

# Diversificación y carteras óptimas: análisis del mercado de capitales argentino

## *Diversification and optimal portfolios: analysis of the Argentine capital market.*

Gastón Milanesi<sup>1</sup>

### Resumen

El objetivo del trabajo es analizar el desempeño financiero del mercado de capitales y de dinero argentino para: derivar su frontera eficiente, cartera óptima y línea de mercado de capitales (LMC) durante el año 2016. Las bases teóricas empleadas son la Teoría de la Cartera (Markowitz 1952, 1959).

El trabajo se estructura del siguiente modo: en primera instancia se realizó un análisis empírico sobre información de rendimiento y riesgo correspondientes a 3.197 activos financieros locales. Seguidamente se describió el conjunto de oportunidades de inversión, utilizando un algoritmo de optimización con la función Solver de MSEXcel. Este permitió estimar la cartera eficiente de mercado, LMC y el ratio de Sharpe. Los resultados obtenidos fueron comparados con la estructura de cartera armada por los fondos comunes en Argentina durante el año 2016. Se concluye que los FCI siguieron criterios similares de inversión como la cartera eficiente obtenida, pero con rendimientos observados menores, comparados con los resultados obtenidos empleando el ratio Sharpe estimado.

**Palabras clave:** cartera, rendimiento, riesgo, Argentina, fondos comunes de inversión.

**Código JEL:** G1, G0.itde

### Abstract

The object of the paper is to analyze the Argentinian financial and money market development in order to derive its efficient frontier, optimal portfolio and capital market line (CML) during 2016. The theoretical backgrounds employed are the Portfolio Theory, (Markowitz, 1952, 1959). The paper is structured as follows: first an empirical analysis about risk and return information corresponding to 3.197 financial assets is made. Then, the investment opportunity set is described, using an optimization algorithm with MS Excel ® Solver function. This allowed to estimate the efficient market portfolio, capital market line and Sharpe ratio. The results obtained, were compared with the portfolio structure made with the mutual funds in Argentina during 2016. The conclusion is that MF followed similar criteria of investment like the efficient portfolio obtained, but with lower observed returns compared with the obtained results using the estimated Sharpe ratio.

**Keywords:** portfolio, return, risk, Argentinian, Mutual Investment Funds.

**JEL Code:** G1, G0.

**Recibido:** 06 de febrero 2018. **Aceptado:** 06 de marzo 2018.

<sup>1</sup> Dr. en Ciencias de la Administración. Magister en Administración, Contador Público. Universidad Nacional del Sur, Argentina. Profesor Titular Exclusivo e Investigador Universidad Nacional del Sur. Departamento Ciencias de la Administración, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. E-mail: [milanesi@uns.edu.ar](mailto:milanesi@uns.edu.ar).

## INTRODUCCIÓN

Los fundamentos de la Teoría Moderna de la Cartera (*Modern Portfolio Theory*, MPT) fueron establecidos por Harry Markowitz en el año 1952, 1959 y 1991. Su principal aporte consistió en responder matemáticamente el interrogante de cuál cartera de activos es la mejor. En el año 1958 James Tobin desarrolla los conceptos de frontera eficiente y mediante la teoría de separación la línea de mercado de capitales (*Capital Market Line*, CML o *Línea de Mercado de Capitales*, LMC); (Tobin, 1958), a partir del teorema de separación (*two-funds separation theorem*), introduciendo la posibilidad de invertir en activo libre de riesgo y cartera riesgo, planteando una nueva frontera de posibilidades de inversión. En forma independiente, William Sharpe, John Litner y Jan Mossin, propone una teoría para valorar activos financieros en función a su riesgo sistemático conocida como Modelo de Valuación de Activos de Capital (*Capital Asset Pricing Model*, CAPM); (Sharpe, 1964); (Lintner, 1965); (Mossin, 1966). Sharpe (1964) deriva el modelo partiendo de los conceptos de frontera eficiente y CML, seguidamente los hace Lintner (1965) desde la perspectiva de la firma emisor de acciones y finalmente Mossin (1966) concluye con el modelo a partir de especificar funciones cuadráticas de utilidad. Por tres vías diferentes los autores plantean un modelo de suma utilidad que permite valorar toda clase de activos, a diferencia de la CML que permite valorar y calcular rendimientos en equilibrio para carteras eficientes, entendidas como combinaciones entre activo libre de riesgo y cartera de mercado. El modelo CAPM plantea un nuevo espacio rendimiento-riesgo, concibiendo la curva de mercado de valores (*Security Market Line*, SML), donde es considerada solamente la fracción del riesgo del activo no diversificable, popularizada con el nombre de beta, a raíz del coeficiente empleado para su determinación<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> No es el objeto del presente trabajo desarrollar los fundamentos y estructura de los modelos de equilibrio, excelentes trabajos didácticos sobre los principios, fundamentos y debilidades del CAPM se pueden encontrar en, (Rubinstein, 1973); (Elton, Gruber, 1995); (Sharpe, Alexandre, Bailey, 1999), (Copeland, Weston, Shastri, 2004) entre otros. Tam-

Cabe destacar que la teoría de la cartera es una “teoría normativa” en el sentido que describe una conducta estándar que los inversores deberían seguir para construir las combinaciones óptimas de carteras (Fabozzi, Gupta, Markowitz, 2002); (Mangram, 2013). A

la inversa, el CAPM es una “teoría positiva”, ya que describe cómo los inversores actualmente se comportan en contraposición a como se deberían comportar.

En relación a la MPT, la mayoría de las investigaciones se concentran en el desarrollo de complejos modelos estadísticos y fórmulas a partir de los supuestos de la teoría, como de contrastación de los postulados a través de complejas pruebas estadísticas. El presente trabajo simplemente propone un sencillo marco de aplicación de la MPT sobre los dos problemas de optimización que presenta la construcción de carteras eficientes: minimización de la varianza y maximización de los rendimientos. La resolución de los problemas de optimización es planteada mediante el empleo de planillas de cálculo (Microsoft Excel®); (Benninga, 2008).

El trabajo se estructura de la siguiente manera: se presenta el marco teórico, centrado principalmente en la teoría de la cartera. Luego se describen las cuestiones metodológicas y los resultados principales de la investigación. Finalmente, se concluye con la conclusión.

## LA TEORÍA DE LA CARTERA

¿Cuál cartera es la mejor combinación de activos en términos del binomio rendimiento – riesgo? La MPT brinda un conjunto de herramientas para dar respuesta con el interrogante. Esta se base en los rendimientos, varianzas (desvíos) y matriz de correlaciones de los activos financieros que integran el conjunto de posibilidades de inversión. El rendimiento de un activo se define como el cambio porcentual entre el precio en el instante  $t$  y el instante precedente, a saber:

bién se pueden encontrar reflexiones relativas a la eficacia del modelo, a lo largo del tiempo en (Fama, French, 2004) y (Johnstone, 2013) entre otros.

$$r_t = \frac{P_t}{P_{t-1}} - 1 \text{ (Ecuación 1)}$$

Un inversor adverso al riesgo pretenderá construir una cartera con el máximo rendimiento posible asumiendo la mínima varianza. Considérese una cartera con  $n$  activos, donde el  $i$ -ésimo activo ( $i$ ) devenga el rendimiento  $r_i$  con riesgo  $\sigma_i$ . También se establece que  $\mu$  representa el rendimiento de la cartera,  $\sigma$  su desvío y  $\sigma_{ij}$  las covarianzas de los rendimientos del  $i$ -ésimo y  $j$ -ésimo activo ( $i, j$ ). Finalmente la proporción relativa invertida en el  $i$ -ésimo activo es  $x_i$ . Entonces se tiene el siguiente problema de maximización sujeto al siguiente conjunto de ecuaciones:

$$\mu = E[r] = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i \text{ (Ecuación 2)}$$

$$\sigma^2 = \text{Var}[r] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_i \sigma_j x_i x_j \text{ (Ecuación 3)}$$

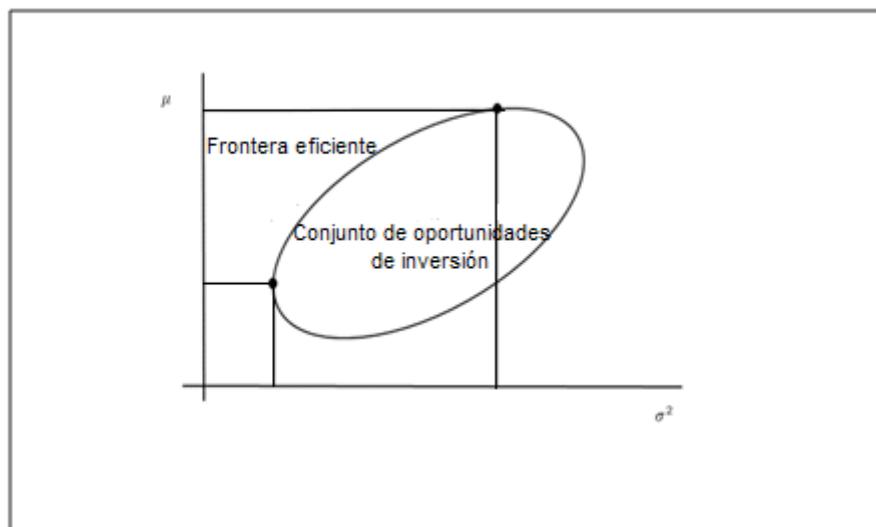
$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \text{ (Ecuación 4)}$$

$$x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n \text{ (Ecuación 5)}$$

La ecuación 5 indica que no se permiten ventas cortas, en el caso de que estas sean previstas la misma debe ser omitida. Para alternativas proporciones invertidas en activos ( $x_1, \dots, x_n$ ) se tendrán diferentes carteras que generaran un par de resultados en términos de rendimiento riesgo ( $\mu; \sigma^2$ ). El conjunto de posibles resultados se conoce bajo la denominación de conjunto de posibilidades de inversión. De este surgen dos subconjuntos: el primero conocido como mínima varianza que nace de seleccionar las carteras que para un nivel de rendimiento ( $\mu$ ) tengan el menor nivel de riesgo ( $\min[\sigma^2]$ ). Del conjunto de mínima varianza surge el conjunto eficiente, ya que este se compone de aquellas carteras que para un nivel de riesgo dado tiene el máximo rendimiento ( $\max[\mu]$ ). Los inversores con un perfil adversos frente al riesgo persiguen combinaciones que les permita maximizar rendimientos y reducir el riesgo, consecuentemente sus inversiones deben posicionarse en el sector conocido como conjunto eficiente.

