CIENCIA CONTABLE: VISIÓN Y PERSPECTIVA

Libro homena[illegible]5 años de
la Facultad de Ciencias C[illegible]e la PUCP

Capítulo 15

Óscar Alfredo Díaz Becerra
José Carlos Dextre Flores
Editores

BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ
Centro Bibliográfico Nacional

657 Ciencia contable: visión y perspectiva / Óscar Alfredo Díaz Becerra, José Carlos Dextre Flores,
C4 editores.-- 1a ed.-- Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial, 2017 (Lima: Tarea Asociación Gráfica Educativa).
405 p.: il., diagrs.; 24 cm.

«Libro homenaje por los 85 años de la Facultad de Ciencias Contables de la PUCP».
Incluye bibliografías.

D.L. 2017-15495
ISBN 978-612-317-308-1

1. Contabilidad - Ensayos, conferencias, etc. 2. Contabilidad - Normas 3. Contadores - Ética profesional 4. Auditoría - Normas 5. Finanzas públicas - Contabilidad 6. Contabilidad tributaria I. Díaz Becerra, Óscar Alfredo, 1962-, editor II. Dextre Flores, José Carlos, 1944-, editor III. Pontificia Universidad Católica del Perú

BNP: 2017-2877

Ciencia contable: visión y perspectiva
Libro homenaje por los 85 años de la Facultad de Ciencias Contables de la PUCP
Óscar Alfredo Díaz Becerra y José Carlos Dextre Flores, editores

Av. Universitaria 1801, Lima 32, Perú
feditor@pucp.edu.pe
www.fondoeditorial.pucp.edu.pe

Diseño, diagramación, corrección de estilo
y cuidado de la edición: Fondo Editorial PUCP

Primera edición: noviembre de 2017
Tiraje: 500 ejemplares

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú Nº 2017-15495
ISBN: 978-612-317-308-1
Registro del Proyecto Editorial: 31501361701192

Impreso en Tarea Asociación Gráfica Educativa
Pasaje María Auxiliadora 156, Lima 5, Perú

Reflexiones sobre el riesgo de tasa de interés en los bonos

Antonio Lafosse Benavides

La investigación incluida en este artículo nos sirve para identificar los riesgos de las variaciones de la tasa de interés en el precio de los bonos. En función de ello, vamos a revisar los conceptos teóricos de la duración de Macaulay, la duración modificada y la convexidad, los que nos ofrecen una buena medida de la volatilidad de los bonos cuando varían las tasas de interés en el mercado.

Palabras clave: riesgo, tasa de interés, bono.

1. Introducción

La economía moderna comprende mayormente a gente emprendedora que tiene pequeñas, medianas y grandes corporaciones que buscan maximizar sus ventas cumpliendo con sus metas empresariales y obtener utilidades. De esta manera, añaden valor a la economía al dar empleo, pagar los salarios de los trabajadores, generar utilidades para las empresas, y pagar impuestos al gobierno que serán usados para proveer bienes sociales o públicos a la sociedad. A partir de ello, se genera un círculo virtuoso que lleva al crecimiento de una economía. El denominador común de estas empresas es que, para hacer un negocio, se requiere dinero para la inversión, tanto en capital de trabajo (financiamiento de corto plazo) como en financiamiento de largo plazo, sea deuda o capital propio.

La sociedad ha previsto distintas maneras de obtener fondos mediante las instituciones financieras, como bancos comerciales, compañías de seguros, bancos de inversión, fondos mutuos, fondos de cobertura o *hedge funds*, fondos de capital de riesgo venture *capital funds*, etc. Una de las herramientas preferidas en los últimos años ha sido la emisión de bonos. En esta pequeña reflexión sobre los bonos, me propongo hacer énfasis en los riesgos de la tasa de interés del bono.

2. Definición de bonos

Antes que analizar el riesgo de tasa de interés, veremos qué es un bono. Es un instrumento de deuda que requiere un emisor —el que requiere el dinero— que se compromete a devolver la cantidad invertida más los intereses en cantidades fijas al inversor —el adquiriente del bono— en un período de tiempo dado.

