

Cobertura de Riesgo Cambiario: El Caso de un Inversionista Local que Invierte en el Exterior

Exchange Rate Risk Coverage: The Case of a Local Investor Investing in External Markets

Augusto Castillo R.¹

¹Ph.D. Universidad Adolfo Ibáñez, Escuela de Negocios, e-mail: augusto.castillo@uai.cl

Resumen. En este artículo se discute cómo lograr cobertura óptima si se es un inversionista local con inversiones en el exterior. Se analiza la conveniencia de efectuar cobertura de riesgo cambiario a través del uso de contratos *forward* de tipo de cambio.

Palabras clave: Riesgo cambiario, cobertura.

Abstract. This paper discusses how to achieve optimal hedging for a local investor with investments abroad. We analyze the convenience of performing foreign currency hedging through the use of exchange rate forward contracts.

Keywords: Currency risk, hedging.

(Recibido: 1º de abril de 2010. Aceptado: 31 de junio de 2010)

INTRODUCCIÓN

Inversionistas en general, y en mayor medida aún, inversionistas institucionales tales como fondos de pensiones y fondos mutuos efectúan inversión en mercados externos para así aprovechar de mejor manera las posibilidades de diversificación que esa inversión permite. La inversión en mercados externos permite reducir la correlación promedio entre los activos que constituyen la cartera de un fondo, siendo esta la principal ventaja a la que se accedería. Sin embargo existe un costo de diversificar en el exterior y este es que los inversionistas quedan expuestos a un riesgo adicional, el riesgo cambiario. Esto ocurre pues sus inversiones se realizan en moneda extranjera, y al momento de retirarlas (o de medir el desempeño de las mismas) se debe convertir el rendimiento a moneda local.

Existen afortunadamente al menos dos mecanismos por los cuales el riesgo cambiario puede ser mitigado. El primero es simplemente invertir en varios mercados y en varias monedas a la vez de manera de reducir por este procedimiento la exposición a una moneda en particular. El segundo mecanismo es el de efectuar cobertura a través de instrumentos derivados tales como contratos futuros o contratos *forward*.

En Chile en particular existe un mercado bastante profundo y en expansión que es el de los contratos *forward* peso/dólar y UF/dólar. El mercado también existe aunque es mucho menos profundo para contratos *forward* de nuestra moneda local contra otras monedas tales como el euro o el yen. Sin embargo hay algunas monedas contra las cuales no existen mecanismos de protección cambiaria disponibles.

Qué tan valiosa y necesaria es la cobertura del riesgo cambiario en el caso de los fondos de inversión,

es sin embargo, una pregunta no completamente resuelta. Por ejemplo Solnik (1974) muestra que la "cobertura total" es óptima, pero este resultado supone cero correlación entre el retorno de acciones y de monedas. Estudios posteriores, como el de Walker (2006), han sugerido que la cobertura total del riesgo cambiario podría ser incluso contraproducente, pues podría aumentar en vez de disminuir el riesgo al que está expuesto el inversionista.

El trabajo de Campbell, Medeiros y Viceira (2007) sugiere que es clave el grado y signo de la correlación que exista entre los mercados accionarios en que se invierte y las variaciones en los tipos de cambio. Ellos demuestran que bajo ciertas condiciones es posible concluir que la demanda por monedas no dependerá de cuál sea el país de referencia. Es un resultado interesante y que sin embargo ignora que en el mundo real es usual que las carteras en que se invierte tengan un fuerte sesgo local que debe considerarse.

Existe una serie de estudios previos que investigan las razones por las cuales las empresas realizan cobertura. Los estudios de Smith y Stultz (1985), Bessembinder (1991), Froot, Scharfstein y Stein (1993) y Mello y Parsons (1995) identifican el deseo de minimizar la varianza de los flujos de caja futuros, la reducción de la volatilidad del ingreso antes de impuestos, el deseo de reducir la dispersión de las ganancias contables, e incluso la esperanza de evitar la quiebra financiera como las principales razones para hacer cobertura. Neuberger (1999) asume que el deseo de hacer cobertura proviene de agentes que son aversos al riesgo y que desean maximizar su bienestar esperado. Teniendo claro que la cobertura normalmente afectará no sólo la variabilidad de un flujo de caja futuro sino además su retorno esperado, en este estudio centramos la atención en la capacidad de un inversionista para

reducir la varianza de los flujos de caja que generará a través de la cobertura con instrumentos *forward* de tipo de cambio.

Existe adicionalmente una serie de estudios que exploran la determinación de estrategias de cobertura óptima de empresas productivas expuestas a riesgo cambiario, bajo condiciones de incertidumbre en tasas de interés, o cuando los plazos de los contratos disponibles no coinciden con los plazos del horizonte de inversión relevante, o incluso cuando existe incertidumbre en la cantidad de moneda extranjera a recibir, destacando entre estos estudios los de Brennan y Crew (1995), Castillo y Lefort (2003) y Castillo y Aguila (2008).

