

## **Optimización de carteras multi-divisa por inversionistas soberanos**

**Juan Foxley Rioseco\***

Junio 2011

\*El autor es profesor de Finanzas en la Universidad Alberto Hurtado, ex Gerente de División Internacional del Banco Central de Chile y miembro del panel de expertos en Administración de riesgo del Fondo Monetario Internacional. Agradece a Cristián Salinas y Ricardo Consiglio por sus comentarios a la metodología desarrollada en este trabajo.

## Resumen

El trabajo ofrece una metodología simple y accesible a administradores de portafolios multi-moneda interesados en minimizar su exposición al riesgo cambiario. Cuando dichos administradores ejecutan mandatos de sus bancos centrales o fondos soberanos, sus decisiones tienen consecuencias sobre las posiciones de patrimonio, solvencia y liquidez a nivel agregado.

Se examina la literatura en optimización multi-moneda y se discute la elección del numerario adecuado según los usos y los usuarios a que esté dirigida la información sobre portafolios de reservas de divisas.

En una ilustración para Chile, se ofrecen los resultados de aplicar un algoritmo de minimización de riesgo. La metodología se aplica a un universo de nueve monedas de reserva transadas internacionalmente. Estas se prueban para la construcción de carteras con tres numerarios distintos: la moneda local en términos reales, la canasta representada en los Derechos Especiales de Giro del FMI y, el Franco Suizo como referente independiente de valor.

Los resultados vindican la utilidad de diversificar hacia monedas de reserva algo menos líquidas. En particular, los dólares Australiano y Canadiense muestran aportar a la estabilidad de los retornos en las carteras de inversión, cualquiera sea el numerario utilizado.

Por otra parte, más allá de sus atributos de liquidez, la presencia del dólar norteamericano no exhibe contribución alguna a la mejora del perfil riesgo-retorno de una domiciliada en Chile. En cambio, el dólar de los EEUU aparece contribuyendo a minimizar volatilidad, solo y precisamente en un período en que el Banco Central actúa interviniendo la paridad en el mercado local.

## Introducción

Aunque algunos todavía la llamen 'teoría moderna de portafolios', los modelos de diversificación apoyados en la media y la varianza de los retornos es bastante antigua en el ámbito de las finanzas corporativas. Primero Tobin (1958) y Markovitz (1959), y luego, Sharpe (1964) y Lintner (1965) con su extensión a la estimación del costo de capital (CAPM), todos ellos sentaron las bases para la determinar composiciones óptimas de portafolios riesgosos. La idea central es que en equilibrio, las carteras reflejan adecuadamente el precio en volatilidad que se debe pagar cuando se espera un mayor retorno.

A nivel de países, la aplicación de técnicas de optimización ha ganado también importancia en la administración de portafolios de reservas internacionales en los bancos centrales, especialmente a partir de la generación de superávits de cuenta corriente en varios países emergentes en los años noventa. Si antes el motivo principal de los bancos centrales para mantener reservas internacionales era cubrir con divisas muy líquidas las necesidades de financiamiento del comercio exterior y el repago de deuda externa, ahora la acumulación mayor ahorro doméstico da pie incorporar objetivos de rentabilidad y horizontes de inversión a plazos mayores. Consecuentemente, si antes la liquidez lo era todo, ahora el riesgo-retorno comienzan a importar y, con ello, la aplicación de modelos de optimización.

En América Latina, varios países han aumentado sus tenencias de divisas a una velocidad mayor al de su crecimiento de PGB y requerimientos de liquidez durante la última década. La CEPAL (2010) reporta saldos de reservas brutas con crecimientos promedio anual 25.2%, 24.2% y 16.7% para Bolivia, Brasil y Perú, respectivamente.

El caso de Chile es interesante pues el aumento anual de reservas (6.4%) está más acorde con el crecimiento de su economía pero en cambio, el país institucionalizó los fondos de riqueza soberana por el fisco. De ese, la acumulación de reservas de Chile se ve respaldada por el ahorro público que desde 2008 comienza a alimentar dos fondos de riqueza soberana<sup>1</sup>, dando así espacio a su banco central para perfeccionar de políticas de inversión que persiguen la optimización del riesgo-retorno más allá del mero manejo de flujos de caja y colchones de liquidez.

Sin perjuicio de la validez de los modelos de diversificación de riesgo conocidos en las finanzas corporativas, en el caso de determinar la composición de monedas, los bancos centrales deben resolver un problema previo que las empresas suelen no tener. En el caso de las empresas o inversionistas locales como fondos de pensiones (Foxley, 1996), el afán usual es maximizar el crecimiento de las utilidades en la moneda doméstica, condicionado a veces a un cierto piso de riesgo. Incluso si los accionistas son globales, las firmas dejan a la responsabilidad de los propios accionistas la cobertura de sus respectivos riesgos de tipo de cambio. Incluso en un mercado financiero maduro como Los Estados Unidos, el uso de derivados por empresas es habitual solo para las empresas de mayor tamaño (Papaiouannou (2006).