Frank J. Fabozzi señala lo siguiente: «*A bond is a debt instrument requiring the Issuer (also called the debtor or borrower) to repay to the lender/investor the amount borrowed plus interest over a specified period of time*» (2013, p. 2). Igualmente, Douglas Livingston indica: «*A bond is a financial instrument backed by an* issuer *who promises to pay a specified stream of future cash flow to the* bondholder*. These cash flows include periodic interest payments called* coupons *and a repayment of* the principal amount, *generally in a lump sum at final maturity*» (1988, p. 4).

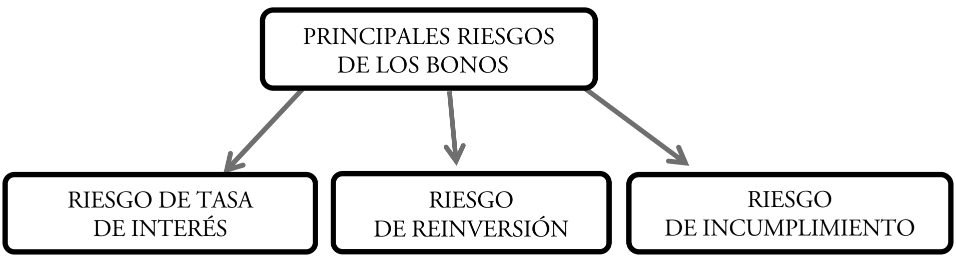
El bono es un contrato legal (*bond indenture*) entre el emisor del bono (*issuer*) y el tenedor del bono (*bondholder*). En dicho contrato, se definen las obligaciones y restricciones de ambos (en inglés, *affirmative covenants and negative covenants*). El bono se considera un instrumento de renta fija (*fixed income security*), debido a que el flujo de caja ofrecido por el emisor se mantiene igual durante todo el período que el inversor lo mantenga (tanto por el pago de intereses como de amortización), independientemente de los movimientos que puedan tener otras variables económicas como la tasa de interés.

3. Riesgos de los bonos

Existen tres principales riesgos de los bonos:

- Riesgo de tasa de interés
- Riesgo de reinversión
- Riesgo de incumplimiento

En esta pequeña reflexión, me propongo tratar el primer tipo de riesgo.



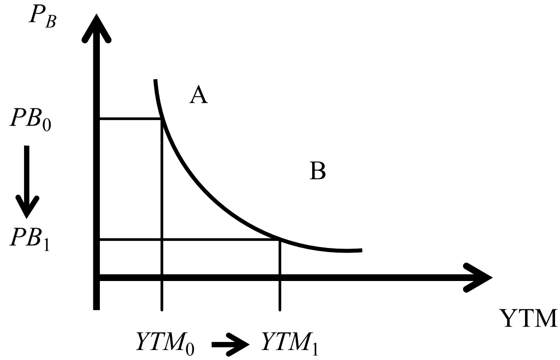
3.1. Riesgo de tasa de interés

Se sabe que hay una relación inversa entre el precio del bono y el YTM (la rentabilidad requerida por el inversor). Si analizamos la ecuación de la valorización de un bono, encontramos lo siguiente:

$$P_B = \frac{CF_1}{(1+YTM)^1} + \frac{CF_2}{(1+YTM)^2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{CF_N}{(1+YTM)^N}$$

Si YTM se incrementa, entonces, el precio del bono caerá y viceversa: si el YTM se reduce, entonces, el precio del bono aumenta.

Relación entre el precio del bono y el YTM



3.2. Relación entre el precio del bono y YTM

Para cada bono, se debe evaluar el impacto que tiene la variación en el YTM en el precio. Si el impacto es alto, entonces el riesgo también lo es, debido a que el precio del bono tendría una mayor variabilidad o volatilidad. Por el contrario, si el impacto es pequeño, entonces la variabilidad del precio es menor y sería menos volátil, por lo cual el riesgo es menor. Esto dependerá de una serie de factores que pueden afectar al YTM para el caso de los bonos. Existen varias formas para medir el riesgo de tasa de interés. En el siguiente apartado desarrollaremos las principales.

