



# Universidad de La Sabana

## Aplicación de modelo de optimización de portafolios financieros en el Mercado Integrado Latinoamericano (MILA)

Juan Pablo Meza Suárez

Noviembre 2017

Asesor: Urbi Alain Garay Lluch

Universidad de La Sabana

Economía y finanzas internacionales

Proyecto de grado

## Introducción

Los índices bursátiles, así como la diversidad de activos financieros que se ofrecen en un mercado bursátil, nos dan una percepción de la salud de una economía. Sin embargo, en los países latinoamericanos este conjunto de activos se encuentra limitado a la oferta bursátil ofrecida en cada país. Por tanto, se pueden encontrar limitaciones al intentar diversificar un portafolio dentro de cada uno de los países de la región, especialmente entre los menos grandes. Una salida a estas restricciones ha sido la integración de las bolsas de valores de los mercados de valores, que al ofrecer en su conjunto una mayor variedad de activos, presenta más oportunidades de diversificación en los sectores económicos, con lo que en principio se pudieran generar mayores rentabilidades asumiendo similares niveles de riesgo. Así mismo, se encuentran mecanismos que generan mayores eficiencias del mercado.

Realizar un estudio en el Mercado Integrado Latinoamericano (MILA), resulta relevante porque sus países integrantes tienen mercados de valores pequeños en comparación con las bolsas de los países desarrollados. Con esta alianza, se vuelven más llamativos tanto para los inversionistas extranjeros como locales que buscan invertir en las bolsas de valores de los países participantes. Teniendo esto en cuenta, el objetivo del presente trabajo consiste en estimar la frontera eficiente, tanto en renta fija como en renta variable, en el MILA y los mercados que lo componen, y comparar su rendimiento y riesgo con los de un portafolio de renta fija y otro de renta variable de activos de Estados Unidos. Esto se hace considerando cuáles serían los beneficios de inversiones en el mercado MILA desde el punto de vista de un inversionista de EEUU, puesto que se miden en dólares. Para lograr esto, se realizará una revisión de literatura sobre las áreas de interés con el fin de introducir los conceptos relevantes al trabajo y sus descripciones. Específicamente, se describen los factores que se deben tener en cuenta para la realización de un portafolio, las ventajas y desventajas que existen al invertir internacionalmente y qué motiva al inversionista a adquirir mayor riesgo en mercados internacionales (en este caso, latinoamericanos). Posteriormente, se explica el modelo de Medias y Varianzas de Markowitz con el fin de optimizar la inversión propuesta. Una vez se tenga el portafolio optimizado, se pretende comparar sus características, entre ellas el rendimiento y el riesgo, con las de un *benchmark* y otros portafolios similares, que también serán estructurados a lo largo del presente proyecto.

## Revisión de la literatura

La Teoría de la Eficiencia de los Mercados, según Fama (1970) es una teoría que propone que los precios de un mercado reflejan, en un momento dado, la cantidad de información disponible. La eficiencia se explica por medio de tres pruebas, siendo aplicadas en el siguiente orden, *Weak form tests* (tests de la forma débil), *Semi-strong form tests* (tests de la forma semi-fuerte) y *Strong form tests* (tests de la forma fuerte). El “weak form test” estudia la autocorrelación que tienen los rendimientos de los activos, qué tan predecible puede ser el precio dadas las tasas de retorno, y se cumple cuando las tasas de retorno son independientes del mercado. Por otro lado, el “semi-strong form tests” evalúa el comportamiento del precio de un activo antes y después de que ocurra un evento. Así, un mercado será eficiente en la forma semi-fuerte cuando reaccione de manera rápida a la llegada de noticias al mercado. Finalmente, el *Strong form tests*, consiste en realizar la comparación de los rendimientos obtenidos por un inversionista contra los rendimientos esperados de un *benchmark*, y considerando las desviaciones del mercado. Un mercado es eficiente en la forma fuerte cuando éste refleja toda la información disponible, tanto pública como privada.

El MILA, creado en 2009, es la unión de la Bolsa de Valores de Colombia (BVC); la Bolsa de Valores de Lima (BVL); y el Deposito Central de Valores (DCV) de Chile. Cada uno con sus respectivos depósitos de valores; el Depósito Centralizado de Valores de Colombia (DECEVAL); el Registro Central de Valores y Liquidaciones (VALI) de Perú; y el DCV. Posteriormente, en 2014 se incorporó la Bolsa Mexicana de Valores (BMV) con el Indeval. Como objetivo, esta alianza pretende facilitar las inversiones entre sus integrantes, creando normas estandarizadas aplicables en cada país, interconectando sus depósitos de valores y evitando la duplicidad de sus procedimientos (Reyes, 2016).

El MILA posee varias características que, en principio, lo hacen ser más competitivo y atractivo a nivel internacional. Algunas características que vale la pena resaltar son: está regido por los estándares de la Organización Internacional de Valores (OICV), permite un incremento en el tipo y número de productos para distribuir, ofrece la posibilidad de crear nuevos portafolios diversificados por sectores según el tipo de emisores con los que cuenta cada bolsa; fortalece al sector tecnológico pues replica estándares internacionales que conllevan a la igualdad en las plataformas de operación (Sandoval y Soto, 2016). Esto último, busca que sus inversionistas puedan negociar activos de los diferentes países de un comisionista local, lo que significaría el ahorro de costos de transacción.