En los bancos centrales en cambio, la decisión de diversificar monedas debe enfrenta a una medición de retornos y riesgos esperados, ambigua. En otras palabras: ¿cómo elije un banco central o un gestor de fondos soberanos la composición óptima de monedas, si esta depende a su vez de en qué moneda se

---

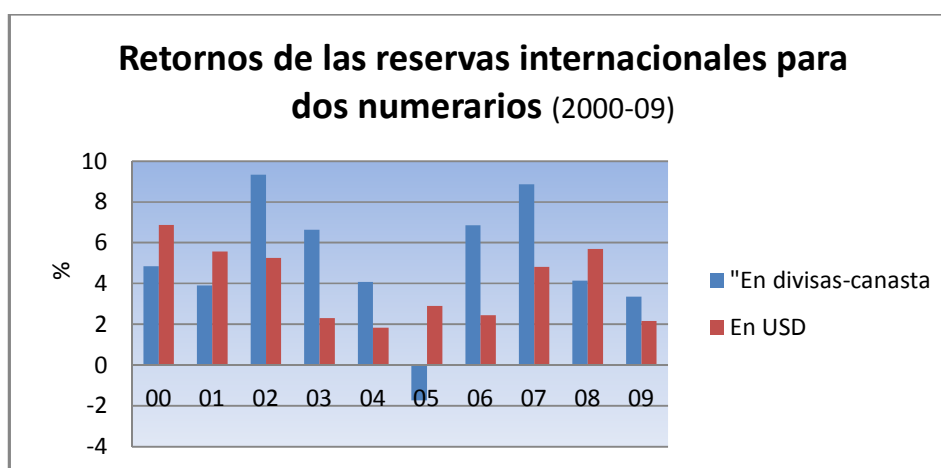
<sup>1</sup> El Fondo de Estabilización Económica y Social y el Fondo de Reserva de Pensiones sumaban USD 16.551 millones y las reservas internacionales, USD 26.977 millones, ambas a enero 2011. Tomados en conjunto, el crecimiento anual de tenencias en la década alcanza a 13.1%.

denominan los rendimientos medios y las varianzas y covarianzas? Es lo que se conoce como el problema del numerario y que afecta el diseño de carteras de inversión que contengan activos denominados en moneda extranjera.

La elección del numerario y la plena comprensión de sus implicancias es una de las obligaciones más importantes de un gestor de fondos multi-moneda. La siguiente es una ilustración de la posible ambigüedad en la estimación de rendimientos (y a partir de ello, de la ambigüedad en la volatilidad de la inversión en distintas monedas). Esta se encuentra en la información de retornos publicada por el BCCH<sup>2</sup>.

Como se observa en el gráfico, los retornos del portafolio de reservas internacionales del Banco Central de Chile (BCCh) durante los últimos 10 años presentan diferencias ostensibles, según estos se midan en USD o en unidades del portafolio referencial (i.e. canasta de monedas 60% USD; 40% EUR).

Gráfico



Fuente: Banco Central de Chile. Memoria Anual 2009

El presente trabajo estudia las consecuencias de la elección de tres diferentes numerarios para el diseño de una cartera multi-divisa. La metodología ofrecida y sus resultados, permiten guiar la construcción de ponderaciones individuales de monedas extranjeras dentro de un portafolio óptimo, utilizando algoritmos simples de operar en una planilla de cálculo estándar.

Como el trabajo aspira a servir al diseño de carteras de reservas internacionales en bancos centrales- (y, eventualmente, fondos soberanos y otros inversionistas institucionales en países de la región)- uno de los numerarios en que se miden retornos y volatilidades es la moneda local. En particular, y aprovechando la vigencia en Chile de una unidad de cuenta que corrige el valor de la moneda local para expresarla

<sup>2</sup> El Banco Central de Chile es el único de la región-(y uno de dos en el mundo)- que publica resultados de retorno en más de una moneda de referencia (el otro en hacerlo es el Sveriges Riksbank)

ajustada por inflación de precios de consumo- (la “Unidad de Fomento”, UF), uno de los numerarios será precisamente ésta. Los otros dos numerarios son, los DEG (Derechos Especiales de Giro), esto es, la unidad de cuenta de la canasta del comercio mundial que calcula el FMI<sup>3</sup> y; el Franco Suizo (CHF), dado su estatus de moneda de referencia independiente de las monedas de reserva típicas.

El objetivo del estudio es dar a los administradores de portafolios, luces sobre cuáles y en qué proporción, las monedas extranjeras pueden aportar mejor a la obtención de los retornos menos volátiles posibles. Adicionalmente, los resultados de composición de monedas se sensibilizaron a una situación de intervención cambiaria, utilizando una experiencia reciente del Banco Central de Chile (BCCH).

### Revisión de literatura

Fuera de los aportes seminales de los *modelos media-varianza* originados en las finanzas corporativas, la literatura sobre asignación óptima de monedas para bancos centrales no es muy abundante.