En este artículo se analizará el problema de la cobertura de riesgo cambiario del punto de vista de un inversionista local que invierte en una cartera accionaria externa y que dispone de la posibilidad de cubrir el riesgo cambiario mediante contratos *forwards* o mediante la construcción de una réplica de dichos contratos. Este artículo se organiza de la siguiente manera: La sección I incluye la introducción y revisión bibliográfica. En la sección II se describe el modelo y algunos casos particulares. Aquí se identifica los parámetros clave que determinan la estrategia de cobertura óptima y la calidad de esa cobertura. En la sección III se presenta distintos escenarios que permiten visualizar la sensibilidad de las soluciones encontradas a los parámetros clave ya identificados. La sección IV presenta las conclusiones de este artículo y sugiere algunas extensiones del mismo.

MODELO GENERAL E INDEPENDENCIA DE VARIABLES COMO CASO PARTICULAR

El problema a explorar es el siguiente: Tenemos una cartera accionaria cuyo valor en moneda local resulta de la interacción de dos variables aleatorias

que se multiplican, el tipo de cambio S_T (en unidades de moneda local por cada unidad de moneda extranjera) y el valor de la cartera accionaria P_T (en moneda extranjera). El valor de esta cartera en moneda local y en ausencia de cobertura de riesgo cambiario queda representado por la siguiente expresión:

$$VC_T = S_T \cdot P_T \quad (1)$$

Las variables aleatorias S_T y P_T podrían estar o no correlacionadas, y ambas situaciones son interesantes de explorar. En la medida que existan contratos futuros sobre la moneda extranjera en la que invierto, la expresión que representa el flujo de caja con cobertura será:

$$VC_T = S_T \cdot P_T + H \cdot f_T \quad (2)$$

En que H representa el número de posiciones a tomar en un contrato *forward* que vence en T y en que f_T representa el valor de una posición larga en el contrato forward en la fecha T , el que se determina como:

$$\tilde{f}_T = \tilde{P}_T - K \quad (3)$$

En que K representa el precio de ejercicio fijado en el contrato forward. Como H y K son constantes, la varianza del valor de la cartera en T se puede expresar como:

$$\text{Var}(VC_T) = \text{Var}(S_T \cdot P_T + H \cdot S_T - H \cdot K) = \text{Var}(S_T \cdot P_T + H \cdot S_T) \quad (4)$$

Si desarrollamos esta expresión obtenemos:

$$\text{Var}(VC_T) = \text{Var}(S_T \cdot P_T) + H^2 \cdot \text{Var}(S_T) + 2 \cdot H \cdot \text{Cov}(S_T \cdot P_T, S_T) \quad (5)$$

A partir de la ecuación (5) podemos obtener la expresión del H óptimo, que minimiza la varianza del valor de la cartera, es decir de la razón de cobertura óptima. Para ello derivamos la varianza del valor de

la cartera con respecto a H:

$$\frac{\partial \text{Var}(VC_T)}{\partial H} = 2 \cdot H \cdot \text{Var}(S_T) + 2 \cdot \text{Cov}(S_T \cdot P_T, S_T) \quad (6)$$

Igualando a cero esta derivada obtenemos el H óptimo representado por la siguiente expresión:

$$H_{\text{ÓPTIMO}} = -\frac{\text{Cov}(S_T \cdot P_T, S_T)}{\text{Var}(S_T)} \quad (7)$$

Para garantizar que hemos encontrado una expresión para el H que minimiza la varianza verificamos la condición de segundo orden que nos dice que la segunda derivada de la varianza con respecto a H debe ser positiva. En este caso así ocurre tal como se aprecia a continuación:

$$\frac{\partial^2 \text{Var}(VC_T)}{\partial H^2} = 2 \cdot \text{Var}(S_T) > 0 \quad (8)$$

El H óptimo representado por la ecuación (7) es una expresión válida tanto si las dos variables aleatorias son dependientes como si son independientes. El caso en que el valor de la cartera accionaria y el tipo de cambio son independientes es un caso interesante, y que ocurre con alguna frecuencia en el mundo real. En el caso particular de independencia entre S_T y P_T podemos utilizar la solución general ya presentada pero es posible también presentar una versión más simple de las ecuaciones para la varianza del valor de la cartera y para el H óptimo.