Los estudios realizados sobre este mercado son escasos, y la mayoría de los que existen están incompletos, debido a la reciente inclusión de México (Reyes, 2016, p. 192). Sin embargo, Reyes (2016) realizó un estudio en el que encontró que la creación de esta sociedad ha provocado que los mercados de cada país generen una codependencia y se fortalezcan, siendo México el de mayor importancia a pesar de su reciente integración. Por ejemplo, según la página oficial del MILA<sup>1</sup>, el volumen total negociado en el año 2016 fue de USD\$ 178,898.8 millones, siendo México quien más aportó con USD\$ 138,731.5 millones. Este dato resulta llamativo pues contribuyó más de cinco veces la cantidad transada por Chile, segundo país con mayor volumen aportado (con USD\$ 24,994.5 millones). Estos valores determinan el volumen transado, en la bolsa de valores de un país, de acciones que están inscritas en las demás bolsas de valores del MILA; es decir, las acciones que se negocian en su mismo país de origen, no son registradas como operaciones en MILA. A su vez, la capitalización bursátil total fue de USD\$789,359 millones, siendo también México el país que más aportó. Así, queda en evidencia que la creación del MILA ha generado impactos positivos en los cuatro países integrantes, y ofrece más razones al inversionista para ingresar a este mercado.

La integración de los mercados también conlleva ciertas limitaciones. Por ejemplo, algunos estudios (Sandoval y Soto, 2016; Vargas y Bayardo, 2013) muestran que una de estas limitaciones es la exposición al riesgo de tipo de cambio de las diferentes divisas de sus integrantes. También, observaron que cada mercado local se vería más expuesto a las volatilidades de los otros mercados, un ejemplo del “*spillover effect*”. Este efecto describe el impacto, tanto positivo o negativo, que puede tener los eventos económicos de un país sobre la economía de otro. En consecuencia, se generaría una reducción de los beneficios que brinda la diversificación internacional de portafolio.

Sin embargo, a pesar de las limitaciones anteriormente mencionadas, el MILA es la segunda plataforma de negociación más importante de América Latina por capitalización bursátil (Orzano, 2013), después de Brasil. Además, este mercado permite tener una distribución más equilibrada de los distintos sectores de la economía y facilitar el movimiento de capitales. De esta forma, lo anterior representa una oportunidad para los inversionistas de diversificar sus portafolios, contemplando los activos ofrecidos en los cuatro países, lo que diversificaría el riesgo país.

De acuerdo con Jiang, Ma, y An (2013), los inversionistas, teniendo en cuenta sus preferencias de riesgo, tienen más opciones para diversificar un portafolio al considerar uno que

---

<sup>1</sup> [www.mercadomila.com](http://www.mercadomila.com), 26 de agosto de 2017

sea diversificado internacionalmente. No obstante, si bien los mercados de distintos países tienen diferentes características de exposición al riesgo, los inversionistas, adicionalmente, se enfrentan al riesgo cambiario entre divisas. De acuerdo con Elton, Gruber, Brown, & Goetzmann (2003), el riesgo cambiario consiste en que la tasa de cambio entre dos monedas fluctúa, afectando así los rendimientos obtenidos por los inversionistas. Este riesgo es usualmente independiente de aquel asociado a cada país y es de los más importantes que se deben considerar en un portafolio internacional de diversificación. Así se realicen inversiones en activos libres de riesgo, como lo son los bonos soberanos de Estados Unidos, el riesgo de tipo de cambio seguirá estando presente, por lo que todas las inversiones en mercados extranjeros son riesgosas desde la perspectiva de los inversionistas locales (Jiang et al., 2013).

Crear un portafolio diversificado internacionalmente tiene varias ventajas potenciales, aunque conlleve algunos riesgos adicionales como el riesgo cambiario, por lo que se vuelve una opción atractiva para inversionistas. Una de las ventajas, según lo planteado por Elton et al. (2003), es poder reducir los riesgos de un portafolio local. Por ejemplo, la correlación que tienen los activos de una misma bolsa es alta, mientras que la correlación entre activos de diferentes países es más baja, por lo tanto, diversificar internacionalmente el portafolio reduce significativamente este riesgo. Igualmente, estos autores plantean que a pesar de que el retorno esperado de un portafolio internacional pueda llegar a ser menor en algunos casos, el bajo riesgo que implica realizar una diversificación de este tipo puede compensar menores rendimientos esperados.

Bodie, Kane, & Marcus (2011) recalcan que se puede reducir la desviación estándar de un portafolio si se estructura internacionalmente y que los beneficios de esta estrategia se pueden ver aumentados cuando se realiza en mercados de países emergentes. Además, afirman que diversificar el portafolio internacionalmente ofrece más oportunidades para un administrador activo que para uno pasivo, porque puede especializarse en diferentes campos de análisis como la mayor diversidad de activos, divisas y una variedad de industrias. Sin embargo, un portafolio de diversificación de riesgo puede ser empleado como sustituto a un portafolio de cobertura que use derivados para minimizar el riesgo de tipo de cambio (Álvarez-Díez, Alfaro-Cid, y Fernández-Blanco, 2016). Por lo que, al estructurar un portafolio de diversificación, en este caso en el MILA, también se está diversificando el riesgo de tipo de cambio en diferentes divisas.

Las inversiones en renta fija, según lo afirmado por Cortés, Onieva, Guadix, y Muñuzuri (2013), son una opción de inversión que ofrece mayor liquidez y mayor seguridad, por lo que

ofrecen mayor estabilidad. Un portafolio basado en inversiones de este tipo va a ser menos riesgoso y va a tener menor rentabilidad, por lo que se usa el principio básico de proporción riesgo/retorno para realizar la selección de portafolio. Por otra parte, de acuerdo con Basu y Huang-Jones (2015), en renta variable, en países emergentes, los inversores tienen el potencial de tener mayores retornos y a la vez una reducción de riesgo por medio de la diversificación de portafolio.

### ***Modelo de Markowitz***

La teoría de optimización de portafolio propuesta por Harry Markowitz (1952) es uno de los pilares fundamentales de la teoría financiera moderna. Este modelo, según lo planteado por Bayraktar (2012), tiene como objetivo buscar el menor riesgo de una inversión sujeto al retorno esperado del inversionista. Es decir, crear un portafolio de manera que el nivel de aversión al riesgo de un inversionista es el factor que determina la composición del portafolio, dada las expectativas que tiene de generar retornos representados por una frontera eficiente.