4. Formas de medir el riesgo de tasa de interés

4.1 Duración de Macaulay

Mide el período de tiempo promedio en que el bonista recupera su capital. Más tiempo implica más riesgo; en contraposición, menos tiempo supone menos riesgo. La fórmula para determinar la duración de Macaulay es la siguiente:

$$DURACIÓN_{MACAULAY} = \frac{\sum_{t=1}^{t=n} \frac{C \times t}{(1+YTM)^t}}{P_B}$$

En esta fórmula:

C = pago del cupón, Y = *Yield to Maturity*, Pb = precio del bono, n = número de períodos del bono

Yield to Maturity (YTM)

Existen varios factores que afectan al YTM para el caso de los bonos. Las razones más importantes son dos: la prima que exigen los tenedores de bonos (*bondholders*) por esperar (*risk wait*) y la prima que exigen los tenedores de bonos (*bondholders*) por preocuparse (*risk worry*).

Risk wait

Este depende de la tasa de interés real del mercado, la tasa de inflación esperada y el vencimiento de los bonos. La tasa de interés real y la tasa de inflación esperada se manifiestan en la tasa de interés nominal del mercado y su relación es la siguiente:

$$(1 + TInterés_{real})(1 + TInflación_{esperada}) = (1 + TI_{nominal})$$

$$TI_{nominal} = (1 + TInterés_{real})(1 + TInflación_{esperada}) - 1$$

Cuando la tasa de interés nominal se mueve, genera dos tipos de riesgo: el riesgo de tasa de interés (al subir la tasa de interés, cae el precio de los bonos) y el riesgo por reinversión (al bajar la tasa de interés, y se tiene un horizonte temporal de la inversión, la rentabilidad del bono será menor en los períodos posteriores).

Fuera de estos dos riesgos, un bonista exigirá una prima adicional en la medida en que el vencimiento del bono sea más lejano (prima por vencimiento) Todos los bonos tienen esta primera clase de riesgo.

Risk worry

Los bonistas exigen adicionalmente una prima adicional por el riesgo de incumplimiento, riesgo de liquidez, riesgo de una calificación crediticia más baja.

Supóngase un Bono Bullet donde la tasa de cupón es 10%, valor nominal =$ 1000, el período de vencimiento cinco años y la tasa de descuento (YTM) 10% (Ala par). Calculamos La duración de Macaulay:

Tabla 1. Duración de Macaulay

Períodos (1)	*Cash flow* (2)	*Cash flow* (% de lo **recibido**) (3)	*Cash flow* x t (4) = (1) x (3)	Tasa de descuento (5)	Valor presente x *cash flow* (6) = (2) x (5)	(%) del precio del bono (7) = (6)/pb	Valor presente ponderado (7) x (1)
1	100	0,0667	0,0667	0,9091	90,9091	0,09091	0,09091
2	100	0,0667	0,1340	0,8264	82,6446	0,08264	0,16528
3	100	0,0667	0,2010	0,7513	75,1315	0,07513	0,22539
4	100	0,0667	0,2680	0,6830	68,3013	0,06830	0,2732
5	1100	0,7332	3,666	0,6209	683,0135	0,68302	3,4151
Total	**1500**	**1 = 100%**	**4,336**		**1000**	**1 = 100%**	**4,17**
					PRECIO DEL BONO (PB)		**DURACIÓN DE MACAULEY**

En promedio, el bonista recupera su inversión en 4,16 años (4 años, 1 mes y 27 días). Mientras más alto sea este valor, más riesgoso es el bono.

Si tomamos la derivada del precio del bono con respecto al YTM, obtenemos lo siguiente:

$$\frac{\Delta P_B}{\Delta YTM} = -\frac{P_B}{1+YTM} \times \left[\underbrace{\frac{\dfrac{[C_1]}{(1+Y)^1} + \dfrac{[2C_2]}{(1+Y)^2} + \ldots\ldots\ldots + \dfrac{[nC_{n+V_{NOM}}]}{(1+Y)^n}.}{P_B}}_{\text{Duración de Macaulay}} \right]$$

En esta fórmula,

$$\text{Duración Macaulay} = -\frac{\Delta\% P_B}{\Delta\%\left(1+YTM\right)}$$

Cabe anotar que «el incremento porcentual del precio del bono ante el incremento porcentual de un punto en la tasa de descuento» (no en el YTM). En el caso práctico anterior, si el YTM incrementa en 1% la tasa de descuento (1 + YTM), entonces, el precio del bono se reducirá en 4,17%.

