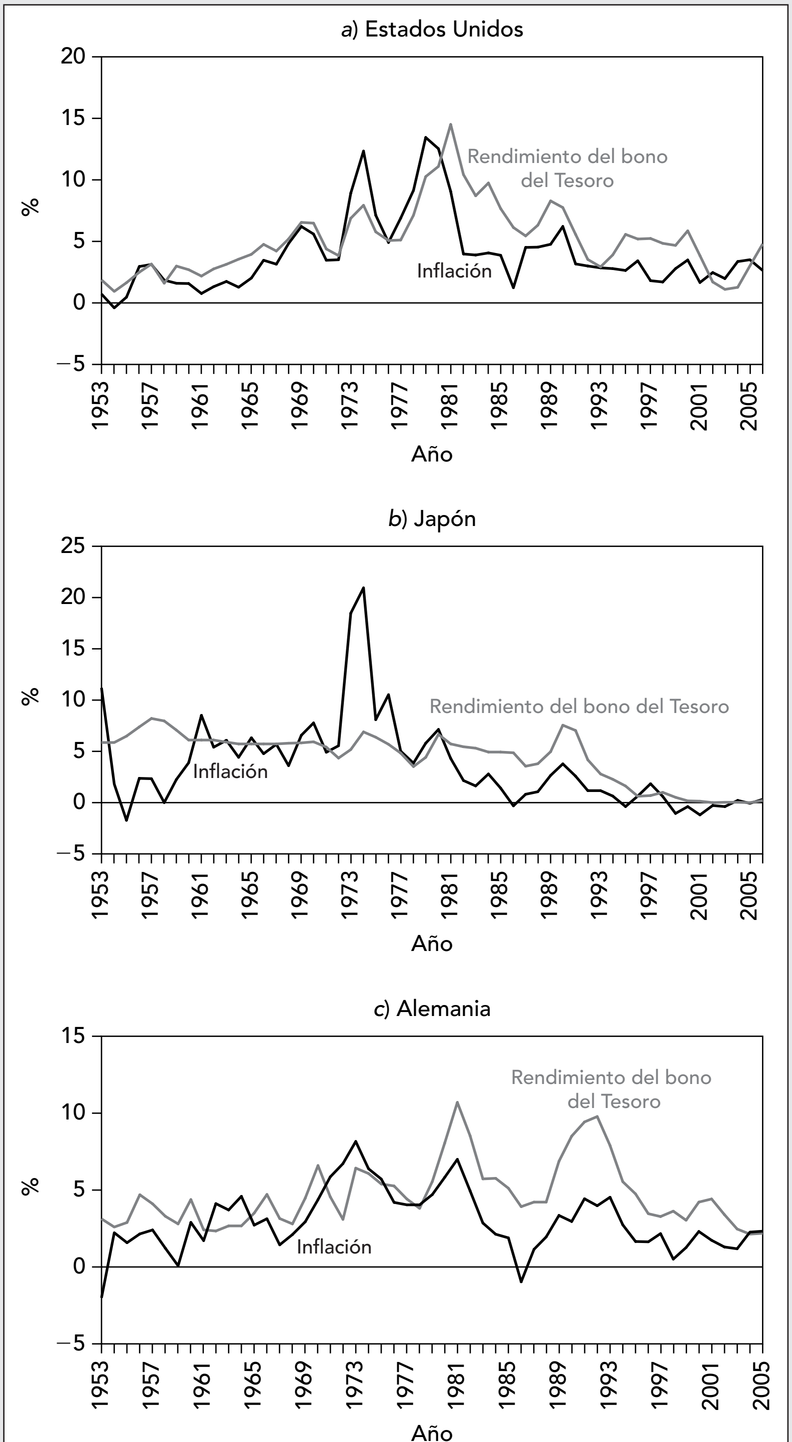


FIGURA 4.10

El rendimiento de los bonos del Tesoro y la tasa de inflación en Estados Unidos, Japón y Alemania (1953-2006).

Fuente: E. Dimson, P. R. Marsh y M. Staunton, *Triumph of the Optimists: 101 Years of Investment Returns* (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2002); información actualizada por los autores. Con autorización de Princeton University Press.