El modelo llega a su objetivo al encontrar la frontera eficiente, en la que el inversionista puede elegir el portafolio de acuerdo con sus preferencias. A partir de dos principios se hace la formulación de la frontera eficiente: el primero, el planteamiento del problema como una elección de media y varianza de los rendimientos de un portafolio de activos; el segundo, la prueba de que el teorema fundamental de varianza media. En teoría de portafolio, en esta prueba se puede maximizar el retorno esperado manteniendo constante la varianza, o se puede minimizar la varianza manteniendo constante el retorno esperado (Elton y Gruber, 1997). De acuerdo a lo mencionado, el inversionista, no solo se fija en el comportamiento de un solo activo, sino en su relación con los demás activos.

Definiendo las siguientes variables como:  $R_i$  es el retorno del activo  $i$ ,  $\mu_i$  es el valor esperado de  $R_i$ ,  $\sigma_{ij}$  es la covarianza entre  $R_i$  y  $R_j$ ,  $X_i$  es el porcentaje del activo  $i$  asignado en el portafolio, como  $X_i$  es una proporción entonces la sumatoria de todos los  $X_i$  debe ser igual a 1, y también se hace el supuesto de que  $X_i \geq 0$  por lo que no hay posiciones cortas en el portafolio (Markowitz, 1952). Ya teniendo nombrada cada variable, las formulas usadas en modelo de selección de portafolio de Markowitz son:

- El rendimiento del portafolio es:  $R = \sum R_i X_i$  (1)

- El retorno esperado del portafolio es:  $E(r_p) = \sum_{i=1}^N X_i \mu_i$  (2)

- La varianza del portafolio es:  $V = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \sigma_{ij} X_i X_j$  (3)

Para un caso en el cual se tienen varios activos riesgosos (renta variable) y un activo libre de riesgo (un título emitido por un gobierno, renta fija) se puede generalizar el problema de la construcción del portafolio en tres partes distintas. Primero, identificar las combinaciones de riesgo-retorno para los activos riesgosos. En segundo lugar, encontrar el portafolio óptimo de activos riesgosos, lo que da como resultado la línea de asignación de capital que sea tangente a la frontera de mínima varianza. Por último, se combina el activo libre de riesgo y el portafolio óptimo con riesgo, así se consigue el portafolio completo (Bodie et al., 2011).

Las combinaciones de riesgo-retorno se pueden identificar hallando la frontera de mínima varianza de los activos. Se debe minimizar la varianza del portafolio de acuerdo al porcentaje de participación de cada uno de los activos que lo integran, dado el retorno esperado. Para este fin, se debe tener los datos de los retornos esperados, varianzas y covarianzas. La frontera de mínima varianza indica la combinación óptima que debería tener el portafolio, de las opciones encontradas se eligen las que se encuentran dentro de la frontera eficiente de activos riesgosos, estas son las combinaciones que tienen mayores retornos dada una misma varianza.

El segundo paso es encontrar la línea de asignación de capital (LAC) que sea tangente a la frontera mínima de varianza. Esto se hace encontrando la proporción asignada a cada activo que resulte en la LAC con mayor pendiente, siendo esta la línea tangente, por consiguiente, el objetivo es maximizar la pendiente de las LAC. Lo que es equivalente a encontrar el Sharpe ratio ( $S_p$ ), definido por la siguiente ecuación:

$$S_p = \frac{E(r_p) - r_f}{\sigma_p} \quad (4)$$

En donde:  $r_f$  es la tasa libre de riesgo, y  $\sigma_p$  es la varianza del portafolio.

Finalmente, se escoge la combinación adecuada entre el portafolio de riesgo y el activo libre de riesgo, que para este caso va a ser los bonos del tesoro de Estados Unidos emitidos a diez años. Esta escogencia se hace de acuerdo a las características del inversionista, y como desea diversificar el portafolio., es decir, su nivel de aversión al riesgo ( $\alpha$ ).

## Datos

Para el propósito de este trabajo, se hizo uso de diferentes series de datos de índices de precios, a partir de los cuales se calculó el rendimiento y el riesgo de cada portafolio bajo diferentes escenarios. Las series que van a ser usadas son de índices que representan el comportamiento de

las acciones negociadas en la bolsa del MILA y de cada país por separado, además del comportamiento de los bonos soberanos de cada uno. Estos valores son tomados de la base de datos financiera Bloomberg.

Con respecto a los índices de acciones, se hizo uso de los índices Standard & Poor's (S&P) del MILA, de cada país integrante y el S&P500 de Estados Unidos (recuérdese que el análisis que se realizará evalúa los beneficios potenciales de invertir en los mercados pertenecientes al MILA desde el punto de vista de un inversionista de Estados Unidos). Los rendimientos de estos índices van a ser medidos a partir del índice de retornos totales (*Total return index*). Los índices de rendimiento totales incluyen tanto las ganancias de capital para cada conjunto de acciones, las acciones comprendidas en el S&P, como los dividendos en efectivo, los cuales son reinvertidos en el índice. Este va a ser medido en dólares estadounidenses (USD) con el fin de usar una misma divisa en los diferentes escenarios y que sean comparables.