Notar que bajo el supuesto de independencia se producen las siguientes simplificaciones en cada uno de los términos de la ecuación (5):

$$\text{Var}(S_T \cdot P_T) = E(S_T^2) \cdot \text{Var}(P_T) + E^2(P_T) \cdot \text{Var}(S_T) \quad (9)$$

$$\text{Cov}(S_T \cdot P_T, S_T) = E(P_T) \cdot \text{Var}(S_T) \quad (10)$$

Por lo tanto la expresión de la varianza del flujo de caja bajo independencia de las variables aleatorias

se convierte en:

$$\text{Var}(VC_T) = E(S_T^2) \cdot \text{Var}(P_T) + [E^2(P_T) + H^2 + 2 \cdot H \cdot E(P_T)] \text{Var}(S_T) \quad (11)$$

Es decir:

$$\text{Var}(VC_T) = E^2(\tilde{P}_T) \cdot \text{Var}(P_T) + (E(P_T) + H)^2 \cdot \text{Var}(S_T) \quad (12)$$

Para la estrategia de cobertura óptima, la expresión obtenida en (7) se simplifica en el caso de independencia entre las dos variables aleatorias a:

$$H = -\frac{\text{Var}(S_T) \cdot E(P_T)}{\text{Var}(S_T)} = -E(P_T) \quad (13)$$

Este resultado es interesante pues indica que en presencia de independencia entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el tipo de cambio respectivo para traer a moneda local, la estrategia de cobertura óptima es tomar posiciones cortas en contratos forward por un monto igual al valor esperado de esa cartera en moneda extranjera en el instante T. A esta estrategia se le denomina estrategia de "cobertura total". Tal vez más interesante que esa conclusión es la de que en ausencia de independencia entre las variables S_T y P_T la estrategia de cobertura óptima no corresponde a la estrategia de "cobertura total". De hecho es posible demostrar que bajo ciertas condiciones la estrategia de cobertura total aumentará en vez de reducir la varianza del valor de la cartera.

Por último vale la pena mencionar que si consideramos el caso particular en que el valor de la cartera en T es conocido anticipadamente y no es por ende una variable aleatoria (esto ocurriría si se invierte en activos libre de riesgo en la moneda extranjera), entonces la expresión de la varianza del valor de la cartera presentado en la ecuación (12) se reduce a:

$$\text{Var}(VC_T) = (P_T^2 + H^2 + 2 \cdot H \cdot P_T) \text{Var}(S_T) = (P + H)^2 \cdot \text{Var}(S_T) \quad (14)$$

En este caso particular la varianza del flujo de caja con cobertura adopta un mínimo valor que es igual a cero, lo que indica que en este caso se logra cobertura perfecta del riesgo, cuando tomamos un número de posiciones cortas en contratos forward por un monto igual al indicado por la razón de cobertura óptima $H_{\text{MÍNIMO}} = -P_T$ que es evidentemente un caso particular de la expresión en (13).

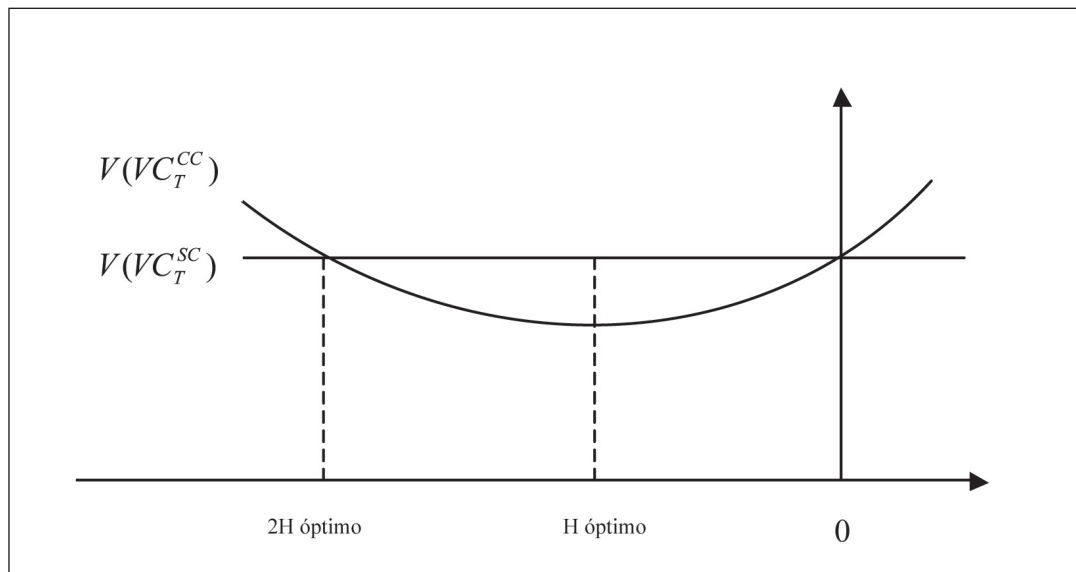
Una pregunta relacionada que es también interesante de analizar es bajo qué rango de valores del H la cobertura realmente permite reducir la varianza del flujo de caja. Para contestar esto debemos mirar y comparar las varianzas del valor de la cartera con y sin cobertura. A partir de la ecuación (5) obtenemos la siguiente expresión para la diferencia entre la varianza del valor de la cartera con cobertura y la varianza del valor de la cartera sin cobertura:

$$\text{Var}(VC_T^{CC}) - \text{Var}(VC_T^{SC}) = H^2 \cdot \text{Var}(S_T) + 2 \cdot H \cdot \text{Cov}(S_T, P_T, S_T) \quad (15)$$

