MOMENTO ECONÓMICO

NÚM. 120, MARZO-ABRIL DE 2002, PP. 14-34.

COBERTURA CON FUTUROS DE TÍTULOS DE CAPITAL

FRANCISCO VENEGAS-MARTÍNEZ*
JAIME DÍAZ-TINOCO Y BERNARDO GONZÁLEZ-ARÉCHIGA*****

Resumen

Se desarrolla un modelo para inmunizar el valor de una cartera de acciones contra el riesgo del mercado de capitales y el riesgo de tasa de interés mediante el uso de contratos a futuros. En la propuesta se destaca el uso del concepto de duración monetaria en la administración del riesgo de mercado. La robustez de las estrategias obtenidas se evalúa en términos de su valor en riesgo. Los efectos del riesgo mercado en el valor de la cartera se estiman en términos de: 1) costos asociados a las necesidades de liquidez; 2) varianza, y 3) valor en riesgo. A manera de ilustración, el modelo es aplicado en la cobertura de una cartera de acciones que cotizan en la Bolsa Mexicana de Valores con contratos a futuro listados en el MexDer (mercado mexicano de derivados).

Palabras clave: cobertura de carteras, futuros sobre acciones, valor en riesgo.

Clasificación JEL: G11, G13
Recibido: 2 de octubre de 2001.
Enviado a dictamen: 19 de noviembre de 2001.
Aceptado: 26 de marzo de 2002.

Introducción

En las últimas décadas el desarrollo de los mercados de capitales ha estado acompañado de una mayor disponibilidad de instrumentos de cobertura contra diferentes tipos de riesgos. Asimismo, en los últimos años la medición y administración de riesgos se ha convertido en una práctica generalizada tanto de los intermediarios financieros como de los administradores de fondos de inversión. Con el desarrollo de las tecnologías de información, el uso de futuros y opciones en la formulación de estrategias de cobertura se ha extendido rápidamente hacia las empresas no financieras (o productivas) y aun hacia los medianos y pequeños inversionistas.

El listado reciente de contratos a futuro sobre títulos accionarios en el Mercado Mexicano de Productos Derivados (MexDer) para cubrir los riesgos del mercado mexicano de capitales, responde a la flexibilidad que estos instrumentos proporcionan a sus usuarios para entrar y salir rápidamente del mercado debido a su liquidez y apalancamiento. Los futuros financieros, en particular los que se refieren a títulos accionarios, son herramientas útiles que permiten a los inversionistas administrar el riesgo de mercado con bajos costos de transacción. Asimismo, el riesgo crédito de estos instrumentos es mínimo, o casi nulo, debido a la asociación del mercado con una cámara de compensación que a cambio de una comisión actúa como contraparte de todas las partes, situación que garantiza el cumplimiento de las obligaciones adquiridas por todos los participantes en el mercado. En conclusión, los futuros sobre títulos accionarios son instrumentos que permiten a los inversionistas cubrir sus posiciones largas o cortas, en respuesta a sus expectativas económicas y financieras, reduciendo el riesgo y la incertidumbre del mercado con costos bajos de transacción.

* Centro de Investigación en Finanzas, ITESM, Campus Cd. de México.
Correo electrónico <fvenegas@campus.ccm.itesm.mx>
** Asigna, Compensación y Liquidación e Indeval. Correspondencia: Av. Paseo de la Reforma 255, 4o. piso, Asigna, Compensación y Liquidación, 06500 México, D.F.
*** IPAB, Instituto para la Protección al Ahorro Bancario.
Los autores agradecen los valiosos comentarios y sugerencias de José Carlos Ramírez y Sam Howison para mejorar sustancialmente el presente trabajo. Asimismo, agradecen la invaluable asistencia de Jijuoyi Ueda en la parte computacional. Las ideas y opiniones presentadas en esta investigación son exclusivamente de los autores y no de sus instituciones de adscripción. Asimismo, los autores agradecen los comentarios y sugerencias de dos árbitros anónimos de la revista.

La ausencia tan prolongada de mercados de instrumentos financieros de cobertura de títulos accionarios en México nos invita a evaluar sus efectos en el mercado bursátil. En particular, en el episodio de diciembre de 1994, o mejor dicho, en la debacle financiera de 1995, llama la atención la enorme exposición al riesgo en el mercado accionario y la imposibilidad de administrarlo por la falta de un mercado de coberturas contra contingencias financieras,[1] situación que no permitió a los agentes económicos planear adecuada y oportunamente sus carteras en el corto y el mediano plazos. En la actualidad se cuenta en México con un mercado organizado y reconocido por las autoridades fiscales y financieras en el que se negocian contratos a futuro estandarizados sobre seis de los principales títulos accionarios que se comercian en la Bolsa Mexicana de Valores (BMV), así como de su índice de precios y cotizaciones (IPC). Cuando estos instrumentos se utilizan adecuadamente se protege a los inversionistas contra pérdidas ocasionadas por movimientos bruscos e inesperados de las variables subyacentes.

En los últimos años, el análisis financiero en México ha experimentado una serie de profundos cambios y transformaciones que han modificado la forma de construir y evaluar coberturas con futuros.[2] Vale la pena destacar los trabajos de González-Aréchiga, Díaz-Tinoco y Venegas-Martínez [2000 y 2001]; González-Aréchiga, Venegas-Martínez y Díaz-Tinoco [2000]; Venegas-Martínez [2001d]; Díaz-Tinoco [1997 y 1997a]; y González-Aréchiga [1997]. En este trabajo se desarrolla un modelo para inmunizar una cartera de acciones mediante el uso de los contratos a futuro que se cotizan en el MexDer. Asimismo, en nuestro modelo se destaca el concepto de duración monetaria en la medición y el control del riesgo por movimientos adversos en la tasa de interés. Es importante señalar que este concepto toma relevancia debido a que las coberturas se realizan, tanto para el activo subyacente, títulos de capital, como para la tasa de interés, estructura intertemporal de Cetes.

Otras alternativas que se encuentran disponibles en la literatura para generar coberturas con futuros sobre acciones se encuentran en Naik y Uppal [1994], Gorton y Pennacchi [1993], y Rubinstein [1987]. Las principales características de nuestras estrategias de cobertura son: 1) la aplicación del método propuesto se fundamenta en el marco teórico del CAPM (Capital Asset Pricing Model); 2) el método considera explícitamente la sensibilidad de al cartera a variaciones en la fecha en que se inicia la cobertura; 3) la aplicación del método es simple ya que sólo requiere de sistemas de ecuaciones lineales; 4) el rebalanceo de la cartera se lleva a cabo con modificaciones sencillas en el sistema de ecuaciones resultante; 5) las estrategias se actualizan en forma inmediata cuando hay más información disponible sobre expectativas y condiciones del mercado, y 6) se puede llevar cabo un análisis del valor en riesgo, lo que permite analizar coberturas de volatilidad extrema.

El desarrollo de esta investigación es como sigue. En la siguiente sección se define el precio teórico de un futuro sobre un título de capital, ya que estos futuros son los que utilizamos como cobertura. En la sección 3, se estima la estructura intertemporal de la tasa de interés que se utiliza para determinar el precio del dinero en el tiempo de los contratos a futuro. En la sección 4, se introduce el concepto de estrategia de cobertura con futuros sobre acciones e IPC. Luego se presenta brevemente el método histórico de valor en riesgo, para en la siguiente aplicar nuestro modelo en la generación de coberturas de una cartera de acciones. Finalmente, se presentan las conclusiones, se establecen las limitaciones y ventajas del modelo, y se mencionan algunas líneas de investigación futura.

Contratos a futuro sobre acciones

Los precios teóricos de los contratos de futuros sobre acciones se establecen en condiciones libres de arbitraje que se estiman a partir de los precios y tasas de interés vigentes en los mercados *spot*. Es decir, el precio del

[1] Sobre las consecuencias de mercados financieros incompletos en la economía mexicana véanse, por ejemplo, Venegas-Martínez y González-Aréchiga [2000], y Venegas-Martínez [2001], [2000], [2000a], [2001e] y [1999].

[2] Para aplicaciones de cobertura véanse, por ejemplo, Venegas-Martínez [2001c] en productos energéticos y Díaz-Tinoco [1996] y Díaz-Tinoco y Venegas-Martínez [2001] en productos agrícolas.

contrato a futuro se determina en condiciones de equilibrio en el mercado de contado y relaciones del valor del dinero en el tiempo. La fórmula de valuación teórica de los contratos de futuros sobre acciones en la que se concentra este trabajo se describe a continuación:[3]

$$F_{t,T} = S_t\left[1 + r_{t,T}\left(\frac{T-t}{360}\right)\right]\left[1 - q\left(\frac{T-t}{360}\right)\right], \qquad [1]$$

aquí $F_{t,T}$ es el precio, al tiempo t, del futuro sobre la acción S_t y con vencimiento en T; $r_{t,T}$ es la tasa de interés nominal (expresada como tasa de rendimiento anualizada) de plazo, la cual se estima con la tasa de Cetes, y q es la tasa media esperada de dividendos (anualizada) que paga el subyacente. En el caso del MexDer, el tamaño del contrato es de $K = 1\ 000$ acciones. Como puede observarse en [1], el precio a futuro de una acción no es más que el precio de ese activo el día de la valuación, digamos al tiempo t, llevado a futuro y considerando el costo de acarreo, que en este caso consiste sólo del costo financiero ajustado por el pago de dividendos esperado durante la vigencia del contrato $T - t$. La estructura esperada de dividendos puede expresarse como el valor presente de uno o más pagos de dividendos, como una tasa de dividendo equivalente continuamente capitalizada o como un valor monetario capitalizado a futuro y descontado del precio esperado terminal de las acciones. Todas estas fórmulas incorporan un gran número de supuestos sobre la fechas y montos de pago así como sobre la estructura de tasas de interés. En este caso se opta por una tasa anualizada constante.[4]

También, se puede observar en [1], que las principales variables de riesgo de este contrato son el precio del activo subyacente (precio de la acción) y la tasa de interés, por lo que es claro de [1], que la sensibilidad del contrato futuro a cambios en S_t y la duración monetaria están dadas, respectivamente, por:[5]

$$\frac{\partial F_{t,T}}{\partial S_t} = \left[1 + r_{t,T}\left(\frac{T-t}{360}\right)\right]\left[1 - q\left(\frac{T-t}{360}\right)\right] = \frac{F_{t,T}}{S_t}, \qquad [2]$$

y

$$\frac{\partial F_{t,T}}{\partial r_{t,T}} = S_t\left[1 - q\left(\frac{T-t}{360}\right)\right]\left[\left(\frac{T-t}{360}\right)\right] = \frac{\left(\frac{T-t}{360}\right)F_{t,T}}{1 + r_{t,T}\left(\frac{T-t}{360}\right)}, \qquad [3]$$

Estas cantidades son de gran interés en la determinación de estrategias de cobertura con futuros del valor de una cartera, ya que cuantifican la sensibilidad del precio a futuro a cambios en las variables de riesgo que presenta el contrato y, como se verá más adelante, estas expresiones permiten establecer las condiciones de equilibrio entre los flujos de efectivo no esperados y la posición que se desea cubrir. Nótese que la duración monetaria del futuro se determina mediante una aproximación lineal o de primer orden entre el precio teórico del futuro y la tasa de interés. La duración mide el tiempo promedio en el que se presentan los flujos propios del contrato a futuro.[6] También, es importante notar que la sensibilidad del futuro a cambios en el activo subyacente, en el nivel de la tasa de interés y en el plazo del contrato (así como por la

[3] Para más detalles sobre precios teóricos de futuros véanse: Díaz-Tinoco y Hernández Trillo [2000] o González-Aréchiga, Díaz-Tinoco y Venegas-Martínez [2000].