Los aspectos centrales en la decisión de conformar una estructura de monedas apropiada para un banco central se deben principalmente a los aportes de Dooley, Lizondo y Mathieson (1989) y; Eichengreen y Mathieson (2000); quienes modelan explícitamente los costos de transacción derivados del mandato de un banco central. A su turno, los criterios prácticos para administrar racionalmente las reservas internacionales a partir de los modelos conocidos, son extensamente tratados en Borio, Ebbesen, Galati y Heath (2008)

En general, las aplicaciones a la gestión de las reservas internacionales combinan elementos de la teoría tradicional y sus *modelos media-varianza* con las restricciones específicas que imponen los costos de transacción. Estas restricciones aparecen reflejadas primero en la importancia que se suele dar a los estándares de liquidez de los instrumentos financieros y monedas elegibles y; segundo, en la consideración dada a la composición de monedas de los pasivos externos.

Así, las guías de inversión, suelen contener cinco elementos típicos:

- a) Las autoridades monetarias tienden a dar ponderaciones mayores a las monedas de sus principales socios comerciales
- b) La composición de monedas de la deuda externa (del Banco Central o, de éste más el sector público, consolidados)
- c) En países que siguen una política cambiaria atada a una divisa específica, es esa la que dominante en la cartera. El caso extremo es el de países “dolarizados” y un caso intermedio, el de países en que el banco central interviene ocasionalmente el tipo de cambio moneda local-USD.
- d) Aunque la minimización del riesgo de mercado se enfrente con diversificación de monedas, las consideraciones de liquidez son una restricción relevante, especialmente en países donde las holguras de reservas son relativamente menores y es el “motivo-transacción” el que gobierna las asignaciones de moneda en el portafolio.
- e) Las reservas internacionales se suelen separar en dos portafolios principales: uno de liquidez (dominado por las restricciones de costos de transacción) y otro de inversión (dominado por las consideraciones de riesgo-retorno)

---

<sup>3</sup> La canasta DEG se compone de las siguientes ponderaciones: 44% USD, 34% EUR, 11% JPY y 11% GBP.

Cuando los países comienzan a administrar portafolios de inversión, es explicable que los modelos de optimización se busquen en aplicaciones desarrolladas en el ámbito de los bancos de inversión que buscan principalmente la maximización de la relación riesgo-retorno. Black y Litterman (1992) han ganado popularidad entre los administradores de carteras al proponer un modelo desarrollado en Goldman Sachs que, manteniendo la simplicidad de trabajar con la varianza y la media de los retornos, admiten que estos últimos incorporen las particulares visiones de mercado de los estrategas de inversión de cada administrador.

De acuerdo a la guía de mejores prácticas para la gestión de las reservas internacionales generalmente aceptada (IMF, 2001), los bancos centrales -al contrario de la mayoría de los administradores activos de portafolio en el sector privado-no deberían considerar en sus decisiones las propias visiones o creencias propias sobre retornos esperados. En este sentido, la mención al Banco Central de Bolivia que hace Martínez (2009), debería considerarse una excepción.

En el plano más teórico, un supuesto implícito de trabajar con la media y la varianza es que los retornos en las distintas monedas es que estos se distribuyen como una función de distribución normal o log normal. De otra forma, cualquier estimación sería imprecisa y se requeriría conocer otros momentos de la distribución, como la kurtosis y la asimetría. La evidencia respecto a este respecto es mixta. DeVries (1994) encontró distribuciones leptokurticas (de colas más anchas y cúspides más altas, respecto de una distribución normal) para los tipos de cambio; Pétursson, T. (1995) halló respaldo para la distribución normal en los retornos reales en monedas.

Las aplicaciones econométricas de los modelos media-varianza suelen especificar modelos que admiten correlación dinámica y auto-correlación para la matriz de varianza-covarianza de los retornos. Un modelo de este tipo (GARCH) es el utilizado por Papaioannou, Portes and Siourounis (2006) estudiar las perspectivas del EURO concluyendo que el régimen cambiario actúa como importante restricción a la minimización de la volatilidad de las monedas.

Una aplicación interesante a la estimación de un portafolio óptimo de monedas se puede derivar de los trabajos realizados para caracterizar regímenes cambiarios. Por ejemplo, si el valor del tipo de cambio de la moneda doméstica se determina exclusivamente por una canasta de divisas, se puede inferir econométricamente la ponderación de cada una. Este es el criterio que utilizan Frankel y Wei (2008) al aplicar ajustes de mínimos cuadrados a los cambios en  $\ln(\text{tipo de cambio doméstico})$  contra cambios en  $\log(\text{tipos de cambio de las distintas paridades de divisas})$ . Así, un resultado defectuoso sería indicio de que la política cambiaria no sigue a las ponderaciones de la canasta enunciada sino a otras consideraciones *de-facto*.