Necesitamos analizar para qué valores de H la diferencia entre estas varianzas $\text{Var}(VC_T^{CC}) - \text{Var}(VC_T^{SC})$

es negativa pues esto nos entregará el rango de valores en los que la cobertura logra reducir la varianza del valor de la cartera. Resolviendo este problema encontramos que la varianza del valor de la cartera sin cobertura no depende de H y por tanto es una función constante, por otra parte la varianza con cobertura corresponde a una parábola, y ambas varianzas se interceptan (son iguales) en dos puntos, para $H = 2H_{\text{óptimo}}$ y para $H = 0$, dentro de este rango de valores de H la varianza del valor de la cartera con cobertura está por debajo de la varianza del valor de la cartera sin cobertura, y fuera de este rango ocurre exactamente lo contrario, es decir la varianza del valor de la cartera con cobertura es mayor que la varianza del valor de la cartera sin cobertura. Esta situación está representada en la **Figura 1**, donde se puede apreciar también que $H_{\text{óptimo}}$ es aquel que minimiza la varianza del valor de la cartera con cobertura.

Figura 1. Varianza del Valor de la Cartera con Cobertura y Varianza del Valor de la Cartera sin Cobertura en Función del H.



La principal conclusión que se puede sacar de este resultado es que si la cobertura óptima en valor absoluto fuese menor a 0,5, entonces la estrategia de “cobertura total” será dominada por la estrategia de “cero cobertura”. Este resultado tiene implicancias de política muy relevantes pues muestra que obligar a los fondos de inversión a hacer “cobertura total” o condicionar el nivel de sus inversiones en el exterior a la realización de “cobertura total” puede ser contraproducente.

Para medir la calidad de la cobertura se utilizará una medida que represente la reducción porcentual de la varianza del valor de la cartera flujo que genera la cobertura, la que se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia Cobertura} = \frac{\text{Var}(FC_T^{sc}) - \text{Var}(FC_T^{cc})}{\text{Var}(FC_T^{sc})} \quad (16)$$

COBERTURA ÓPTIMA Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En esta sección analizaremos de qué manera la cobertura óptima y la eficiencia de la cobertura óptima dependen de ciertos parámetros claves como por ejemplo el coeficiente de correlación que exista entre las variables aleatorias de valor de la cartera y tipo de cambio. Los resultados aquí presentados se obtienen a través de un ejercicio de simulación.

Los principales supuestos de la simulación son los siguientes: Se supondrá que ambas variables aleatorias presentan una distribución log normal, con los valores propuestos para los parámetros en el caso base, que se indican en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Parámetros del caso base

Parámetro	S	P
Valor esperado	1,0	1,0
Desviación estándar	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 2** muestra los valores que arroja la simulación de escenarios con distintos posibles coeficientes de correlación (se considera el rango de valores entre -0,9 y +0,9) entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera en ausencia de cobertura, bajo un escenario de cobertura total, y considerando finalmente que la cobertura sea óptima. Se muestra además la eficiencia de la cobertura óptima y la estrategia de cobertura óptima.

La columna 2 de la **Tabla 2**, muestra que la varianza del flujo de caja sin cobertura es una función creciente del coeficiente de correlación entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera. De comparar las columnas 2 y 3 de la misma tabla es posible concluir que la cobertura total puede ser una política contraproducente pues puede elevar el riesgo de la cartera en la medida que la correlación entre valor de la cartera en moneda extranjera y valor de la moneda extranjera sea muy negativa (en la **Tabla 2** esto ocurre con correlaciones por debajo de -0,4). La columna 4 de la **Tabla 2** muestra que la cobertura óptima siempre reduce el riesgo de la cartera. La columna 5 muestra cómo la calidad o eficiencia de la cobertura es una función creciente del grado de correlación entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera. Finalmente es posible apreciar en la columna 6 de la **Tabla 2** cómo la estrategia de cobertura óptima corresponde siempre a tomar

Tabla 2. Estrategia de cobertura y correlación entre valor cartera y valor moneda extranjera

