

Design and valuation of cross hedging in Colombia

Jaime Angel Rico Arias¹, María Eugenia Serrano Acevedo², Jesús Cuauthémoc Téllez Gaytán³

¹ Magister en Física, Docente Investigador del programa de Ingeniería Financiera, Universidad Autónoma de Bucaramanga-UNAB, jricol@unab.edu.co

² Magister en Ciencias Económicas, Docente investigador Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), mserran5@unab.edu.co

³ Doctor en ciencias Financieras, Profesor Investigador, Universidad Autónoma del Carmen (UNACAR) Facultad de Ciencias Económicas Administrativas, México, jtellez@pampano.unacar.mx; jctellezg@gmail.com

Recibido: Septiembre 23 de 2016 – Aceptado: Octubre 4 de 2016

<http://dx.doi.org/10.18566/puente.v10n2.a09>

Resumen— Esta investigación pretende diseñar y evaluar coberturas cruzadas en diferentes sectores en Colombia, como el energético, el real y el financiero. El uso adecuado de dichas coberturas permite lograr objetivos de rentabilidad, reducir la exposición al riesgo para una mayor eficiencia empresarial.

La cobertura cruzada es una de las estrategias más importantes de gestión de riesgos que puede utilizar una empresa para mitigar la exposición ante las fluctuaciones en los precios de sus productos básicos.

En los mercados financieros, la cobertura cruzada es una forma adecuada para gestionar los riesgos y compensar las pérdidas esperadas. Una cobertura cruzada se puede diseñar a través de derivados financieros, como futuros, forwards, opciones y swaps. El objetivo principal de la cobertura es reducir el riesgo de un activo real o financiero mediante la inversión en un derivado con el cual tenga alta correlación.

Para alcanzar el objetivo de este trabajo de investigación es necesaria una descripción teórica de coberturas cruzadas, la identificación de los criterios para la elección de los contratos óptimos, la selección de los contratos de derivados y el cálculo del tamaño de los contratos para la cobertura cruzada. Se requiere la aplicación de técnicas econométricas para la estimación del ratio de cobertura óptimo, el diseño y valoración de la cobertura cruzada óptima y el análisis de la efectividad de la cobertura cruzada.

Palabras Claves— Cobertura cruzada, mercados financieros, riesgo

Abstract: This research aims to design and evaluate cross hedging in different sectors such as energy, real state and finance in Colombia. Proper use of hedges allows to achieve profitability targets, reduce risk exposure for greater business efficiency.

Cross hedging is one of the most important risk management strategies that a company can use to mitigate exposure to fluctuations in the prices of their commodities.

In financial markets, cross hedging is a suitable form to manage risks and to compensate for expected losses. Cross hedging can be designed through financial derivatives such as futures, forwards, options and swaps. The main objective of the hedge is to reduce the risk of a real or financial asset by investing in derivative which has a high correlation.

To achieve the objective of this research a theoretical description of cross hedging, the identification of criteria for the choice of optimal contracts, the selection of derivatives contracts and calculating the size of contracts for cross coverage are needed. The application of econometric techniques is required to estimate the optimal hedge ratio, the design and assessment of cross optimal coverage and the analysis of the effectiveness of cross hedging.

Keywords: cross hedging, financial markets, risks.

I. INTRODUCCIÓN

En el sector energético, el real y el financiero se realizan transacciones con activos con alta volatilidad y para cubrir los riesgos inherentes se deben realizar coberturas cruzadas con derivados que estén correlacionados con el activo en cuestión, cuando no existen derivados sobre el mismo activo.

El objetivo de esta cobertura es proteger a todos los agentes del mercado de la volatilidad del precio del activo.

En este trabajo se pretende proponer estrategias de cobertura en el mercado de derivados que permitan mitigar el riesgo debido a la fluctuación de los precios.

II. APROXIMACIÓN TEÓRICA

Una cobertura puede definirse como aquella “técnica financiera que intenta reducir el riesgo de pérdida debido a movimientos desfavorables de precios en materia de tipo de interés, tipo de cambio y movimientos de las acciones” (Villegas, 2010). Los derivados productos que tienen como objetivo modificar o eliminar nuestra exposición existente para que esta se acomode más a nuestro perfil de riesgo.