En la gráfica 1 se presenta el universo de posibilidades de inversión y el conjunto eficiente delimitado por el par de puntos.

**Gráfica 1.** El conjunto eficiente y el conjunto de posibilidades de inversión



Fuente: elaboración propia

**Caso especial: tres activos**

En una cartera con tres activos ( $x_1, x_2, x_3$ ) el problema tiene una interpretación claramente geométrica. El rendimiento esperado de la cartera, varianza de rendimientos y restricción son las siguientes:

$$\mu = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i \text{ (Ecuación 6)}$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_i \sigma_j x_i x_j \text{ (Ecuación 7)}$$

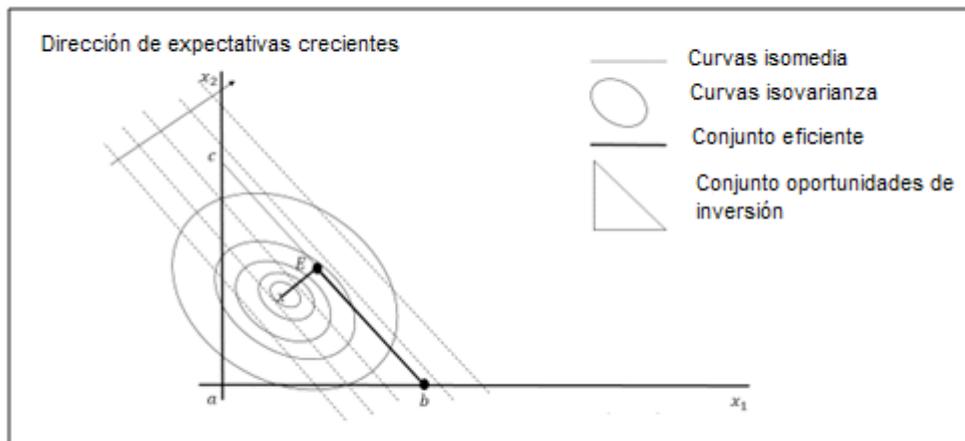
$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \text{ (Ecuación 8)}$$

$$x_i \geq 0, i = 1,2,3 \text{ (Ecuación 9)}$$

El problema se reduce a dos variables si  $x_3 = 1 - x_1 - x_2$  con las siguientes restricciones:  $x_1 > 0$  y  $x_2 > 0$  y  $x_3 = 1 - x_1 - x_2 > 0$ . El rendimiento medio y varianza ( $\mu; \sigma^2$ ) son funciones de los activos financieros  $x_1$  y  $x_2$ . La ilustración 2 presenta el caso para tres activos, donde el punto  $x$  es la referencia de mínima varianza. El conjunto eficiente comienza al nivel de mínima varianza y va en dirección creciente con el rendimiento de la cartera hasta el límite del conjunto de oportunidades de inversión. Luego, continúa a través del límite del conjunto de oportunidades de inversión, siempre tomando como dirección la expectativa de crecimiento.

En la gráfica 2 se aprecia que las isolíneas para  $\mu$  son las rectas paralelas punteadas (fun-

**Gráfica 2. Representación gráfica para tres activos**



Fuente: Elaboración propia

ción lineal); mientras que las isolíneas para  $\sigma^2$  son las elipses del gráfico (función polinómica). Fijando el valor para  $\mu$  y reduciendo la varianza la cartera de mínimo riesgo es aquella en donde la isolínea de rendimientos es tangente con la isolínea de varianza. Suponiendo expectativas crecientes en los rendimientos esperado y fijando el nivel de  $\sigma^2$ ; la frontera eficiente es la recta sólida (E).

**La teoría de la cartera como un problema de optimización: Aversión al riesgo y minimización.**

En sencillos términos, la MPT indica que un inversor debe asignar sus recursos en cual-

quier cartera que integra el conjunto eficiente, dependiendo de su grado de aversión al riesgo (mediante curvas de indiferencia de acuerdo al perfil de riesgo del inversor que sean tangente a la frontera eficiente). Por ello, se dice que MPT es un problema de optimización, una forma de abordar este tema es incorporando la aversión al riesgo del individuo (A).

$$\min(\sigma^2 - A\mu) \text{ (Ecuación 10)}$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{i=1}^n x_i = 1 \text{ (Ecuación 11)}$$

$$x_i \geq 0, i = 1,2, \dots, n \text{ (Ecuación 12)}$$

Para sujetos adversos al riesgo,  $A = (0 \leq A \leq \infty)$  siendo  $A=0$  aquellos inversores que asignan recursos en la cartera de mínima varianza. A medida que el coeficiente crece el inversor está dispuesto a tomar riesgo, no obstante siempre estamos frente a un problema de optimización en donde el objetivo consiste en minimizar la ecuación 10.

**La teoría de la cartera como un problema de optimización: La línea de mercados de capitales y maximización.**

Al incorporar la posibilidad de endeudamiento y colocación de fondos al tipo sin riesgo se está incorporando un nuevo activo (Tobin, 1958). En efecto, se introduce el activo libre de riesgo con  $\sigma^2=0$  y rendimiento  $r_f$ . En este caso, se incorpora la posibilidad de realizar ventas cortas del activo libre de riesgo al permitirse tomar fondos a dicha tasa. Si  $x$  representa la cantidad de recursos asignados a carteras riesgosas con rendimiento y riesgo  $\mu_p$ ;  $\sigma_p^2$  respectivamente. Y  $1-x$  representa la proporción asignada al activo libre de riesgo, el rendimiento de la nueva cartera es igual a:

(Ecuación 13)

$$\mu = E[r] = (1 - x)r + x\mu_p = r + x(\mu_p - r)$$

(Ecuación 14)

$$\sigma^2 = Var[r] = x^2\sigma_p^2$$

Combinando las expresiones anteriores se tiene una línea recta conocida como línea de mercado de capitales (CML). Esta recta determina el punto de tangencia con la frontera eficiente integrada por activos riesgosos;

$$\mu = E[r] = r + \frac{\mu_p - r}{\sigma_p} \sigma \text{ (Ecuación 15)}$$

La recta tiene intersección en  $r$  y pendiente  $(\mu_p - r) / \sigma_p$  siempre que se fije en el plano al riesgo en la abscisa y el rendimiento en la ordenada. Para maximizar utilidad el inversor debe invertir en carteras que le aseguren el máximo nivel de rendimiento para un nivel dado de riesgo. La cartera de activos riesgosos que maximiza el rendimiento ( $\mu_p$ ) para un nivel dado de riesgo ( $\sigma_p^2$ ) se conoce como cartera óptima de activos riesgosos (optimal portfolio of risky assets, OPRA). La solución al problema de maximización es hallar OPRA en el conjunto de posibilidades de inversión;

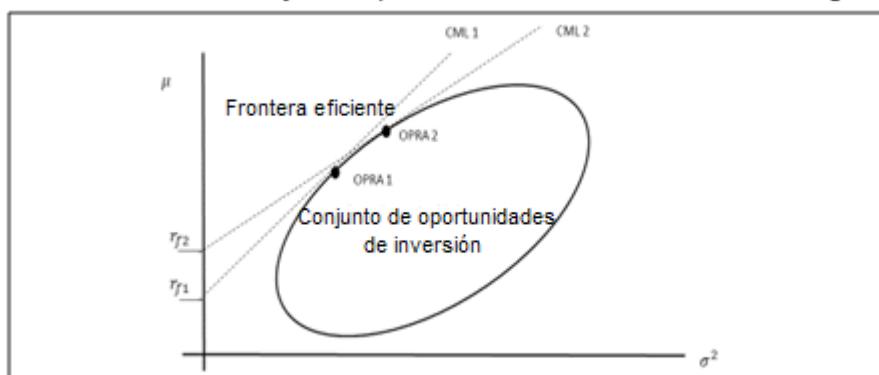
$$\max \frac{\mu_p - r}{\sigma_p} = E[r] = \sum_{i=1}^n x_i \mu_i \text{ (Ecuación 16)}$$

$$\sigma_p^2 = Var[r] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_i \sigma_j x_i x_j \text{ (Ecuación 17)}$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1 \text{ (Ecuación 18)}$$

OPRA permite derivar la CML siendo la recta que se hace tangente con el conjunto eficiente y presenta intersección al nivel  $r$ .

**Gráfica 3. OPRA y CML para diferentes activos libre de riesgo**



Fuente: elaboración propia

## METODOLOGÍA

El presente trabajo tiene por objetivo analizar la performance financiera de los instrumentos disponibles en el mercado de capitales y de dinero en Argentina durante el año 2016, bajo la perspectiva de la Teoría de la Cartera (Markowitz, 1952, 1959). La herramienta analítica la constituyen los algoritmos de optimización contenidos en planillas de cálculo como Microsoft Excel® (Benninga, 2008).