[4] Evidentemente, dado el monto y la forma de pago de los dividendos, todas las expresiones alternativas deben tener el mismo efecto en el valor futuro y deben considerarse como equivalentes. Sin embargo, la forma de expresión afecta la fórmula de la sensibilidad del futuro ante cambios en el precio y la tasa de interés. La expresión seleccionada facilita el cálculo posterior de las sensibilidades.

[5] Vale la pena aclarar que si bien el dividendo esperado se toma en cuenta en la determinación del precio a futuro, no se considera fuente de riesgo, ya que su pago no es tan regular, e incluso en plazos de contratos cortos (uno, tres, o 6 meses) muchas veces este pago se considera nulo.

[6] Para más detalles sobre duración de Cetes, Bondes y otros títulos de deuda pública véase Venegas-Martínez, González-Aréchiga y Díaz-Tinoco [1999].

existencia de un posible dividendo)[7] determinan las estrategia de cobertura.[8]

Dada la importancia de la tasa de interés tanto en la determinación del precio a futuro de un activo como en el portafolio de cobertura, en la siguiente sección se estima la curva intertemporal de la tasa de interés.

Estimación de las tasas de descuento de Cetes

El problema de estimación de la estructura de tasas de interés es ampliamente estudiado en la literatura. Björk [1995] describe distintos modelos y métodos que se han planteado recientemente para estimar la curva intertemporal de corto plazo incluyendo algunos modelos no paramétricos. Aun cuando los avances teóricos en este campo son muchos, la aplicación empírica no ha avanzado a la misma velocidad. En esta sección, se presenta un método de estimación de la estructura de plazos[9] de la tasa de interés de los Cetes que se utilizará para calcular la ecuación 3. Este método fue implementado por la Bolsa Mexicana de Valores y constituyó el vector de precios para la valuación de activos de bancos y casas de bolsa hasta la entrada en operaciones de los proveedores de precios, los cuales utilizan métodos distintos para realizar sus respectivas estimaciones. El método utilizado por la Bolsa Mexicana de Valores parte de considerar las tasas de rendimiento, con diferentes plazos, reportadas por los participantes del mercado y las convierte en tasas de descuento. Éstas digamos d_i, $i = 1, 2, \ldots, m$, se utilizan para calcular el precio de mercado, PM_i, mediante la siguiente relación:

$$PM_i = Q\left[1 - d_i \frac{DP_i}{360}\right], \quad i = 1, 2, \ldots, m,$$

donde DP_i son los días de plazo asociados al plazo de la tasa d_i y Q es el valor nominal del Cete (10 pesos). La estructura intertemporal de precios se estima mediante el ajuste de un polinomio de cuarto grado por medio de mínimos cuadrados con restricciones. Es decir, se desea estimar un polinomio de cuarto grado para el precio de los Cetes en la variable días plazo expresada como un porcentaje de un año estandarizado de 360 días; es decir, $\hat{o}\, DP / 360$,[10]

$$p(\tau) = Q[1 - (\alpha_0 + \alpha_1\tau + \alpha_2\tau^2 + \alpha_3\tau^3)\tau]$$

de tal manera que se resuelva el problema de minimizar el error cuadrático entre el precio estimado y el precio observado, ponderado por volumen, de la siguiente manera:

$$\min_{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3} \sum_{i=1}^{m} [PM_i - p(\tau_i)]^2 \sqrt{V_i} + \left(\frac{1}{m} \sum^{m} \sqrt{V_i}\right)\left[d'(\tau)_{\tau=\tau_E}\right]^2.$$

[7] En plazos cortos el dividendo esperado es cero. En un mercado como el mexicano donde no existe una cultura clara de política de pagos de dividendos en períodos menores a un año. Regularmente, cuando existe pago de dividendos estos se dan una vez al año en períodos de asambleas de accionistas por los meses de marzo y abril (Ver Anuarios Bursátiles de la Bolsa Mexicana de Valores).

[8] El Riesgo Base se define como la pérdida potencial que se puede presentar cuando el vencimiento del contrato de cobertura no coincide con la fecha en que se tiene que realizar la operación sujeta a cobertura y es necesario compensar los contratos antes de su vencimiento o bien es necesario rehacer la cobertura porque los contratos se vencen antes de que realicemos la operación sujeta a cobertura [Hull, 1997]. Este riesgo se presenta principalmente en operaciones de cobertura con productos estandarizados, como es el caso de los futuros que utilizamos en el presente trabajo. Su análisis requiere un trato por separado y sale de objetivo del presente trabajo por lo que recomendamos revisar las referencias de la bibliografía para su análisis.

[9] Todos los instrumentos de deuda exhiben una sensibilidad a los cambios en las tasas cupón cero de corto plazo (es decir, a la tasa Cete). Esta sensibilidad depende de la estructura de cupones y de los mecanismos de difusión de los cambios de corto plazo en las tasas de mediano plazo. En este trabajo, la elección de tasas obedece no a la sencillez numérica sino a la disponibilidad de instrumentos financieros de cobertura, como son los contratos *forward* y los futuros. Otros modelos alternativos de la estructura de plazos de tasas de interés modelados con procesos de difusión se describen en Venegas-Martínez y González-Aréchiga [2001], Artzner y Delbaen [1989] y Babbs y Webber [1993]. El modelo que se describe en esta sección es el utilizado por la BMV y se describe en detalle en el Boletín de Valuación, Sección Metodologías para la Valuación de Instrumentos de Deuda y Capitales.

[10] Esta sección se construye a partir de la relación entre plazo y tasa cupón cero utilizada por la BMV en el cálculo de la estructura intertemporal de tasas al momento que se desarrollaba la investigación. Cualquier relación econométrica o teórica entre plazo y tasa es susceptible de un análisis semejante.

NÚM. 120, MARZO-ABRIL DE 2002, PP. 14-34.

donde V_i son los volúmenes operados de plazo i. En este problema de mínimos cuadrados se establecen dos restricciones: 1) la tasa de descuento correspondiente al plazo mínimo informado se ancla en α_0, y 2) la pendiente de la curva de descuento en el punto final se estima con base en el último día plazo. Aquí, m es el número de días plazos reportados; $\hat{o}_i$ es el i-ésimo día plazo anualizado ($\hat{o}_i = DP_i /360$); PM_i es el precio promedio de mercado para el plazo i; $d(\hat{o})$ es la función tasa de descuento: $d(\hat{o}) = \alpha_0 + \alpha_1\tau + \alpha_2\tau^2 + \alpha_3\tau^3$; $d'(\hat{o})$ es la derivada de $d(\hat{o})$, es decir, $d'(\hat{o}) = \alpha_1 + 2\alpha_2\tau^2 + 3\alpha_3\tau^2$; $\hat{o}_E$ es el último día plazo e igual a 720 días; y α_1, α_2 y α_3 son los parámetros por estimar. Una vez calculados los parámetros, digamos $\hat{\alpha}_1$, $\hat{\alpha}_2$ y $\hat{\alpha}_3$, se genera el polinomio estimado

$$\hat{p}(t) = Q[1 - (\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1\tau + \hat{\alpha}_2\tau^2 + \hat{\alpha}_3\tau^3)\,\tau] \qquad [4]$$

el cual define el vector de precios para los días plazo desde 1 hasta 360. La estructura intertemporal de tasas de descuento estimadas, $d(DP)$, se obtienen de la siguiente expresión:

$$d(DP) = Q\left[\frac{360}{DP}\right] = \hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1\left[\frac{DP}{360}\right] + \hat{\alpha}_2\left[\frac{DP}{360}\right]^2 + \hat{\alpha}_3\left[\frac{DP}{360}\right]^3$$

donde DP, como antes, son los días plazo (de 1 hasta 360 días).

En el caso de Cetes, con un plazo de vencimiento mayor a 360 días, es necesario extrapolar para obtener tasas de descuento a plazos de entre 361 y 720 días, de la siguiente manera:

1) La tasa de descuento de 360 días se convierte en tasa de rendimiento.

2) La tasa de rendimiento de 360 días, r_{360}, es llevada a plazos mayores, hasta 720 días, mediante:

$$r_{360+i} = \left[(r_{360}+1)^{\frac{360+i}{360}} - 1\right]\left[\frac{360}{360+i}\right]$$

3) Finalmente, las tasas de rendimiento de 361 a 720 días se convierten en tasas de descuento.

Una vez establecido cómo se determina el precio a futuro de una acción y del IPC y descrita la forma en que se calculan las tasas de interés para los distintos plazos desde un día hasta 720 días, en la siguiente sección se desarrolla el modelo de cobertura con futuros.

Estrategias de cobertura con futuros sobre acciones e IPC

La cobertura es una estrategia que reduce el riesgo por fluctuaciones adversas en el mercado bursátil. Cuando la cobertura se usa adecuadamente protege a los inversionistas contra pérdidas potenciales en el mercado accionario. Crear una estrategia de cobertura es incorporar, en la cartera (o posición) que se desea cubrir, contratos a futuro en posición inversa a la que se mantiene en nuestra cartera, de manera que se minimicen los efectos de la volatilidad de los rendimientos de la nueva cartera con cobertura.[11] De esta forma, para administrar la exposición al riesgo mercado es recomendable seguir los cuatro pasos siguientes:

a) Tomar una posición con futuros (correlacionados con la acción o acciones que componen la cartera) inversa a la posición que se mantiene sobre la cartera. Es decir, si estamos largos en nuestra cartera, entonces tomamos una posición corta a futuro y viceversa.[12]

b) Determinar el número de contratos sobre los que necesitamos abrir posiciones de acuerdo con el importe de la posición que se desea cubrir y del tamaño del contrato con el que se va a realizar la cobertura. Esto lo podríamos llamar ajuste por volumen.