Los índices S&P están integrados por las acciones más grandes y líquidas que son negociadas en el mercado referencia de donde es el índice. En el caso del MILA, este se llama "S&P MILA 40", en el que las acciones comprendidas están en las bolsas de valores de los cuatro países integrantes, y representan las 40 empresas más grandes y más líquidas de estos mercados. En un día de negociación en MILA, puede llegar a tener un volumen de mercado de USD\$ 680 millones<sup>2</sup> y tiene una capitalización bursátil de USD\$ 284.43 mil millones. Los demás índices son: para Colombia es el "S&P Colombia Select Index", en donde, uno de los requisitos que las acciones incluidas deben tener es un valor promedio diario de transacciones de al menos COP\$ 375 millones, y está compuesto por 14 miembros; para Chile está el "S&P Chile 15 Index", contempla 15 acciones, en el cual uno de los criterios es que la acción tenga un valor medio diario por seis meses de por lo menos CLP\$ 120 millones; en Perú se encuentra el "S&P/BVL Peru Select Index", este es el indicador con menor volumen de los cuatro países y reúne las 14 acciones más grandes del país; y por último, México tiene el "S&P/BMV IPC", donde sus componentes deben tener una valor de capitalización flotada de MXN\$ 10 mil millones y es integrado por 35 acciones, además, tiene el mayor volumen de los países estudiados, y esto corrobora que es el mercado con mayor tamaño de los integrantes del MILA. Finalmente, en Estados Unidos se tiene el S&P500, el

---

<sup>2</sup> El volumen de mercado para el día 9 de septiembre de 2017 fue de USD 680.03 millones, tomado de la base de datos de Bloomberg



cual reúne 500 empresas locales, las cuales representan las empresas líderes del país, y deben tener una capitalización bursátil de al menos USD\$ 4 mil millones.<sup>3</sup>

Por otro lado, también se van a usar índices que reflejen los rendimientos totales de los bonos soberanos de los países del MILA y de Estados Unidos, los cuales evalúan los ingresos por cupones y la apreciación y depreciación de los bonos incluidos. Para estas cinco series, se va a hacer uso del precio último (*last price*) de cada índice. Se van a usar unos índices calculados por Bloomberg, que son subcategoría del “Bloomberg USD Emerging Markets Sovereign Bonds Index” (BEMS), son denominados de la misma forma que el BEMS, más el sufijo de las siglas de cada país, quedando así BEMSCO, BEMSPE, BEMSCL, y BEMSMX. La calificación de riesgo del BEMS para Perú y México es de BBB+, la de Colombia es de BBB y, el de mejor calidad, Chile siendo calificado como A+, de acuerdo con los datos recuperados de Bloomberg (Octubre de 2017). Finalmente, el índice usado para los bonos de Estados Unidos es el LF97TRUU Index, que hace referencia al “Bloomberg Barclays US Credit Index”, el cual mide la tasa fija de los bonos gubernamentales y corporativos.

El activo libre de riesgo que se va a ser usado es el índice USGG10YR, este mide el rendimiento al vencimiento de los bonos/notas/papeles genéricos de 10 años de Estados Unidos que están vigentes a la fecha del dato. Se elige este índice porque es el activo que un inversionista estadounidense elige como su activo libre de riesgo, por lo que estos activos están valorados como AAA, haciéndolos los más seguros. Además, seguir este índice implica que el inversionista se expone al riesgo de tipo de cambio.

Los datos utilizados tienen una frecuencia mensual. En el caso de los bonos soberanos, empiezan el 29 de enero de 2010 y llegan hasta el 31 de agosto del 2017, por lo que en total hay noventa y dos rendimientos en cada serie. No se pudo obtener una base de datos mayor debido a que los índices BEMS están disponibles a partir de la fecha inicio del panel usado. Por otra parte, para los índices S&P (acciones), se tienen datos desde el 31 de octubre del 2008 hasta el 31 de agosto del 2017, teniendo así ciento siete intervalos. Para ambas series de índices, se buscó hacer uso de un periodo de estudio más largo, pero la información no se encontraba disponible. En el caso de los índices S&P, el índice de Colombia no tenía registro de datos anteriores. Esta limitación del modelo genera que se cree un sesgo, ya que, durante el periodo estudiado, Estados Unidos se

---

<sup>3</sup>Los requisitos y descripciones de los índices son dados por S&P Dow Jones Indices (2017).

ha estado recuperando de la crisis financiera del 2007-08, por lo que los rendimientos de las acciones de empresas de ese país fueron más altos de lo usual (o histórico).

### **Marco Metodológico**

Se empleó el programa Microsoft Excel para administrar los datos y desarrollar todos los procedimientos necesarios para la estructuración del portafolio, y así mismo, se usó la herramienta *Solver* de Excel para solucionar las ecuaciones generadas por el problema de optimización de portafolios.

Se hacen los siguientes supuestos para realizar la optimización del portafolio. Primero, los costos de transacción, asociados a la compra o venta de un activo, son inexistentes. Segundo, es un inversionista estadounidense, por lo que su activo libre de riesgo son los bonos/tesoros/notas emitidos en su país, y además todos los rendimientos se expresen en dólares.

En primer lugar, para cada índice se obtiene el rendimiento en términos porcentuales, el cual es el promedio del cambio porcentual en cada fecha. El resultado es el conjunto de series que se van a usar para encontrar el rendimiento esperado de cada activo. En el caso de la serie de USGG10YR, ésta ya expresa el rendimiento anual de la tasa libre de riesgo, por lo que no aplica para realizar el procedimiento descrito.

Se hace el supuesto de que las series están descritas completamente por sus primeros dos momentos, la media y la desviación estándar. El rendimiento esperado es equivalente al promedio del conjunto total de rendimientos de cada fecha. A continuación, se procede a estimar estos valores a cada serie, pero los datos obtenidos deben ser anualizados para que sean comparables con el activo libre de riesgo. Para este propósito, se emplea la siguiente ecuación para realizar la conversión:  $(1 + r)^{12} - 1$ ; y la desviación estándar es multiplicada por la raíz cuadrada de T. Los momentos estimados se observan en la tabla 1, junto con el sharpe ratio de cada uno de los índices.

Para la estimación del portafolio óptimo de acciones se estudian dos escenarios diferentes, uno en donde el portafolio incluye los seis índices S&P que se tienen, y el otro en el que se usan los cuatro índices BEMS. Para los dos escenarios, la tasa libre de riesgo siempre es índice USGG10YR, teniendo en cuenta la respectiva medición de sus momentos. Además, se plantean dos posibilidades para la conformación del portafolio, una en donde el inversionista puede invertir libremente en cada índice, por otro lado, en donde tiene la restricción de invertir un máximo de 30% en cada activo. Esto último, debido a que el portafolio se constituye para diversificar el riesgo

asociado a cada país, por lo que se el inversionista se limita a una exposición de riesgo máxima en cada activo que puede elegir.