Aplicamos la fórmula:
Hacemos YTM = 9,5% en el que PB = $ 1019,20
YTM = 10,5%, en el que PB = $ 981,29

Como consecuencia,

$$\Delta\%P_B = \frac{1019,20 - 981,29}{1000,0} = \frac{37,91}{1000} = 3,791\% \qquad (1)$$

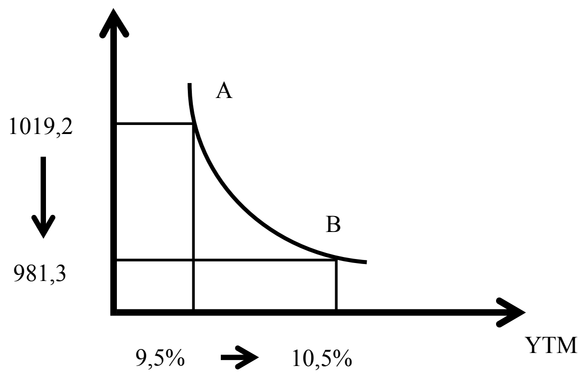
$$\Delta\%YTM = \frac{0,1}{1+0,1} = \frac{0,1}{1,1} = 0,909 \qquad (2)$$

Dividimos (1)/(2) y obtenemos lo siguiente:

$$\text{Duración de Macaulay} = \frac{3,791\%}{0,909\%} = 4,17$$

Esta es exactamente la respuesta hallada a partir del procedimiento anterior. La interpretación de la duración de Macaulay implicaría que el período de recuperación del total de la inversión es de 4,17 años (4 años, 2 meses, un día).

Relación entre el precio del bono y YTM
(Caso práctico)



4.2 Duración modificada

La duración modificada es más precisa y nos mide «la variación porcentual del precio del bono ante la variación en un punto porcentual el YTM» (–). Su fórmula se deriva de la siguiente manera. Si tomamos la derivada del precio del bono con respecto al YTM, tenemos lo siguiente:

$$\underbrace{\frac{\Delta P_B}{\Delta YTM} = -\frac{P_B}{1+YTM} \times \left[\frac{\frac{[C_1]}{(1+Y)^1} + \frac{[2C_2]}{(1+Y)^2} + \ldots\ldots\ldots + \frac{[nC_{n+V_{NOM}}]}{(1+Y)^n}.}{P_B} \right]}_{\text{Duración de Macaulay}}$$

Ordenamos los términos:

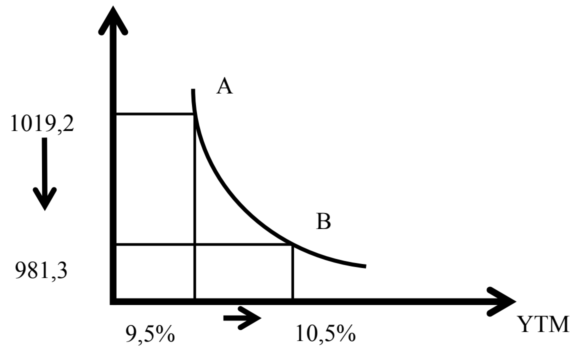
$$\frac{\Delta P_B}{\Delta YTM} = -\frac{P_B}{1+YTM} \times \text{Duración Macaulay}$$

Donde

$$\text{Duración modificada} = \frac{\Delta P_B}{\Delta YTM} \times \frac{1}{P_B} = -\frac{\frac{\Delta P_B}{P_B}}{\Delta YTM} = -\frac{DURACIÓN\ MACAULAY}{1+YTM}$$

En el caso anterior, la duración modificada es 4,17/(1+0,1) = –3,79

Relación entre el precio del bono y YTM



Duración modificada = (1019,2 – 981,3) = \$ 37,9/\$ 1000 = 0,0379 = 3,79%

Una buena aproximación de hallar la duración modificada es tomando directamente el valor de los precios ante subidas de +0,5% (V+) y bajadas de –0,5%(V-), Está aproximación nos da la fórmula siguiente:

$$\textit{Aproximación a la duración modificada} = \frac{V - V+}{2 \times V_0 \times \Delta YTM}$$

= (1019,2-981,3)/(2)X(1000)X(0,005) = 3,79%

4.2.1 Problemas en la medida de la duración modificada

La duración modificada nos sirve cuando las variaciones en la tasa de interés son pequeñas; sin embargo, cuando las variaciones de la tasa de interés son muy grandes, hay una gran discrepancia. Este problema se soluciona utilizando el concepto de convexidad.