[11] Para más detalles sobre este aspecto véase [Hull, 1997].

[12] Es importante hacer notar que cuando realizamos la cobertura incorporando futuros a nuestro portafolio, estamos generando un producto sintético en tasas de interés ya que tenemos por ejemplo, una posición larga en un activo, después se toma una posición corta en el futuro que implica una posición corta en el subyacente (mismo activo u otro altamente correlacionado) y una posición corta en la tasa. Los dos primeros se compensan y el sintético que resulta es corto en tasa. Dado esta situación, el factor de riesgo importante en la cartera con cobertura es la tasa y este riesgo lo podemos medir a través de la duración (en tasas de descuento).

c) Ajustar el monto de la cobertura en función de la sensibilidad que presenta la cartera a cubrir con respecto a la sensibilidad que presenta el contrato que se utilizará como cobertura. A este ajuste le podríamos denominar ajuste por sensibilidad.

d) Ajustar el monto de la cobertura por las diferencias en las fechas de los futuros y la fecha de referencia para la cobertura.

e) Rebalancear periódicamente las posiciones de los contratos a futuro a medida que se mueven los precios de los subyacentes y sus futuros.[13]

A continuación se desarrollan varios métodos de cobertura del valor de cartera de acciones con futuros sobre acciones o sobre índices bursátiles, en cada uno de estos métodos se desarrolla la forma en que se administra la volatilidad de la cartera mediante una cobertura que utiliza los distintos futuros que se tienen disponibles en el mercado. El análisis que se realiza es estático, en el sentido de que no se rebalancea el resultado a lo largo del tiempo. También, suponemos que la estrategia que se seleccione se mantiene hasta el vencimiento de los contratos involucrados en la cobertura, por lo que no consideramos el análisis del riesgo base.

Estrategias de cobertura para un subyacente con un futuro

Como señalamos anteriormente, una cobertura es una estrategia que consiste en incorporar posiciones de futuros inversas al activo que deseamos cubrir, esto con el propósito de reducir la volatilidad de la cartera y tratar de "amarrar" el precio a futuro de nuestro activo. De esta forma, el objetivo que se persigue con las coberturas que desarrollamos es precisamente el de encontrar la mejor alternativa de contratos a futuro que nos minimice el riesgo de nuestro portafolio. Este riego lo mediremos con la volatilidad de los flujos y el valor en riesgo del portafolio.

Para desarrollar las estrategias de cobertura que se plantean en el presente trabajo, partimos de que el precio teórico de un contrato a futuro sobre S_t, en términos de la tasa de descuento, se obtiene con base en la ecuación 4 mediante

$$F_{t,T} = S_t \frac{1-q_{t,T}\tau}{1-d_{t,T}\tau} = S_t \frac{1-q_{t,T}\tau}{1-(\hat{\alpha}_0+\hat{\alpha}_1\tau+\hat{\alpha}_2\tau^2+\hat{\alpha}_3\tau^3)\,\tau},$$

donde $\hat{o} = (T - t)/360$ es el plazo anualizado y $dt,_T$ es la tasa de descuento cupón cero (es decir, correspondiente a los Cetes) al plazo $T - t$. De manera equivalente,

$$F_{t,T} = St\,\frac{1-q_{t,T}\,\hat{o}}{f_{t,T}}, \qquad [5]$$

donde el factor de descuento, $f_{t,T}$ está dado por:

$$f_{t,T} = 1 - (\hat{\alpha}_0 + \hat{\alpha}_1\tau + \hat{\alpha}_2\tau^2 + \hat{\alpha}_3\tau^3)\tau.$$

Nótese que en la estimacion del precio del Cete, en la sección anterior, la tasa de descuento aparece en el numerador ya que ésta se asocia con un valor presente. En el caso de un contrato a futuro, el factor de descuento aparece en denominador pues ahora se refiere a un valor futuro. Esto obedece a que el futuro expresa el valor esperado de una acción (dados los supuestos sobre la estructura de tasas de interés y los dividendos) para la fecha de vencimiento del contrato.

En adición al modelo de la estructura intertemporal de tasas de interés, la inmunización de carteras accionarias requiere de algunas consideraciones generales. Un marco de referencia que incluye todos los supuestos básicos es el modelo CAMP,[14] que consiste fundamentalmente en una

[13] Se deja fuera del alcance de este trabajo el ejercicio empírico del aspecto dinámico de la cobertura.

[14] Para más detalles sobre el modelo CAPM en la valuación de productos derivados, véase Venegas-Martínez [2001d].

NÚM. 120, MARZO-ABRIL DE 2002, PP. 14-34.

relación lineal entre el rendimiento medio esperado de un activo perteneciente a una cartera de media-varianza (en la frontera eficiente) y el rendimiento medio esperado del mercado, descontando en ambos casos la tasa libre de riesgo. El factor de proporcionalidad está dado por la razón entre la covarianza del activo y el mercado y la varianza del mercado, y es denotado por β. En consecuencia,

$$NKF_{t,T} \approx \beta\,\Pi,$$

donde N es el número de contratos futuros, K es el tamaño del contrato, medido en número de acciones de referencia, y Đ es el valor de la cartera que se desea cubrir. La relación anterior proporciona una aproximación del importe de la cobertura con el importe del portafolio que deseamos cubrir, dada una fecha objetivo de cobertura. Como se observa, al establecer esta aproximación en términos del valor monetario de la posición y abrir los contratos de cobertura en posición inversa, nos aproximamos a una situación en la que cualquier variación no esperada en el valor de la cartera o en los flujos de dividendos generados por la cartera sujeta a la cobertura, se compensa con flujos monetarios inversos generados por los contratos abiertos en posición inversa. De esta forma, se tiene entonces que, para un ajuste por volumen, el número óptimo de contratos, N^* cumple con

$$N^{*} \approx -\beta \frac{MS_t}{KF_{t,T}} = -\beta \frac{\Pi}{KF_{t,T}}, \qquad [6]$$

donde M es el número de acciones objeto de la cobertura y Đ = MS_t. El signo menos que aparece en [6] se debe a que se está cubriendo una compra de M acciones con una posición corta en futuros (o viceversa, una posición corta en acciones se cubre con una posición larga en los contratos utilizados como cobertura).[15]

Conviene señalar que el modelo CAPM establece un conjunto de supuestos suficientes para la existencia de un coeficiente, β, bien definido y para que los precios sean continuamente diferenciables respecto a un referente común que podría ser un índice accionario semejante al IPC. Entre los supuestos tradicionales del CAPM está el de normalidad multivariada de los precios de los activos. La realidad es que el método de inmunización propuesto no requiere del supuesto de normalidad, aunque sí requiere que el coeficiente esté bien definido y que las funciones centrales sean diferenciables.[16]

La ecuación 6 puede ser satisfecha con cualquier serie de futuros (contratos de la misma clase con una fecha particular de vencimiento). Hay, en consecuencia, tantas soluciones como series existan para un futuro. También puede ser satisfecha con un número infinito de combinaciones de futuros de dos o más series, de una o varias clases de futuros, correlacionadas con las acciones objeto de cobertura. Un caso particular de la ecuación 6 merece especial atención y ocurre cuando se inmuniza una posición accionaria con un futuro sobre la misma acción. En este caso, $\beta = 1$ y, por las razones expuestas, M / K es el número de lotes objeto de cobertura L, por consiguiente:

$$N^* \approx -\frac{L \times f_{t,T}}{(1 - q_{t,T} \times \tau)},$$

Es decir, se puede inmunizar la posición mediante la contratación de una posición de futuros igual al cociente entre el factor de descuento y la reducción esperada en el valor futuro por dividendos pagados durante la vigencia del futuro. Cuando los dividendos esperados son cero, el número de futuros es igual al número de acciones corregido por el factor de descuento. Asimismo, el número de futuros es igual al número de lotes accionarios solamente cuando el factor de descuento es igual al valor proporcional de los dividendos.

[15] En la mayor parte de los mercados, el número de acciones amparado por un lote accionario es igual al número de acciones amparado por un contrato de futuros.

[16] En este punto, es importante destacar el trabajo de Stein [1986] en donde las estrategias de inmunización no requieren del CAPM. En su modelo no se mantiene el resultado central de que todos los agentes mantienen carteras óptimas, ya que no puede haber posiciones largas de futuros sin que haya simultáneamente posiciones cortas; esto equivale a suponer ineficiencia en el mercado financiero.

Una variante de 6 también merece atención. Si medimos la variable Π como $\Pi = MS_T$, es decir, como el valor terminal esperado de la cartera, y no como $Đ = MS_t$, es decir, como el valor actual, entonces resulta que $N^* \approx L$. Por tanto, el número de futuros requeridos para inmunizar una posición es exactamente igual al número de lotes accionarios objeto de cobertura.[17]

Estrategias de cobertura para un subyacente con dos series de futuros

Con el propósito de inmunizar la cartera accionaria y crear una de cobertura (combinada con contratos a futuro y acciones) se utilizarán dos series de una misma clase de futuros sobre un subyacente, digamos dos series[18] con vencimientos T_1, T_2 con $T_1 < T_2$, y precios $F_{t,T1}$ y $F_{t,T2}$. Los contratos a futuro pueden tomarse sobre dos series de una misma acción, sobre dos series del IPC o, incluso, dos series de futuros correlacionados con la cartera accionaria original. La razón por la que se eligen dos series se justificará más adelante. Con el fin diseñar estrategias de cobertura de una cartera combinada se utilizarán dos ecuaciones. La primera representa el balance de cobertura y expresa el deseo por determinar cantidades N_1 y N_2 de futuros, de tal manera que los cambios en el valor de la cartera de acciones por variaciones en el mercado se compensen con los flujos propios de los contratos futuros, es decir,

$$N_1 \frac{\partial F_{t,T1}}{\partial S_t} + N_2 \frac{\partial F_{t,T2}}{\partial S_t} = \beta \times M \frac{\partial F_{t,Tc}}{\partial S_t}$$

Esta ecuación se puede simplificar en la siguiente expresión:

$$N_1 F_{t,T1} + N_2 F_{t,T2} = \beta \frac{MS_t[1-q(T_c-t)]}{f_{t,Tc}}$$

[17] Para evaluar la variable Π la elección de una fecha objetivo para efectos de la construcción de la cartera de cobertura es arbitraria.