Una variante del modelo recién mencionado es realizada por McCauley (2008). Este plantea obtener la canasta de monedas implícita utilizada por un banco central aunque esta no se conozca públicamente<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> De hecho, el FMI elabora estadísticas de composición de monedas de las reservas internacionales con la información que recibe de 106 países emergentes y menos desarrollados y 33 desarrollados (Currency Composition of Official Foreign Exchange Reserves, COFER). Sin embargo, publica solo datos agregados que no permiten identificar países individualmente.

Para ello estima la siguiente regresión:

$$\partial \ln (\text{TC}\$/\text{USD}) = a + b_1 * \partial \ln (\text{TCEURO}/\text{USD}) + b_2 * \partial \ln (\text{TCYEN}/\text{USD}) + \epsilon$$

lineal en las variaciones de logaritmos, donde:

TC\$/USD: tipo de cambio de la moneda doméstica al USD

TCEURO/USD: tipo de cambio del EURO al USD

TCYEN/USD: tipo de cambio del Yen japonés al USD

De modo tal que los coeficientes  $b_1$  y  $b_2$  corresponderían a las proporciones del EURO y el Yen en la canasta del banco central y la ponderación del USD se obtendría como el residuo  $(1 - b_1 - b_2)$ .

Obviamente y como el autor reconoce, las limitaciones de obtener la una de las ponderaciones por residuo, son evidentes, si bien para sus propósitos de caracterizar *grosso-modo* áreas cambiarias no resultara fundamental.

En un plano más general, la limitación econométrica de trabajar con series de tiempo para países relativamente menos estables es la posibilidad que el cambio estructural que afecte a la estimación de parámetros no pueda ser resuelta adecuadamente con la disponibilidad de información típica sobre series de tipos de cambio para monedas relativamente más blandas.

### **La elección del numerario**

Las alternativas básicas de numerario son: una sola moneda relevante en las transacciones internacionales; una canasta de monedas o; la moneda local.

Por moneda relevante se tiende a asociar al USD, dado su predominio global como medio de cambio no obstante existen países centro europeos y africanos donde el EURO es la moneda con mayor liquidez.

Si el reporte de portafolios de reserva se realiza para fines de gestión interna más que de comprensión masiva, la elección de la divisa de un emisor independiente como el CHF es también utilizada. En este caso, por tratarse de una moneda menos líquida, es importante que el tamaño de la cartera de reservas sea lo suficientemente grande como para que las decisiones de optimización no subestimen los requerimientos de reservas con fines de uso inmediato ante contingencias de financiamiento de cuenta corriente.

Si la divisa elegida como numerario es además la referencia que guía la política cambiaria, la asignación de monedas en el portafolio tenderá a sobre-ponderar precisamente dicha moneda. En el extremo, una economía dolarizada o con un régimen de tipo de cambio que siga la evolución del USD, verá resultados menos volátiles en el valor de sus reservas internacionales, mientras más alta sea la proporción de USD que se mantengan. Así mismo, una cartera de inversión que tenga activos en USD, enfrentará mayores riesgos de paridad mientras mayor proporción de divisas distintas al USD, mantenga.

Ciertamente, lo antedicho vale para cuando la política cambiaria siga el valor de una canasta de monedas y la composición de los activos externos tenderá a replicar sus ponderaciones.

La adopción de un numerario-canasta tiene la ventaja de poder representar eventualmente la composición del intercambio internacional y en ese sentido, servir más adecuadamente la necesidad de vigilar el poder adquisitivo de las reservas internacionales. La canasta de divisas de mayor difusión es aquella contenida en la unidad de cuenta DEG, Derechos Especiales de Giro, del FMI. No obstante, diversos bancos centrales utilizan canastas para su trabajo y a veces, difusión, canastas más cercanas a su propia realidad de comercio y movimiento de capitales. Un ejemplo más académico de elección de numerario es Ben-bassat (1980), quien utiliza las ponderaciones de las importaciones de Israel.

Por otra parte, la elección de la moneda local como numerario está siempre disponible desde el momento que los Estados Financieros se suelen publicar en dicha moneda. Cuando se elige la moneda doméstica como numerario y esta misma resulta ser el blanco de las políticas de intervención cambiaria, los bancos centrales enfrentan un problema de azar moral (e.g. el valor en moneda local de los activos en reservas internacionales dependerá en parte del resultado que su propio tenedor tenga al intervenir en el mercado cambiario). Ciertamente, no será esta una dificultad mayor para autoridades monetarias cuya política es intervenir muy esporádicamente en el mercado cambiario local.

En cambio, la elección de la moneda doméstica puede convenir a la gestión de bancos centrales independientes en los que sus resultados se evalúan en buena parte en tanto cuanto son capaces de preservar su capital.

Cuando se opta por la moneda local, lo ideal es aislar las fluctuaciones de los efectos de la inflación en los tipos de cambio nominales. Si lo que se busca es un portafolio que exprese valor en términos de poder adquisitivo es preferible limpiar los tipos de cambio nominal de los efectos que McCauley (2008) llama idiosincráticos, para distinguirlos de los sistemáticos o provenientes de fluctuaciones en valor real.

