

Optimización de carteras de inversión con datos de acciones del mercado argentino

Un caso de aplicación

Autor: Adolfo Jorge Rospide

INDICE DE CONTENIDOS

Resumen	3
Introducción	4
Marco teórico	4
Riesgo y Rendimiento de Carteras	5
a) Rendimiento esperado de la cartera.....	5
b) Varianza y desviación de la cartera	6
c) Mínima Varianza	6
d) Frontera Eficiente.....	6
Metodología.....	6
Programación Lineal.....	6
Optimización Estática y Dinámica.....	7
Estrategias de Inversión.....	8
Caso de Aplicación.....	9
Datos	9
Acciones Líderes	9
Índice S & P MERVAL	9
Procedimiento	10
a) Selección de Activos.....	10
b) Cálculo de Rendimientos Diarios.....	10
c) Cálculo de Riesgos Individuales.....	11
d) Matriz de Covarianzas.....	11
e) Cartera de Mínima Varianza.....	11
f) Calculo de Riesgo y Rendimiento de las Carteras	11
g) Gráfica de la Frontera Eficiente.....	11
Análisis de los Resultados	12
Evolución del Índice S&P Merval.....	12
Evolución de las acciones del Panel Líder	12
Frontera Eficiente	14
Resultados de las estrategias comparadas.....	14
Conclusiones	15
Bibliografía	16

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se realiza un estudio de estrategias de conformación de carteras de acciones mediante el análisis de datos de los precios de un conjunto de activos de renta variable del mercado argentino. Como referencia metodológica se utiliza el modelo de Markowitz para la conformación de carteras eficientes y su comparación con la cartera de mercado. Los resultados muestran una ventaja financiera en estrategias de inversión basadas en la construcción de carteras eficientes en comparación con estrategias de inversión en el índice de mercado.

INTRODUCCIÓN

La optimización de carteras de inversión es una práctica común en el mundo de las finanzas, la cual se utiliza para maximizar los rendimientos mientras se minimiza el riesgo. El modelo de Markowitz es uno de los enfoques más populares, también conocido como teoría de carteras, el cual se basa en la selección de activos financieros y se enfoca en la diversificación de los activos para reducir el riesgo y maximizar los rendimientos.

En este trabajo de investigación, se explora la aplicación del modelo de Markowitz en la optimización de carteras de inversión utilizando datos de acciones de empresas argentinas del panel líder y se contrasta los resultados con una estrategia de inversión basada en el índice de mercado local. En primer lugar, se examinan los principales conceptos y técnicas detrás de este modelo, así también su capacidad para mejorar la eficiencia y la rentabilidad de una cartera de inversión. Además, se analizarán las limitaciones y desafíos en la aplicación del modelo. Finalmente se realizará una aplicación con serie de datos de acciones del mercado de capitales de Argentina y el índice de mercado.

A través de este trabajo, se profundiza sobre la preparación de los datos del mercado para su modelización y empleo en estrategias de inversión y se obtiene una comprensión más profunda de la teoría de la selección de carteras y sus resultados.

MARCO TEORICO

El **modelo de Markowitz**, también conocido como la teoría de selección de carteras, es una técnica de gestión de inversiones que se utiliza para maximizar los rendimientos de una cartera de inversión, al mismo tiempo que se minimiza el riesgo. Este modelo se basa en la idea de una cartera de inversión diversificada, compuesta por diferentes activos financieros que buscan reducir el riesgo y maximizar la rentabilidad.

El modelo utiliza técnicas estadísticas y análisis matemático para construir una cartera de inversión óptima. El modelo toma en cuenta los rendimientos y los riesgos históricos de cada activo en la cartera, así como las correlaciones entre ellos.

La importancia del modelo de Markowitz en las finanzas radica en su capacidad para ayudar a los inversores a tomar decisiones informadas y basadas en datos sobre cómo asignar sus activos financieros. El modelo ha demostrado ser una herramienta valiosa para gestionar el riesgo y la rentabilidad en las carteras de inversión, y ha sido ampliamente adoptado por los profesionales de las finanzas en todo el mundo. Además, es la base para el desarrollo de otras técnicas y modelos más

sofisticados en la gestión de inversiones, lo que demuestra su importancia continua en el mundo financiero. Por lo tanto, es necesario describir y conocer los principales elementos que componen el marco teórico y sus interrelaciones.

Riesgo y Rendimiento de Carteras

El concepto de rendimiento y riesgo de una cartera son fundamentales para la selección adecuada de activos financieros y la construcción de carteras bien diversificadas.