[18] Una clase de contratos a futuro se determina por todos los contratos referidos al mismo activo subyacente a su vez, una serie se conforma por los contratos que, perteneciendo a la misma clase, tienen la misma fecha de vencimiento

donde N_i es el número de contratos a futuros de la serie $i, i = 1,2$ con vencimiento $T_i, i = 1,2$; T_c es la fecha futura objetivo para la cobertura, y M, K y β se toman como en la ecuación 5. Se denota por T_c, la fecha futura objetivo para la cobertura ya que es la fecha en la que se busca que el valor de mercado de la cartera accionaria, más o menos el valor de los flujos de efectivo recibidos o pagados, sea igual al valor libre de arbitraje anticipado (dados los supuestos) para la cartera accionaria. Esa fecha objetivo podría ser el fin de año o cualquier fecha en que se evalúe el desempeño de las estrategias de inversión, o el fin de un periodo en que se anticipan incertidumbre o alta volatilidad del mercado. Por tanto,

$$\frac{N_1 K[1-q(T_1-t)]}{f_{t,T1}} + \frac{N_2 K[1-q(T_2-t)]}{f_{t,T2}} = \beta \frac{M[1-q(T_c-t)]}{f_{t,Tc}}$$

La segunda ecuación expresa que se desean determinar cantidades N_1 y N_2 de futuros, de tal manera que la duración monetaria de la cartera de futuros sea igual a la duración monetaria de la cartera de acciones, es decir, que el tiempo promedio de pagos de los contratos a futuro coincida con el tiempo promedio de los flujos generados por las acciones sujetas a cobertura. Específicamente,

$$N_1 \frac{\partial F_{t,T1}}{\partial r_{t.T}} + N_2 \frac{\partial F_{t,T2}}{\partial r_{t.T}} = \beta \frac{MS_t[1-q(T_c-t)]}{f_{t,Tc}}$$

En consecuencia,

$$N_1 K[1-q(T_1-t)](T_1-t) + N_2 K[1-q(T_2-t)](T_2-t) = \beta M[1-q(T_c-t)](T_c-t) \quad [8]$$

Las ecuaciones 7 y 8 se pueden escribir en forma matricial como:

$$K\begin{bmatrix} [1-q(T_1-t)]/f_{t,T1} & [1-q(T_2-t)]/f_{t,T2} \\ [1-q(T_1-t)](T_1-t) & [1-q(T_2-t)](T_2-t) \end{bmatrix}\begin{bmatrix} N_1 \\ N_2 \end{bmatrix} = \beta\begin{bmatrix} M[1-q(T_c-t)]/f_{t,Tc} \\ M[1-q(T_c-t)](T_c-t) \end{bmatrix} \quad [9]$$

Los valores N_1 y N_2 definen una estrategia de cobertura. Obsérvese que N_1 y N_2 dependen de varios factores: 1) de los montos y la fecha futura objetivo para la cobertura, 2) de los precios y vencimientos de los contratos futuros; y 3) de los montos a cubrir y de la estructura intertemporal de las tasas de interés reflejadas en los factores de descuento. Si $N_i > 0$, se genera una posición larga (posición de compra en contratos), en caso contrario se genera una posición corta (posición de venta en los contratos). Los requerimientos de liquidez de la estrategia de cobertura se calculan multiplicando N_1 y N_2 por los correspondientes márgenes iniciales (aportaciones iniciales mínimas) y, en su caso, por el margen adicional (aportaciones excedentes) cuando la calidad crediticia del inversionista así lo requiera, considerando los *spreads* o posiciones opuestas que se generen.[19] El sistema 9 tiene dos ecuaciones en las incógnitas N_1 y N_2. Claramente el determinante asociado al sistema 9 es distinto de cero ya que

$$\frac{(T_2-t)}{f_{t,T1}} \neq \frac{(T_1-t)}{f_{t,T2}}$$

lo que garantiza la existencia de soluciones no triviales del problema de cobertura.

[19] Se consideran los requerimientos de liquidez de la cobertura porque, para la compra y la venta de futuros es necesario establecer depósitos de buena fe (*bona fide*) que garanticen la capacidad de pago de posibles pérdidas en las posiciones de futuros. Es importante destacar que estos depósitos no son estrictamente un costo ya que, excedentes a los compradores o vendedores de los futuros en aquellos casos en que las posiciones de futuros sean ganadoras o se cierren dichas posiciones, se reintegran a los compradores o vendedores de los futuros, las aportaciones iniciales y los excedentes, incluyendo el importe de los intereses pactados.

Por último, se destaca que la incorporación de dos futuros reduce la necesidad de rebalancear las posiciones, a medida que cambian los precios de las acciones y la estructura de tasas de interés. Este procedimiento hace más robusta la inmunización y reduce potencialmente los costos de transacción de la estrategia a lo largo de su vigencia. También reduce las necesidades de liquidez para el establecimiento de aportaciones iniciales y excedentes. Sin embargo, ampliar la cobertura con dos futuros incrementa significativamente el número de escenarios que deben evaluarse para establecer una cobertura e impone mayores requerimientos computacionales.

Consideraciones adicionales para el diseño de una estrategia de inmunización

La incorporación de varias acciones en una cartera nos abre interrogantes adicionales. Por un lado, la cartera puede analizarse como una unidad y, por tanto, puede someterse a un análisis de cobertura como si se tratara de una sola acción, con su propio valor de mercado, su propia estructura de dividendos y su propia correlación (coeficiente beta) respecto a las acciones que cuentan con contratos de futuros y respecto a los futuros sobre índices accionarios (como es el IPC). Por otro lado, la cartera puede descomponerse en grupos de acciones, los cuales podrían inmunizarse por separado. Estas consideraciones incrementan de manera significativa el número de estrategias de inmunización y aumentan la complejidad del procedimiento de cobertura.

Para concluir, es importante señalar algunas limitaciones del método. Primero, cuando un mercado dispone de tres o más series de futuros de acciones, se obtiene un sistema de dos ecuaciones con tres o más incógnitas. Por tanto, hay un número infinito de estrategias de cobertura, de las cuales se pueden escoger algunas que cumplan con atributos deseables, como es la liquidez de los futuros. Segundo, el método supone liquidez infinita (efecto precio despreciable, en el sentido de que se mantienen las relaciones de arbitraje entre futuros y contado, aunque se aumente el tamaño de la transacción). Finalmente, se supone que se pueden vender futuros por cantidades divisibles. Sin embargo, es importante notar que la estandarización de los contratos, no permite tomar posiciones sobre nominales distintos de los múltiplos generados por el tamaño del contrato.

El método histórico de valor en riesgo para evaluar coberturas

La metodología de valor en riesgo (VeR) es una de las herramientas de mayor uso en la administración de riesgos (véanse, por ejemplo, Jorion [1999] y Schwartz y Smith [1993]). El VeR se define como la pérdida potencial que puede presentar una posición en un horizonte de tiempo determinado a cierto nivel de confianza, si las variables en riesgo se mueven en contra de la posición. Hay varios métodos para el cálculo del VeR. En la industria financiera, los métodos más utilizados son los propuestos por el Grupo RiskMetrics de la firma JPMorgan.[20] Sus propuestas parten de considerar explícitamente los factores de riesgo y llevan a cabo un análisis de varianza y covarianza, proponiendo distribuciones parámetricas o bien empíricas. Este último caso, es el que utilizamos en el presente trabajo y es conocido como VeR histórico. En la investigación teórica también se han realizado nuevas propuestas para cuantificar el Valor en Riesgo, todas ellas han estado encaminadas a estimar de manera más apropiada, y con menores errores en la varianza, los rendimientos de los activos sobre los que se administre el riesgo. Entre los trabajos más recientes vale la pena mencionar a Engle y Manganelli [1999], Li [1999] y Mina [2001]. En nuestro caso, el VeR histórico constituye una de las partes (la evaluación de estrategias) de un método general para cubrir carteras de acciones.

Una vez que se han determinado las soluciones locales del problema de cobertura, éstas se evalúan en términos globales, es decir, de las variaciones de los precios de las acciones y de las tasas de interés en el escenario de los últimos meses. El supuesto básico en la evaluación de estrategias es que el futuro se comporte como en el pasado. En este caso, se genera la distribución de las pérdidas potenciales en ausencia de cobertura y se estiman valores extremos de dichas pérdidas en términos del valor en riesgo para distintos niveles de probabilidad. Supóngase que se cuenta con un registro histórico de los precios de las acciones y de la estructura de plazos de la tasa de interés en fechas $j = 1,2,\ldots,n$. Supóngase que $\{V^{(1)}, V^{(2)},\ldots,V^{(n)}\}$ es una muestra proveniente del valor de la cartera V. La distribución empírica de V se define para cualquier $x \in (-\infty, \infty)$ como:

$$G_m(x) = \begin{cases} 0, & \text{si } x < V_{(1)}, \\ \frac{k}{n}, & \text{si } V_{(k)} \le x < V_{(k+1)} \ (k = 1,2,\ldots,1,\ldots,n-1), \\ 1, & \text{si } x \ge V_{(n)}, \end{cases}$$

donde $V_{(1)},\ldots,V_{(j)},\ldots,V_{(n)}$ son las estadísticas de orden de la muestra $\{V^{(1)}, V^{(2)},\ldots,V^{(n)}\}$, *i.e.*, los valores muestrales ordenados en forma creciente. El percentil (o cuantil de orden p) de V, denotado por x_p se define mediante:

$$p \le G_m(x_p) \le p + \Pr_G\{V = x_p\}$$

La distribución empírica nos permite calcular la probabilidad de que el valor de la cartera tome valores menores que un cierto percentil, lo cual es útil para establecer regiones de riesgo, con cierto nivel de confianza. Así, bajo la distribución empírica estimamos pérdidas potenciales de nuestra cartera para variaciones diarias de tasas con un cierto nivel de confianza.

Aplicación del modelo de cobertura

Una vez que se ha descrito en forma analítica el método de cobertura, a continuación se ilustra su aplicación en una cartera de acciones. Los objetivos específicos de este ejercicio son: 1) evaluar el riesgo a partir de métodos locales (para cambios pequeños en el precio de las acciones y para pequeños desplazamientos paralelos en la estructura intertemporal de la tasa de interés de Cetes); 2) evaluar la robustez de las estrategias obtenidas en términos del comportamiento histórico del precio de las acciones y de

[20] Ver documento técnico de valor en riesgo, *RiskMetrics Group* en la siguiente dirección electrónica: <www.riskmetrics.com>

NÚM. 120, MARZO-ABRIL DE 2002, PP. 14-34.

la estructura intertemporal de la tasa de Cetes; 3) presentar varias estrategias de cobertura con futuros y conocer las peculiaridades de cada estrategia en términos de sus costos (aportaciones requeridas),[21] varianzas y valores en riesgo, y 4) evaluar las distintas estrategias con el fin de seleccionar la más adecuada para cubrir el valor de la cartera.