Son empleados datos secundarios de múltiples fuentes de información para diferentes instrumentos financieros disponibles en el

mercado argentino durante el período comprendido entre el 01/01/2016 y el 31/12/2016. En particular, se trabaja con datos del Banco Central de la República Argentina (BCRA), de la ex Bolsa de Comercio de Buenos Aires (BCBA) en la actualidad Bolsas y Mercados Argentinos (BYMA), del sistema Económica a través de un trabajo previo (Pesce, Redondo, Milanesi, Menna y Amarilla, 2017) y de plataformas de inversión online (Bolsar.com, Puente.net y Rava Bursátil). En la siguiente tabla son expuestas las familias de instrumentos financieros cuyas cotizaciones diarias fueron relevadas con el objeto de desarrollar el presente trabajo:

**Tabla 1:** Rendimiento Riesgo TMS y correlación familia de activos:  
Relevamiento de información secundaria

INSTRUMENTOS FINANCIEROS	CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS	FUENTES DE INFORMACIÓN
Lebacs en pesos argentinos (351 instrumentos)	<p>Por no disponer de información del mercado secundario se trabaja con las licitaciones de Lebacs del BCRA.</p> <p>La tasa nominal de colocación se convierte en proporcional periódica y con ella se calcula el rendimiento efectivo anual.</p> <p>Luego se agrupan los títulos por plazos de emisión (de 30 a 60 días, de 60 a 90, de 90 a 120 y así sucesivamente) y se calculan rendimientos efectivos promedios y desvíos estándares, ponderados de acuerdo a los montos de licitación de cada Lebac dentro de su grupo por plazo.</p>	BCRA
Lebacs en dólares (37 instrumentos)	Mismo tratamiento metodológico que con las Lebacs colocadas en moneda local.	BCRA
Depósitos bancarios (29 instrumentos)	<p>A partir de los reportes mensuales sobre “Información de Entidades Financieras” emitido por el BCRA, se releva la tasa implícita de depósitos totales por entidad bancaria, como proxy de rendimiento de los depósitos bancarios.</p> <p>Luego se toman promedio anuales para calcular el rendimiento y la desviación estándar a partir de las variaciones intra-anales.</p>	BCRA
Bonos soberanos (68 instrumentos)	Se descarga información sobre las cotizaciones diarias de los títulos públicos, expresados en pesos (emitidos por la Nación Argentina o el Tesoro Nacional). A partir de dichos precios se calculan rendimientos diarios y su desvío estándar, los que se anualizan considerando 247 días hábiles durante el 2016.	BCBA/PUENTE/RAVA

Acciones (63 instrumentos)	Se descarga información sobre las cotizaciones diarias de acciones. Las series contienen precios homogéneos. A partir de dichos precios se calculan rendimientos diarios y su desvío estándar, los que se anualizan considerando 247 días hábiles durante el 2016.	BCBA
Cheques de pago diferido (1617 instrumentos)	Se descarga la información y los cheques de pago diferido se analizan en función de cada Sociedad de Garantía Recíproca (S.G.R.) o librador.  Luego, se calculan rendimientos promedios y desvíos estándares, ambos ponderados de acuerdo a los montos que representa cada cheque sobre el total por S.G.R. o librador, según corresponda.	BCBA
Obligaciones negociables (63 instrumentos)	Se descarga información sobre las cotizaciones diarias de las obligaciones negociables. Por falta de liquidez, se optó por calcular rendimientos periódicos para las observaciones disponibles.  Luego se calculan rendimientos efectivos promedios y desvíos estándares, ponderados de acuerdo a los plazos entre las cotizaciones observadas para cada obligación negociable.	BCBA
Fondos comunes de inversión (969 instrumentos)	Se utiliza información sobre las cotizaciones de los FCI. A partir de dichos precios se calculan rendimientos diarios y su desvío estándar, los que se anualizan considerando 247 días hábiles durante el 2016. El análisis está realizado en profundidad en Pesce <i>et al.</i> (2017).	Econmatica

Fuente: elaboración propia.

A partir del procedimiento metodológico descrito anteriormente se llega a relevar información perteneciente a 3.197 títulos, un volumen significativo<sup>3</sup>.

Las principales variables de interés son el rendimiento de los instrumentos financieros y su volatilidad. El rendimiento en  $t$  utilizado para este trabajo es el aritmético para cada activo  $i$  (Ecuación 19) y el rendimiento medio es el promedio de los rendimientos en  $t$  (Ecuación 20).

<sup>3</sup> Son excluidos del análisis títulos cuya información no es de fácil accesibilidad cuya representación en el volumen operado es escasa, a saber: fideicomisos financieros, letras y bonos provinciales, pases del BCRA, títulos públicos de otros países, entre otros. Respecto de los FCI, se toma la clasificación elaborada a partir del ranking de fondos, (Pesce, Redondo, Milanese, Menna, Amarilla, 2017).

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$\bar{R} = \frac{\sum_{t=1}^T R_t}{T} \quad (\text{Ecuación 20})$$

La volatilidad es medida a través del desvío estándar muestral de los rendimientos (Ecuación 21). Finalmente la tasa marginal de sustitución rendimiento-riesgo se calcula como el ratio entre la media de los rendimientos y la volatilidad (Ecuación 22).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (R_t - \bar{R})^2}{(T-1)}} \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$TMS(R, \sigma) = \frac{\bar{R}}{\sigma} \quad (\text{Ecuación 22})$$

Finalmente, se calcula el rendimiento y el riesgo de la cartera con  $n$  activos, siguiendo a Markowitz (1952).

El procesamiento de los datos levantados con las ecuaciones precedentes fue realizado mediante un conjunto de planillas de cálculo interconectadas. En primer lugar se realiza un análisis descriptivo recurriendo a estadísticos tradicionales como la media, el desvío, el coeficiente de correlación, la distribución de frecuencias y el rango, entre otros. Luego se desenvuelven problemas de optimización para estimar la cartera de mercado, la cartera de mínima varianza, la frontera eficiente. Estos problemas se resuelven a partir del complemento Solver de MSEXcel®, pudiendo también realizarse a partir de los multiplicadores de Lagrange de manera analítica.

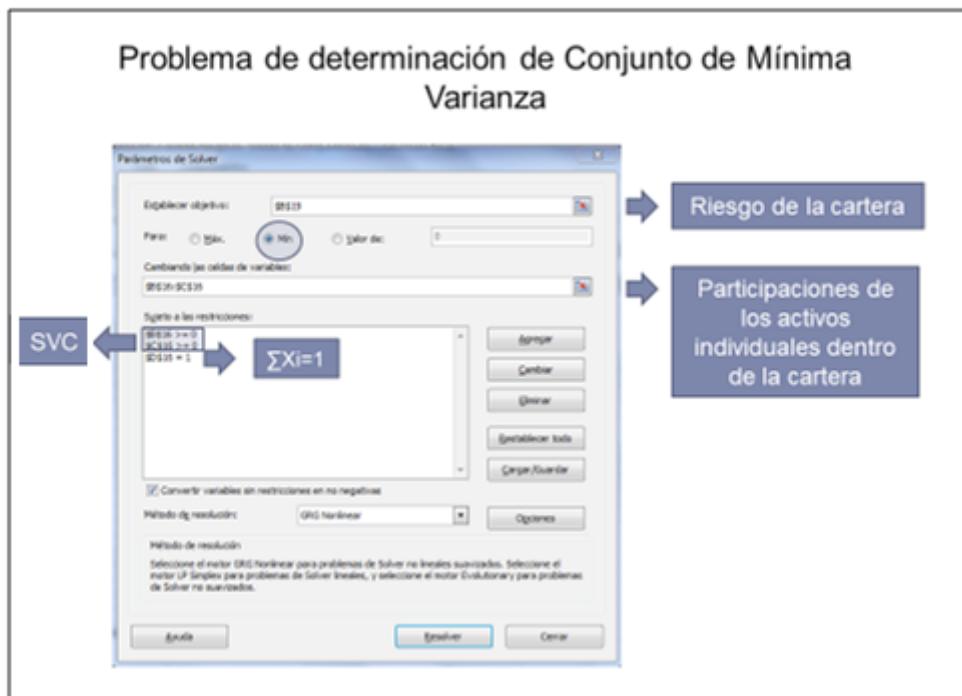
A continuación, se presentan las pantallas obtenidas del MSEXcel® empleadas en la estimación: Conjunto de Mínima Varianza (CMV), carteras sobre frontera eficiente de máximo rendimiento y carteras sobre frontera eficiente de mínimo riesgo. En efecto, la determinación de las carteras eficientes se logra en tres etapas. En la siguiente figura se expone la

determinación del conjunto de mínima varianza sobre el universo de 3.197 activos financieros agrupados por familias<sup>4</sup>.

Seguidamente se procede a depurar el conjunto de mínima varianza, determinando las carteras eficientes. Para ello se sigue la lógica propia de la teoría, es decir, en una primera etapa, activos de máximo rendimiento a mismo nivel de riesgo. Luego, de los activos de máximo rendimiento, se seleccionan aquellos con mínimo riesgo. Así se obtiene la frontera eficiente, es decir, el conjunto de combinaciones de activos financieros de máximo rendimiento a un mínimo nivel de riesgo. En las siguientes figuras se presentan las pantallas del complemento Solver de MSEXcel®.