Nos hubiera gustado mostrarle el comportamiento histórico de las tasas de interés y la inflación *esperada*. A falta de esto, nos contentamos con graficar en la figura 4.10 el rendimiento de los bonos del Tesoro (deuda gubernamental de corto plazo) contra la inflación *real* de Estados Unidos, Japón y Alemania. Observe que desde 1953 el rendimiento de los bonos ha estado un poco por encima de la tasa de inflación. Los inversionistas de esos países ganaron, en promedio, un rendimiento real de 1 a 2% durante el periodo mencionado.

Ahora observe la relación entre la tasa de inflación y la tasa del bono del Tesoro. La figura 4.10 expone que muchas veces los inversionistas han exigido una tasa de interés más alta porque la tasa de inflación también lo era.[17] De cierto modo, la teoría de Fisher es una regla práctica para los administradores financieros. Si la tasa de inflación esperada cambia, con seguridad habrá un cambio correspondiente en la tasa de interés.

[17] Con excepción de Japón durante el periodo 1973-1974, cuando el rápido crecimiento monetario precedió a la crisis petrolera.

RESUMEN

Los bonos son préstamos de largo plazo. Si usted posee un bono, tiene derecho a recibir un pago frecuente de intereses (*cupón*) y el valor nominal del bono al momento del vencimiento (*capital*). En Estados Unidos, los intereses del bono se saldan cada seis meses, pero en otros países son anuales.

El valor de cualquier bono es igual a los flujos de efectivo descontados por las tasas de interés *spot*. Por ejemplo, el valor de un bono con cupón anual de 5% a 10 años es igual a:

$$\text{VP (\% del valor nominal)} = \frac{5}{1 + r_1} + \frac{5}{(1 + r_2)^2} + \cdots + \frac{105}{(1 + r_{10})^{10}}$$

Por lo regular, los operadores de bonos utilizan el rendimiento al vencimiento de un bono como medida de su rendimiento esperado. Para calcular el rendimiento al vencimiento de un bono de 5% a 10 años, se despeja y en la siguiente ecuación:

$$\text{Precio del bono} = \frac{5}{1 + y} + \frac{5}{(1 + y)^2} + \cdots + \frac{105}{(1 + y)^{10}}$$

El rendimiento al vencimiento, y, es una especie de promedio de las tasas de interés *spot*, r_1, r_2, etc. Como promedio, es una medida útil, pero también oculta información valiosa. Si quiere profundizar, le sugerimos analizar los rendimientos de los bonos segregados, que representan las tasas de interés *spot*.[18]

El vencimiento de un bono indica el pago final del mismo, pero también es útil para hallar el plazo *promedio* de cada pago. Esto, que se conoce como *duración* del bono, es importante porque se relaciona en forma directa con la volatilidad del bono. Un cambio en las tasas de interés tiene efecto mayor sobre el precio del bono que tiene más duración.

La tasa *spot* de un periodo, r_1, puede ser muy diferente a la tasa *spot* de dos periodos, r_2. Es decir, tal vez los inversionistas requieran una tasa de interés anual diferente por prestar a un año en vez de dos. ¿Por qué? La *teoría de las expectativas* sostiene

[18] En el capítulo 27 explicamos que los inversionistas de bonos utilizan también las tasas de interés de los *swaps* para medir la estructura a plazos.

que los precios de los bonos se valúan de tal manera que un inversionista que posee una serie de bonos a corto plazo, espera el mismo rendimiento que otro inversionista que posee uno de largo plazo. Esta teoría predice que r_2 será mayor que r_1 sólo si se espera que aumente la tasa de interés a un año del próximo periodo.

La teoría de las expectativas ofrece una explicación parcial de la estructura de plazos cuando los inversionistas incorporan los riesgos. Los bonos de largo plazo tal vez sean una inversión segura para los individuos que posean pasivos fijos de largo plazo; pero a otros inversionistas no les podría agradar la volatilidad adicional de estos bonos o quizá les preocupe que un repentino estallido inflacionario pueda erosionar el valor real de dichos instrumentos. Tales inversionistas estarán dispuestos a mantener bonos de largo plazo sólo si les ofrecen la compensación de una tasa de interés más alta.

Los bonos ofrecen pagos nominales fijos, pero la tasa de interés *real* que proporcionan depende de la inflación. Esta tasa real que requieren los inversionistas está determinada por la demanda y la oferta de ahorro. La demanda proviene del gobierno y las empresas que desean invertir en nuevos proyectos, en tanto que la oferta está determinada por los individuos dispuestos a sacrificar el consumo actual por el futuro. La tasa de interés de equilibrio es la que iguala la oferta con la demanda.