Corr(S,P)	Var(VCsc)	Var(VCcct)	Var(VCcco)	%Eficiencia	Hoptimo
-0,90	0,0029	0,0897	0,0029	0,9%	-0,017
-0,85	0,0113	0,0891	0,0109	3,7%	-0,068
-0,80	0,0200	0,0886	0,0187	6,4%	-0,119
-0,75	0,0288	0,0882	0,0262	9,1%	-0,170
-0,70	0,0379	0,0879	0,0334	11,7%	-0,222
-0,65	0,0471	0,0877	0,0403	14,4%	-0,274
-0,60	0,0566	0,0877	0,0470	17,0%	-0,327
-0,55	0,0663	0,0878	0,0533	19,7%	-0,381
-0,50	0,0762	0,0880	0,0592	22,3%	-0,435
-0,45	0,0864	0,0884	0,0649	24,9%	-0,489
-0,40	0,0967	0,0889	0,0701	27,5%	-0,544
-0,35	0,1073	0,0895	0,0750	30,1%	-0,599
-0,30	0,1182	0,0903	0,0796	32,7%	-0,655
-0,25	0,1292	0,0912	0,0837	35,2%	-0,711
-0,20	0,1405	0,0923	0,0874	37,8%	-0,768
-0,15	0,1520	0,0935	0,0908	40,3%	-0,825
-0,10	0,1638	0,0949	0,0937	42,8%	-0,883
-0,05	0,1758	0,0964	0,0961	45,3%	-0,941
0,00	0,1881	0,0981	0,0981	47,8%	-1,000
0,05	0,2006	0,0999	0,0996	50,3%	-1,059
0,10	0,2134	0,1020	0,1007	52,8%	-1,119
0,15	0,2264	0,1041	0,1012	55,3%	-1,179
0,20	0,2397	0,1065	0,1013	57,7%	-1,240
0,25	0,2532	0,1090	0,1008	60,2%	-1,301
0,30	0,2670	0,1117	0,0998	62,6%	-1,363
0,35	0,2810	0,1145	0,0983	65,0%	-1,425
0,40	0,2954	0,1176	0,0962	67,4%	-1,488
0,45	0,3099	0,1208	0,0935	69,8%	-1,551
0,50	0,3248	0,1242	0,0902	72,2%	-1,615
0,55	0,3399	0,1278	0,0863	74,6%	-1,679
0,60	0,3554	0,1316	0,0818	77,0%	-1,743
0,65	0,3711	0,1355	0,0767	79,3%	-1,808
0,70	0,3870	0,1397	0,0709	81,7%	-1,874
0,75	0,4033	0,1441	0,0645	84,0%	-1,940
0,80	0,4198	0,1486	0,0574	86,3%	-2,007
0,85	0,4367	0,1534	0,0496	88,6%	-2,074
0,90	0,4538	0,1584	0,0411	90,9%	-2,141

Fuente: Elaboración propia.

posiciones cortas en contratos forward de moneda extranjera y que el número de posiciones a tomar son una función creciente del coeficiente de correlación. Cuando la correlación es negativa la magnitud de la cobertura óptima es menor que la cobertura total pero con correlaciones positivas la magnitud de la cobertura óptima corresponde a tomar posiciones mayores que la cobertura total.

Tal como las ecuaciones (5) y (7) sugieren, tanto la calidad de la cobertura alcanzable como la estrategia de cobertura óptima están determinadas por una serie de otros parámetros además del coeficiente de correlación entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera. A continuación se analizará de qué manera las estrategias de cobertura y la calidad de esa estrategia se relacionan con la varianza del valor de la cartera en moneda extranjera y con la varianza del valor de la moneda extranjera.

En la **Tabla 3** se muestra de qué manera cambian tanto la efectividad de la cobertura como la estrategia de cobertura óptima a medida que cambiamos la varianza del valor de la moneda extranjera. Esta tabla la conforman tres casos en que se ha utilizado diferentes coeficientes de correlación entre valor de la cartera en moneda extranjera y valor de la moneda extranjera.

En el caso 1 de la **Tabla 3** se aprecia que cuando el coeficiente de correlación entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera es negativo (en este caso es de $-0,6$), las varianzas del valor de la cartera en moneda local sin cobertura, con cobertura total y con cobertura óptima son en un comienzo una función decreciente y luego una función creciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. También es posible apreciar que la efectividad de la cobertura, es en un comienzo una función decreciente y luego una función creciente de

la varianza del valor de la moneda extranjera. Sólo cuando la varianza del valor de la moneda extranjera es suficientemente alta la varianza de la cartera con cobertura total es inferior a la varianza de la cartera sin cobertura. La estrategia de cobertura óptima (el H) es positivo para valores bajos de volatilidad del valor de la moneda extranjera (esto indica que debe tomarse posiciones largas en contratos forward) y sólo para valores más altos de varianza del valor de la moneda extranjera esta estrategia supone tomar posiciones cortas en contratos forward.