	DESCRIPCIÓN	RENDIMIENTO ESPERADO	VARIANZA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	SHARPE RATIO
SPCOSL INDEX (31/10/2008-31/09/2017)	Índice de acciones de Colombia	11.259%	0.530	25.231%	34.892%
SPCL15CP INDEX (31/10/2008-31/09/2017)	Índice de acciones de Chile	8.891%	0.394	21.740%	29.604%
SPBLPSP INDEX (31/10/2008-31/09/2017)	Índice de acciones de Perú	15.153%	0.497	24.432%	51.972%
MEXBOL INDEX (31/10/2008-31/09/2017)	Índice de acciones de México	11.213%	0.397	21.834%	40.108%
SPMILA INDEX (31/10/2008-31/09/2017)	Índice de acciones del MILA	11.027%	0.331	19.935%	42.996%
SPX INDEX (31/10/2008-31/09/2017)	Índice de acciones de Estados Unidos	14.670%	0.156	13.691%	89.216%
BEMSCO INDEX (29/01/2010-31/09/2017)	Índice de bonos soberanos de Colombia	7.398%	0.051	7.822%	64.776%
BEMSMX INDEX (29/01/2010-31/09/2017)	Índice de bonos soberanos de México	7.184%	0.048	7.552%	64.262%
BEMSCL INDEX (29/01/2010-31/09/2017)	Índice de bonos soberanos de Chile	4.504%	0.023	5.200%	41.793%
BEMSPE INDEX (29/01/2010-31/09/2017)	Índice de bonos soberanos de Perú	8.663%	0.070	9.159%	69.137%
LF97TRUU INDEX (29/01/2010-31/09/2017)	Índice bonos soberanos y corporativos de E.E.U.U.	2.955%	0.004	2.176%	28.674%
USGG10YR INDEX (29/01/2010-31/09/2017)	Índice de bonos del Tesoro de E.E.U.U a 10 años	2.331%	0.003	0.565%	0.000%
USGG10YR INDEX (31/10/2008-31/09/2017)	Índice de bonos del Tesoro de E.E.U.U a 10 años	2.456%	0.004	0.630%	0.000%
PROMEDIO INDICES S&P	Promedio de los índices accionarios	12.036%	0.384	21.144%	48.131%
PROMEDIO INDICES BEMS	Promedio de los índices de bonos	6.141%	0.039	6.382%	53.728%

Tabla 1: Momentos de los índices y sharpe ratio. Fuente: Elaboración propia

Como ya se tienen los momentos de cada serie, se procede a calcular, de cada portafolio propuesto, su rentabilidad esperada, varianza y desviación estándar, usando las ecuaciones (1), (2) y (3) respectivamente. Teniendo estos valores, se procede a calcular el Sharpe ratio (ecuación (4)), para cada escenario. La ratio se maximiza para encontrar la combinación óptima de portafolio, los

pesos (porcentuales) que cada activo va a tener en el portafolio final. Este procedimiento se hace con el *Solver* de Excel. En la tabla 2, se muestra el porcentaje óptimo que se debe invertir en cada activo, dada la maximización del Sharpe ratio, y el retorno esperado, en cada uno de los casos.

ESCENARIO	1	2	3	4
	Solo acciones, restricción de 30% por activo	Solo acciones, sin restricción	Solo bonos, restricción de 30% por activo	Solo bonos, sin restricción
<b>RENTABILIDAD ESPERADA</b>	13.38%	15.00%	7.27%	8.32%
<b>DESVIACIÓN ESTANDAR</b>	16.72%	19.18%	7.27%	8.62%
<b>SHARPE RATIO</b>	65.31%	65.41%	67.89%	69.48%
<b>PESOS EN EL PORTAFOLIO</b>				
<b>SPCOSL INDEX</b>	0.00%	0.00%		
<b>SPCL15CP INDEX</b>	0.00%	0.00%		
<b>SPBLPSPP INDEX</b>	30.00%	68.25%		
<b>MEXBOL INDEX</b>	10.36%	0.00%		
<b>SPMILA INDEX</b>	29.64%	0.00%		
<b>SPX INDEX</b>	30.00%	31.75%		
<b>BEMSCO INDEX</b>			30.00%	20.40%
<b>BEMSMX INDEX</b>			30.00%	5.94%
<b>BEMSCL INDEX</b>			0.00%	0.00%
<b>BEMSPE INDEX</b>			30.00%	73.66%
<b>LF97TRUU INDEX</b>			10.00%	0.00%

Tabla 2: Proporciones de las inversiones. Fuente: Elaboración propia

La tabla 2, muestra cuatro escenarios diferentes, cada uno de los mencionados anteriormente. Los pesos en el portafolio que incluye solo los índices S&P se muestran en los escenarios 1 y 2, siendo el escenario 1 donde el inversionista está limitado por un máximo para invertir en cada activo. En los escenarios 3 y 4, los índices BEMS y el LF97TRUU son considerados para conformar el portafolio, en donde el primer escenario es el que tiene la limitación para invertir.

Por último, se dibujan las fronteras eficientes para cada portafolio. Usando el programa de *Solver*, se encuentran los puntos que limitan la frontera eficiente. Para este propósito, se busca la mínima varianza que puede tener la cartera a diferentes niveles de rentabilidad, y así poder dibujar

la línea de la frontera eficiente. La ilustración 1 muestra el resultado para cada caso, la frontera eficiente 1 representa el portafolio compuesto por los índices S&P (acciones), mientras que la segunda es la frontera de la cartera integrada de los bonos soberanos.