El rendimiento esperado de los activos financieros es la medida de su rentabilidad futura, basada en los rendimientos históricos de los activos individuales y en las expectativas del inversor. Este rendimiento esperado se utiliza como parámetro para evaluar y comparar diferentes carteras de inversión.

Por otro lado, el riesgo se refiere a la volatilidad asociada con el rendimiento futuro de los activos financieros. El riesgo puede ser medido por la varianza o la desviación estándar de los rendimientos históricos de los activos individuales, o por la covarianza entre ellos. Una cartera con alta varianza o desviación estándar de rendimientos se considera más riesgosa que una cartera con baja varianza o desviación estándar.

En el modelo de selección de carteras, con la información de los riesgos y rendimientos de los activos, se busca construir una cartera que maximice la rentabilidad esperada para un nivel de riesgo dado, o minimice el riesgo para un nivel de rentabilidad esperada deseado. Esto se logra a través de la combinación óptima de activos financieros, sujeta a restricciones de inversión.

a) Rendimiento esperado de la cartera

El rendimiento esperado de una cartera se calcula como la suma ponderada de los rendimientos esperados de los activos financieros que la componen. En fórmula:

$$E(R_p) = \sum_i w_i E(R_i)$$

Donde w_i es el peso proporcional del activo i en el portafolio y $E(R_i)$ es el retorno esperado del mismo activo.

b) Varianza y desviación de la cartera

La varianza de una cartera se calcula como la suma ponderada de las varianzas de los activos financieros y las covarianzas entre ellos, donde los pesos son las proporciones de inversión en cada activo. En fórmula:

$$\sigma_p^2 = \sum_i w_i^2 \sigma_i^2 + \sum_i \sum_{j \neq i} w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} = \sum_i \sum_i w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij}$$

Donde w_i es el peso proporcional del activo i en el portafolio, σ_i es la desviación estándar de los retornos del activo i y ρ_{ij} es la correlación entre los retornos del activo i y el activo j .

En tanto, la desviación estándar de una cartera se obtiene mediante la raíz cuadrada de la varianza de la cartera, lo que representa la medida del riesgo total de la cartera.

c) Mínima Varianza

La cartera de mínima varianza es aquella que tiene la menor varianza posible para un nivel de rendimiento esperado dado. Matemáticamente, se obtiene minimizando la varianza de la cartera sujeto a una determinada rentabilidad esperada y con una segunda condición, utilizando en proporción los activos individuales hasta el 100% del total de la cartera.

d) Frontera Eficiente

La frontera eficiente se refiere a un conjunto de carteras que ofrecen el mayor rendimiento esperado para un determinado nivel de riesgo. La frontera eficiente se obtiene con la maximización de la rentabilidad esperada de la cartera sujeta a un determinado nivel de riesgo y a la utilización de los activos individuales con diferentes pesos de inversión hasta el 100% del total de la cartera.

METODOLOGÍA

Programación Lineal

La programación lineal es una técnica matemática utilizada para optimizar la asignación de recursos limitados entre diferentes actividades o proyectos, encontrando una amplia aplicación en el ámbito de la selección de carteras de inversión. En la programación lineal, se busca

maximizar o minimizar una función objetivo lineal, que representa la meta que se desea alcanzar, sujeta a un conjunto de restricciones lineales que limitan las decisiones.

En la selección de carteras de inversión, la programación lineal se utiliza para determinar la combinación óptima de activos que maximice la rentabilidad esperada de la cartera, sujeta a una serie de restricciones, como la disponibilidad de recursos financieros y la necesidad de diversificar la cartera para minimizar el riesgo.

El procedimiento requiere, en primer lugar, establecer las variables de decisión, que representan el porcentaje de la inversión total asignada a cada activo. A continuación, se define la función objetivo, que representa la rentabilidad esperada de la cartera, y las restricciones, que limitan la inversión en cada activo y la inversión total disponible.

Una vez establecido el modelo, se utiliza en la planilla de cálculo, o en otros programas de computación, la función "SOLVER" (o semejantes) para resolver el problema de optimización y obtener la combinación óptima de activos que maximice la rentabilidad esperada de la cartera, sujeta a determinadas restricciones en el caso de la frontera eficiente.

Optimización Estática y Dinámica

Otro aspecto que requiere la atención en el caso de problemas de decisiones de maximización o minimización consiste en definir previamente, la realización de un modelo basado en optimización estática o mediante optimización dinámica.