Una cobertura cruzada puede definirse como una estrategia que permite minimizar la exposición al riesgo a partir de la asociación de dos productos cuyos precios están estrecha y significativamente correlacionados. Por lo general se habla de cobertura cruzada cuando se busca cubrir el riesgo de precio sobre un *commodity*, un activo o un producto financiero, el cual no tiene contratos de futuros o cualquier otro tipo de derivado directo sobre este en el mercado.

Las coberturas cruzadas son estrategias de gestión de riesgos que pueden diseñarse sobre activos financieros y activos reales; los activos financieros son todos aquellos instrumentos que canalizan el ahorro hacia la inversión, y otorgan a su propietario el derecho a recibir ingresos futuros. Este tipo de activos son negociados en los mercados financieros y pueden ser objeto de múltiples estrategias de cobertura.

Diferentes autores han permitido la consolidación y evolución de las coberturas cruzadas a nivel mundial. (Hayenga, 1984), afirma que las coberturas cruzadas son más efectivas cuanto más correlacionados estén los cambios de precios de los activos objeto de cobertura y los cambios de los precios de los futuros.

El caso particular de un mercado incompleto se refiere al requerimiento de instrumentar una cobertura cruzada, la cual surge cuando en los mercados financieros no se cotizan derivados del activo primario que se ha identificado como fuente de riesgo; por lo que la alternativa es cruzar la cobertura con algún derivado cuyo activo subyacente esté relacionado con la fuente de riesgo original (Anderson y Danthine, 1981), y su correlación sea alta y significativa (Blake y Catlett, 1984).

En un mercado incompleto no es posible realizar la transferencia completa del riesgo, esto es, que los pagos de activos financieros no son posibles de replicarse con aquellos activos ya negociables en un mercado; por lo que se argumentaría que realmente todos los mercados son incompletos.

Las causas que originan a un mercado incompleto se atribuyen entre otros factores a:

- Extensión insuficiente de activos negociables; lo cual es motivado por fenómenos de saltos en los precios y volatilidad estocástica, que para obtener un mercado completo de todos las variaciones, se requieren aún más títulos negociables.
- Fricciones de mercado; lo cual es originado principalmente por restricciones en la conformación de estrategias que repliquen pagos y en menor medida por la presencia de costos de transacción, para lo cual se requieren modelos de negociación que permitan transacciones para determinados tiempos discretos.
- Ambigüedad; lo cual se refiere a la pertinencia del modelo de difusión que está capturando el comportamiento del componente estocástico.

Es posible mantener una cobertura cruzada con una posición en un futuro sobre el activo relacionado, si se cumple la condición necesaria para un máximo (Anderson, 1981):

$$(p_0^f - \bar{p}_1^f) - \alpha(\Sigma_{11}f - \delta\Sigma_{10}) = 0, \quad (1)$$

En donde α es un parámetro positivo que refleja la aversión al riesgo del agente económico, f corresponde al número de contratos de la posición en el tiempo 0; Σ_{11} y Σ_{10} , corresponden al elemento $n \times n$ y $n \times 1$, respectivamente, de la matriz de varianza-covarianza; y δ se refiere al monto del activo subyacente por comprar/vender en el periodo futuro.

La cobertura cruzada es apropiada cuando la correlación entre los precios del derivado y los del activo relacionado sean una constante diferente de cero. Sin embargo, el criterio deseable es que la correlación sea positiva y cercana a uno, por ejemplo (Blake y Catlett, 1984) encuentran correlaciones mayores a 0.70 entre los precios de contado de heno y alfalfa, con los precios de los futuros de maíz para diferentes vencimientos.

Mahfuzur, Turner y Costa (2001), analizan la factibilidad de cruzar la cobertura de harina de semillas de algodón con futuros de harina de soja, que se justifica por ser sustitutos cercanos; el análisis se basó en regresiones por medio de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) para obtener las razones de cobertura, que mostraron ser estadísticamente significativas y efectivas para mitigar el riesgo de precio en la producción de harina de semillas de algodón.

Franken y Parcell (2002) aplican el Método Generalizado de Momentos (MGM) para evaluar la efectividad de una cobertura cruzada de etanol con futuros gasolina sin plomo, y encuentran que dicha estrategia es efectiva en ventanas de tiempo de 4, 8, 16 y 24 semanas para mitigar la volatilidad en el precio, además, afirman que la cobertura es posible para

reducir el riesgo de precio siempre que los activos por cruzar se encuentren relacionados.