Irving Fisher postuló la teoría más conocida acerca de los efectos de la inflación sobre las tasas de interés. Argumentó que la tasa de interés nominal o monetaria es igual a la tasa real requerida más la tasa de inflación (no relacionada) esperada. Si ésta aumenta 1%, también se incrementa la tasa de interés nominal. En los últimos 50 años, la sencilla teoría de Fisher ha podido explicar los cambios de las tasas de interés de corto plazo en Estados Unidos, Japón y Alemania.

Cuando se compra un bono del Tesoro de Estados Unidos, se tiene la confianza de recuperar la inversión inicial. En cambio, al prestar a una empresa se enfrenta el riesgo de que ésta se declare insolvente y no sea capaz de liquidar sus obligaciones. Por lo tanto, las empresas deben compensar a los inversionistas con el ofrecimiento de una tasa de interés más elevada. En este capítulo no abordamos la cuestión del riesgo de impago, pero en el capítulo 24 explicaremos cómo miden los inversionistas la probabilidad de impago para agregarlo al precio de los bonos que emite una empresa.

LECTURAS COMPLEMENTARIAS

Un excelente texto general sobre los mercados de deuda es:

S. Sundaresan, *Fixed Income Markets and Their Derivatives*, 2a. ed. (Cincinnati, OH: South-Western Publishing, 2001).

El artículo de Schaefer es una revisión útil del concepto de duración y cómo se emplea en la cobertura de pasivos fijos:

S. M. Schaefer, "Immunization and Duration: A Review of Theory, Performance and Application", en J. M. Stern y D. H. Chew, Jr., *The Revolution in Corporate Finance* (Oxford: Basil Blackwell, 1986).

PROYECTOS EN LA RED

Conéctese a **www.smartmoney.com**, localice el menú *Economy and Bonds* ("Economía y bonos") y después la sección *The Living Yield Curve* ("Curva dinámica de rendimiento"), que contiene una imagen en movimiento de la estructura de plazos. ¿Cómo se comporta la curva de rendimiento hoy con relación al promedio? ¿Se mueven las tasas de interés de corto plazo más o menos que las de largo plazo? ¿Por qué?

PREGUNTAS CONCEPTUALES

1. Escriba en los espacios en blanco: el valor de mercado de un bono es el valor presente de sus pagos de __________ y el __________. (página 60)
2. ¿Qué significa *rendimiento al vencimiento de un bono* y cómo se calcula? (página 61)
3. Si las tasas de interés aumentan, ¿los precios de los bonos suben o bajan? (página 63)

CUESTIONARIO

1. Se emitió un bono a 10 años con valor nominal de 1 000 dólares y pagos de intereses de 60 dólares anuales. Si poco después de la emisión del bono se incrementaran los rendimientos de mercado, ¿qué sucedería con los siguientes elementos?
   a) Tasa de cupón
   b) Precio
   c) Rendimiento al vencimiento
2. Un bono con cupón de 8% se vende a un precio de 97%. ¿El rendimiento al vencimiento es mayor o menor a 8%?
3. En agosto de 2006 los bonos del Tesoro 12.5% al 2014 ofrecieron un rendimiento pagadero semestralmente de 8.669%. Calcule el precio del bono tomando en cuenta que los cupones se pagan cada seis meses.
4. He aquí los precios de tres bonos con vencimiento a 10 años:

Cupón del bono (%)	Precio (%)
2	81.62
4	98.39
8	133.42

   Si los cupones se pagaran anualmente, ¿qué bono ofrecería el rendimiento al vencimiento más alto? ¿Cuál daría el rendimiento más bajo? ¿Qué bonos tendrían las duraciones más cortas o más largas?
5. ***a)*** ¿Cuál es la fórmula del valor de un bono de 5% a dos años en términos de sus tasas *spot*?
   b) ¿Cuál es la fórmula de su valor en términos del rendimiento al vencimiento?
   c) Si la tasa *spot* a dos años es superior a la tasa a un año, ¿el rendimiento al vencimiento es mayor o menor que la tasa *spot* a dos años?
   d) En las siguientes oraciones, seleccione la respuesta correcta que está adentro de los paréntesis:
   - "La fórmula (rendimiento al vencimiento/tasa *spot*) descuenta todos los flujos de efectivo de un bono a la misma tasa, incluso si ocurren en diferentes momentos."
   - "La fórmula (rendimiento al vencimiento/tasa *spot*) descuenta todos los flujos de efectivo recibidos en el mismo momento a la misma tasa incluso si los flujos provienen de diferentes bonos."
6. Dé ejemplos sencillos para contestar lo siguiente:
   a) Si las tasas de interés aumentan, ¿los precios de los bonos suben o bajan?
   b) Si el rendimiento del bono es mayor que el del cupón, ¿el precio del bono es mayor o menor que 100?
   c) Si el precio de un bono excede 100, ¿el rendimiento es mayor o menor que el cupón?
   d) ¿Se venden los bonos con cupón alto a precios mayores o menores que los bonos con cupón bajo?
   e) Si las tasas de interés cambian, ¿la modificación en el precio de los bonos con cupón alto será proporcionalmente mayor que la de los bonos con cupón bajo?

7. El siguiente cuadro contiene los precios de una muestra de *strips* del Tesoro de Estados Unidos cotizados en agosto de 2006. Cada *strip* realiza un solo pago de 1 000 dólares al vencimiento:

a) Calcule la tasa de interés *spot* compuesta anualmente para cada periodo.

b) ¿La estructura de plazos tiene pendiente positiva o negativa, o es horizontal?

c) ¿Esperaría que el rendimiento de un bono con cupón que vence en agosto de 2010, fuera mayor o menor que el rendimiento de un *strip* de 2010?

d) Calcule la tasa de interés *forward* a un año pagadera anualmente para agosto de 2008. Realice el mismo ejercicio para agosto de 2009.

Vencimiento	Precio (%)
Agosto de 2007	95.53
Agosto de 2008	91.07
Agosto de 2009	86.2
Agosto de 2010	81.08

8. ***a)*** Un bono de 8% a cinco años rinde 6%. Si permanece sin cambios, ¿cuál será su precio dentro de un año? Asuma la existencia de cupones anuales.

b) ¿Cuál es el rendimiento total para un inversionista que mantiene el bono durante el año?

c) ¿Qué deduce sobre la relación entre el rendimiento de un bono durante un periodo específico y los rendimientos al vencimiento al principio y al final de ese periodo?

9. ¿Falso o verdadero? Explique.

a) Los bonos con mayor vencimiento forzosamente tienen mayores duraciones.

b) Cuanto mayor sea la duración de un bono, menor será su volatilidad.

c) En igualdad de circunstancias, cuanto menor sea el cupón del bono, mayor será su volatilidad.

d) Si las tasas de interés aumentan, las duraciones de los bonos también suben.

10. Calcule las duraciones y volatilidades de los títulos A, B y C. Sus flujos de efectivo se muestran abajo. La tasa de interés es de 8%.

	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3
A	40	40	40
B	20	20	120
C	10	10	110

11. *a)* Suponga que la tasa de interés *spot* a un año en el periodo 0 es de 1% y que la tasa a dos años es de 3%. ¿Cuál es la tasa de interés *forward* del año 2?

b) ¿Qué indica la teoría de las expectativas de la estructura de plazos sobre la relación entre la tasa *forward* y la tasa *spot* de un año en el periodo 1?

c) Durante mucho tiempo, la estructura a plazos en Estados Unidos ha tenido, en promedio, una pendiente positiva. ¿Esta evidencia apoya o rechaza la teoría de las expectativas?

d) Si los bonos de plazo más largo implican mayor riesgo que los bonos de corto plazo, ¿qué deduce sobre la relación entre la tasa *forward* y la tasa *spot* a un año en el periodo 1?

e) Si usted tiene que cumplir compromisos de largo plazo (por ejemplo, la educación universitaria de sus hijos), ¿es más seguro invertir en bonos de largo o corto plazo? Asuma que la inflación es predecible.

f) Si la inflación es muy variable y usted tiene que hacer frente a obligaciones reales de largo plazo, ¿es más seguro invertir en bonos de corto o largo plazos?

EJERCICIOS PRÁCTICOS

12. Un bono del gobierno alemán de 10 años (*bund*) tiene un valor nominal de 100 euros y cupón anual de 5%. Suponga que la tasa de interés (en euros) es igual a 6% por año. ¿Cuál es el VP del bono?