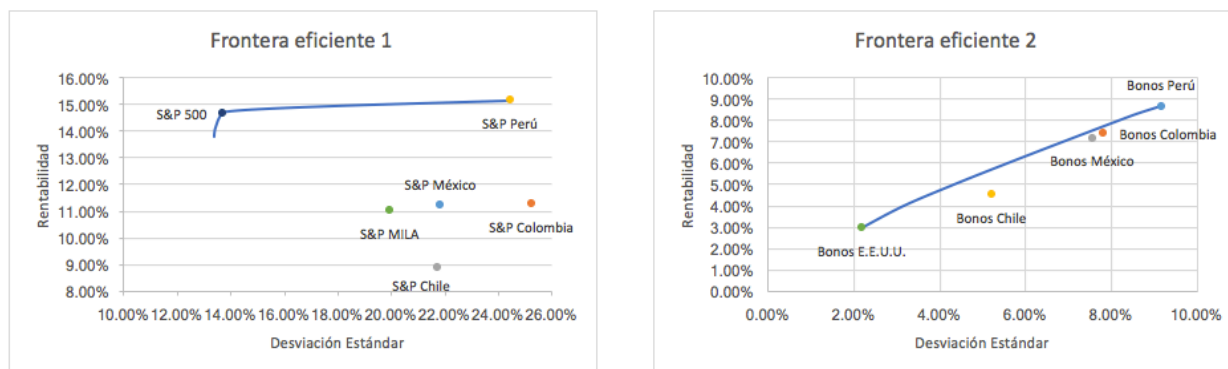


Ilustración 1: Fronteras eficientes. Fuente: Elaboración propia

A partir de la frontera encontrada de índices de acciones, se evidencia que los índices correspondientes a Estados Unidos y Perú se encuentran en la frontera (de hecho, ambos países definen los puntos más bajos y altos de la frontera, respectivamente), por lo que la diversificación de portafolio no genera un valor agregado. Sin embargo, los índices de Chile, Colombia, México y MILA se encuentran por debajo de la frontera eficiente. Chile, siendo el caso que más beneficio obtiene de la diversificación, al exponerse al mismo nivel de riesgo (una desviación estándar de 21.74), sobre la frontera puede obtener un rendimiento que es 5.33% mayor (pasa de 8.89% a 14.23%). Por otra parte, los índices de bonos soberanos, nuevamente, de Perú y E.E.U.U. están situados en la frontera eficiente de bonos. Además, Colombia y México están cerca de la frontera eficiente, teniendo un rendimiento menor al de la frontera de 0.29% y 0.28% respectivamente. Sin embargo, Chile puede obtener, bajo un mismo nivel de riesgo de 5.20%, un rendimiento de 5.54% (superior en 1.04% al esperado por el país).

### Análisis de resultados

En la tabla 1, se observa que el índice SPBLPSP Index, correspondiente al S&P de Perú, proporciona la mayor rentabilidad esperada (15.15%), pero tiene la segunda desviación estándar más grande del conjunto. Por lo que, el riesgo representado por este índice es alto, sin embargo, es compensado por su retorno esperado. A diferencia del SPCOSL Index, índice de Colombia, que tiene la mayor desviación estándar (25.23%), por lo tanto, la mayor volatilidad, pero su

rendimiento esperado está por debajo del promedio (11.26%), por lo que se vuelve el menos atractivo para un inversionista internacional. Por su parte, el SPX Index, que es el S&P 500 de Estados Unidos, tiene una rentabilidad esperada de 14.67%, la segunda más alta en su categoría, y tiene la menor volatilidad, teniendo una desviación estándar de 13.69%. Esto hace que, para el inversionista americano, sea la elección más interesante dentro de las opciones por su bajo riesgo, que se reduce aún más por ser un índice de su país de residencia.

A su vez, el S&P del MILA (SPMILA Index), tiene uno de los menores rendimientos esperados dentro de la selección, con un 11.03%, solo superior al de Chile (8.89%). Por el contrario, la volatilidad, en del SPMILA Index es la menor de los integrantes del MILA, aunque mayor al SPX Index. Por esto, sigue siendo una opción llamativa, porque ofrece una baja volatilidad dentro del conjunto de índices latinoamericanos. Esto implica que, para un inversionista averso al riesgo que quiera invertir en Latinoamérica, el MILA se presente como una elección de bajo riesgo.

Por otro lado, los índices BEMS, para los bonos soberanos de los países integrantes del MILA, tienen todos unos mayores rendimientos esperados que el LF97TRUU Index, correspondiente a Estados Unidos. Un resultado esperado, puesto que los bonos soberanos estadounidenses son considerados un “safe heaven”, es decir, un activo que tiene un muy bajo riesgo y, por lo tanto, su rentabilidad también es baja. Esto va de acuerdo con la premisa de que a menor riesgo presenta un activo, menor es su valor esperado.

Adicionalmente, se encuentra que el rendimiento esperado de los bonos soberanos de Perú, el BEMSPE Index, es el más alto de esta categoría, así como también tiene la mayor desviación estándar. Por esto, los índices de Perú, tanto el S&P como el BEMSPE Index, proporcionan la elección con mayor rentabilidad esperada, pero, implica el mayor riesgo, en sus categorías respectivas. En cambio, Chile, es quien ofrece el menor rendimiento y menor varianza, dentro de los países del MILA, siendo una opción para un inversionista que esté dispuesto a tomar el menor riesgo dejando de lado la utilidad deseada.

De acuerdo con los momentos del índice USGG10YR, que representa la tasa libre de riesgo, presentados en la tabla 1, exhibe un comportamiento esperado, puesto que tiene una varianza de 0.0% y una desviación estándar muy baja, lo que equivale a una volatilidad casi nula. También, su rendimiento esperado es el más bajo. Las correlaciones presentadas en la tabla 3 son todas estadísticamente significativas, puesto que, con un  $\rho$  de 0.05, todos los valores están dentro

del intervalo de confianza  $(0.2953)^4$ . La correlación que se presenta entre el MILA y México, país con la economía más fuerte y quien más volumen transa dentro del MILA, es la menor en comparación a las demás correlaciones con respecto al MILA. Pero, el MEXBOL Index registra una alta correlación con el comportamiento del S&P 500 de Estados Unidos, explicado por la estrecha relación que tienen las economías de estos dos países. En general, las correlaciones entre los países no son altas, lo que permite al inversionista internacional diversificar mejor su riesgo.