La información que utilizamos se obtuvo de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV). Se consideró un año de información de los parámetros que describen la curva intertemporal de tasas (ver sección 3 del presente trabajo) y de ahí se derivan todas las tasas necesarias en el ejemplo de aplicación de acuerdo a los plazos de los contratos considerados. La información sobre el precio de las acciones también se obtuvo de la BMV y se estimó el dividendo pagado por cada una de las series accionarias utilizadas.

En el cuadro 1 se muestra la cartera a cubrir, el número de títulos y las tasas esperadas de dividendos de las acciones.

Cuadro 1
Cartera de acciones

	Cartera	*No. de títulos*	*Tasa de dividendos*
1	BANACCI O	1 000	2.00
2	CEMEX CPO	3 500	1.75
3	FEMSA UBD	13 000	1.75
4	GARSO A1	3 000	1.50
5	GFBO	26 000	2.00
6	TELMEX L	4 000	2.75

La información inicial que se requiere para generar las estrategias de cobertura es el monto de aportaciones iniciales mínimas para cada posición en futuros, las aportaciones excedentes como depósito de garantía para cubrir riesgos de mercado y los *spreads* entre los distintos subyacentes. También se requiere definir la fecha objetivo para la cobertura. En esta aplicación se generan varios tipos de estrategias de cobertura con:

1) un solo futuro sobre una acción;
2) dos futuros sobre la misma acción con diferentes fechas de vencimiento;
3) un solo futuro sobre el IPC y
4) dos futuros sobre el IPC con diferentes fechas de vencimiento.

Para generar estas estrategias, se requiere como información adicional: 1) el precio actual de cada acción; 2) la fecha objetivo de cobertura que permite definir el precio al que se asegura cada acción o la cartera en su conjunto; 3) el precio teórico del futuro de cada acción; y 4) las fechas de vencimiento de los contratos a futuro. Evidentemente se requieren supuestos sobre la estructura de dividendos de cada acción y sobre la estructura intertemporal de tasas de interés. La fecha de inicio de la cobertura es 14 de mayo de 2001.

El siguiente paso es generar la distribución del valor de la cartera a partir de un registro histórico de 514 días del precio de las acciones y de las estructuras de plazos de las tasas de los Cetes. Después, con referencia en el precio actual de las acciones y la curva de rendimiento más recientes se determina la duración monetaria de los futuros y de los títulos. Estas cantidades y los precios de los futuros se utilizan para generar la distribución de las pérdidas potenciales en el valor de la cartera en ausencia de cobertura.

El método descrito produce 20 estrategias para la cobertura de cada una de las acciones que disponen de futuros. Diez de ellas requieren la compra y/o la venta de futuros de una o dos series distintas sobre la misma acción subyacente. Las restantes 10 estrategias consideran la cobertura con una o dos series de futuros del IPC. Esto nos genera 120 estrategias posibles para el conjunto de seis acciones que cuentan con contratos de futuro in-

[21] En este ejercicio no se hacen explícitos los costos de transacción toda vez que el objetivo es ilustrar el efecto de incorporar futuros a un portafolio de inversión en acciones en términos de su VeR. Evidentemente, los costos de transacción son importantes en la elección concreta de la cobertura y éstos deben ser considerados en la toma de decisiones.

dividuales. De este ejercicio surgen 10 estrategias para cada acción individual. En segunda instancia, el valor total de la cartera se puede inmunizar con futuros del IPC. Por tanto, se derivan 10 estrategias alternativas que compiten con las estrategias individuales mencionadas. Finalmente, el método genera 10 estrategias adicionales que resultan de cubrir toda la cartera completa con dos series de futuros del IPC. La función del analista consiste en seleccionar la estrategia más adecuada.

El cuadro 2 muestra las estrategias de cobertura de Banacci O con uno o dos futuros de Banacci O. Cada estra-

Cuadro 2
Estrategias de cobertura para Banacci O

BANACCI O	Precio actual 36.60					Desviación	Valor en riesgo			
Acciones en el portafolio	1 000	1 000	1 000	1 000	Media	estándar	1.00%	5.00%	Número	Requisitos
Precio futuro	37.27	38.49	42.81	77.38	Sin futuros	Sin futuros	Sin futuros	Sin futuros	de	de
Fecha de vencimiento	26/06/01	25/09/01	24/12/01	26/03/02	38 234.73	6 511.43	-13 424.30	-11 633.80	contratos	aportaciones
1 Futuro BNCO (1)	-0.98				37 835.21	1 360.10	–721.14	-580.39	1.0	2 209.44
1 Futuro BNCO (2)		-0.95			37 139.70	2 694.70	-11 058.97	-2 969.37	1.9	4 278.62
1 Futuro BNCO (3)			-0.86		36 689.06	6 414.11	-26 634.70	-2 502.66	2.6	5 771.50
1 Futuro BNCO (4)				-0.47	36 146.29	9 786.41	-22 268.79	-5 104.44	0.9	2 128.56
1 Futuro BNCO (5)	-0.77	-0.23			37 655.31	690.43	-481.94	-190.15	1.5	2 249.99
2 Futuros BNCO (6)	-0.87		-0.12		37 664.57	834.75	-881.45	-431.05	1.0	2 227.15
2 Futuros BNCO (7)	-0.81			-0.09	37 493.31	2 256.34	-3 840.41	-1 128.66	0.9	2 042.32
2 Futuros BNCO (8)		-1.98	0.90		37 585.56	7 402.88	-22 297.08	-3 681.65	2.9	4 123.30
2 Futuros BNCO (9)		-4.06		1.53	40 329.10	35 068.84	-125 884.23	-28 328.44	5.6	8 573.46
2 Futuros BNCO (10)			1.76	-1.46	34 977.12	35 464.39	-110 762.32	-11 334.82	3.2	3 426.61
Valor actual del IPC		6 539.20								
Valor a futuro del IPC	6 675.22	6 929.32	7 744.83	14 073.80						
1 Futuro sobre IPC (11)	-0.81				35 368.45	2 481.14	-4 110.60	-4 862.75	0.8	6 643.32
1 Futuro sobre IPC (12)		-0.78			34 307.81	5 202.86	-5 721.05	-20 791.09	0.8	6 399.71
1 Futuro sobre IPC (13)			-0.69		33 710.04	10 385.13	-4 485.62	-40 848.70	0.7	5 725.83
1 Futuro sobre IPC (14)				-0.38	32 849.08	15 605.49	-9 758.43	-35 459.00	0.4	3 150.93
2 Futuros sobre IPC (15)	-0.79	-0.01			34 327.09	2 667.35	-4 392.97	-5 530.20	0.8	6 639.57
2 Futuros sobre IPC (16)	-0.80		-0.01		34 357.62	2 848.74	-4 558.14	-6 152.73	0.8	6 635.22
2 Futuros sobre IPC (17)	-0.80			0.00	34 025.14	4 783.96	-5 231.41	-7 886.41	0.8	6 600.00
2Futuros sobre IPC (18)		-1.80	0.92		34 097.14	13 967.51	-8 679.21	-42 325.96	2.7	16 395.47
2 Futuros sobre IPC (19)		-3.94		1.56	39 310.62	67 575.00	-57 511.30	-240 009.11	5.5	35 056.47
2 Futuros sobre IPC (20)			1.70	-1.32	29 140.39	68 185.08	-23 043.84	-215 370.24	3.0	16 165.69

NÚM. 120, MARZO-ABRIL DE 2002, PP. 14-34.

tegia se distingue por medio de un número secuencial que aparece entre paréntesis. Por ejemplo, en la estrategia (1) se cubren 1 000 acciones de Banacci O con una posición corta de 0.98 contratos (un contrato) con vencimiento en T_1 = 26-Jun-2001. Mientras que en la estrategia (5) se cubren la misma cantidad de acciones con dos posiciones cortas en futuros con vencimientos T_1 = 26-Jun-2001 y T_2 = 25-Sep-2001. El mismo ejercicio se repite en las estrategias (11)-(20), pero con futuros de IPC; las estrategias (11)-(14) con un futuro de IPC y en las estrategias (15) a (20) con dos futuros de IPC. Asimismo, en el cuadro 2 se presentan las características de cada estrategia en términos de la media y desviación estándar de la valuación diaria de la posición en el activo subyacente en el mercado, así como el VeR diario a 95 y 99% de la valuación diaria de la posición en el activo subyacente en el mercado.

Conviene señalar que algunas estrategias reducen la desviación estándar y los valores en riesgo más que otras; por ejemplo, las estrategias 5 y 6 producen valores razonablemente pequeños. Por último, en el cuadro 2, se muestran, en la última columna, los costos de cobertura de cada una de las estrategias en términos de los márgenes ordinarios y adicionales (aportaciones iniciales mínimas y aportaciones excedentes). También, se observa que los requerimientos de aportaciones[22] están directamente asociados al número de contratos necesarios para llevar a cabo la estrategia de cobertura y a las posibles reducciones de requerimientos en el caso de posiciones compuestas en que se compran y venden futuros de distintas series, pero para una misma clase. Así pues los criterios para seleccionar una estrategia son: 1) la reducción de la varianza, 2) los valores en riesgo y 3) los requerimientos de liquidez. La selección final de alguna de las estrategias depende de los niveles de riesgo que el inversionista esté dispuesto tolerar.

En los cuadros 3 a 7, se listan las estrategias para cubrir títulos distintos a Banacci O. Dichas estrategias se obtienen al ajustar por volumen o igualar la duración monetaria de los futuros con la duración monetaria de la cartera (salvo el cambio en el signo). Si el número de contratos es positivo, se genera una posición larga (que requiere la compra de futuros); en caso contrario se genera una posición corta (que requiere la venta de futuros).