Adams y Gerner (2012), analizan el comportamiento de contratos “forward” sobre crudo para cubrir la exposición al riesgo en el precio del combustible aéreo, mediante un enfoque unificado entre el mecanismo de corrección de error y el modelo de volatilidad condicionada GARCH.

El enfoque de Engle-Granger se usa para comprobar la relación de cointegración entre el precio de contado del activo y el respectivo precio del derivado. El trabajo de Engle y Granger muestra que si una combinación lineal de dos variables no estacionarias es estacionaria, las condiciones de equilibrio y el ajuste de proceso al equilibrio pueden ser representados por un modelo de corrección de error (teorema de error de representación).

La literatura emplea el EMC (error cuadrático medio) o un modelo de la familia GARCH (Baillie & Myers, 1991) en este modelo los residuales pueden ser descompuestos y se calcula una nueva varianza condicional, usando la probabilidad máxima en vez de mínimos cuadrados, mostrando en los coeficientes estimados diferencias sustanciales, además se usa el test estadístico ARCH LM para revisar la heterocedasticidad y potencial remanente en el modelo.

Considerando la importancia de la temporalidad en la efectividad de la cobertura, algunos estudios han aplicado el enfoque de análisis por multiresolución a través de funciones especiales llamadas *wavelets*, con el propósito de identificar la capacidad de la estrategia de cobertura en mitigar el riesgo de mercado en diferentes ventanas de tiempo (horizontes de cobertura).

La importancia del análisis por wavelets surge cuando el movimiento conjunto entre las series económicas no es el mismo en horizontes de corto y largo plazo; situación que es clave en la valoración de riesgos de los portafolios (Rua y Nunes, 2009), fenómeno que ya había sido identificado por Ramsey y Lampart (1998) al sostener que las relaciones entre las variables económicas en diferentes escalas pueden diferir debido a los diferentes horizontes de tiempo.

Chen, Lee y Shrestha (2004) identifican que la efectividad de la cobertura en 25 *commodities* aumenta en la medida que la longitud del horizonte de cobertura se amplía. Una cobertura de largo plazo se aproxima a una razón unitaria muy cercana a una cobertura óptima.

Se considera como punto de partida la aplicación del análisis *wavelet* en el estudio de coberturas con derivados de In y Kim (2006) quienes analizan la relación entre los mercados de futuros y accionarios de Estados Unidos, y encuentran entre sus resultados lo siguiente:

- Con base en las pruebas de causalidad de Granger, se determina una retroalimentación entre el mercado de contado y de futuros tanto a nivel contemporáneo como en las diferentes escalas de tiempo, por lo que se argumenta que ambos mercados actúan como perfectos sustitutos en el contexto del modelo.
- La covarianza entre los rendimientos del mercado accionario y de futuros, disminuye en la medida que la escala de tiempo aumenta.
- La magnitud de la asociación entre ambos mercados, medido a través de la correlación *wavelet*, se mantiene alta en un valor mayor que 0.92.
- La cobertura se hace más efectiva en el largo plazo, los componentes transitorios poco efecto tienen en la relación del mercado accionario y de futuros como lo sería en horizontes de muy corto plazo. Concluyen en su estudio que la efectividad de una cobertura depende del horizonte de tiempo.

La Transformada *Wavelet* (TW), cuya construcción se basa en la transformada de Fourier, permite el análisis en tiempo ya que trabaja con una función ventana-cambiante, la cual representa la convolución de una función *wavelet* con la señal original; en donde la función *wavelet* que usa el parámetro de translación (localización), que representa el movimiento de la función *wavelet* sobre el eje de tiempo; y el parámetro de dilatación, que permite la expansión y contracción de la función *wavelet* en la cual se pueden capturar las frecuencias (altas o bajas) de la señal original. Lo anterior hace flexible la TW para el análisis en el dominio tiempo-frecuencia de señales (series de tiempo) en el contexto de no-estacionariedad. La TW, descompone la señal original en bandas de frecuencia y luego la analiza a través del tiempo.