En el caso 2 de la **Tabla 3** se aprecia que cuando el coeficiente de correlación entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera es cero, las varianzas del valor de la cartera en moneda local sin cobertura, con cobertura total y con cobertura óptima son una función creciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. En este caso la cobertura total es siempre la estrategia de cobertura óptima. También es posible apreciar que la efectividad de la cobertura es una función creciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. La estrategia de cobertura óptima (el H) es siempre igual a $-1,0$ y por ende independiente de la varianza del valor de la moneda extranjera.

En el caso 3 de la **Tabla 3** se aprecia que cuando el coeficiente de correlación del valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera es positiva (en este caso de $+0,6$) las varianzas del valor de la cartera en moneda local sin cobertura, con cobertura total y con cobertura óptima son una función creciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. También es posible apreciar que la efectividad de la cobertura es una función creciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. La estrategia de cobertura óptima (el H) es siempre negativa y mayor en valor absoluto a la estrategia de cobertura óptima. También se aprecia

Tabla 3. Estrategia de cobertura óptima y varianza del valor de la moneda extranjera

Caso 1: Correlación entre P y S de -0,6					
Desv(S)	Var(VCsc)	Var(VCcct)	Var(VCcco)	%Eficiencia	Hoptimo
0,050	0,072	0,087	0,055	23,3%	2,59
0,100	0,059	0,085	0,053	10,9%	0,80
0,150	0,052	0,085	0,051	2,1%	0,22
0,200	0,050	0,085	0,050	0,3%	-0,06
0,250	0,051	0,086	0,048	6,1%	-0,22
0,300	0,057	0,088	0,047	17,0%	-0,33
0,350	0,065	0,091	0,046	29,5%	-0,40
0,400	0,077	0,095	0,045	41,1%	-0,44
0,450	0,090	0,100	0,044	51,0%	-0,48
0,500	0,106	0,106	0,044	59,0%	-0,50
0,550	0,124	0,114	0,043	65,3%	-0,52
0,600	0,143	0,123	0,042	70,3%	-0,53

Caso 2: Correlación entre P y S de 0,0					
Desv(S)	Var(VCsc)	Var(VCcct)	Var(VCcco)	%Eficiencia	Hoptimo
0,050	0,093	0,090	0,090	2,7%	-1,00
0,100	0,101	0,091	0,091	9,9%	-1,00
0,150	0,115	0,092	0,092	19,6%	-1,00
0,200	0,134	0,094	0,094	29,9%	-1,00
0,250	0,158	0,096	0,096	39,5%	-1,00
0,300	0,188	0,098	0,098	47,8%	-1,00
0,350	0,224	0,101	0,101	54,8%	-1,00
0,400	0,264	0,104	0,104	60,5%	-1,00
0,450	0,311	0,108	0,108	65,2%	-1,00
0,500	0,363	0,113	0,113	69,0%	-1,00
0,550	0,420	0,117	0,117	72,1%	-1,00
0,600	0,482	0,122	0,122	74,6%	-1,00

Caso 3: Correlación entre P y S de +0,6					
Desv(S)	Var(VCsc)	Var(VCcct)	Var(VCcco)	%Eficiencia	Hoptimo
0,050	0,115	0,094	0,060	47,2%	-4,65
0,100	0,146	0,099	0,064	56,4%	-2,87
0,150	0,185	0,105	0,067	63,6%	-2,29
0,200	0,233	0,112	0,072	69,2%	-2,01
0,250	0,289	0,121	0,076	73,6%	-1,84
0,300	0,355	0,132	0,082	77,0%	-1,74
0,350	0,432	0,144	0,088	79,7%	-1,68
0,400	0,521	0,159	0,095	81,8%	-1,63
0,450	0,621	0,175	0,102	83,5%	-1,60
0,500	0,735	0,195	0,111	84,9%	-1,58
0,550	0,863	0,217	0,120	86,1%	-1,57
0,600	1,007	0,243	0,130	87,0%	-1,56

Fuente: *Elaboración propia.*

que el valor absoluto de H disminuye al aumentar la varianza del valor de la moneda extranjera.

En la **Tabla 4** se muestra de qué manera cambian tanto la efectividad de la cobertura como la estrategia de cobertura óptima a medida que cambiamos la varianza del valor de la cartera en moneda extranjera. Esta tabla la conforman tres casos en que se ha utilizado diferentes coeficientes de correlación entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera.