En el caso de Chile, se dispone de series de una unidad de cuenta excepcional (la “Unidad de Fomento”, UF), que permite ser utilizada para realizar estimaciones libres de distorsiones nominales.

Por último, la elección del numerario dependerá del uso que pudiere resultar más útil a distintos usuarios. Por ejemplo, el Banco Central de Australia (RBA, 2009) utiliza el DEG para medir los retornos que utiliza en sus decisiones de optimización pero para propósitos operacionales, elige reportar diariamente en USD. Aparte, en sus informes anuales de desempeño, utiliza el AUD.

### **Datos y metodología**

Para el presente estudio, se consideró un universo de candidatas de monedas extranjeras, compuesta por las nueve más transadas en los mercados internacionales:

el dólar de EEUU (USD), el Euro (EUR), la Libra Esterlina (GBP), el Yen Japonés (JPY), los dólares Canadiense (CAN), Australiano (AUS) y Neo Zelandés (NXD); las Coronas Sueca (SEK) y Noruega (NOK).

Como variable de medición de retornos y sus varianzas se usaron separadamente, portafolios medidos en UF, DEG y Franco Suizo (CHF).

La elección de cada uno de los numerarios se decidió en función de los méritos de cada uno, señalados más arriba. En el caso particular de la UF, la situación institucional de independencia del BCCH respecto



del gobierno, justifica su elección del numerario en moneda local, de manera tal que cuando se minimiza la varianza del portafolio, se hacen al mismo tiempo menos volátiles los impactos en el patrimonio del banco.

El problema a resolver fue encontrar en cada caso, el conjunto de ponderaciones de cada divisa tal que, la varianza del retorno de la cartera en la moneda numerario fuese la mínima posible.

Objetivo importante del trabajo fue proveer una metodología que fuere fácil de replicar por cualquier administrador de cartera con acceso a un terminal de datos de paridades internacionales y una planilla de cálculo dotada de un paquete estadístico.

En el plano teórico, la solución del problema de optimización es consistente con una función de utilidad bien comportada, donde se maximice el retorno esperado sujeto a una varianza. El vector de ponderaciones que se obtiene de solucionar el problema de optimización. Este puede asimilarse a encontrar las ponderaciones de cada moneda tales que la varianza de los retornos de la cartera sea mínima. La simplificación del problema de optimización a uno encontrar la cartera de mínima varianza, es posible si se supone existe arbitraje de tipos de cambio y tasas de interés, de manera de cerrar las oportunidades de eventuales ganancias 'especulativas' resultantes de mantener portafolios más volátiles. (Pétursson, 1995)

La información de tipos de cambio para cada una de las monedas extranjeras respecto de los respectivos numerarios se obtuvo de Bloomberg y corresponde a las paridades de cierres semanales entre octubre 2002 y octubre 2009.

Los pasos a seguir en la estimación de ponderaciones óptimas son los siguientes:

- i) Cálculo de la matriz de varianza-covarianza entre los nueve tipos de cambio
- ii) Uso del algoritmo GRG de programación no-lineal disponible en paquete estadístico de Office-Excel-Solver para encontrar el vector de ponderaciones que cumpla-( tras el número de iteraciones que se prefiera)-con arrojar la mínima varianza
- iii) El programa de optimización se ejecuta insertando la matriz antes calculada e incluyendo las restricciones que se deseen para el vector de coeficientes o ponderaciones que se busca. En las ilustraciones incluidas en este trabajo solo se usaron restricciones de suma uno y de no negatividad. Perfectamente se podrían agregar otras, si por ejemplo razones diferentes a la minimización de varianza, entraran en la decisión de construir un portafolio.
- iv) Los pasos anteriores se repitieron con cada uno de los tres numerarios elegidos para este artículo.

## Resultados

Las ponderaciones obtenidas para cada moneda extranjera y las respectivas desviaciones estándar de cada una de las carteras se presentan en el cuadro 1.

Los principales resultados son:

- a) Independiente de la unidad de cuenta elegida, la presencia del USD no aporta prácticamente nada - (ponderación cercana a cero) - a los fines de minimizar la volatilidad de los retornos de un portafolio eficiente. Este resultado refleja la relativa autonomía del tipo de cambio USD-CLP respecto de las fluctuaciones del USD frente a otras monedas en los mercados internacionales.

Este resultado es consistente con un tipo de cambio nominal del USD con fluctuaciones idiosincráticas. Estas se manifiestan cuando el valor nominal del tipo de cambio USD-CLP responde no a factores no sistemáticos, como lo es por ejemplo, el valor internacional del USD en relación a otras divisas. El componente idiosincrático será importante cada vez que la fluctuación del tipo de cambio de USD a CLP se altere por transacciones puntuales de compra o venta en el mercado local. Ciertamente, al ser el USD la moneda más líquida y usual en las operaciones comerciales y de movimiento de capitales, dicho componente idiosincrático siempre estará presente. Consecuentemente, tener USD no agrega estabilidad a los retornos si bien por supuesto, su atributo de liquidez y costos de transacción podrían hacer meritorio mantenerlo en una cartera.