En el primer caso, la optimización estática se refiere a la resolución de un problema de decisión en un momento específico en el tiempo, sin considerar los cambios futuros en las condiciones o variables asociada al problema de decisión. En este enfoque, se busca encontrar la mejor solución posible considerando las variables constantes el tiempo. Por ejemplo, en el contexto de la teoría de carteras de Markowitz, una optimización estática implica encontrar la asignación óptima de activos financieros en un portafolio con base en la información y expectativas disponibles en un momento específico, sin tener en cuenta cambios futuros en los rendimientos o las covarianzas de los activos.

Por otro lado, la optimización dinámica aborda problemas de decisión que se extienden a lo largo del tiempo y considera cómo las decisiones tomadas en cada punto en el tiempo afectan el resultado en el futuro. En este enfoque, las decisiones se ajustan y cambian a medida que las condiciones evolucionan.

Teniendo en cuentas estas consideraciones, el modelo de optimización estático se presenta como el enfoque adecuado para los objetivos propuestos en el presente trabajo. En el contexto de la teoría de carteras, el modelo se sustenta en variables constantes y se orienta a la obtención de resultados en un momento de tiempo específico, sin considerar los costos de transacción. Además, desde el punto de vista práctico, el supuesto de estrategia pasiva es sensiblemente más habitual en inversores no expertos en la administración de carteras.

Estrategias de Inversión

Las estrategias de inversión se pueden clasificar en dos categorías principales: estrategias de inversión pasivas y estrategias de inversión activas. Las estrategias pasivas (*buy and hold*) se basan en mantener una cartera de activos, sin ajustes a lo largo del tiempo. Este tipo de estrategias tienden a tener bajos costos de transacción debido al menor monitoreo. En contraposición, las estrategias de inversión activas involucran una gestión más dinámica de la cartera. Los administradores ajustan la cartera de acuerdo con las condiciones del mercado y las oportunidades identificadas.

Teniendo en cuenta las consideraciones expuestas precedentemente, la estrategia de inversión "**buy and hold**" (comprar y mantener) se adecua claramente a los objetivos planteados. Hay varias razones por las cuales la estrategia de "buy and hold" resulta adecuada para la utilización en virtud de los objetivos del trabajo de investigación.

- a) La estrategia de "buy and hold" implica comprar una cartera diversificada y mantenerla a lo largo del tiempo, con lo cual, no existen costos de transacción que puedan generar distorsiones en el análisis de los resultados.
- b) La estrategia de "buy and hold" está en línea con un enfoque de inversión a largo plazo coincidente con el enfoque metodológico de la teoría de selección de carteras.
- c) Una estrategia de "buy and hold", elimina la distorsión de la especulación y los cambios bruscos en las carteras.

En conclusión, la estrategia de inversión "buy and hold" es una opción sólida para la construcción de carteras eficientes con el modelo de Markowitz.

CASO DE APLICACIÓN

Datos

En el caso de aplicación se utilizaron los datos de cotización diarias de cierre de un conjunto de activos que forman parte del panel líder de BYMA (Bolsa y Mercado de Argentina). Los precios de cotización diarios al cierre de cada jornada de negociación fueron recopilados considerando un periodo de 3 meses entre 01/04/2023 y el 30/06/2023. El periodo considerado coincide con el periodo de permanencia de la cartera que compone la construcción del índice de mercado (S&P Merval) que permita una composición homogénea de la cartera durante el tiempo de análisis.

Acciones Líderes

El Panel Líder de BYMA está compuesto por un conjunto de acciones referentes en sus sectores teniendo en cuenta su liquidez y su presencia en los mercados. Para ser incluida en el Panel Líder de BYMA, una acción debe cumplir ciertos criterios que aseguren su representatividad en el mercado y el sector, entre los factores considerados, el volumen y la capitalización bursátil. Dentro de las empresas listadas en este panel se incluyen acciones de diferentes sectores, como energía, finanzas, servicios públicos, telecomunicaciones y consumo masivo.

Además de ser una referencia para los inversores, el Panel Líder de BYMA se utiliza por los gestores de fondos y otros profesionales de las finanzas para seleccionar y formar carteras de inversión teniendo en cuenta que representan las empresas más importantes del mercado argentino y con mayor negociación.