La descripción matemática se realiza de la siguiente manera:

Sea $x(t)$ una serie de tiempo discreta equidistante en el tiempo δt y $n = 0, 1, \dots, N - 1$; se define la transformada *wavelet* discreta de $x(t)$ como:

$$W_x(b, a) = \sum_{t=0}^{N-1} x_t \cdot \Psi^* \left[\frac{(t-b)}{a} \right] \delta t, \quad (2)$$

Donde $\Psi_{t,s}$ es cualquier función *wavelet* (madre); a representa el parámetro de escala o dilatación, y b hace referencia al parámetro de localización o translación de la función *wavelet*; y $W_x(b, a)$ es el vector columna que contiene los coeficientes *wavelet* resultado de la convolución entre la serie de tiempo $x(t)$ y la función Ψ . La versión continua de la TW, se representa como:

$$W_x(b, a) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int x_t \cdot \Psi^* \left[\frac{(t-b)}{a} \right] dt. \quad (3)$$

Dos funciones *wavelet* comunes, se refieren a la función de Morlet y el sombrero mexicano, expresadas como:

$$\Psi^M(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-i\omega_0 t} e^{-\frac{t^2}{2}}. \quad (4)$$

y

$$\Psi(t) = (1 - t^2) e^{-\frac{t^2}{2}}, \quad (5)$$

respectivamente.

Con base en Daubechies (1988), los parámetros a (escala) y b (traslación) al tomar la forma de 2^j y $k2^j$, demuestra que es posible construir funciones con base ortonormal, la integral de la expresión (4) se vuelve:

$$W(k2^{-j}, 2^{-j}) = 2^{j/2} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \Psi(2^j t - k) dt, \quad (6)$$

la cual se aproxima de la forma:

$$W(k2^{-j}, 2^{-j}) \approx 2^{j/2} \sum_n f(n) \Psi(2^j n - k), \quad (7)$$

Por lo que, la serie de tiempo original $f(t)$ se representará de la forma:

$$f(t) = \sum_k s_{j,k} \phi_{j,k}(t) + \sum_k d_{j,k} \psi_{j,k}(t) + \sum_k d_{j-1,k} \psi_{j-1,k}(t) + \dots + \sum_k d_{1,k} \psi_{1,k}(t) \quad (8)$$

Donde:

- $s_{j,k}$: son los coeficientes de suavización y representan el comportamiento suave a escalas gruesas (2^j) implícito en la señal (definen el componente cíclico de la serie de tiempo);
- $d_{j,k}$: son los coeficientes de detalle, también conocidos como cristales, que representan las desviaciones del comportamiento suave, en donde $d_{j,k}$ describe las desviaciones en la escala gruesa y $d_{j-1,k} \dots, d_{1,k}$ son las desviaciones a escalas finas.

De esa manera, la función original $f(t)$ se puede representar en términos de la serie de detalles en diferentes resoluciones:

$$D_j(t) = \sum_k d_{j,k} \psi_{j,k}(t) \text{ para } j = 1, 2, \dots, J, \quad (9)$$

y variaciones suaves:

$$S_j(t) = \sum_k s_{j,k} \phi_{j,k}(t) \quad (10)$$

Lo anterior da como resultado el análisis por multiresolución:

$$f(t) = S_j(t) + D_j(t) + D_{j-1}(t) + \dots + D_1(t). \quad (11)$$

La descomposición de la serie de tiempo original en diferentes niveles de resolución, es posible analizar el grado de asociación entre dos series de tiempo en cada escala de tiempo. Lo anterior se realiza mediante la correlación *wavelet* que se define como:

$$\rho_X(\lambda_j) = \frac{\gamma_X(\lambda_j)}{v_1(\lambda_j)v_2(\lambda_j)}, \quad (12)$$

Donde:

- $v_1^2(\lambda_j), v_2^2(\lambda_j)$ son las varianzas *wavelet* de las series X_1 y X_2 asociadas a la escala λ_j ;
- $\gamma_X(\lambda_j)$, corresponde a la covarianza *wavelet* asociada a la escala λ_j , la cual se define como:

$$\gamma_X(\lambda_j) = \frac{1}{2\lambda_j} Cov(w_{1,j,t}, w_{2,j,t}), \quad (13)$$

Donde $w_{1,j,t}$ y $w_{2,j,t}$, son los coeficientes *wavelet* obtenidos por la transformada *wavelet* de $x_{1,t}$ y $x_{2,t}$.

III. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se basa en la investigación cuantitativa. Las etapas que se organizan para su desarrollo son:

- Actividad 1. Descripción teórica de la cobertura cruzada.
- Actividad 2. Derivación de los criterios para la elección de los contratos óptimos para la cobertura cruzada.
- Actividad 3. Selección de los contratos de derivados para cobertura cruzada y determinación del tamaño de dichos contratos.
- Actividad 4. Aplicación de técnicas econométricas para estimar un ratio de cobertura cruzada óptimo.
- Actividad 5. Diseño y valoración de la cobertura cruzada óptima del portafolio seleccionado.
- Actividad 6. Análisis de la efectividad de la cobertura cruzada propuesta.

IV. RESULTADOS PARCIALES

Algunos ejemplos de cobertura cruzada encontradas a nivel nacional e internacional:

Para buscar las alternativas de cobertura cruzada se realizó una búsqueda en Bloomberg de activos que pudieran tener cobertura cruzada. Se realizaron los siguientes análisis:

A nivel internacional, el futuro del azúcar con la acción Hypermarchas, de la bolsa de valores de Sao Paulo, Brasil, obteniendo una correlación de 0,6156, después se cruzó el futuro del maíz con la acción Itausa con una correlación de 0,4647. Posteriormente el futuro del maíz con la acción Hypermarchas con una correlación de 0,6649, finalmente azúcar con Itausa con una correlación de 0,4583.

Con datos de NYMEX y la CME se realizaron las siguientes pruebas:

CLA vs. CHEVRON con una correlación de 0,51212896

BHA VS CAT con una correlación de 0,40456263

BHA VS CHEVRON con una correlación de 0,49624526

LAME4 BS Equity VS BRA Curncy con una correlación de 0,4950259

UGPA3 BS Equity VS BRA Curncy con una correlación de 0,4922073

Se realizó otro análisis con el grano de sorgo y el futuro de soja de los Estados Unidos. Se usaron los datos de precios semanales. El ratio de cobertura de 0,8482 implica que por cada \$1unidad en el cambio de los precios de futuros, los cambios de precios en efectivo es de 84,82 centavos de dólar por unidad.

A nivel nacional se hizo análisis con la acción ordinaria de Bancolombia (BCOLOMBIA), empleando como instrumento de cobertura el contrato de futuros con vencimiento el 23 de Diciembre del 2015 (PFBZ15F) de la acción preferencial de Bancolombia (PFBCELOM).

Al analizar diferentes correlaciones entre activos financieros del mercado nacional, encontramos una correlación de 0,72717786, entre los precios de los contratos futuros con vencimiento en Diciembre del 2015 de la Acción Preferencial de Bancolombia y los precios en el mercado Spot de la Acción Ordinaria de Bancolombia. Concluimos que esta correlación es significativa para poder establecer y desarrollar una aplicación o modelo de cobertura cruzada.

Con los futuros de ISA y TRM, se revisaron el spot del Oro, Platino y Plata, encontrando que el futuro de TRM con la PLATA, presenta una correlación de 0,2449, el futuro de TRM con el Spot Platino presenta una correlación de 0,368 y la TRM con Isagen presenta una correlación de 1,00 y la TRM con ORO obteniendo una correlación de 0,4054.

Luego se realizaron análisis con el futuro ISA, con el spot de Isagen con una correlación de 0,4049. El futuro de ISA con platino presenta una correlación de 0,7813.

Los activos correlacionados seleccionados fueron el futuro de ISA y el Spot plata obteniendo una correlación de 0,8356 considerando esta la más óptima.

Se analizan los futuros de PFBANCOLOMBIA, ECOPEPETROL, ISA, luego se buscó el precio de PREC y PLATINO; a continuación se realizaron pruebas para analizar si la correlación era mayor de 0,6.

El futuro de PFBANCOLOMBIA con el Spot PREC, obtuvo una correlación de 0,17, después se analizó el futuro de ECOPEPETROL con el Spot PREC obteniendo una correlación de 0,065.

El futuro de ISA con PLATINO obtiene una correlación de 0,78.

Con estas pruebas se procede a seleccionar las posibles coberturas cruzadas para diseñar y valorar la cobertura cruzada, determinar los tamaños de los contratos y aplicar técnicas econométricas para estimar el ratio de cobertura óptimo y determinar la efectividad de la cobertura cruzada propuesta.