- b) Si se busca estabilidad en los retornos, la cartera debe incluir ponderaciones importantes de AUD y CAN. El resultado es consistente con la condición de Australia y Canadá, expuestos como Chile, a los ciclos de precios de *commodities*. Así por ejemplo, si el CLP se aprecia (deprecia) respecto del USD debido al auge (derrumbe) de precios de minerales, cabría esperar que ocurra algo similar con las paridades AUD-CLP y CAN-CLP. En esta situación, incluir estas dos divisas afines redundará en una cartera con retornos menos volátiles.

El BCCH recoge esta línea de diversificación al disminuir en 2010 las participaciones del USD y el EURO de su portafolio referencial de reservas internacionales, dando lugar a un máximo de 10% conjunto entre AUD, CAD y GBP, además de límites individuales máximos de 3.5%, 3.5% y 3.0 %, respectivamente (ver anexo de este artículo).

Por otra parte, el Ministerio de Hacienda de Chile anunció en Enero de 2010 la ampliación de las monedas elegibles (USD, EURO y YEN) para la inversión de uno de los fondos soberanos- (el Fondo de reserva de Pensiones)- pasando a considerar también el dólar australiano, la libra esterlina, el franco suizo y el dólar canadiense.

Las dos decisiones de las autoridades chilenas van en la dirección correcta a la luz de los resultados de este estudio, si bien el USD sigue manteniendo una presencia que parece excesiva, incluso si se da lugar a consideraciones de liquidez.

- c) La volatilidad de los retornos de la cartera es menor cuando se utiliza la unidad de cuenta real doméstica (UF) como numerario resultado esperable dado que cada una de las paridades de monedas extranjeras se miden en Pesos Chilenos (CLP). Si se optare por un numerario que refleje poder adquisitivo en CHF, la cartera de mínima varianza sería más volátil que en UF aunque menor respecto de elegir el DEG como numerario.

**Cuadro 1: Diversificación de mínima varianza (I)**

Período oct 2002-oct 2009

	<b>Participación %</b>		
USD	0,0	0,0	0,1
EUR	31,3	0,0	0,0
NZD	0,0	0,1	1,6
AUD	27,9	61,1	49,4
JPY	12,2	8,4	1,2
CAD	28,5	30,4	47,7
<b>Desviación estándar</b>	<b>11,35%</b>	<b>30,72%</b>	<b>24,39%</b>
<b>Numerario</b>	<b>UF</b>	<b>DEG</b>	<b>CHF</b>

- d) Se calculó también la varianza de un portafolio hipotético, forzándolo a sostener la misma composición de la cesta DEG. El resultado fue una desviación estándar de 43.12% (numerario, UF). Esperablemente, dicha desviación es más alta respecto de todas aquellas calculadas para carteras en que no se forzó a ningún vector de ponderaciones particular.

### La intervención cambiaria

Adicionalmente, el estudio indagó en los probables efectos de una intervención cambiaria del BCCH sobre la estimación de ponderaciones de una cartera eficiente.

Para ello, se dividieron las observaciones en dos sub-períodos, antes y después de marzo de 2008 y hasta junio 2009, de modo de representar el régimen cambiario de intervención consistente en un programa de compra de USD 8.000 millones<sup>5</sup>.

Los resultados fueron los siguientes (cuadro 2):

- e) En un período en que el mercado USD-CLP se interviene, la presencia del USD agrega estabilidad a los retornos de la cartera medidos en UF.
- f) No obstante, la volatilidad global durante el período de intervención y crisis externa, aumenta.

---

<sup>5</sup> El programa fue suspendido al tiempo que caía en desuso con la crisis financiera de septiembre 2008. Sin embargo, el efecto de la intervención sobre la paridad USD-CLP comenzó a sentirse desde abril de ese año. Para efectos de este trabajo, intervención cambiaria y mayor demanda de liquidez en USD, se asimilan en un solo período.

- g) En ambos sub-períodos se mantiene la relevancia de las *monedas-commodities* (AUD, CAN) como aportes a la estabilidad de los rendimientos.

### Cuadro 2: Diversificación de mínima varianza (II)

(numerario UF y dos sub-períodos cambiarios)

Período	Participación %	
	ab 2003-feb 2008	mar 2008-jun 2009
USD	0	37,02
EUR	14,47	20,67
NZD	3,38	0
AUD	30,24	33,05
JPY	15,03	0
GBP	4,63	0
CAD	32,25	9,26
<b>Desviación estándar</b>	<b>8,49%</b>	<b>17,83%</b>

### Comentarios finales

El presente trabajo ha ilustrado con una metodología simple y accesible, la solución al problema de optimización de una cartera multi-divisa. Este es un aspecto relativamente ignorado en la administración de carteras. Desde los libros de texto mismos, se suelen difundir las virtudes de la diversificación de activos en torno a clases de activos de distinto riesgo, pero por lo general con referidas a una sola moneda. Por otra parte, cuando sí se aborda la composición de monedas el problema suele resolverse sin mayor consideración a la elección de la unidad de cuenta.