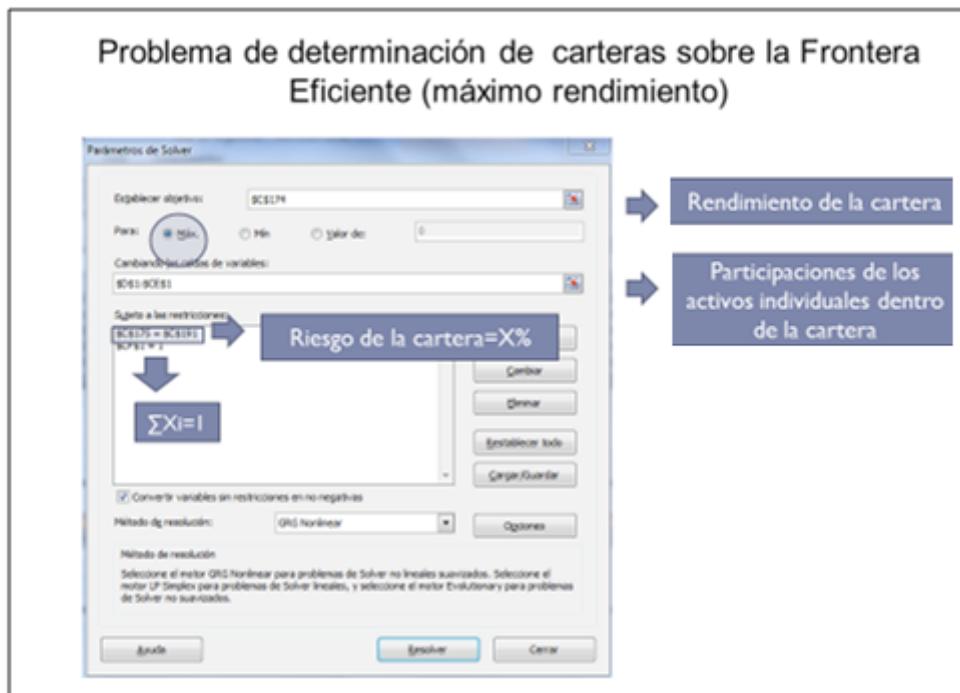
4 En este tipo de estudio la densidad de datos es importante y por lo tanto es frecuente que aparezcan errores del tipo #DIV/0! o #VALOR! En estos casos se aconseja ordenar la información pegando y transponiendo columnas, emplear la función @buscarh y reemplazar los errores o inconsistencias por celdas vacías o símbolos como "." o ",".

**Figura 1.** Problema de determinación del conjunto de mínima varianza con MSEXcel

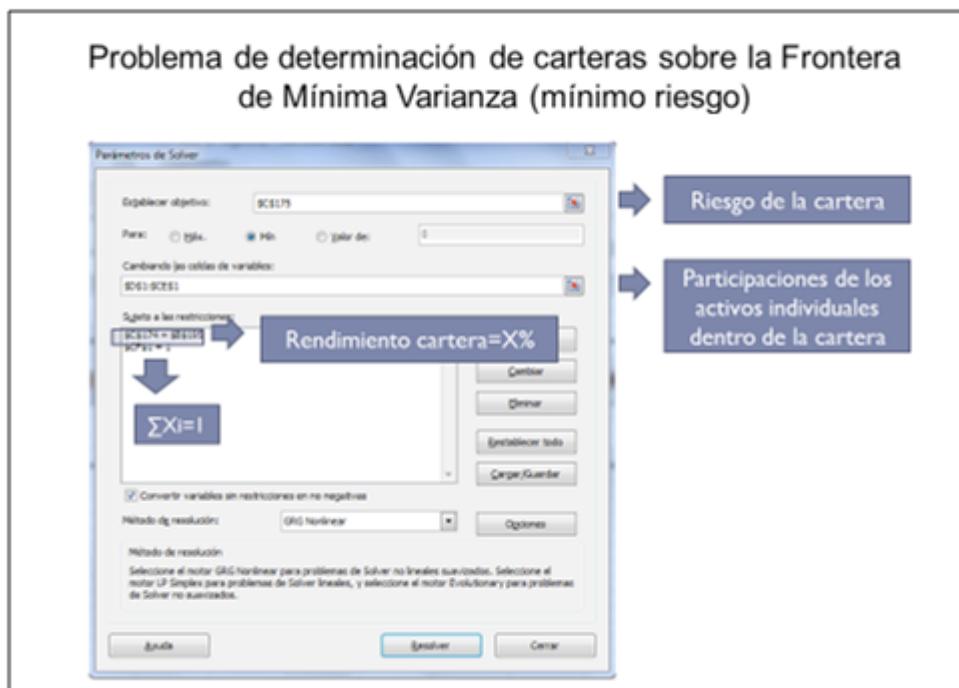


Fuente: imagen capturada de Solver MSEXcel®

**Figura 2.** Problema de determinación de carteras sobre la Frontera Eficiente (máximo rendimiento) con MExcel



**Figura 3.** Problema de determinación de carteras sobre la Frontera Eficiente (mínimo riesgo) con MExcel



## RESULTADOS

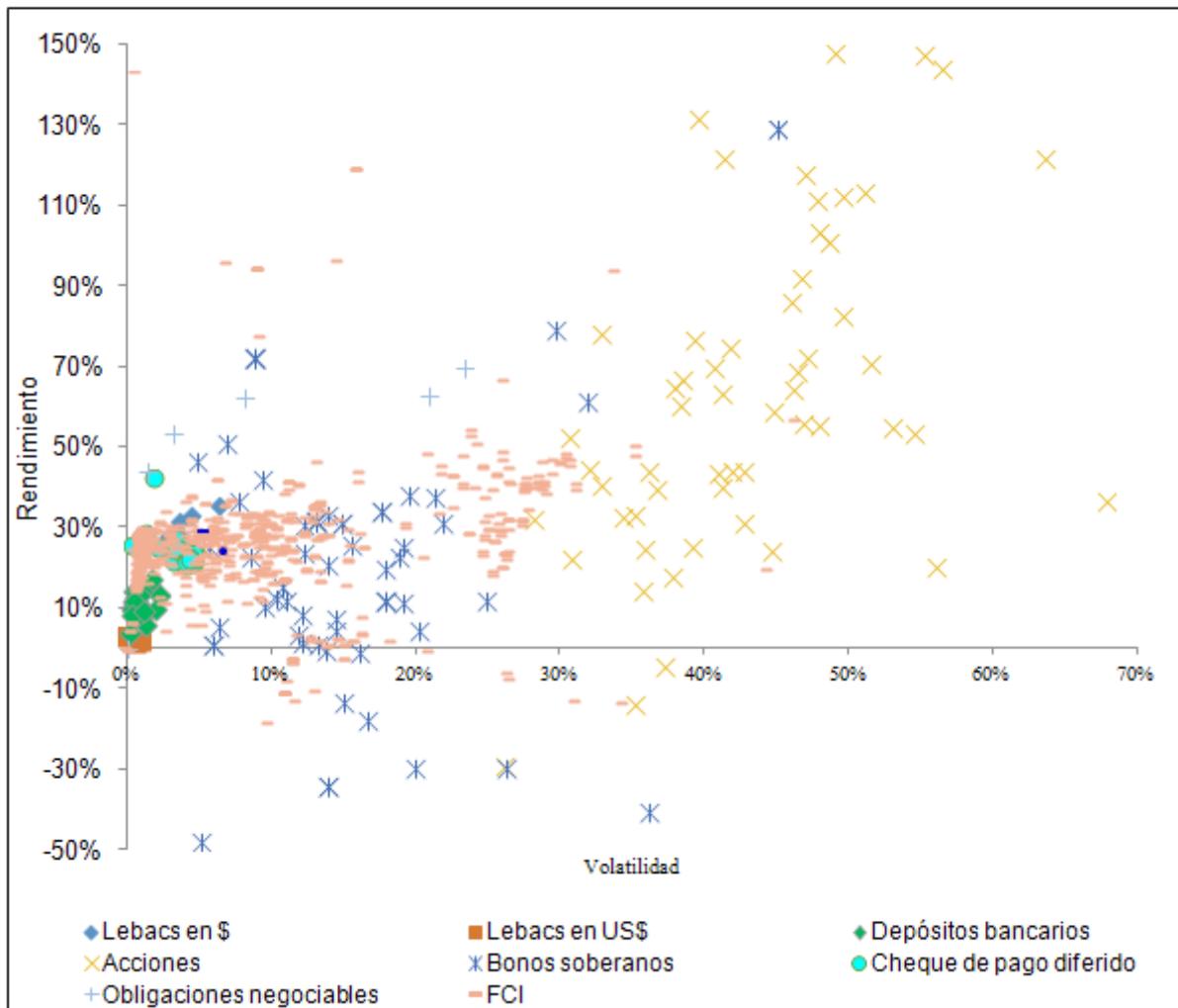
### Descripción del mercado de capitales en Argentina

A continuación se presenta una serie de gráficos que ilustran el comportamiento de los activos financieros relevados. El gráfico 4 expone las relaciones rendimiento-riesgo de todos los instrumentos estudiados. La mayor concentración está dada por los depósitos a plazo, Lebac's en pesos y dólares, fondos comunes de inversión y cheques de pago diferido. Con mayor dispersión, en orden creciente, se

encuentran los bonos soberanos, obligaciones negociables y acciones. Este grupo presenta mayor volatilidad y comportamientos extremos, mientras que en el primero se caracteriza por su alta concentración.