Índice S & P MERVAL

Por otra parte, el índice S&P MERVAL se empezó a utilizar a partir del 24 de mayo de 2019, fecha en la que se anunció la creación de este nuevo índice en reemplazo del antiguo índice MERVAL. Desde entonces, el S&P MERVAL se ha convertido en el principal referente del mercado de valores de Argentina. El índice es un indicador de la cartera de mercado y está compuesto por un conjunto de empresas seleccionadas de acuerdo con su capitalización bursátil, liquidez, actividad económica y otros criterios establecidos por la Bolsa y Mercado de Argentina y Standard & Poor's.

El índice de mercado se actualiza cada trimestre en los meses de Abril, Julio, Octubre y Enero, modificándose la composición. Durante la revisión, se evalúa el rendimiento de las acciones que componen el índice y se toman decisiones sobre su inclusión o exclusión.

El índice de mercado de BYMA es una herramienta importante para los inversores que buscan seguir el desempeño del mercado de valores de Argentina, el índice proporciona una visión general del rendimiento del mercado. Además, los inversores pueden utilizar el índice de mercado como referencia para evaluar el rendimiento de sus propias carteras de inversión.

Procedimiento

Para realizar el caso de aplicación se inició con la construcción de las carteras eficientes utilizando una planilla de cálculo y siguiendo el siguiente procedimiento:

- a) Selección de Activos
- b) Cálculo de Rendimientos Diarios
- c) Cálculo de Rendimiento y Riesgo Individual
- d) Cálculo de la Matriz de Varianzas y Covarianzas
- e) Cartera de Mínima Varianza
- f) Cálculo de las Carteras Eficientes
- g) Gráfica de las Carteras Eficientes

a) Selección de Activos

Se seleccionó un conjunto de activos financieros compuesto, en este caso, por las empresas pertenecientes al panel líder al momento del análisis. El set de acciones disponibles es de 23 acciones ordinarias.

b) Cálculo de Rendimientos Diarios

Luego se recopiló información sobre los precios de cierre diarios históricos de cada activo financiero seleccionado y se calcularon los rendimientos diarios de cada activo. Para obtener los rendimientos se utilizó la función "PROMEDIO" en una planilla de cálculo.

c) Cálculo de Riesgos Individuales

Posteriormente se calculó la desviación estándar de los rendimientos diarios de cada activo tomando los resultados de los rendimientos diarios esperados. En la planilla de cálculo se utilizó la función "DESVEST.P" para calcular la desviación.

d) Matriz de Covarianzas

Con los resultados de los rendimientos y las desviaciones diarias históricas de las acciones del panel líder se calculó la matriz de varianzas y covarianzas mediante la función "COV" de la planilla de cálculo y se completó la matriz con la función copiar y transmutar datos.

e) Cartera de Mínima Varianza

La cartera de Mínima Varianza se obtuvo mediante la minimización del riesgo total de la cartera con la función "SOLVER" y se obtuvo la rentabilidad asociada de esa cartera.

f) Cálculo de Riesgo y Rendimiento de las Carteras

Con la información de los riesgos y rendimientos individuales y la matriz de varianzas y covarianzas se procedió con la planilla de cálculo a la optimización. Para la obtención de la rentabilidad y el riesgo de cada cartera eficiente se parametrizó la función "SOLVER" estableciendo como objetivo la maximización de la rentabilidad de las carteras modificando las variables que representan las proporciones de inversión en los diferentes activos como porcentaje del total. Además, se estableció como restricción utilizar como máximo el 100% de la cartera entre todos los activos y condicionado a un determinado nivel de riesgo. La optimización se repitió para diferentes niveles de riesgo de la cartera.

g) Gráfica de la Frontera Eficiente

Finalmente, para graficar las carteras eficientes en la planilla de cálculo se realiza un cuadro para las diferentes carteras con sus desviaciones y sus rentabilidades promedio obtenidas de la optimización. Con el cuadro se procedió a graficar puntos discretos para las diferentes carteras eficientes.

del 0.87%, lo que indica el retorno típico que un inversor podría esperar en un día promedio de negociación. La desviación estándar promedio de los rendimientos diarios es de aproximadamente 3.00%. Esta medida de dispersión es levemente superior a la desviación del índice de mercado.

La acción EDN se destaca por tener el rendimiento diario promedio más alto en la lista, en torno del 1.51% y con una desviación estándar más alta al resto de las acciones estudiadas. Por otro lado, las acciones LOMA y BYMA tienen los rendimientos diarios más bajos en la lista, con 0.40% y 0.45% respectivamente. Aunque son menos volátiles que algunas de las otras acciones en términos de desviación estándar, su potencial de ganancia diaria es más limitado.