Finalmente, explicamos en mayor detalle los valores de los indicadores de riesgo que se presentan en los resultados. Considérese, por ejemplo, como referencia los resultados del cuadro 3. En éste cuadro se tiene el caso de una cartera constituida por una posición de 4 000 acciones de Cemex CPO, las cuales al momento de realizar el ejercicio tenían un precio de $39.02; Se tienen cuatro series de futuros con las fechas de vencimiento y sus respectivos precios a futuro. Después de las fechas de vencimiento de los futuros, en el mismo reglón, se indica el valor promedio de la cartera sin cubrir ($162 373.36) y la desviación estándar del valor de la cartera ($14 694.14). Las siguientes dos columnas muestran el valor en riesgo de la cartera sin cobertura a 1 y 5% (-$23 354.89 y -$19 750.66 respectivamente). Numeradas entre paréntesis, se presentan los resultados obtenidos con 10 estrategias posibles de cobertura. Las primeras cuatro se conforman utilizando una sola serie de futuros sobre el mismo activo (Cemex CPO). Como ejemplo, la primera estrategia consiste en abrir tres contratos en posición corta (-3.43) y con ello logramos que el rendimiento promedio de la cartera con cobertura (3 500 acciones y 3 contratos con vencimiento a junio 26), tenga un rendimiento promedio de $151 743.23 y que la volatilidad monetaria (desviación estándar) se reduzca a 5 455.93; el valor en riesgo a 1 y 5% se reduce a -2 934.81 y -1 835.57 respectivamente (casi una décima parte del VeR que tiene la cartera sin cobertura). Finalmente, esta primera estrategia requiere que se entreguen como aportaciones de $20 572.10.

Las estrategias numeradas del (5) al (10), consideran la utilización de dos series de futuros. Por ejemplo, la (5) establece que se deberán de abrir tres contratos en posición corta (-2.69) con vencimiento en junio y un contrato corto (-0.81) con vencimiento en septiembre. Esta estrategia

[22] En el Mercado Mexicano de Derivados, dado que la Cámara de Compensación (Asigna, Compensación y Liquidación) es un fideicomiso, los márgenes que se depositan para garantizar el cumplimiento de las obligaciones se le denominan aportaciones iniciales mínimas.

genera una cartera con cobertura (3 500 acciones y cuatro contratos) cuyo valor promedio es de $150 878.66 con una desviación estándar monetaria de 2 764.04 y un VeR de -$2 034.54 y -$764.39 al 1 y 5%, respectivamente; el requerimiento en aportaciones que genera esta estrategia es de $20 999.86. Las estrategias señaladas con los números (11) al (14) son estrategias que consideran la utilización de una serie de futuros sobre el IPC cuyo valor el día en que se desarrolló el ejercicio era de 6 539.20 puntos. A futuro el valor al que se estaba negociando cada una de las series aparece en el renglón "valor a futuro del IPC".

Cuadro 3
Estrategias de cobertura para Cemex CPO

Cemex CPO		Precio actual 41.75				Desviación	Valor en riesgo			
Acciones en el portafolio	3 500	3 500	3 500	3 500	Media	estándar	1.00%	5.00%	Número	Requisitos
Precio futuro	42.62	44.24	49.45	89.86	S/futuros	S/futuros	S/futuros	S/futuros	de	de
Vencimiento	26/06/01	25/09/01	24/12/01	26/03/02	162 373.36	14 694.14	-23 354.89	-19 750.66	contratos	portaciones
1 Futuro CMXC (1)	-3.43				151 743.23	5 455.93	-2 934.81	-1 835.57	3.4	20 572.10
1 Futuro CMXC (2)		-3.30			149 510.48	10 956.65	-44 576.04	-13 520.86	6.6	39 635.43
1 Futuro CMXC (3)			-2.96		148 764.53	26 041.08	-104 718.85	-11 478.85	8.9	53 192.84
1 Futuro CMXC (4)				-1.63	147 344.21	42 839.60	-99 020.18	-19 970.61	3.3	19 514.73
2 Futuros CMXC (5)	-2.69	-0.81			150 878.66	2 764.04	-2 034.54	-764.39	5.1	20 999.86
2 Futuros CMXC (6)	-3.05		-0.42		151 003.64	3 554.32	-3 677.27	-1 672.43	3.5	20 786.59
2 Futuros CMXC (7)	-2.85			-0.32	150 532.37	9 765.21	-17 320.46	-4 264.69	3.2	19 060.64
2 Futuros CMXC (8)		-6.91	3.15		149 937.38	30 737.69	-99 531.23	-15 835.16	10.1	40 544.06
2 Futuros CMXC (9)		-14.19		5.35	156 594.14	153 283.52	-536 534.80	-113 916.03	19.5	83 519.14
2 Futuros CMXC (10)			6.14	-5.09	143 608.40	154 789.27	-494 528.40	-40 627.69	11.2	35 307.45
Valor actual del IPC		6 539.20								
Valor a futuro del IPC	6 675.22	6 929.32	7 744.83	14 073.80						
1 Futuro sobre IPC (11)	-2.14				154 764.13	17 404.20	-25 810.33	-32 221.70	2.1	17 636.28
1 Futuro sobre IPC (12)		-2.06			151 948.41	19 596.28	-29 130.59	-45 531.77	2.1	16 989.55
1 Futuro sobre IPC (13)			-1.84		150 361.50	31 362.86	-29 438.36	-106 751.76	1.8	15 200.58
1 Futuro sobre IPC (14)				-1.01	148 075.88	45 357.78	-38 557.68	-90 766.96	1.0	8 364.90
2 Futuros sobre IPC (15)	-1.55	-0.57			148 697.24	24 327.74	-34 251.71	-45 762.15	2.1	17 458.29
2 Futuros sobre IPC (16)	-1.80		-0.29		148 804.99	25 103.17	-35 750.67	-46 496.52	2.1	17 251.74
2 Futuros sobre IPC (17)	-1.66			-0.22	147 646.65	28 999.61	-40 196.35	-48 518.34	1.9	15 581.11
2 Futuros sobre IPC (18)		-4.07	1.80		147 885.69	51 901.87	-38 430.69	-142 327.28	5.9	36 523.53
2 Futuros sobre IPC (19)		-8.24		3.04	166 037.03	235 215.22	-202 522.70	-834 889.09	11.3	72 991.32
2 Futuros sobre IPC (20)			3.55	-2.97	130 628.14	240 355.65	-104 118.18	-747 555.97	6.5	34 176.65

MOMENTO ECONÓMICO

NÚM. 120, MARZO-ABRIL DE 2002, PP. 14-34.

Cuadro 4
Estrategias de cobertura para Femsa UBD

Femsa UBD		Precio actual 37.60								
						Desviación	Valor en Riesgo			
Acciones en el portafolio	13 000	13 000	13 000	13 000	Media	estándar	1.00%	5.00%	Número	Requisitos
Precio futuro	38.38	39.84	44.53	80.92	S/futuros	S/futuros	S/futuros	S/futuros	de	de
Vencimiento	26/06/01	25/09/01	24/12/01	26/03/02	537 977.59	64 977.01	-121 473.05	-99 350.50	contratos	Aport.
1 Futuro FEMD (1)	-12.74				507 527.82	19 145.42	-9 445.22	-6 315.24	12.7	66 859.33
1 Futuro FEMD (2)		-12.27			500 023.83	37 539.74	-152 141.59	-41 879.38	24.5	128 815.16
1 Futuro FEMD (3)			-10.98		496 247.73	88 644.52	-363 548.32	-35 942.80	32.9	172 876.73
1 Futuro FEMD (4)				-6.04	492 239.11	141 081.54	-304 554.32	-67 574.71	12.1	63 422.88
2 Futuros FEMD (5)	-9.99	-3.01			504 779.31	9 666.24	-6 822.23	-2 611.51	19.0	68 249.54
2 Futuros FEMD (6)	-11.32		-1.55		505 020.77	11 759.76	-12 593.57	-5 793.49	12.9	67 556.41
2 Futuros FEMD (7)	-10.59			-1.20	503 523.27	32 772.09	-53 039.41	-15 601.32	11.8	61 947.07
2 Futuros FEMD (8)		-25.68	11.69		502 960.79	103 872.17	-308 399.45	-52 102.48	37.4	138 343.20
2 Futuros FEMD (9)		-52.70		19.88	525 510.12	510 591.03	-1 777 740.77	-389 872.94	72.6	282 621.41
2 Futuros FEMD (10)			22.80	-18.90	481 521.83	512 735.00	-1 528 642.10	-150 321.12	41.7	125 382.68
Valor actual del IPC		6 539.20								
Valor a futuro del IPC	6 675.22	6 929.32	7 744.83	14 073.80						
1 Futuro sobre IPC (11)	-7.22				512 265.97	28 220.59	-32 303.47	-42 012.72	7.2	59 593.10
1 Futuro sobre IPC (12)		-6.96			502 751.62	38 884.53	-65 888.66	-133 403.82	7.0	57 407.80
1 Futuro sobre IPC (13)			-6.23		497 389.43	82 811.60	-62 216.63	-331 005.24	6.2	51 362.86
1 Futuro sobre IPC (14)				-3.43	489 666.31	141 179.63	-75 548.23	-339 215.16	3.4	28 265.06
2 Futuros sobre IPC (15)	-5.29	-1.86			487 180.57	40 910.50	-64 050.79	-80 347.74	7.2	59 008.68
2 Futuros sobre IPC (16)	-6.12		-0.96		487 580.80	43 301.61	-68 695.58	-87 334.17	7.1	58 330.46
2 Futuros sobre IPC (17)	-5.67			-0.74	483 278.38	69 444.33	-81 438.28	-120 256.73	6.4	52 844.94
2 Futuros sobre IPC (18)		-13.82	6.14		484 166.23	182 039.18	-104 706.26	-561 230.75	20.0	124 121.59
2 Futuros sobre IPC (19)		-28.06		10.39	551 585.52	872 663.67	-739 078.63	-3 111 179.37	38.5	248 668.92
2 Futuros sobre IPC (20)			12.09	-10.08	420 066.77	889 268.26	-336 702.77	-2 806 160.74	22.2	116 367.16