En el caso 1 de la **Tabla 4** se aprecia que cuando el coeficiente de correlación entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera es negativo (en este caso es de $-0,6$), las varianzas del valor de la cartera en moneda local sin cobertura y con cobertura total son en un comienzo una función decreciente y luego una función creciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. La varianza del valor de la cartera con cobertura óptima es en cambio siempre una función creciente de la varianza del valor de la cartera en moneda extranjera. También es posible apreciar que la efectividad de la cobertura es una función decreciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. Cuando la varianza del valor de la cartera en moneda extranjera es suficientemente alta la varianza de la cartera con cobertura total es mayor a la varianza de la cartera sin cobertura, indicando que esa estrategia de cobertura es contraproducente en esos casos. La estrategia de cobertura óptima (el H) es negativa para valores bajos de volatilidad del valor de la cartera en moneda extranjera pero se hace positiva (esto indica que debe tomarse

posiciones largas en contratos forward) para valores más altos de varianza del valor de la cartera en moneda extranjera.

En el caso 2 de la **Tabla 4** se aprecia que cuando el coeficiente de correlación entre el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera es cero, las varianzas del valor de la cartera en moneda local sin cobertura, con cobertura total y con cobertura óptima son una función creciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. En este caso la cobertura total es siempre la estrategia de cobertura óptima. También es posible apreciar que la efectividad de la cobertura es una función decreciente de la varianza del valor de la cartera en moneda extranjera. La estrategia de cobertura óptima (el H) es siempre igual a $-1,0$ y por ende independiente de la varianza del valor de la cartera en moneda extranjera.

En el caso 3 de la **Tabla 4** se aprecia que cuando el coeficiente de correlación valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera es positiva (en este caso de $+0,6$) las varianzas del valor de la cartera en moneda local sin cobertura, con cobertura total y con cobertura óptima son una función creciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. También es posible apreciar que la efectividad de la cobertura es una función decreciente de la varianza del valor de la moneda extranjera. La estrategia de cobertura óptima (el H) es siempre negativa, mayor en valor absoluto a la estrategia de cobertura óptima. También se aprecia que el valor absoluto de H aumenta al crecer la varianza del valor de la cartera en moneda extranjera.

Tabla 4. Efectividad de la cobertura y la estrategia de cobertura óptima

Caso 1: Correlación entre P y S de -0,6					
Desv(P)	Var(VCsc)	Var(VCcct)	Var(VCcco)	%Eficiencia	Hoptimo
0,050	0,072	0,003	0,002	96,0%	-0,883
0,100	0,059	0,011	0,006	89,3%	-0,768
0,150	0,052	0,024	0,014	73,9%	-0,655
0,200	0,050	0,042	0,023	53,6%	-0,544
0,250	0,051	0,063	0,034	33,1%	-0,435
0,300	0,057	0,088	0,047	17,0%	-0,327
0,350	0,065	0,115	0,061	6,8%	-0,222
0,400	0,077	0,145	0,075	1,7%	-0,119
0,450	0,090	0,177	0,090	0,0%	-0,017
0,500	0,106	0,211	0,106	0,6%	0,082
0,550	0,124	0,246	0,121	2,3%	0,179
0,600	0,143	0,282	0,136	4,8%	0,275

Caso 2: Correlación entre P y S de 0,0					
Desv(P)	Var(VCsc)	Var(VCcct)	Var(VCcco)	%Eficiencia	Hoptimo
0,050	0,093	0,003	0,003	97,1%	-1,00
0,100	0,101	0,011	0,011	89,2%	-1,00
0,150	0,115	0,025	0,025	78,6%	-1,00
0,200	0,134	0,044	0,044	67,4%	-1,00
0,250	0,158	0,068	0,068	56,9%	-1,00
0,300	0,188	0,098	0,098	47,8%	-1,00
0,350	0,224	0,134	0,134	40,3%	-1,00
0,400	0,264	0,174	0,174	34,0%	-1,00
0,450	0,311	0,221	0,221	29,0%	-1,00
0,500	0,363	0,273	0,273	24,8%	-1,00
0,550	0,420	0,330	0,330	21,4%	-1,00
0,600	0,482	0,392	0,392	18,7%	-1,00

Caso 3: Correlación entre P y S de +0,6					
Desv(P)	Var(VCsc)	Var(VCcct)	Var(VCcco)	%Eficiencia	Hoptimo
0,050	0,115	0,003	0,002	97,3%	-1,12
0,100	0,146	0,013	0,008	94,8%	-1,24
0,150	0,185	0,030	0,018	90,3%	-1,36
0,200	0,233	0,055	0,033	85,6%	-1,49
0,250	0,289	0,088	0,054	81,2%	-1,61
0,300	0,355	0,132	0,082	77,0%	-1,74
0,350	0,432	0,185	0,116	73,1%	-1,87
0,400	0,521	0,249	0,158	69,6%	-2,01
0,450	0,621	0,326	0,209	66,4%	-2,14
0,500	0,735	0,415	0,268	63,5%	-2,28
0,550	0,863	0,518	0,338	60,9%	-2,42
0,600	1,007	0,636	0,418	58,5%	-2,56