En total, el gráfico 4 presenta un mapa con 3197 activos donde su rendimiento medio aritmético por el periodo 2016 asciende a 37,20% anual y su volatilidad 18,88%, Tasa Marginal de Sustitución rendimiento-riesgo (TMS) 1,9701 y coeficiente de correlación entre rendimiento riesgo de 0, 9399. El valor de la TSM indica que durante el año 2016, en promedio, por unidad

**Gráfico 4. Mapeo de todos los activos**



Fuente: elaboración propia.

marginal de riesgo el mercado de capitales pagó 1,97% de rendimiento, evidenciando una relación poco elástica del rendimiento frente a la volatilidad de mercado. La correlación rendimiento riesgo cercana a la unidad indica una relación positiva y cuasi perfecta, que compensa la poca elasticidad de TSM, donde variaciones en los niveles de volatilidad devengaron respuestas recíprocas en los niveles de rendimiento. Finalmente, considerando una tasa de inflación del 36%<sup>5</sup>, la tasa real de rendimiento

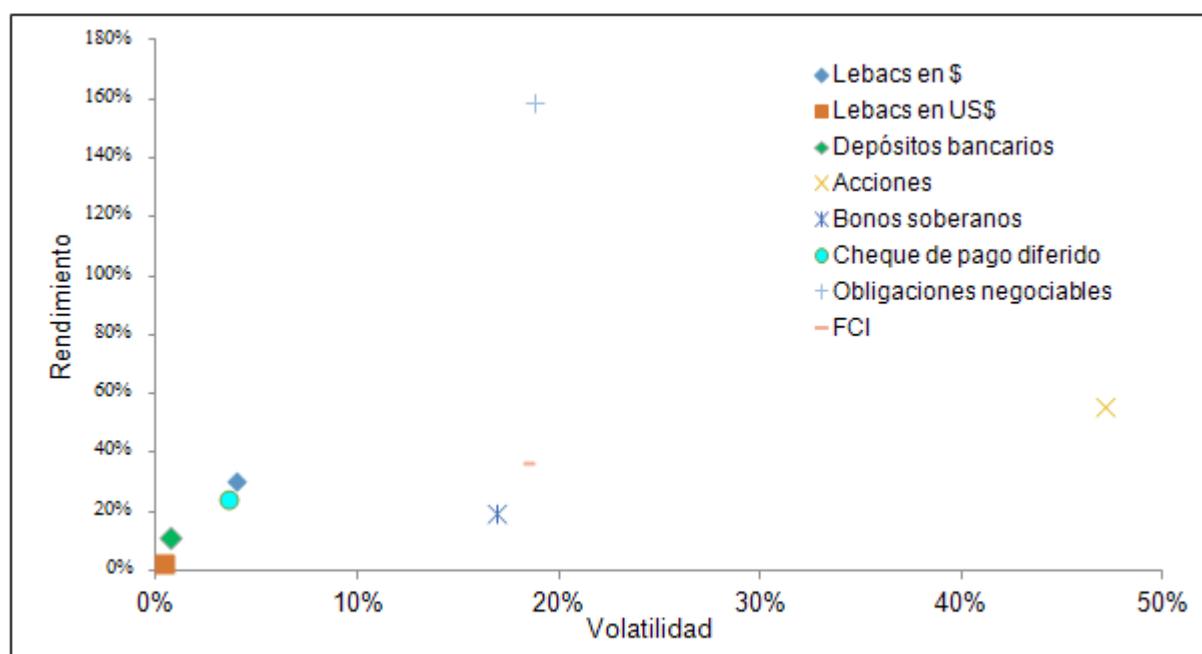
promedio aritmético correspondiente al universo de la muestra es de 0,88% anual. El gráfico 5 expone las relaciones rendimiento riesgo agrupando activos financieros en familias.

En la tabla 2 se presentan el rendimiento, riesgo, TMS y correlación rendimiento-riesgo y tasa real de rendimientos correspondiente a las diferentes familias de activos.

de-2016-fue-36-dato-clave-para-paritarias

<sup>5</sup> <http://www.ambito.com/871329-la-inflacion-oficial->

**Gráfico 5.** Mapeo de los activos tomando promedios por familia



Fuente: elaboración propia.

**Tabla 2.** Rendimiento Riesgo TMS y correlación familia de activos

CLASE DE ACTIVOS	REND. NOMINAL	RIESGO	TMS	COEF. CORREL.	REND. REAL
Lebac en ARS	30,62%	3,94%	7,768	0,913	-3,95%
Lebac en USD <sup>1</sup> (*) inflación EE.UU	2,33%	0,41%	5,669	-0,916	0,32%
Depósitos bancarios	11,50%	0,72%	15,951	0,379	-18,02%
Acciones	55,37%	47,11%	1,175	0,613	14,24%
Bonos soberanos	19,36%	16,88%	1,147	-0,043	-12,23%
Cheques de pago diferido	24,03%	3,57%	6,735	-0,585	-8,80%
Obligaciones negociables	158,74%	18,84%	8,425	0,048	90,25%
Fondos comunes de inversión	36,47%	18,49%	1,972	0,969	0,34%

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que las obligaciones negociables, dada la información disponible y procesada constituyen un *outlayer* de la muestra. En general se observa que los mayores rendimientos corresponden las acciones, seguidos por fondos comunes de inversión, Lebac en pesos, cheques de pago diferidos y bonos soberanos. En términos de tasas reales, solamente las acciones y fondos comunes de inversión devengan resultados positivos. El resto de los activos generan tasas reales negativos. Una mención aparte merecen las Lebac en dólares, pues tomando la tasa de inflación 2016 estimada para Estados Unidos, las mismas generan rendimientos reales positivos.

Respecto al riesgo, las acciones, bonos soberanos, obligaciones negociables y fondos comunes de inversión se observan los mayores niveles de volatilidad. El resto de los instrumentos presentó un comportamiento estable.

La tasa marginal de sustitución expone la magnitud de rendimiento por unidad marginal de riesgo devengada por activo. En este caso son los depósitos bancarios, Lebac en pesos, cheques de pago diferidos y Lebac en dólares los instrumentos con mayor elasticidad frente a cambios en la volatilidad. En contraposición se tienen a las acciones y fondos, ya que las primeras pagan 1,17% de rendimiento por unidad de riesgo, esto permitiría inferir que los altos rendimientos observados en estos instrumentos, solo compensaron la volatilidad del periodo analizado. En el caso de los fondos, el nivel de TMS es equivalente al mercado en general, pagando 1,97% ante una variación en una unidad porcentual en la volatilidad. Se puede inferir que la similitud entre los fondos y la muestra total de activos obedece al hecho de que los primeros son, ni más ni menos, que carteras diversificadas de activos. En promedio, la familia fondos comunes de inversión, replica al mercado de capitales en su totalidad.

En relación a las correlación riesgo / rendimiento Lebac en pesos, acciones, fondos comunes de inversión y en menor medida los depósitos bancarios presentan una correlación positiva. En principio este resultado indica que ante aumentos en la volatilidad se presentan aumentos en los rendimientos devueltos por

estos instrumentos, remunerando la toma de riesgo de parte de los inversores. En el caso de las Lebac en dólares el coeficiente de correlación es inverso, esto indica que ante disminución de volatilidad se evidencian aumentos de rendimientos, presumiblemente con el objeto de atraer inversores a letras en dólares, consecuentemente promover el fondeo y absorción de dólares. Ante aumentos de volatilidad, se desincentiva la inversión en este tipo de activos, direccionando recursos a colocaciones en pesos.

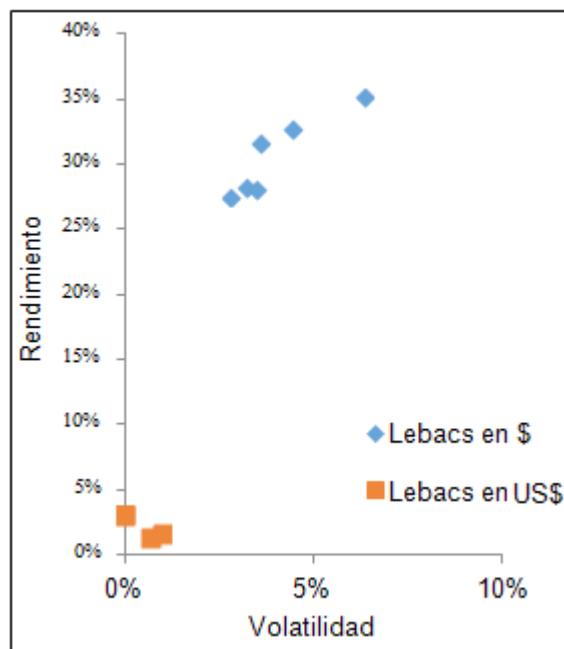
Cabe destacar la relación entre Lebac en pesos y fondos comunes de inversión. Respecto de las primeras se observan rendimientos para el 2016 desde el 35,2% para horizontes de 60 días hasta el 28,10% para plazos de 300 días. Consecuentemente la curva de rendimientos de Lebac en pesos se encuentra invertida. Esta situación explicaría en parte la estrategia de inversión adoptada por los inversores institucionales, en particular, fondos comunes de inversión posicionando fracciones significativas de su cartera en este tipo de títulos.

Los gráficos 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 exponen la relación rendimiento riesgo de las familias de activos estudiadas.