13. Vuelva al problema 12. Asuma que el *bund* alemán paga intereses semestrales como si fuera un bono estadounidense (el bono pagaría .025 × 100 = 2.5 euros cada seis meses). ¿Cuál es el VP en este caso?

14. Un bono del Tesoro de Estados Unidos a 10 años con valor nominal de 10 000 dólares ofrece un cupón de 5.5% (2.75% del valor nominal cada seis meses). La tasa de interés capitalizable semestralmente es de 5.2% (la tasa de descuento a seis meses es de 5.2/2 = 2.6%).

a) ¿Cuál es el valor presente del bono?

b) Haga una gráfica o cuadro donde muestre cómo cambia el valor presente del bono según las tasas de interés compuestas semestralmente de 1 a 15%.

15. Suponga que los bonos de gobierno a cinco años rinden 4%. Valúe un bono con cupón de 6% a cinco años. Parta del supuesto de que el bono es emitido por un gobierno paneuropeo y ofrece cupones anuales. A continuación, realice de nuevo el ejercicio suponiendo que el bono es emitido por el Tesoro de Estados Unidos, paga cupones bianuales y rinde una tasa compuesta cada seis meses.

16. Vuelva al problema 15. ¿Cómo cambiaría el valor del bono en cada caso si la tasa de interés disminuyera a 3%?

17. Un bono gubernamental a seis años ofrece pagos de cupón anuales de 5% y un rendimiento de 3% compuesto cada año. Suponga que en un año después el bono aún rinde 3%. ¿Cuál es el rendimiento obtenido por el tenedor del bono durante 12 meses? En seguida, suponga que el bono rinde 2% al final del año. En este caso, ¿qué rendimiento obtendría el tenedor?

18. Un bono de 6% a seis años rinde 12% y otro bono de 10% a seis años rinde 8%. Calcule la tasa *spot* de seis años. Asuma la existencia de cupones anuales. *Pista:* ¿Cuáles serían los flujos de efectivo si invirtiera en 1.2 bonos de 10%?

19. ¿Es más probable que el rendimiento de los bonos con cupón alto sea mayor que el de los bonos con cupón bajo cuando la estructura de plazos tiene pendiente positiva o negativa?

20. La tasa *spot* a un año es $r_1 = 6\%$, en tanto que la tasa *forward* de un préstamo a un año con vencimiento en el año 2 es $f_2 = 6.4\%$. De igual manera, $f_3 = 7.1\%$, $f_4 = 7.3\%$ y $f_5 = 8.2\%$. ¿Cuáles son las tasas *spot* r_2, r_3, r_4 y r_5? Si la hipótesis de las expectativas es cierta, ¿qué opina sobre las tasas de interés futuras esperadas?

21. Supongamos que su empresa recibirá 100 millones de yenes en $t = 4$, pero debe saldar 107 millones de yenes en $t = 5$. Utilice las tasas *spot* y *forward* del problema 20. Demuestre cómo la empresa puede garantizar la tasa de interés a la cual invertirá en $t = 4$. ¿Serán suficientes los 100 millones de yenes, invertidos a esa tasa segura, para cubrir el pasivo de 107 millones de yenes?

22. Utilice las tasas del problema 20 una vez más. Considere los siguientes bonos que vencen en cinco años. Calcule el rendimiento al vencimiento de cada uno. ¿Cuál representa una mejor inversión (o son igualmente atractivos)? Cada uno tiene un valor nominal de 1 000 dólares con cupones anuales.

Cupón (%)	Precio (%)
5	92.07
7	100.31
12	120.92

23. Usted calculó las siguientes tasas *spot*:

Año	Tasa al contado
1	$r_1 = 5.00\%$
2	$r_2 = 5.40\%$
3	$r_3 = 5.70\%$
4	$r_4 = 5.90\%$
5	$r_5 = 6.00\%$

a) ¿Cuáles son los factores de descuento de cada periodo (es decir, el valor presente de un dólar pagado en el año *t*)?

b) ¿Cuáles son las tasas *forward* de cada periodo?

c) Calcule el VP de los siguientes bonos suponiendo la existencia de cupones anuales:

- ***i)*** Bono de 5% a dos años.
- ***ii)*** Bono de 5% a cinco años.
- ***iii)*** Bono de 10% a cinco años.

d) Explique de manera intuitiva por qué el rendimiento al vencimiento del bono de 10% es menor que el del bono de 5%.

e) ¿Cuál debería ser el rendimiento al vencimiento de un bono con cupón cero de cinco años?

f) Demuestre que el rendimiento al vencimiento correcto de una anualidad a cinco años es de 5.75%.

g) Explique de manera intuitiva por qué el rendimiento de los bonos a cinco años descritos en la parte *c*) debe ubicarse entre el rendimiento de un bono cupón cero a cinco años y una anualidad a cinco años.