En el caso de los bancos centrales, la elección del numerario podría no ser única. Por ejemplo, para fines de información diaria al público cabría utilizar la divisa más líquida en el mercado local, usualmente el USD. En cambio, para la toma de decisiones respecto a minimizar efectos adversos sobre los estados financieros del banco, el valor real de la moneda local sería la alternativa apropiada. Por otra parte, si existe un régimen cambiario bien definido, la o las monedas-ancla de esa política serían el mejor numerario.

Sin perjuicio de la importancia de la elección de la unidad de cuenta, el resultado más interesante de este estudio tiene un doble alcance. Primero, cualquiera sea el numerario, el USD parece no aportar nada a la estabilidad de una cartera multi-divisa para Chile; segundo, el AUD y el CAD, en cambio, actúan como estabilizadores importantes de la volatilidad. Este último resultado podría ser avalado por países con una estructura exportadora similar a la de Chile, donde la vulnerabilidad externa nace en parte, de la exposición a los vaivenes de precio de los *commodities*.

La ilustración ofrecida en este trabajo es especialmente pertinente para la toma de decisiones sobre portafolios de inversión. No obstante, puede extenderse fácilmente a la inclusión de restricciones de liquidez en la resolución del problema de optimización. En el caso de un banco central o un fondo soberano, esta restricción puede ser muy importante y puede especificarse como una fracción pre-determinada para la tenencia mínima de USD (i.e. el portafolio líquido).

A su turno, el tamaño y composición de moneda del portafolio líquido debería atender por su naturaleza, a consideraciones distintas a las propias de un enfoque *media-varianza*. En particular, podrá ser función del grado de vulnerabilidad externa, según la perciban los administradores de portafolio y sus mandantes. Por ejemplo, las autoridades podrían vigilar la importancia de las líneas de crédito de comercio exterior existentes en el sistema bancario; los depósitos en moneda extranjera de no residentes; el grado de dolarización de las transacciones; entre otros indicadores previos a la fijación de mínimos de divisa líquida).

La metodología aquí ofrecida podría servir a bancos centrales, administradores de fondos soberanos y eventualmente a las decisiones de inversionistas institucionales como AFP, Compañías de Seguros, a la hora de diseñar portafolios nacionales multi-moneda.

## Referencias

Banco Central de Chile (2009) Memoria Anual

Banco Central de Chile Estados Financieros 2010

Ben-bassat, (1980) The Optimal Composition of Foreign Exchange Reserves. *Journal of International Economics*. 10, pp. 285-295.

Black F. y R. Litterman (1992) Global Portfolio Optimization, *Financial Analysts Journal*, September, pp. 28–43

Borio, Claudio, J. Ebbesen, G. Galati y A. Heath (2008) FX reserve management: elements of a framework. *BIS Papers No 38*. Bank of International Settlements.

CEPAL (2010) Estudio Económico de América Latina y el Caribe 2009-2010

De Vries, C. (1994). Stylised Facts of Nominal Exchange Rate Returns. *The Handbook of International Macroeconomics*, editor F. van der Ploeg. Blackwell

Dooley, M.P., Lizondo, S. y D. Mathieson (1989). The currency composition of foreign exchange reserves. *IMF Staff Paper*, 36, 385–434.

Eichengreen, B., y D. Mathieson. (2000). The currency composition of foreign exchange reserves: Retrospect and prospect. *IMF Working paper* 131.

Foxley, Juan (1996) Inversión en Portafolios Internacionales desde Chile *Estudios Públicos*, 62. Centro de Estudios Públicos, CEP.

Frankel, Jeffrey y Wei, Shang-Jin (2008). Estimation of de facto exchange rates regimes: synthesis of the techniques for inferring flexibility and basket weights. *NBER Working Paper* 14016

International Monetary Fund (2001). *Guidelines for Foreign Exchange Reserve Management*. Document approved by the Executive Board

Lintner, John (1965). *The Review of Economics and Statistics* *The Review of Economics and Statistics* (The MIT Press)

Markowitz, H.M. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. New York: John Wiley & Sons. (Reprinted by Yale University Press, 1970)

Martinez, Oscar. Aplicación del modelo Black-Litterman a la optimización del portafolio del BCB. Banco Central de Bolivia. 2009 JEL: C1, C6

McCauley, Robert. (2008) Choosing the currency numeraire in managing official foreign exchange reserves en R. Pringle and Carver, (eds.), *RBS Reserve Management Trends*

Papaioannou, E. y Richard Portes & Gregorios Siourounis (2006). "Optimal Currency Shares in International Reserves: The Impact of the Euro and the Prospects for the Dollar," NBER Working Papers 12333