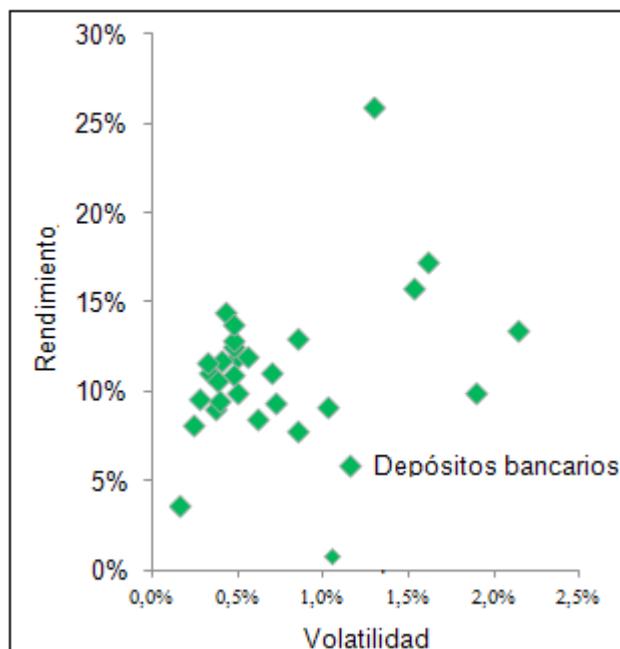
### **Optimización de la cartera**

En relación al problema de optimización el resultado obtenido es una sub-optimización de la cartera. Esto se debe, principalmente a las limitaciones tecnológicas que presentan los software disponibles, dado que resolver el problema considerando cada instrumento individualmente implicaría contar con 3.197 variables cambiantes para maximizar o minimizar la función objetivo, lo que es fácticamente imposible de resolver con la función Solver de MSExcel®. Por lo tanto en esta instancia para sortear dicho inconveniente se resolvió trabajar los 3.197 activos agrupándolos en familias<sup>6</sup>, en lugar de con los activos individuales. En este

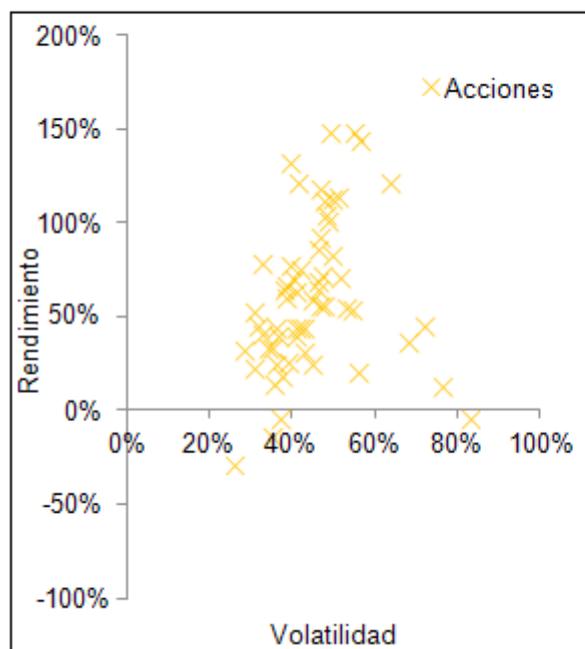
<sup>6</sup> Para cada familia de activos se toma el rendimiento y volatilidad media. Alternativamente y en futuros trabajos se estimarán carteras eficientes óptimas dentro de cada familia y se utilizará el rendimiento y riesgo de esta cartera estimada para la maximización interfamilias.

**Gráfico 6. Lebac's en ARS y USD**

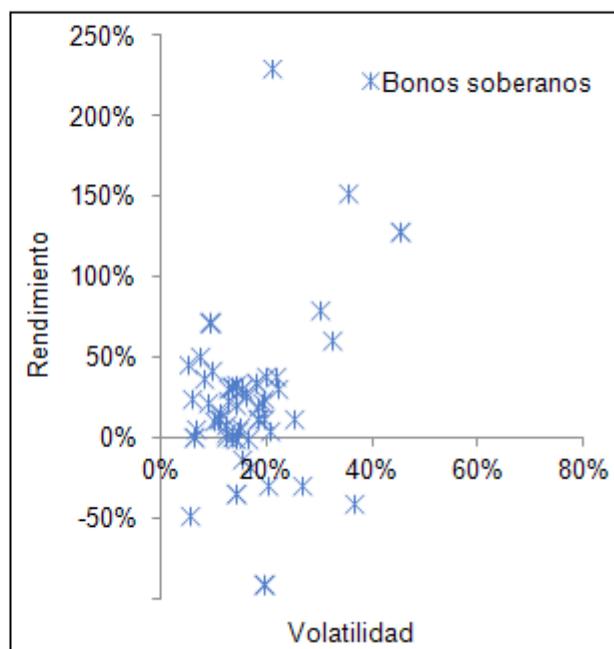
Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 7. Depósitos bancarios**

Fuente: elaboración propia.

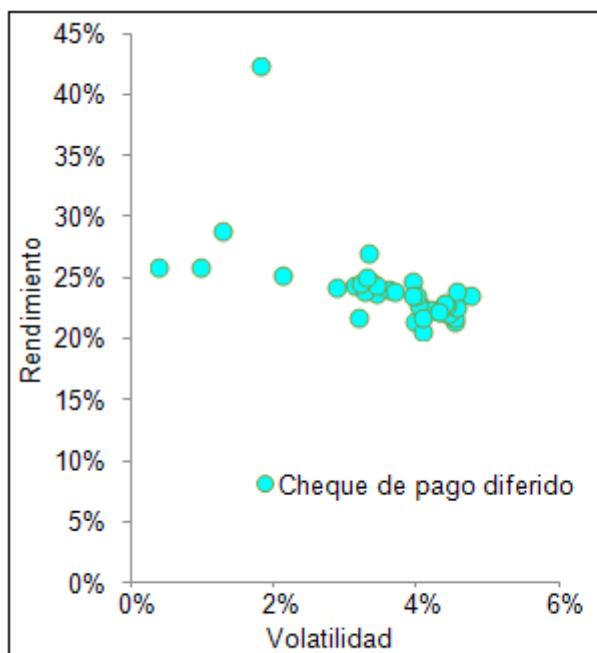
**Gráfico 8. Acciones**

Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 9. Bonos soberanos**

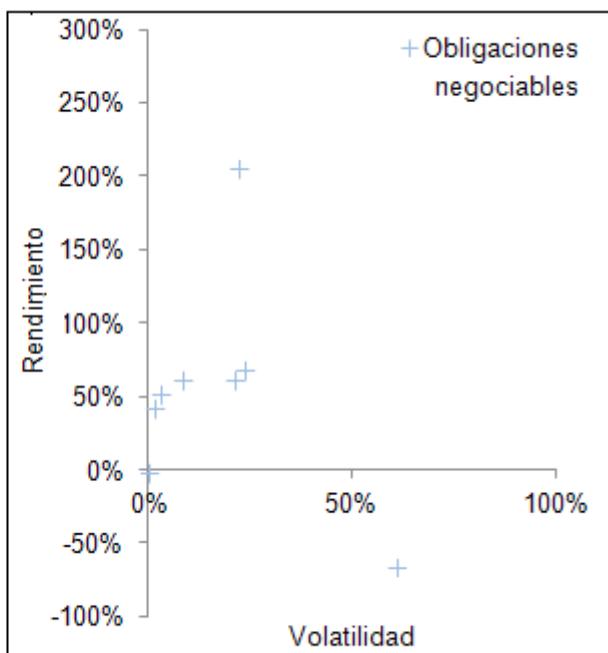
Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 10. Cheques de pago diferido**



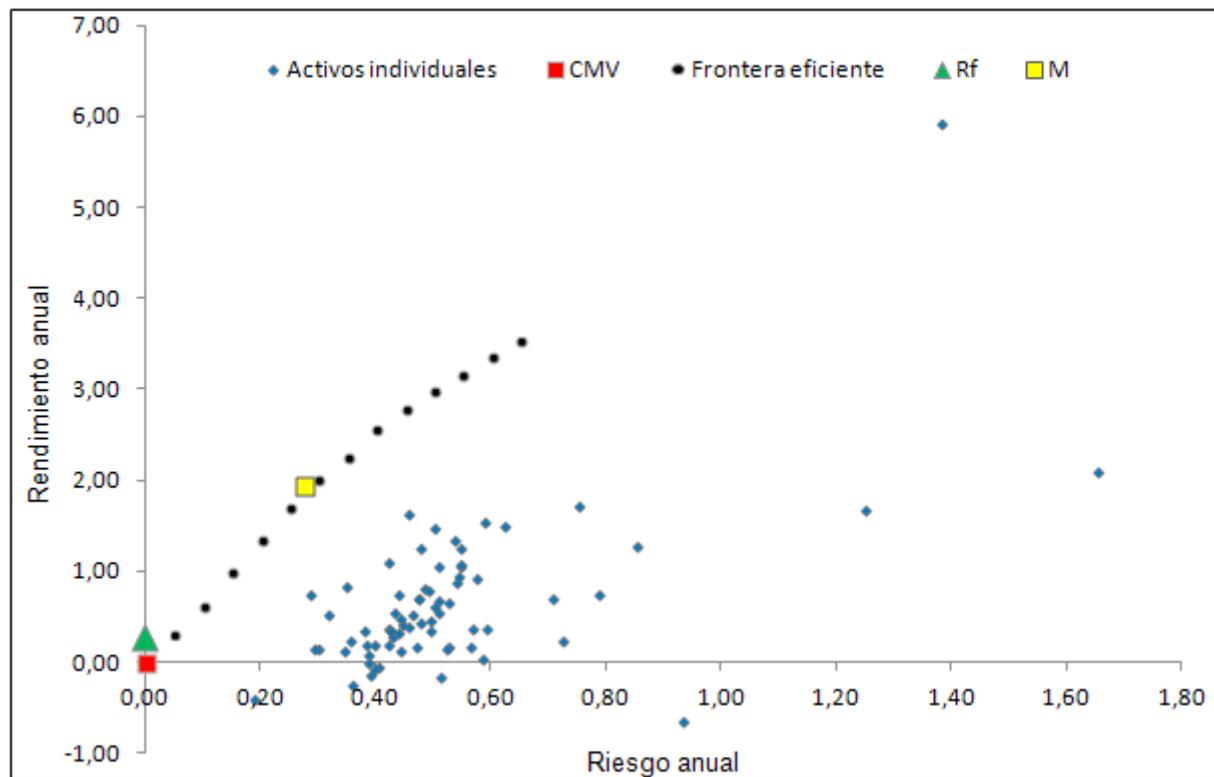
Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 11. Obligaciones negociables**