Al respecto, Fabozzi señala lo siguiente: «*Estimates of the price impact of a change in yield based only on modified duration can be improved by introducing a second term based on bonds convexity.* Convexity *is a measure of the curvature of the price-yield relation. The more curved it is, greater the convexity adjustment to a duration-based estimate of the change in price for a given change in YTM*» (2013, p. 73).

Si observamos cuidadosamente, existe una relación lineal entre el Δ% del precio del bono y la duración modificada.

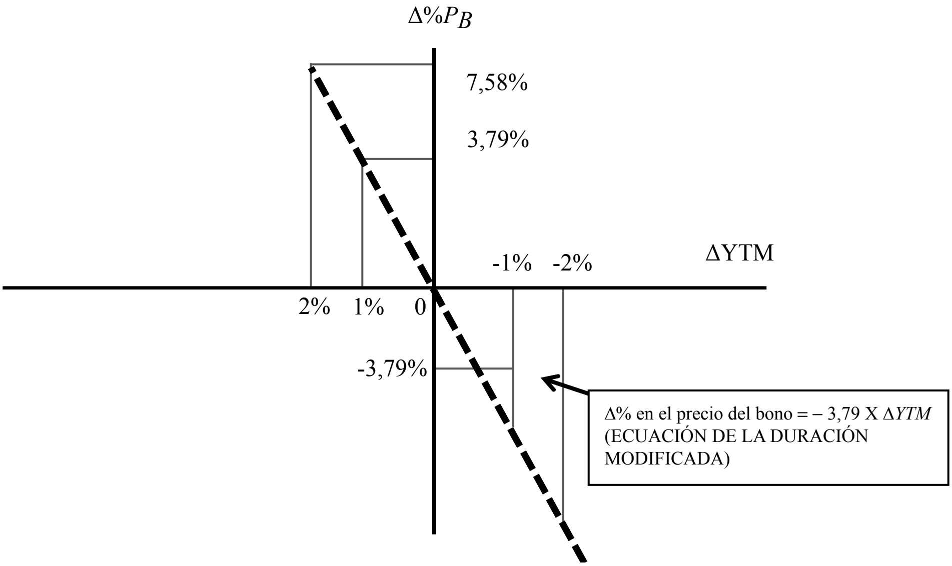
$$\text{Duración modificada} = -\frac{\frac{\Delta P_B}{P_B}}{\Delta YTM} = \frac{\Delta \% P_B}{\Delta YTM}$$

En el caso práctico,

Δ% en el precio del bono = – Duración modificada X Δ*YTM*

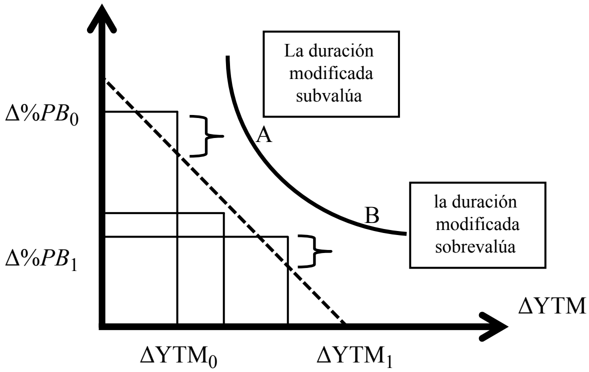
Δ% en el precio del bono = – 3,79 X Δ*YTM* (ecuación de la duración modificada)

Duración modificada de un bono



La relación Δ porcentual precio del bono-ΔYTM es convexa. Esto nos llevará a que, cuando los cambios son grandes, hay una sobrevaluación y subvaluación en el incremento porcentual de los precios de los bonos.