Cuadro 5
Estrategias de cobertura para GCarso A1

GCarso A1		Precio actual 30.90								
						Desviación	Valor en Riesgo			
Acciones en el portafolio	33 000	33 000	33 000	33 000	Media	estándar	1.00%	5.00%	Número	Requisitos
Precio futuro	31.47	32.50	36.14	65.33	S/ futuros	S/ futuros	S/ futuros	S/ futuros	de	de
Vencimiento	26/06/01	25/09/01	24/12/01	26/03/-02	1 335 735.14	210 069.31	-434 425.33	-367 462.06	contratos	aportaciones
1 Futuro GCAA (1)	-32.41				1 061 524.01	37 842.37	-24 007.89	-15 697.87	32.4	170 126.73
1 Futuro GCAA (2)		-31.38			1 039 703.01	78 567.35	-319 445.05	-92 576.00	62.8	329 454.07
1 Futuro GCAA (3)			-28.22		1 025 086.85	185 689.96	-751 963.18	-84 939.08	84.6	444 405.87
1 Futuro GCAA (4)				-15.61	998 625.22	297 923.17	-648 831.88	-140 077.76	31.2	163 899.29
2 Futuros GCAA (5)	-25.36	-7.64			1 049 061.65	19 475.80	-14 769.14	-5 345.73	48.6	173 248.60
2 Futuros GCAA (6)	-28.73		-3.94		1 049 304.70	24 657.56	-27 984.55	-11 850.49	32.7	171 487.97
2 Futuros GCAA (7)	-26.90			-3.05	1 042 198.51	67 660.57	-112 164.87	-29 217.33	30.0	157 242.00
2 Futuros GCAA (8)		-65.16	29.64		1 047 231.12	212 607.84	-651 731.98	-112 445.66	94.8	323 436.10
2 Futuros GCAA (9)		-133.70		50.38	1 162 336.48	1 054 333.26	-3 653 222.63	-835 126.30	184.1	670 194.43
2 Futuros GCAA (10)			57.82	-47.90	937 793.72	1 065 360.46	-3 228 987.84	-276 805.53	105.7	273 359.58
Valor actual del IPC		6 539.20								
Valor a futuro del IPC	6 675.22	6 929.32	7 744.83	14 073.80						
1 Futuro sobre IPC (11)	-8.33				1 306 101.75	207 273.24	-301 537.11	-338 394.42	8.3	68 682.77
1 Futuro sobre IPC (12)		-8.02			1 295 136.18	216 045.48	-319 132.65	-371 969.79	8.0	66 164.16
1 Futuro sobre IPC (13)			-7.18		1 288 956.10	229 953.75	-325 516.17	-584 576.46	7.2	59 197.19
1 Futuro sobre IPC (14)				-3.95	1 280 054.98	255 369.04	-298 985.84	-640 908.78	3.9	32 576.30
2 Futuros sobre IPC (15)	-0.92	-7.13			1 206 794.70	293 007.59	-442 232.62	-476 307.56	8.1	66 442.97
2 Futuros sobre IPC (16)	-4.08		-3.66		1 207 819.04	295 039.31	-452 921.48	-502 889.65	7.7	63 843.63
2 Futuros sobre IPC (17)	-2.36			-2.83	1 196 947.23	316 214.11	-497 129.75	-539 602.80	5.2	42 820.09
2 Futuros sobre IPC (18)		-9.21	1.07		1 199 079.88	537 579.06	-500 190.48	-1 597 860.08	10.3	77 783.19
2 Futuros sobre IPC (19)		-11.70		1.81	1 369 325.36	2 250 952.80	-2 177 700.03	-8 134 637.73	13.5	99 474.65
2 Futuros sobre IPC (20)			5.04	-6.72	1 037 217.54	2 249 396.68	-1 081 935.93	-7 283 196.96	11.8	63 763.26

Cuadro 6
Estrategias de cobertura para Grupo Financiero Bancomer O (GFB O).

GFB O		Precio actual 5.20								
						Desviación	Valor en Riesgo			
Acciones en el portafolio	26 000	26 000	26 000	26 000	Media	estándar	1.00%	5.00%	Número	Requisitos
Precio futuro	5.30	5.47	6.08	10.99	Sin futuros	Sin futuros	Sin futuros	Sin futuros	de	de
Fecha de vencimiento	26/06/01	25/09/01	24/12/01	26/03/02	116 431.36	24 977.77	-46 936.70	-37 872.23	contratos	aportaciones
1 Futuro CMXC (1)	-25.53				139 174.09	5 179.86	-2 528.79	-2 047.59	25.5	21 063.31
1 Futuro CMXC (2)		-24.72			136 462.50	9 989.04	-40 373.09	-11 241.62	49.4	40 789.55
1 Futuro CMXC (3)			-22.23		135 244.93	24 020.75	-96 116.54	-8 513.53	66.7	55 021.68
1 Futuro CMXC (4)				-12.30	134 495.51	38 988.75	-91 226.58	-19 864.18	24.6	20 292.29
2 Futuros CMXC (5)	-19.98	-6.02			139 106.65	2 537.39	-1 805.46	-693.89	38.3	21 449.89
2 Futuros CMXC (6)	-22.63		-3.11		139 218.15	3 190.43	-3 076.24	-1 492.29	25.7	21 232.19
2 Futuros CMXC (7)	-21.19			-2.41	138 849.14	8 756.32	-15 910.33	-3 811.67	23.6	19 470.13
2 Futuros CMXC (8)		-51.39	23.40		138 266.90	27 954.53	-89 620.71	-13 838.40	74.8	40 291.82
2 Futuros CMXC (9)		-105.45		39.84	143 356.79	137 476.55	-481 469.62	-98 131.89	145.3	83 406.88
2 Futuros CMXC (10)			45.66	-37.88	133 427.65	139 167.41	-446 575.80	-37 937.96	83.5	34 257.81
Valor actual del IPC		6 539.20								
Valor a futuro del IPC	6 675.22	6 929.32	7 744.83	14 073.80						
1 Futuro sobre IPC (11)	-1.83				109 915.20	19 996.32	-21 083.12	-24 182.94	1.8	15 102.83
1 Futuro sobre IPC (12)		-1.76			107 503.95	17 031.00	-18 417.07	-21 524.35	1.8	14 549.01
1 Futuro sobre IPC (13)			-1.58		106 145.00	25 795.52	-19 681.98	-59 127.54	1.6	13 017.02
1 Futuro sobre IPC (14)				-0.87	104 187.70	40 843.69	-21 826.43	-48 052.60	0.9	7 163.29
2 Futuros sobre IPC (15)	-1.21	-0.59			14 832.67	177 576.97	-279 202.51	-378 631.58	1.8	14 916.11
2 Futuros sobre IPC (16)	-1.48		-0.31		15 626.47	184 766.88	-291 077.41	-377 159.49	1.8	14 699.41
2 Futuros sobre IPC (17)	-1.33			-0.24	6 982.13	209 350.39	-284 252.61	-335 099.16	1.6	12 946.77
2 Futuros sobre IPC (18)		-3.34	1.41		8 854.19	379 577.36	-284 960.30	-1 086 662.56	4.7	29 847.32
2 Futuros sobre IPC (19)		-6.60		2.38	144 404.48	1 756 887.52	-1 715 779.70	-6 234 784.36	9.0	58 407.58
2 Futuros sobre IPC (20)			2.84	-2.43	-120 021.40	1 779 568.93	-743 800.76	-5 506 766.75	5.3	27 482.95

Cuadro 7
Estrategias de cobertura para Telmex L.

Telmex L		Precio actual 26.45								
						Desviación	Valor en riesgo			
Acciones en el portafolio	4 000	4 000	4 000	4 000	Media	estándar	1.00%	5.00%	Número	Requisito
Precio futuro	26.91	27.74	30.79	55.54	Sin futuros	S/futuros	S/ futuros	S/futuros	de	de
Fecha de vencimiento	**26/06/01**	**25/09/01**	**24/12/01**	**26/03/02**	**112 624.05**	**16 213.61**	**-29 086.01**	**-21 660.82**	**contratos**	**aportaciones**
1 Futuro TMXL (1)	-3.93				109 284.22	3 920.05	-1 845.13	-1 362.55	3.9	9 435.43
1 Futuro TMXL (2)		-3.81			107 223.39	7 917.92	-32 086.26	-8 973.17	7.6	18 307.41
1 Futuro TMXL (3)			-3.44		106 058.23	18 948.75	-76 932.86	-8 037.88	10.3	24 743.76
1 Futuro TMXL (4)				-1.91	104 267.00	29 535.69	-69 480.33	-14 904.54	3.8	9 144.44
2 Futuros TMXL (5)	-3.07	-0.93			108 700.20	1 991.43	-1 510.93	-556.85	5.9	9 600.01
2 Futuros TMXL (6)	-3.48		-0.48		108 751.35	2 521.90	-2 866.78	-1 322.36	4.0	9 502.79
2 Futuros TMXL (7)	-3.26			-0.37	108 218.31	6 719.53	-11 937.24	-3 450.02	3.6	8 715.37
2 Futuros TMXL (8)		-7.92	3.61		108 314.97	21 985.78	-69 300.72	-11 623.55	11.5	17 919.90
2 Futuros TMXL (9)		-16.25		6.16	116 653.81	104 908.90	-374 347.96	-83 068.01	22.4	37 143.08
2 Futuros TMXL(10)			7.05	-5.86	100 386.75	106 788.37	-342 618.01	-33 894.51	12.9	15 158.47
Valor actual del IPC		6 539.20								
Valor a futuro del IPC	6 675.22	6 929.32	7 744.83	14 073.80						
1 Futuro sobre IPC (11)	-2.07				105 243.24	6 306.07	-9 391.05	-10 145.32	2.1	17 106.85
1 Futuro sobre IPC (12)		-2.00			102 512.04	12 681.61	-11 203.83	-51 388.82	2.0	16 479.54
1 Futuro sobre IPC (13)			-1.79		100 972.77	26 833.36	-9 217.48	-104 956.96	1.8	14 744.27
1 Futuro sobre IPC (14)				-0.98	98 755.76	39 738.11	-28 745.76	-86 241.94	1.0	8 113.80
2 Futuros sobre IPC (15)	-1.91	-0.16			96 991.30	15 539.61	-22 745.97	-31 538.14	2.1	17 058.09
2 Futuros sobre IPC (16)	-1.98		-0.08		97 110.29	16 832.33	-23 453.35	-30 077.09	2.1	17 001.49
2 Futuros sobre IPC (17)	-1.94			-0.06	95 761.85	22 347.87	-25 374.90	-29 889.49	2.0	16 543.73
2 Futuros sobre IPC (18)		-4.48	2.22		96 095.18	55 424.78	-35 294.80	-160 150.28	6.7	40 589.32
2 Futuros sobre IPC(19)		-9.62		3.76	117 283.14	271 788.27	-242 245.65	-964 146.97	13.4	85 599.64
2 Futuros sobre IPC (20)			4.15	-3.27	75 950.55	273 763.13	-96 031.20	-857 330.78	7.4	39 593.35

Conclusiones

Se ha desarrollado un modelo de cobertura contra fluctuaciones en el mercado bursátil con futuros financieros. A partir de un registro histórico del precio de las acciones del portafolio y de las estructuras de plazos de las tasas de interés cupón cero para los Cetes se generaron las distribuciones empíricas del valor de la cartera fin de comparar los efectos de dichos flujos en la varianza de antes y después de la cobertura. El concepto de duración monetaria desempeñó un papel importante en el desarrollo del modelo en cuanto a la medición y el control del riesgo de mercado.