Papaioannou, Michael (2006b) Exchange Rate Risk Measurement and Management: Issues and Approaches for Firms. IMF Working Paper. Monetary and Capital Markets

Pétursson, T. (1995). The optimal currency composition of foreign reserves. Institute of Economic Studies. University of Iceland. Working paper 9502

Reserve Bank of Australia (2009). Annual Report

Sharpe, William F. (1964). "Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk". *Journal of Finance* 19

Tobin, James (1958). *The Review of Economic Studies* 25 (2): 65–86

## Anexo

## Los parámetros referenciales de la administración de reservas internacionales del Banco Central de Chile 2009-2010

Estructura de moneda, plazos y duración del portafolio referencial													
2010		USD		EUR		AUD		CAD		GBP		Total	
		Participación	Duración (meses)	Participación	Duración (meses)	Participación	Duración (meses)	Participación	Duración (meses)	Participación	Duración (meses)	Participación	Duración (meses)
Portafolio de Corto Plazo	Bancario	5,0%	1,5	4,0%	1,5	0,3%	1,5	0,3%	1,5	0,3%	1,5		
	Soberano, Agencia y Supranacional	25,0%	2,7	20,0%	4,3	1,8%	3,0	1,8%	3,0	1,5%	3,0		
	<b>Subtotal CP</b>	<b>30,0%</b>	<b>2,5</b>	<b>24,0%</b>	<b>3,8</b>	<b>2,1%</b>	<b>2,8</b>	<b>2,1%</b>	<b>2,8</b>	<b>1,8%</b>	<b>2,8</b>	<b>60,0%</b>	<b>3,0</b>
Portafolio de Largo Plazo	<b>Bonos nominales</b>												
	Tramos de madurez												
	1-3 años	9,3%	22,3	7,5%	21,4								
	3-5 años	4,0%	45,2	3,2%	42,7								
	5-7 años	1,7%	64,8	1,3%	60,0								
	7-10 años	1,7%	87,0	1,3%	85,0								
	1-10 años					1,4%	45,4	1,4%	44,0	1,2%	53,8		
<b>Subtotal</b>	<b>16,7%</b>	<b>38,5</b>	<b>13,3%</b>	<b>36,7</b>	<b>1,4%</b>	<b>45,4</b>	<b>1,4%</b>	<b>44,0</b>	<b>1,2%</b>	<b>53,8</b>	<b>34,0%</b>	<b>38,9</b>	
	<b>Bonos indizados</b>												
Tramos de madurez													
1-10 años	3,3%	28,5	2,7%	30,5									
<b>Subtotal</b>	<b>3,3%</b>	<b>28,5</b>	<b>2,7%</b>	<b>30,5</b>								<b>6,0%</b>	<b>29,4</b>
<b>Subtotal LP</b>	<b>20,0%</b>	<b>36,8</b>	<b>16,0%</b>	<b>35,7</b>	<b>1,4%</b>	<b>45,4</b>	<b>1,4%</b>	<b>44,0</b>	<b>1,2%</b>	<b>53,8</b>	<b>40,0%</b>	<b>37,4</b>	
<b>Cartera total</b>		<b>50,0%</b>	<b>16,2</b>	<b>40,0%</b>	<b>16,6</b>	<b>3,5%</b>	<b>19,8</b>	<b>3,5%</b>	<b>19,2</b>	<b>3,0%</b>	<b>23,2</b>	<b>100,0%</b>	<b>16,8</b>



Estructura de monedas, plazos y duración del portafolio referencial								
2009		USD		EUR		Total		
		Participación	Duración	Participación	Duración	Participación	Duración	
Portafolio corto plazo	Bancario,	12,00%	3,0	8,00%	3,0	60%	3,7	
	Soberano, Agencia, Supranacional	24,00%	3,5	16,00%	4,8			
	<b>Subtotal CP</b>	<b>36,00%</b>	<b>3,3</b>	<b>24,00%</b>	<b>4,2</b>			
Portafolio largo plazo	Bonos Nominales					40%	36,5	
	Tramos de Madurez	1 – 3 Años	11,42%	22,4	7,62%			21,3
		3 – 5 Años	4,90%	46,8	3,26%			42,8
		5 – 7 Años	2,04%	64,3	1,36%			63,6
		7 – 10 Años	2,04%	84,8	1,36%			84,5
		<b>Subtotal</b>	<b>20,40%</b>	<b>38,7</b>	<b>13,60%</b>			<b>37,0</b>
	Bonos Indizados					40%	36,5	
	Tramos de Madurez	1 – 10 Años	3,60%	28,6	2,40%			26,4
	<b>Subtotal LP</b>	<b>3,60%</b>	<b>28,6</b>	<b>2,40%</b>	<b>26,4</b>			
	<b>Cartera total</b>	<b>60,00%</b>	<b>16,9</b>	<b>40,00%</b>	<b>16,7</b>	<b>100%</b>	<b>16,8</b>	

Fuente: Banco Central de Chile Estados Financieros 2010