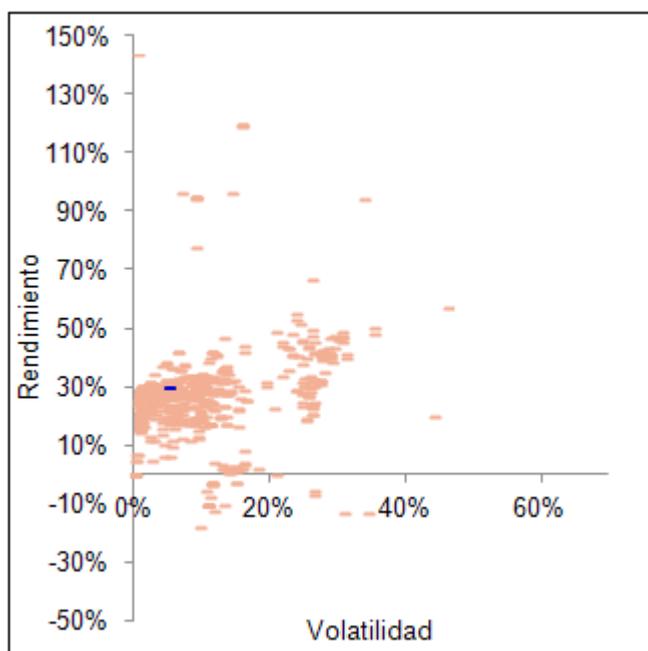


Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 13. Frontera eficiente en Argentina**



Fuente: elaboración propia.

**Gráfico 12. Fondos comunes de inversión**

Fuente: elaboración propia.

caso se resolvió el problema de maximización del ratio de Sharpe. Con esto se halla la cartera que paga el mayor precio por unidad de riesgo, conocida como portfolio de mercado (M). Para ello se asume que la tasa libre de riesgo ( $R_f$ ), está representada por los rendimientos de los depósitos bancarios. El rendimiento de la cartera surge del promedio ponderado correspondiente a los rendimientos observados de los activos en cuestión. El desvío (riesgo) surge de aplicar la matriz de varianza-covarianza correspondiente a las familias de activos. Con dichos datos se procede a optimizar la cartera en función al objetivo planteado. En el caso del conjunto de mínima varianza, se modifican las celdas de participaciones, condicionada a la minimización del desvío (celda objetivo), sujeto a las restricciones que las tenencias sumen 1 y sean positivas. En el caso de la cartera de mercado, se pretende determinar las combinaciones de activos financieros, que maximice la cantidad de rendimiento que se paga por unidad de riesgo. Para ello la celda objetivo (ratio de Sharpe) es maximizada, sujeta a las restricciones planteadas en el caso de la CMV. En

ambos casos la herramienta de MSEXcel® es el complemento Solver.

En el caso de la determinación de la cartera de mercado, se optimizan a partir de dos matrices con diferentes coeficientes de correlación entre activos. La primera de ellas asume correlaciones nulas entre todas las familias de activos fuera de la diagonal de identidad o transversal. La segunda, sustituye por las correlaciones reales promedio observadas para las familias de activos.

En la tabla 3 se exponen los resultados en relación a las participaciones de cada familia de activos en la cartera de mercado, y su rendimiento y riesgo. No se presentan diferencias sustanciales entre la composición de la cartera suponiendo correlaciones nulas y observadas. Esto es así debido a que los coeficientes de correlación observados entre las familias de activos son positivas pero bajas (cerca de cero).

**Tabla 3.** Estimación de la cartera de mercado

<b>ESCENARIO I: CORRELACIONES NULAS ENTRE FAMILIAS DE ACTIVOS</b>							
	Lebac en ARS	Lebac en USD	Acciones	Bonos soberanos	Cheques de pago diferido	Obligaciones negociables	Fondos comunes inversión
Participaciones	44,74%	0,0%	0,72%	1,00%	35,80%	15,08%	2,65%
Rendimiento cartera 0,478048187 Riesgo cartera 0,036333084 Ratio de Sharpe 9,993246502							
<b>ESCENARIO II: CORRELACIONES REALES ENTRE FAMILIAS DE ACTIVOS</b>							
	Lebac en ARS	Lebac en USD	Acciones	Bonos soberanos	Cheques de pago diferido	Obligaciones negociables	Fondos comunes inversión
Participaciones	46,06%	0,0%	0,70%	0,87%	36,85%	15,52%	0,00%
Rendimiento cartera 0,481504759 Riesgo cartera 0,037038791 Ratio de Sharpe 9,896166321							

**Fuente:** elaboración propia.

Los rendimientos de la cartera del mercado (M) ascienden al 47,80% para nula correlación y 48,10% en el caso de cartera construida a partir de coeficientes observados. Los niveles de riesgo, en ambos casos, ascienden al 3,6%. Por lo tanto el ratio de Sharpe, que representa la pendiente de la línea de mercado de capitales en Argentina para el periodo estudiado, asciende a 9.9. En la gráfico 13 el punto (M) es la cartera dominante conjuntamente con el tipo sin riesgo ( $R_f$ ) y la cartera de mínima varianza (CMV).

En otras palabras, por cada unidad de riesgo, para ser eficiente como la cartera M, se debe obtener un 9.9% de rendimiento. Estos resultados confirman una pendiente elevada, en relación a la tasa marginal de sustitución estimada en la sección anterior por familia de activos.

En efecto esta es de 9.9 (TMS=9.9), producto de que M surge de la diversificación óptima de todos los activos existentes en el mercado local. En función a las estimaciones del ratio de Sharpe se obtienen la ecuación de la CML para el mercado local, según la siguiente ecuación:

$$E(R_p) = R_f + \frac{(E(R_m) - R_f)}{\sigma_m} * \sigma_p =$$

$$11,5\% + \frac{48,15\% - 11,5\%}{3,7\%} * \sigma_p \text{ (Ecuación 25)}$$

Luego se procede a resolver el problema de minimización del riesgo de la cartera para encontrar la cartera de mínima varianza de entre el conjunto de posibilidades de inversión.

**Tabla 4.** Estimación de la cartera de mínima varianza

	Lebac en ARS	Lebac en USD	Acciones	Bonos soberanos	Cheques de pago diferido	Obligaciones negociables	Fondos comunes inversión
Participaciones	1,06%	97,54%	0,01%	0,05%	1,29%	0,05%	0,00%
Rendimiento cartera 0,029954422							
Riesgo cartera 0,004059146							

Fuente: elaboración propia.

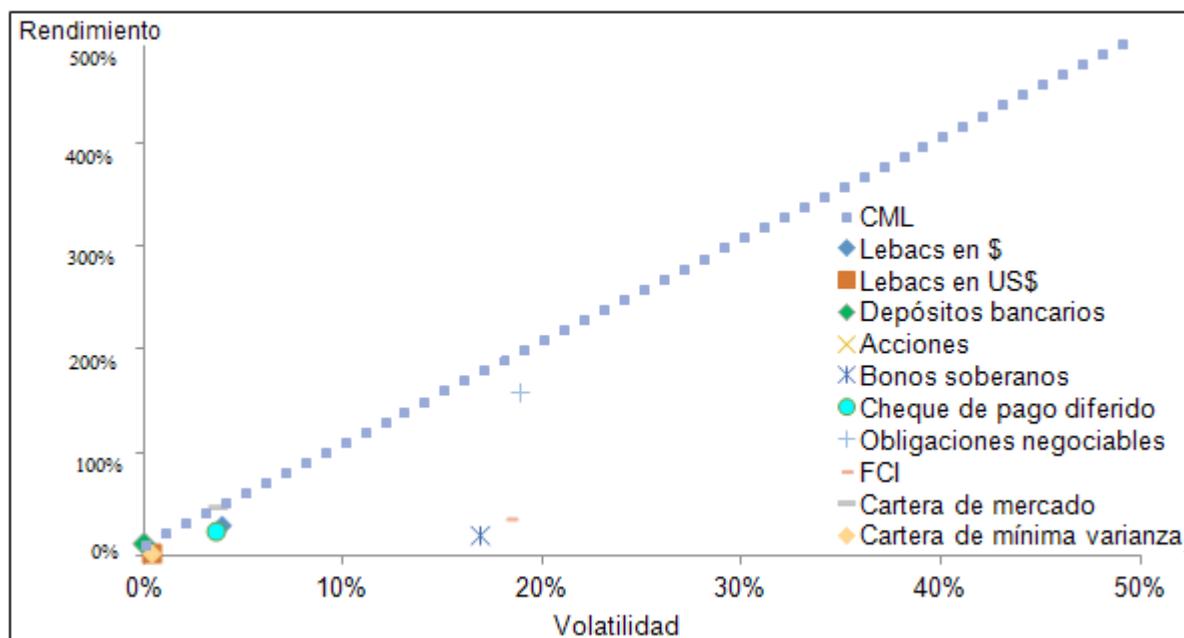
La línea de mercado de capitales (CML) en argentina queda expuesta en el siguiente gráfico, donde la cartera de mercado (M), cartera de mínima varianza (CMV) y Lebac en pesos y dólares como depósitos a plazos son los activos de mayor eficacia.

#### **Comparación con fondos comunes de inversión**

A continuación se comparan los resultados

obtenidos para la cartera de mercado (M) de la sección anterior, con las participaciones patrimoniales de los fondos comunes de inversión (FCI) de Argentina observada durante el 2016 analizados de manera agregada.