Siempre es posible encontrar un par de series de futuros de dólar que inmunicen a una cartera de acciones. Sin embargo, no siempre este par reduce la varianza de la cartera combinada. En este caso, se logra la cobertura local pero es necesario el rebalanceo frecuente de las posiciones en futuros; esto debido principalmente a las diferencias entre las fechas de vencimiento de los contratos a futuro, es decir, debido al riesgo base. Este problema es equivalente a uno de programación entera (véase Zenios, [1996]) en donde se tiene un conjunto de puntos factibles sin restricción en el signo (pares de series) y se desea encontrar el par que minimice la dispersión. Finalmente, a manera de ilustración, las estrategias de cobertura se aplicaron a un portafolio de acciones.

El método propuesto cubre de manera limitada, en el sentido de que la cobertura actúa contra movimientos pequeños en el precio del activo subyacente y desplazamientos pequeños y paralelos en la tasa de interés, siendo la cobertura efectiva en un intervalo pequeño de tiempo, unos días, posiblemente unas semanas. Por esta razón, las estrategias de inmunización requieren de actualizaciones periódicas o rebalanceo a fin de proteger eficazmente no sólo contra cambios pequeños en los precios y contra pequeños desplazamientos paralelos en las tasas de interés, sino también contra cambios moderados y extremos.[23] Si una estrategia no es rebalanceada atendiendo a la información adicional sobre el comportamiento y a las expectativas del mercado, la protección se deteriora progresivamente.[24]

Finalmente, es necesario mencionar que se requiere más investigación sobre modelos alternativos para estimar la estructura intertemporal de tasas de interés con el método propuesto. Al respecto, valdría la pena explorar modelos con difusiones y comparar los resultados con los aquí obtenidos. Asimismo, es importante incluir en el método propuesto otros instrumentos financieros, como es el caso de las opciones sobre acciones a fin de diversificar la cobertura y determinar las condiciones en las cuales la exposición al riesgo se reduce. Por último, es importante extender nuestro método para que el horizonte de planeación pueda dividirse en intervalos, en función de la disponibilidad de vencimientos de futuros, y llevar a cabo las coberturas en cada uno de dichos intervalos.

Bibliografía

- Artzner, P. y F. Delbaen [1989], "Term Structure of Interest Rate", *Advances in Applied Mathematics,* vol. 10, pp. 95-129.
- Babbs, S. y N. Webber [1993], " A Theory of the Term Structure with an Official Short Rate", *Working Paper*, University of Warwick.
- Björk, T. [1995], "On the Term Structure of Discontinuous Interest Rates", *Surveys in Industrial And Applied Mathematics* 2**,** núm. 4, pp. 626-657.
- Díaz-Tinoco, J. y F. Hernández-Trillo [2000], Futuros y opciones financieras: una introducción, Limusa-BMV.
- _______ y F. Venegas-Martínez [2001], "Política Agrícola y Contratos de Futuros: Un Modelo de Equilibrio General", *Momento Económico*, núm. 115, pp. 2-21.

[23] Otros modelos de cobertura contra volatilidad extrema que utilizan procesos de difusión con saltos, aplicados al mercado de capitales mexicano, se encuentran en Venegas-Martínez [2001a].

[24] Un modelo de cobertura en donde se incorpora informacion *a priori* sobre expectativas y condiciones del mercado, en un contexto bayesiano, se encuentra en Venegas-Martínez [2001b]. Métodos de construcción de distribuciones *a priori* que describen información adicional sobre expectativas se encuentran disponibles en Venegas-Martínez, de Alba y Ordorica-Mellado [1999], y Venegas-Martínez [1997], [1992], [1993], [1990], [1990a] y [1990b].

- _______ [1997], "Riesgos en Instrumentos de Deuda y Futuros sobre Tasa de Interés", en *Derivados Financieros: Teoría y Práctica*, H. Sabau y G. Roa compiladores, Operadora de Bolsa, México, pp. 194-200.
- _______ [1997a], "Cambios en el precio de un futuro sobre Cetes a 91 días", en *Derivados Financieros: Teoría y Práctica*, H. Sabau y G. Roa compiladores, Operadora de Bolsa, México, pp. 188-193.
- _______ [1996], "Factibilidad de un mercado de futuros agropecuarios: un análisis teórico", *Comercio Exterior*, vol. 46, núm. 1, pp. 68-76.
- Engle, R. y S. Manganelli [1999], CAViaR: Conditional Value At Risk By Regression Quantiles, Technical Report, Department of Economics, University of California, San Diego.
- Hull, J. C. [1997], Options, Futures, and Other Derivatives, Third Edition, Prentice Hall.
- González-Aréchiga, B. [1997], "El Mercado de Productos Derivados en México", en *Derivados Financieros: Teoría y Práctica*, H. Sabau y G. Roa compiladores, Operadora de Bolsa, México, pp. 308-321.
- _______, J. Díaz-Tinoco y F. Venegas-Martínez [2000], "Política fiscal y contratos de futuros: el caso de las personas físicas en México (simulación Monte Carlo y valuación binomial)", *Estudios Económicos*, vol. 15, núm. 29, pp. 3-36.
- _______, F. Venegas-Martínez y J. Díaz-Tinoco [2000], "Riesgo de tasas de interés e inmunización por duración y convexidad con futuros: análisis local y de valor en riesgo", *Investigación Económica*, vol. 60, núm. 233, pp. 77-112.
- _______, J. Díaz-Tinoco y F. Venegas-Martínez [2001], "Riesgo cambiario, brecha de madurez, y cobertura con futuros: análisis local y de valor en riesgo", *Economía Mexicana*, *Nueva Epoca*, vol. 10, núm. 2, por aparecer.
- Gorton, G. B. y G. Pennacchi [1993], "Security Baskets and Index-Linked Securities", *Journal of Business*, vol. 66, núm. 1, pp. 1-27.
- Jorion, P. [1999], *Valor en riesgo: el nuevo paradigma para la medición de riesgos*, Editorial Limusa.
- Li, D. [1999], "Value at Risk based on the Volatility, Skewness and Kurtosis" Working Paper, RiskMetrics Group, April.
- Mina, J. [2001], " Calculating VaR through Quadratic Approximations", Journal of Financial Risk, Winter Forthcoming.
- Naik, V. y R. Uppal [1994], "Leverage Constraints and the Optimal Hedging of Stock and Bond Options", *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, vol. 29, núm. 2, pp. 199-222.
- Rubinstein, M. [1987], "Derivative Assets Analysis", *The Journal of Economic Perspectives*, vol. 1, núm. 2, pp. 73-93.
- Schwartz, R. J. y C. W. Smith [1993], *Advanced Strategies in Financial Risk Management*, 1ª. ed., Prentice Hall.
- Stein, J. L. [1990], *The Economics of Futures Markets*, Basil Blackwell, Cambridge.
- Venegas-Martínez, F. [2001], "Temporary Stabilization: A Stochastic Analysis", *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 25, núm. 9, pp. 1429-1449.
- _______ [2001a], "Opciones, cobertura y procesos de difusión con saltos: una aplicación a los títulos de G Carso", *Estudios Económicos*, vol. 16, núm. 2, pp. 203-226.
- ______ [2001b], "Pricing and Hedging Derivative Securities with Prior Information", *Working paper*, Mathematical Finance Group, Oxford University.
- ______ [2001c], "Política fiscal y renta petrolera: una propuesta de régimen fiscal para Pemex", *Problemas del Desarrollo*, *Revista Latinoamericana de Economía*, IIEC-UNAM, vol. 32, núm. 124, pp. 55-108.
- ______ [2001d], "Una guía completa para economistas en la valuación de opciones", *Gaceta de Economía*, ITAM, vol. 6, núm. 12, pp. 155-212.
- _______ [2001e], "Chronic Inflations Jumps in a Stochastic Small Open Economy", Working paper, Mathematical Finance Group, Oxford University.
- _______ [2000], "On Consumption, Investment, and Risk", *Economía Mexicana*, *Nueva Epoca*, vol. 9, núm. 2, pp. 227-244.

- ______ [2000a], “Aprendizaje, utilidad y estabilización”, *Gaceta de Economía*, vol. 5, núm. 10, pp. 153-169.
- ______ [1999], “Crecimiento endógeno, dinero, impuestos y deuda externa”, *Investigación Económica*, vol. 59, núm. 229, pp. 15-36.
- ______ [1997], “On Information Functionals and Priors”, Memoria del XII Foro Nacional de Estadística, resúmenes *in extenso*, Asociación Mexicana de Estadística. INEGI, pp. 183-188.
- ________ [1993], “Learning on Utility Parameters”, *Recent Advances in Bayesian Statistics and Econometrics*, vol. 2, pp. 65-83.
- ______ [1992], “Entropy Maximization and Cross-Entropy Minimization on Quantiles; A Matrix Approach”, *Agrociencia*, Serie Matemáticas Aplicadas, Estadística y Computación, vol. 3, núm.2, pp. 71-76.
- ______ [1990], “On Regularity and Optimality Conditions for Maximum Entropy Priors”, *The Brazilian Journal of Probability and Statistics*, vol. 4, pp. 105-136.
- _______ [1990a], “Información suplementaria *a priori*, aspectos computacionales y clasificación”, *Estadística*, Inter-American Statistical Institute, IASI, vol. 42, núm. 139, pp. 64-80.
- _______ [1990b], “Información suplementaria *a priori*”, *Contributions to Probability and Mathematical Statistics*, vol. 4, pp. 228-237.
- ______ y B. González-Aréchiga [2000], “Mercados incompletos y su impacto en los programas de estabilización de precios: el caso mexicano”, *Momento Económico*, núm. 111, pp. 20-27.
- ______ y B. González-Aréchiga [2002], “Cobertura de tasas de interés con futuros del Mercado Mexicano de Derivados: un modelo estocástico de duración y convexidad”, *El Trimestre Económico*, vol. 59, núm. 274, por aparecer.
- _______, B. González-Aréchiga y J. Díaz-Tinoco [1999], “Inmunización de portafolios de Cetes, Bondes y otros títulos de deuda pública con futuros sobre tasas de interés”, trabajo de investigación núm. 1994-1994, Serie: Mexder-Documentos de Investigación.
- ______, E. de Alba y M. Ordorica-Mellado [1999], “On Information, Priors, Econometrics, and Economic Modeling”, *Estudios Económicos*, vol. 14, núm. 27, pp. 53-86.
- ______, E. de Alba y M. Ordorica-Mellado [1995], “An Economist’s Guide to The Kalman Filter”, *Estudios Económicos*, vol. 10, núm. 20, pp. 123-145.
- Zenios, S. [1996], *Financial Optimization,* Cambridge University Press.