Problemas en la medida de la duración modificada: sobrevaluación y subvaluación del precio de un bono



5. Convexidad

La fórmula de la convexidad está dada por la siguiente fórmula:

$$CONVEXIDAD = \frac{\Delta P_B^{\ 2}}{\Delta YTM^2} \times \frac{1}{P_B} = \frac{1}{(1+YTM)^2} \frac{\frac{(1)(2)F_1}{\left((1+YTM)^1\right)} + \frac{(2)(3)F_2}{\left((1+YTM)^2\right)} + \ldots + \frac{(n)(n+1)F_n}{\left((1+YTM)^n\right)}}{P_B}$$

En la siguiente tabla se ilustra nuestro caso práctico:

Tabla 2. Cálculo de la convexidad de un bono

Períodos (T)	T+1	CT	1/(1+YTM)^T	C/(1+YTM)^T	(T)X(T+1) C/(1+YTM)^T
1	2	100	0,9091	90,9	(1)(2)(90,9)90,9 = 181,8
2	3	100	0,8264	82,7	(2)(3)(82,7) = 495,8
3	4	100	0,7513	75,1	(3)(4)(90,9) = 905,6
4	5	100	0,6830	68,3	(4)(5)(68,3) = 1366,0
5	6	1100	0,6209	683	(5)(6)(683) = 20,489,7
				1000	**23 438,9**

$$CONVEXIDAD = \frac{1}{(1+YTM)^2}\frac{23\,438,9}{1000} = 19,37\ años^2$$

Se trata de un tratamiento bastante engorroso, sobre todo, si el bono es de un vencimiento largo. Un concepto aproximado es el siguiente:

Convexidad aproximada $= \frac{P_B^{\ +} + P_B^{\ -} - 2P_B}{P_B \times \Delta YTM^2}$, en que ΔYTM = 1%, o 0,01 (siempre)

Para nuestro caso práctico,

$$\text{Convexidad} = \left(1019,2 + 981,29 - (2 \times 1000)\right)/1000 \times 0,005^2 = 19,34 \approx 19,6 \text{ años}^2.$$

Producto del concepto de duración modificada y convexidad, podemos hallar finalmente cuál es la sensibilidad del precio de un bono ante cambios en la tasa de interés.

6. Sensibilidad del Δ% del precio del bono ante Δ YTM

Para determinar el efecto total de la variación del incremento del YTM en el precio del bono, tomamos la expansión de Taylor.

$$\Delta P = \frac{\Delta P}{\Delta YTM} \times \Delta YTM + \frac{1}{2}\frac{\Delta P^2}{\Delta YTM^2} \times \Delta YTM^2 + \ldots$$

Dividimos entre P

$$\frac{\Delta P}{P} = \underbrace{\frac{\Delta P}{\Delta YTM} \times \frac{1}{P}}_{\text{Duración}}\Delta YTM + \frac{1}{2}\frac{\Delta P^2}{\Delta YTM^2} \times \underbrace{\frac{1}{P}}_{\text{Convexidad}}\Delta YTM^2 + \ldots$$

En esta, el efecto completo en la variación porcentual del bono se da por la siguiente ecuación:

$$\text{Sensibilidad} = \frac{\Delta P}{P} = -Duración \times \Delta YTM + \frac{1}{2} Convexidad \times \Delta YTM^2$$

A este factor se le denomina sensibilidad del precio del bono ante incrementos del YTM (se toman solo los dos primeros elementos de la expansión de Taylor). En nuestro caso práctico, supongamos el YTM se incrementa porcentualmente en 3%. Si tal es la situación, la ecuación de la sensibilidad es la siguiente:

$$\frac{\Delta P}{P} = -3,79 \times \Delta YTM + \frac{1}{2} 19,37 \times \Delta YTM^2$$

Cuando el precio sube 3%, $\frac{\Delta P}{P} = -3,79 \times 0,03 + \frac{1}{2} 19,37 \times 0,03^2$

$$\frac{\Delta P}{P} = -(11,37\% + 0,87\%\%) = 12,24 \approx -12,3\%$$

Cuando el precio baja 3%, $\frac{\Delta P}{P} = -3,79 \times -0,03 + \frac{1}{2} 19,37 \times 0,03^2$

$$\frac{\Delta P}{P} = -(-11,37\% + 0,87\%\%) = 10,5 \approx -10,55\%$$

A partir de ello, concluimos que la sensibilidad es un buen indicador de cómo variará el incremento porcentual en el precio del bono ante incrementos del YTM.

Bibliografía

Fabozzi, Frank J. (2013). *Bond Markets, Analysis and Strategies*. 8ª ed.. Londres: Pearson.

Livingston, G. Douglas (1988). *Yield Curve Analysis: The Fundamentals of Risk and Return*. Nueva York: New York Institute of Finance.

Fabozzi, Frank J. (2007). *Fixed Income Analysis*. Nueva York: CFA Institute of Investment series.