24. Revise las tasas de interés *spot* que aparecen en el problema 23. Suponga que alguien le dijo que la tasa de interés *spot* a seis años era de 4.80%. ¿Por qué no le creería a esa persona? ¿Cómo ganaría dinero si él tuviera razón? ¿Cuál es el valor mínimo razonable de la tasa *spot* a seis años?

25. Vuelva a las tasas de interés *spot* del problema 23. Qué puede deducir sobre la tasa de interés *spot* a un año en cuatro años si:

a) La teoría de las expectativas de la estructura de plazos es correcta.

b) Una inversión en bonos de largo plazo conlleva riesgos adicionales.

26. Ubique los precios de 10 bonos del Tesoro de Estados Unidos con diferentes cupones y vencimientos. Calcule cómo cambiarían los precios si sus rendimientos al vencimiento aumentaran un punto porcentual. ¿Qué bonos serían los más afectados por el cambio en los rendimientos, los de corto o largo plazos? ¿Cuáles resultarían más afectados, los bonos con cupón alto o bajo?

27. En la sección 4.2 afirmamos que la duración de un bono de 4% a tres años era de 2.884 años. Haga un esquema similar a la tabla 4.1 para mostrar que tal afirmación es correcta.

28. La fórmula de la duración de una perpetuidad que efectúa pagos anuales iguales a perpetuidad es (1 + rendimiento)/rendimiento. Si los bonos rinden 5%, ¿cuál tiene la duración más larga, una perpetuidad o un bono cupón cero a 15 años? ¿Y si rinde 10%?

29. Lo acaban de destituir de su puesto como CEO. Como indemnización, el consejo de administración le prometió un contrato de consultoría a cinco años por 150 000 dólares al año. ¿Cuál es la duración del contrato si la tasa a la que consigue crédito personal es de 9%? Recurra a la duración para determinar el cambio en el valor presente del contrato dado un incremento de .5% en su tasa de interés pasiva.

DESAFÍOS

30. Prepare una hoja de cálculo para elaborar una serie de cuadros de bonos que muestre su valor presente acorde con la tasa de cupón, el vencimiento y el rendimiento al vencimiento. Considere que los pagos de cupones son semestrales y que los rendimientos se capitalizan de manera semestral.

31. Encuentre la oportunidad u oportunidades de arbitraje. Para simplificar, suponga que los cupones son anuales. El valor nominal de los bonos es de 1 000 dólares.

Bono	Vencimiento (años)	Cupón (dls)	Precio (dls)
A	3	cero	751.30
B	4	50	842.30
C	4	120	1 065.28
D	4	100	980.57
E	3	140	1 120.12
F	3	70	1 001.62
G	2	cero	834.00

32. La duración de un bono con cupones anuales iguales a perpetuidad es de (1 + rendimiento)/rendimiento. Demuéstrelo.

33. ¿Cuál es la duración de una acción ordinaria cuyos dividendos tienen un crecimiento esperado a tasa constante a perpetuidad?

34. ***a)*** ¿Qué tasas *spot* y *forward* están implícitas en los siguientes bonos del Tesoro? El precio de los bonos (cupón cero) a un año es de 93.46%. Para simplificar, suponga que los bonos efectúan sólo pagos anuales. *Pista:* ¿Puede armar una combinación de posiciones cortas y largas en estos bonos que ofrezca un pago en efectivo en el año 2? ¿Y en el año 3?

Cupón (%)	Vencimiento (años)	Precio (%)
4	2	94.92
8	3	103.64

b) Un bono con cupón de 4% a tres años se vende a 95.00%. ¿Hay alguna oportunidad de obtener ganancias? Si es así, ¿cómo la aprovecharía?