Fuente: *Elaboración propia.*

CONCLUSIONES

En este trabajo se explora de qué manera influyen en la determinación de una estrategia de cobertura de riesgo cambiario óptima para un inversionista que invierte en una cartera denominada en moneda extranjera y en la efectividad que esa cobertura es capaz de ofrecer el reconocer que si el valor de la cartera en moneda extranjera y el valor de la moneda extranjera son variables aleatorias, entonces el grado de correlación entre esas variables aleatorias y la varianzas de estas variables aleatorias debe ser considerado.

Primero se deriva una expresión general para la estrategia de cobertura óptima y luego se explora de qué manera influyen en esa estrategia óptima los parámetros relevantes que la determinan, los que resultan ser la correlación entre ambas variables aleatorias y la varianzas de cada una de ellas.

Las principales conclusiones que obtenemos son: que la cobertura total no es una estrategia que domine a todo evento a la estrategia de no cobertura, pudiendo ocurrir que sea mejor no cubrirse que utilizar esta estrategia de cobertura total. En términos de cobertura óptima, se concluye que la efectividad de la cobertura medida como la reducción porcentual en la varianzas del flujo de caja que permite la cobertura, es una función creciente del coeficiente de correlación entre S_T y P_T , es una función creciente de la varianzas del valor de la moneda extranjera cuando la correlación entre S_T y P_T es cero o positiva pero no muestra un claro vínculo con la magnitud de esta varianzas cuando la correlación de S_T y P_T es negativa y es una función decreciente de la varianzas del valor de la cartera en moneda extranjera.

En cuanto a las estrategias de cobertura óptimas, la cobertura total es sólo óptima cuando la correlación entre valor de la cartera en moneda extranjera y valor de la moneda extranjera es cero. Cuando la correlación difiere de cero se aprecia que la cobertura óptima depende adicionalmente de las varianzas del valor de la cobertura y de la varianzas del valor de la moneda extranjera. En el caso en que la correlación es negativa, la estrategia de cobertura óptima es una función decreciente de la varianzas del valor de la moneda extranjera y es una función creciente de la varianzas del valor de la cartera, observando incluso casos en que la cobertura óptima supone tomar posiciones largas (comprometerse a comprar moneda extranjera). En cambio en presencia de correlación positiva la estrategia de cobertura óptima es una función creciente de la varianzas del valor de la moneda extranjera y es una función decreciente de la varianzas del valor de la cartera. En este último caso la estrategia óptima supone sobre cubrirse, es decir tomar posiciones cortas por montos superiores a los que indica la cobertura total.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BESSEMBINDER H., 1991. Forward contracts and firm value. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 17, 519-572.
- BRENNAN M.J., CREW N., 1995. Hedging long maturity commodity commitments with short dated futures contracts. Anderson Graduate School of Management, UCLA, Finance Working Paper, 13-95.
- CAMPBELL J.Y., DE MEDEIROS K.S., VICEIRA L.M., 2007. Global currency hedging. National Bureau of Economic Research, Cambridge, Working Paper 13088 MA 02138.
- CASTILLO A., LEFORT F., 2003. Protección contra

- la exposición del tipo de cambio a largo plazo con contratos de futuros a corto plazo: el caso de los contratos forward en UF chilenas/dólares. *El Trimestre Económico* 70, 279, 423-456.
- CASTILLO A., AGUILAR., 2008. Cobertura óptima de riesgos de mercado en presencia de riesgos de cantidad y de costos de producción. *El Trimestre Económico* 75, 299, 755-778.
- FROOT K.A., SCHARFSTEIN D.S., STEIN J.C., 1993. Risk management: coordinating corporate investment and risk management policies. *Journal of Finance* 48, 1629-1658.
- MELLO A., PARSONS J., 1995. Maturity structure of a hedge matters: lessons from the Metallgesellschaft debacle. *Journal of Applied Corporate Finance* 8, 106-120.
- NEUBERGER A., 1999. Hedging long term exposures with multiple short-term futures contracts. *The Review of Financial Studies* 3, 429-459.
- SMITH C.W., STULZ R.M., 1985. The determinants of firm's hedging policies. *Journal of Financial and Quantitative Analysis* 20, 391-405.
- SOLNIK, B.H, 1974. The international pricing of risk: an empirical investigation of the world capital market structure. *Journal of Finance* 29, 2, 365-78.
- WALKER E., 2006. Cobertura cambiaria e inversión internacional de portafolio: una perspectiva local. *Revista Economía Chilena* 9, 2, 41-59.