	<b>SPCOSL INDEX</b>	<b>SPCL15CP INDEX</b>	<b>SPBLPSPP INDEX</b>	<b>MEXBOL INDEX</b>	<b>SPMILA INDEX</b>	<b>SPX INDEX</b>
<b>SPCOSL INDEX</b>	100.0%					
<b>SPCL15CP INDEX</b>	61.5%	100.0%				
<b>SPBLPSPP INDEX</b>	57.8%	53.3%	100.0%			
<b>MEXBOL INDEX</b>	57.8%	56.7%	59.1%	100.0%		
<b>SPMILA INDEX</b>	86.7%	88.5%	71.9%	68.7%	100.0%	
<b>SPX INDEX</b>	40.7%	42.7%	48.9%	76.4%	52.0%	100.0%

Tabla 3: Tabla de coeficientes de correlación de los rend. de los índices S&P. Fuente: Bloomberg y elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 4, los coeficientes de correlación entre los índices de bonos soberanos son todos estadísticamente significativos, con un nivel de confianza de  $\rho = 0.5$ . El comportamiento de los índices BEMS están estrechamente correlacionados entre sí, sus coeficientes son altos. Pero, a diferencia de la relación de los índices accionarios de México y de Estados Unidos, la relación entre sus bonos soberanos es más baja que los demás coeficientes.

	<b>BEMSCO INDEX</b>	<b>BEMSMX INDEX</b>	<b>BEMSCL INDEX</b>	<b>BEMSPE INDEX</b>	<b>LF97TRUU INDEX</b>
<b>BEMSCO INDEX</b>	100.0%				
<b>BEMSMX INDEX</b>	92.0%	100.0%			
<b>BEMSCL INDEX</b>	75.1%	83.3%	100.0%		
<b>BEMSPE INDEX</b>	89.3%	89.7%	81.5%	100.0%	
<b>LF97TRUU INDEX</b>	65.2%	70.3%	70.9%	69.5%	100.0%

Tabla 4: Tabla de coeficientes de correlación de los rend. de índices BEMS. Fuente: Bloomberg y elaboración propia.

<sup>4</sup> Intervalo de confianza es de 0.2953 cuando se calcula para una serie con 100 datos

En la presentación de la distribución óptima de las acciones en el portafolio, tabla 3, se encuentran cuatro casos diferentes ya explicados anteriormente. En los casos en los que se encuentra el portafolio óptimo compuesto por índices sobre acciones, se encuentra que, para ambos casos, las rentabilidades esperadas (escenario 1 de 13.38% y escenario 2 de 15%) tienen una diferencia estadísticamente significativa, al cinco por ciento ( $\rho = 0.5$ ), con el rendimiento esperado del MILA (11.03%). Lo que muestra que es mejor diversificar el portafolio y no invertir únicamente en el SPMILA, pues se obtiene un rendimiento mayor.

Para el escenario 1, se encuentra que el portafolio se distribuye principalmente entre los índices del MILA, Perú y Estados Unidos, tocando el máximo permitido en los últimos dos índices. Lo que refleja lo poco atractivo que son las bolsas de Colombia, al tener un rendimiento esperado debajo del promedio y la mayor volatilidad, y de Chile, quien tiene el rendimiento esperado más bajo. Por otra parte, en el escenario 2, la distribución óptima se realiza entre el S&P de Perú y de Estados Unidos, siendo Perú el que mayor peso recibe (68.25%). Este resultado se explica debido a que el SPBLPSP Index tiene el mayor rendimiento esperado, y el papel que toma el SPX Index es reducir la desviación estándar del portafolio, ya que este tiene la menor dentro de la categoría.

Ahora bien, en los dos escenarios siguientes, en los que se emplean los índices BEMS, los resultados están de acuerdo a lo esperado. En primer lugar, la desviación estándar y el rendimiento esperado de los rendimientos de los índices de bonos soberanos es menor que la de los portafolios conformados por índices de acciones. Sin embargo, la composición de estos portafolios permite encontrar un mayor Sharpe ratio que en su contraparte. El portafolio óptimo, del escenario 3, se distribuye entre todos los índices a excepción del de Chile, alcanzando el límite impuesto por la restricción en tres ocasiones, siendo el LF97TRUU Index el único que no lo toca. En el otro escenario, el mayor peso es asignado hacia los bonos soberanos de Perú (73.66%), mostrándose de nuevo como la opción más llamativa para un inversionista.

## Conclusiones

Partiendo del análisis elaborado anteriormente, al estructurar los portafolios propuestos de índices accionarios, se encuentra que el *benchmark* (que para este trabajo fue el índice S&P del MILA) presenta rendimientos sustancialmente más bajos que el delineado en la frontera eficiente, para el mismo nivel de riesgo. Además, el promedio de los rendimientos esperados del conjunto de los índices S&P usados (Chile, Colombia, Estados Unidos, México y Perú) es superior al



SPMILA Index. También, se encuentra que Perú muestra las características más llamativas para un inversionista con poca aversión al riesgo, pues este país ofrece los mayores rendimientos esperados, tanto en renta fija como en variable, pero, aunque con la mayor volatilidad. Esta característica, hace que Perú tenga el mayor peso en todos los escenarios creados. Por otra parte, Chile brinda menor rendimiento que sus contrapartes, en todos los casos, y tiene una volatilidad promedio por lo que no genera un incentivo para realizar inversión allí. En las carteras analizadas Chile no recibe ningún peso, puesto que exhibe una correlación similar a las correlaciones presentadas por los demás activos, y posee cualidades que limitan el atractivo del inversionista para invertir en ese país, tal y como se comentó.