V. CONCLUSIONES

La cobertura cruzada permite gestionar los riesgos financieros y compensar las pérdidas esperadas, a través de derivados financieros como futuros, forwards, opciones y swaps. El propósito de una cobertura cruzada es reducir el riesgo de un activo real o financiero mediante un derivado con el cual tenga alta correlación.

Al realizar los diferentes análisis con los derivados y activos a nivel nacional e internacional se encontraron correlaciones significativas que permiten realizar coberturas cruzadas con estos productos.

Las coberturas cruzadas reducen la variabilidad de los flujos de efectivo, permiten realizar diversificación y coberturas de riesgos, permiten realizar planeación estratégica, acceso al mercado a menores costos y mejora la calificación crediticia de las empresas.

Las coberturas cruzadas funcionan bien en condiciones normales, pero cuando se presentan fuertes fluctuaciones en el mercado pueden generar grandes pérdidas debido a la ausencia de compradores o vendedores.

REFERENCIAS

- [1] Anderson, R. Danthine, J. (1981) Cross Hedging. *Journal of Political Economy*, Vol. 89, No. 6, pp. 1182-1196
- [2] Adams, Z. and Gerner, M. (2012). Cross hedging jet-fuel price exposure. *Energy Economics*. Vol. 34, pp. 1301-1309.
- [3] Baillie, R. T., & Myers, R. J. (1991). Bivariate GARCH estimation of the optimal commodity futures hedge. *Journal of Applied Econometrics*, 6(2), 109-124.
- [4] Blake, M. and Catlett, L. (1984). Cross Hedging Hay Using Corn Futures: An Empirical Test. *Western Journal of Agricultural Economics*, Vol. 9, No. 1, pp. 127-134.
- [5] Chen, S., Lee, C., and Shrestha, K. (2004). An empirical analysis of the relationship between the hedge ratio and hedging horizon: A simultaneous estimation of the short- and long-run hedge ratios. *Journal of Futures Markets*, Vol. 24, No. 4, pp. 359-386.

- [6] Daubechies, I.(1988). Orthonormal bases of compactly supported wavelets. *Communications on Pure and Applied Mathematics*, Vol 41, No. 7, pp. 909-996.
- [7] Franken, J., and Parcell, J. (2002). Cash Ethanol Cross-Hedging Opportunities. *Agricultural Economics*. Recuperado el 7 de Julio de 2013, de <http://www.ssu.missouri.edu/agecon>.
- [8] Hayenga. (1984). Obtenido de <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/15630031107065846.pdf>
- [9] In, F., & Kim, S. (2006). The hedge Ratio and the Empirical Relationship between the Stock and Futures.
- [10] Mahfuzur, S., Turner, S., and Costa, E. (2001). Cross-Hedging Cottonseed Meal. *Journal of Agribusiness*. Vol. 19, No. 2, pp. 163-171.
- [11] Ramsey, J. and Lampart, C. (1998). The decomposition of economic relationships by time scale using wavelets: expenditure and income. *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, Vol. 3, pp. 23-42.
- [12] Rua, A. and Nunes, L. (2009). International comovement of stock market returns: A wavelet analysis. *Journal of Empirical Finance*. Vol. 16, pp. 632-639.
- [13] Villegas, 2010) Las Finanzas Internacionales y El Riesgo de Tipo de Cambio. *Revista de la Facultad de Ciencias Contables* Vol. 17 N. ° 33 pp. 43-62 (2010) UNMSM, Lima, Perú ISSN: 1560-9103 (versión impresa) / ISSN: 1609-8196



Jesús Cuauthémoc Téllez Gaytán.
PhD en Ciencias Financieras,
líneas de investigación: Economía
internacional, administración del
riesgo, mercados energéticos.

BIOGRAFÍA



Jaime Ángel Rico Arias.

Licenciado en Física y Matemáticas.
Especialista en docencia Universitaria,
Magister en Física.
PhD en Educación con énfasis en
mediación pedagógica (en curso)
Líneas de investigación: Inversiones,
riesgo, cobertura y especulación,
Educación.



María Eugenia Serrano Acevedo.

Licenciada en Matemáticas.
Especialista en Docencia
Universitaria, Magister en Enseñanza
de las Matemáticas, Magister en
Ciencias Económicas.
PhD en Educación con énfasis en
mediación pedagógica (en curso).
Líneas de investigación: Inversiones,
riesgo cobertura especulación y educación.