En términos generales, se observa que los FCI tienen una elevada participación de activos de renta fija y depósitos bancarios en las carteras, en contraposición con un porcentaje menor centrado en el mercado accionario, a

**Gráfico 14.** Línea de mercado de capitales (CML) en Argentina

Fuente: elaboración propia.

pesar de los elevados rendimientos registrados por la renta variable. De la comparación efectuada entre las carteras observadas de FCI y la composición de las carteras teóricas surgen congruencias, en particular respecto a las participaciones de las Lebac en moneda local y de las obligaciones negociables (las dos primeras familias de activos para los fondos comunes). Las proporciones son similares, con una diferencia aproximada del 4% sobre el total patrimonial.

En relación al resto de instrumentos, las divergencias observadas entre las participaciones de los FCI y de las carteras teóricas, obedecen principalmente, a las restricciones legales para la constitución de la cartera en los fondos comunes de inversión, en particular en la tenencia de títulos públicos nacionales y provinciales.

**Tabla 5.** Comparación de la cartera de los FCI versus la cartera eficiente óptima

SEGÚN LA PARTICIPACIÓN SOBRE EL TOTAL DE LOS ACTIVOS DE LOS FCI				COMPARACIÓN CON ANÁLISIS ANTERIOR
FAMILIA DE ACTIVOS	SUMA DE TOTAL	TIPO INVERSIÓN SOBRE TOTAL		
Lebac ARS	1.875.953.995.131,40	42,20%		46,06%
Obligaciones negociables ARS	509.467.678.291,74	11,46%		15,52%
Plazos fijos ARS	400.976.624.533,48	9,02%		Rf
Disponibilidades	237.356.709.764,85	5,34%		
Bonos soberanos ARS	217.317.666.590,92	4,89%		0,87%
Fid. financieros Argentina	161.441.804.525,37	3,63%		Out
Acciones Argentina	149.768.779.826,62	3,37%		0,70%
Letras provinciales ARS	146.634.311.346,96	3,30%		Out
Bonos provinciales ARS	132.882.015.702,87	2,99%		Out
Cheques ARS	112.666.487.433,16	2,53%		36,85%
Bonos soberanos USD	104.778.596.114,39	2,36%		Group
FCI Argentina	80.029.957.735,58	1,80%		0,00%
Obligaciones negociables USD	50.567.229.077,99	1,14%		Out
Bonos provinciales USD	43.828.862.814,08	0,99%		Out
Pases BCRA ARS	40.083.252.874,86	0,90%		Out
Letes USD	25.085.941.996,16	0,56%		Out
Bonos corporativos USD	23.747.740.105,34	0,53%		Out
Acciones Estados Unidos	19.220.722.939,40	0,43%		Group
Valores de corto plazo ARS	18.650.039.497,51	0,42%		Out
Títulos públicos Brasil USD	18.182.940.942,43	0,41%		Out
Otros	76.656.719.862,86	1,7244%		Out

**Fuente:** elaboración propia

Referencias:

Rf: risk free, asumida como tasa libre de riesgo.

Out: fuera de relevamiento según notas metodológicas.

Group: agrupadas en el conjunto de títulos de tipo.

¿Cuál sería el rendimiento de manera eficiente óptima (sobre la CML) que deberían generar los FCI dado su nivel de riesgo? Con un ratio de Sharpe de 9.9 y una tasa libre de riesgo del 11,5%, en la línea de mercado de capitales, los FCI deberían generar un rendimiento del 194,5% efectivo anual para una volatilidad anual de 18,49%. No obstante, el rendimiento promedio de los fondos fue de 36,47% para ese nivel de riesgo. Este resultado revela que, si bien la administración de fondos ha tenido un rendimiento aceptable considerando la inflación del período, no ha sido eficiente óptima en términos de rendimiento-riesgo dado que podrían haberse alcanzados en estrategias activas de optimización de cartera.

### CONCLUSIONES

Conceptos como diversificación, conjunto de mínima varianza, carteras eficientes y carteras de mercado, son de uso común en el armado de portfolios de inversión. Sin embargo se cuenta con escasa información relativa a la conformación y características que dichas carteras deben presentar en el mercado de capitales domésticos.

En tal sentido el presente trabajo se propuso un doble objetivo. En primer lugar realizar un análisis descriptivo de la performance financiera correspondiente a diferentes familias de instrumentos disponibles en el mercado de capitales y de dinero en Argentina, durante el año 2016. En segundo término, aplicar mediante un simple algoritmo de optimización contenida las herramientas de la planilla de cálculo, los conceptos de la Teoría de la Cartera, con el afán de derivar el conjunto de mínima varianza, frontera eficiente y cartera de mercado, para ser comparado con la compensación, que en equilibrio, deberían generar instrumentos financieros diversificados como los fondos comunes de inversión. Constituyen en instrumento de inversión de diferentes clases, y cada categoría presenta un perfil rendimiento-riesgo particular. Escapa del objeto del presente trabajo analizar por clase estos activos, simplemente y en un estudio de primer nivel, son agregados para contrastarlos con el resto de instrumentos financieros en la muestra.

En relación al estudio descriptivo de los instrumentos financieros, el mismo se concentró en las relaciones de variables como el rendimiento, el riesgo, la tasa marginal de sustitución y las correlaciones. El rendimiento promedio arrojado por los 3.197 activos financieros estudiados, en el año 2016, presentó un rendimiento en términos reales sensiblemente superior a la estimación promedio de la inflación, según pauta salarial fijada por el gobierno. La TMS de 1,97 indicó, para igual periodo, una relación elástica en donde, los incrementos marginales en el riesgo son compensados, por aumentos de rendimientos más que proporcionales. El coeficiente de correlación observado arrojó un valor de 0,93; manifestando la relación directa entre rendimiento y el riesgo de los instrumentos estudiados.

Respecto a las familias de activos estudiadas, los mayores rendimientos expresados en términos nominales; y reales positivos, fueron aquellos arrojados por las acciones, fondos comunes de inversión<sup>7</sup> y Lebacs. En lo que respecta a estas, cabe destacar que sus rendimientos reales positivos y bajo nivel de volatilidad, explican su alto grado de participación en la estructura de cartera correspondiente a los FCI. Las Lebacs de corto plazo devengaron mayores rendimientos que sus pares de largo, presentando para este instrumento una curva invertida de rendimientos. Esto en parte se puede explicar a raíz de la coyuntura económica reinante en el país, y la dirección de política monetaria adoptada por el BCRA:

Igual que los FCI, las carteras de mercado (M), estimadas bajo el supuesto de correlación nula o correlación observada arroja rendimientos efectivo anual del 48% con un riesgo del 3% y un ratio de Sharpe sumamente elástico, de 9.9. Si la estrategia activa de los FCI se hubiese guiado por criterios estrictamente de eficiencia de mercado, los rendimientos que deberían haberse alcanzado se aproximarían al 198%, una cifra muy superior al 37% de rendimiento obtenido durante el 2016. Este bajo

<sup>7</sup> Respecto de los FCI, un análisis de segundo nivel vinculado a su performance por clase se puede encontrar en Pesce, Redondo, Milanese, Menna y Amarilla (2017).

rendimiento observado, en parte es explicado por el hecho de que los FCI encuentran restricciones legales en el armado de sus carteras, e importantes costos de transacción que atentan contra el rebalanceo continuo. De allí que su composición difiera de la cartera sub óptima calculada, y que las estrategias activas de gestión, no alcanzaron los niveles correspondientes a rendimientos de equilibrio, en relación al riesgo evidenciado por estos instrumentos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benninga, S. (2008). *Financial Modeling* (3 ed.). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Copeland, T., Weston, F., Shastri, K. (2004). *Financial Theory and Corporate Policy* (4 ed.). Estados Unidos: Pearson Addison Wesley.
- Elton, D., Gruber, M. (1995). *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis* (5 ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Fabozzi, F., Gupta, F., Markowitz, H. (2002). The Legacy of the Modern Portfolio Theory. *The Journal of Investing*, 7-22.
- Fama, E., French, K. (2004). The capital asset pricing model: Theory and evidence. *Journal of Economics Perspectives*, 18(3), 25-46.
- Johnstone, D. (2013). The CAPM Debate and the Logic and Philosophy of Finance. *Journal of Accounting, Finance and Business Studies*, 49, 1-6.
- Lintner, J. (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *The Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13-37.
- Mangram, M. (2013). A simplified perspective of the Markowitz portfolio theory. *Global Journal of Business Research*, 7(1), 59-70.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments* (2 ed.). Wiley Yale University Press.
- Markowitz, H. (1991). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments* (2 ed.). Cambridge, Massachusetts: Blackwell Publishers.
- Mossin. (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica*, 34(4), 768-783.
- Pesce, G., Redondo, J., Milanesi, G., Menna, J., Amarilla, R. (2017). Índice de Desempeño Financiero para la evaluación de Fondos Comunes en Argentina. *IV Congreso Argentino de Mercados de Capitales*. (pp.1-20). UCEMA: CABA.
- Rubinstein, M. (1973). A Mean Variance Synthesis of Corporate Financial Theory. *Journal of Finance*, 167-181.
- Sharpe, W. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425-442.
- Sharpe, W., Alexandre, G., Bailey, J. (1999). *Investments*. New Jersey: Prentice Hall.
- Tobin, J. (1958). Liquidity Preference as Behavior Toward Risk. *Review of Economics Studies*, 25(2), 65-86.

Este documento se encuentra disponible en línea para su descarga en: <http://ppct.caicyt.gov.ar/rain/article/view/v4n1a04>  
ISSN 2422-7609 eISSN 2422-5282 – Escuela Argentina de Negocios . Este es un artículo de Acceso Abierto bajo la licencia CC BY-NC-SA  
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