Además, se encuentra que diversificar un portafolio dentro del MILA, y no seguir únicamente el índice SPMILA Index, presenta mayores beneficios. Esto porque los rendimientos esperados que se logran en el portafolio óptimo de acciones son superiores a los ofrecidos por el MILA y, también, se espera menor volatilidad. Aunque, es importante resaltar, que parte de la diversificación del portafolio consiste en invertir en el S&P 500 de Estados Unidos, un índice que proporciona altos rendimientos con baja volatilidad.

Asimismo, los escenarios 3 y 4 son en los que se obtiene el mayor Sharpe ratio. Estas inversiones son más seguras, por ser hechas únicamente en bonos soberanos, que de los otros dos escenarios (en el período analizado el mercado percibió una baja probabilidad de default para los bonos de los países estudiados). Por lo que, presentan menores retornos esperados a cambio de volatilidades más pequeñas. Estos portafolios se presentan como una elección adecuada para inversionistas que busquen invertir únicamente en renta fija en Latinoamérica, pues pueden obtener un relativamente alto Sharpe ratio. Además, se encuentra que el S&P500 tiene un Sharpe ratio de 89.21%, mayor que el encontrado en los portafolios óptimos hallados, asimismo, el índice de bonos soberanos de Perú (69.14%) es superior a los primeros tres escenarios.

En conclusión, la diversificación de portafolio en el MILA es viable y aconsejable. Se puede diversificar el portafolio dentro de los países integrantes de esta integración de mercados y obtener una menor exposición al riesgo. Pero, se encuentra que los índices de Estados Unidos usados, tanto de acciones como bonos, se encuentran en la frontera eficiente del portafolio, por lo que no se puede generar un mayor rendimiento esperado al mismo nivel de riesgo, al menos para el caso de un inversionista de EEUU. En consecuencia, el inversionista estadounidense, averso al riesgo, no encontraría diversificar su portafolio en el MILA como una elección óptima. Aunque,

si el inversionista está dispuesto a correr un mayor riesgo, puede encontrar sobre la frontera eficiente varios portafolios que generen utilidades más grandes que las de su país, aunque con un mayor nivel de riesgo.

Si se realizara un estudio similar al presente, usando una ventana de tiempo más amplia, se pudiera tener un mejor entendimiento de los mercados analizados. Esto en respuesta a que, en el presente trabajo, se usó un espacio de tiempo del 2010 al 2017, pues los datos anteriores a este periodo no fueron conseguidos. También, se podría estructurar un portafolio en el que se incluyan tanto renta fija como variable, en el cual se esperaría que la frontera eficiente se estableciera en un punto medio entre las encontradas. Es importante mencionar que el trabajo se realizó bajo el supuesto de que los costos de transacción son inexistentes, algo que difiere en la práctica real, pues existen barreras de costos que limitan la diversificación internacional de portafolios, por ejemplo, fluctuaciones de los tipos de cambio, posible existencia de controles a los movimientos de capital, comisiones de casas de bolsa, e impuestos, entre otros. Sin embargo, al ser principalmente portafolios estructurados en el mercado MILA, los costos asociados a las transacciones deberían ser reducidos y se mitigan las barreras presentes al invertir en países distintos. En todo caso, los resultados presentados en el trabajo son más optimistas que la realidad.

## Bibliografía

- Álvarez-Díez, S., Alfaro-Cid, E., y Fernández-Blanco, M. O. (2016). Hedging foreign exchange rate risk: Multi-currency diversification. *European Journal of Management and Business Economics*, 25(1), 2–7. <https://doi.org/10.1016/j.redee.2015.11.003>
- Basu, A. K., y Huang-Jones, J. (2015). The performance of diversified emerging market equity funds. *Journal of International Financial Markets, Institutions & Money*, 35, 116–131. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2015.01.002>
- Bayraktar, E. (2012). Determination the Parameters of Markowitz Portfolio Optimization Model. *IDEAS Working Paper Series from RePEc*.
- Bloomberg L.P. (2017)
- Bodie, Z., Kane, A., y Marcus, A. J. (2011). *Investments*. (A. Kane & A. J. Marcus, Eds.) (9th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Cortés, P., Onieva, L., Guadix, J., y Muñuzuri, J. (2013). Designing fixed-income securities investment portfolios under different scenarios. *Service Industries Journal*, 33(9–10), 859–875. <https://doi.org/10.1080/02642069.2013.719885>
- Elton, E. J., y Gruber, M. J. (1997). Modern portfolio theory, 1950 to date. *Journal of Banking and Finance*, 21(11), 1743–1759. [https://doi.org/10.1016/S0378-4266\(97\)00048-4](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(97)00048-4)
- Elton, E. J., Gruber, M. J., Brown, S. J., y Goetzmann, W. N. (2003). *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis* (6th ed.).
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383–417. <https://doi.org/10.2307/2325486>
- Jiang, C., Ma, Y., y An, Y. (2013). International portfolio selection with exchange rate risk: A behavioural portfolio theory perspective. *Journal of Banking and Finance*, 37(2), 648–659. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2012.10.004>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Mila - Resultados del Mercado. Recuperado en Agosto 26, 2017, de <http://www.mercadomila.com/home/resultados>
- Orzano, M. (2013). “Benchmarking” MILA. *S&P Dow Jones Indices*.
- Reyes Zárate, F. J. (2016). Mercado Integrado Latinoamericano (MILA): un análisis de integración financiera y volatilidades. *Estocástica: Finanzas Y Riesgo*, 6(2), 187–218.

- Sandoval, E., y Soto, M. (2016). Mercado integrado latinoamericano: un análisis de cointegración. *Revista Internacional Administración & Finanzas*, 9(2), 1–17.
- Vargas Pulido, W., y Bayardo Martínez, J. (2013). El Mila. Mercado de integración entre Chile, Perú y Colombia. *Revista de Relaciones Internacionales, Estrategia Y Seguridad*, 8(1). <https://doi.org/10.18359/ries.67>