Cuadro de Rendimientos y Riesgo Históricos Diarios

ACCIONES	RENDIMIENTO	RIESGO
ALUA	0,88%	3,12%
VALO	0,52%	2,11%
BMA	1,18%	3,43%
BBAR	1,12%	3,41%
BYMA	0,45%	2,70%
CHV	0,70%	3,27%
CEPU	0,83%	2,68%
COME	0,64%	2,01%
CRESU	0,75%	3,24%
EDN	1,51%	4,33%
GGAL	1,18%	3,15%
SUPV	0,99%	3,48%
HARG	0,57%	2,65%
RICH	0,45%	2,38%
LOMA	0,40%	2,52%
MIRG	1,01%	2,77%
PAMP	0,83%	2,55%
TECO2	0,78%	3,15%
TXAR	0,70%	2,80%
TGN04	0,95%	3,33%
TGSU	0,91%	3,16%
TRAN	0,98%	3,01%
YPF	0,87%	2,94%

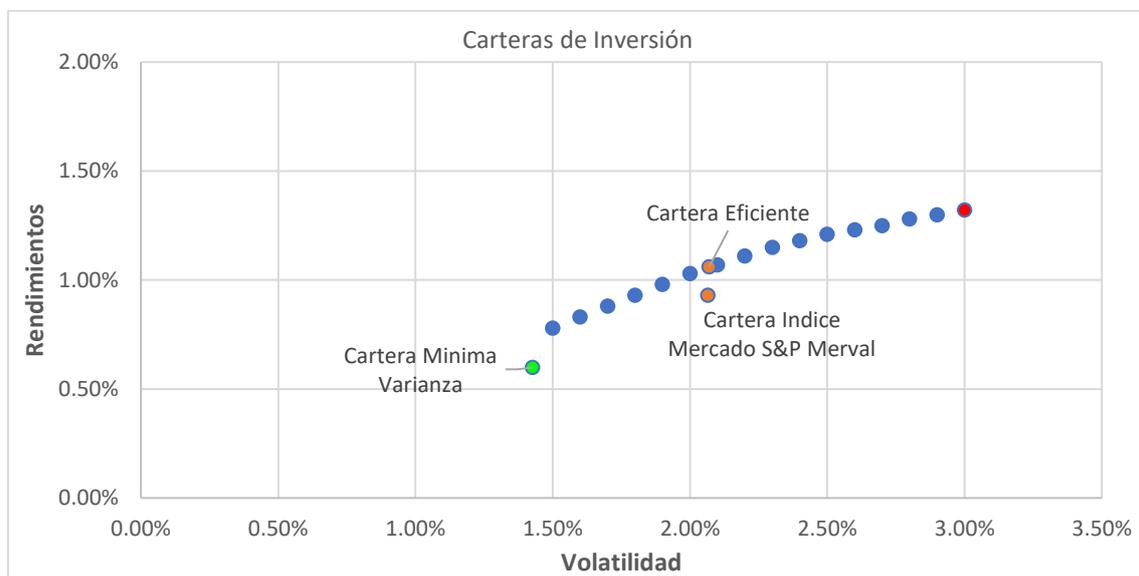
Fuente: Elaboración propia en base a datos de BYMA.

Frontera Eficiente

En el gráfico se representa la frontera de carteras eficientes proporcionada mediante la utilización del procedimiento descrito mediante la programación lineal. En el eje horizontal se grafican los riesgos de carteras y en el eje vertical las rentabilidades esperadas de las carteras.

En el caso puntual de la cartera eficiente al nivel de volatilidad diaria de 2,07% se observa un nivel de rentabilidad promedio diaria del 1,06%. En ese mismo nivel de riesgo se encuentra graficada la cartera del índice de mercado obteniendo una rentabilidad promedio diaria del 0,93%.

Gráfico de Riesgo y Rentabilidad de Carteras de Inversión



Fuente: Elaboración Propia en base a datos de BYMA.

Resultados de las estrategias comparadas

Como puede observarse en la gráfica, el índice de mercado se encuentra alejado de la frontera eficiente debajo de la curva, por lo cual, para el mismo nivel de riesgo se pueden obtener rentabilidades más elevadas con carteras formadas según los criterios propuestos por el modelo de optimización.

Adicionalmente, como se puede observar de la comparación entre una estrategia de índice de mercado o una estrategia construyendo carteras eficientes, el nivel de sobretasa obtenida por el modelo de Markowitz fue de un 14% superior a la rentabilidad de mercado.

Por lo consiguiente, se puede sostener que una estrategia de conformación de una cartera de inversión siguiendo la metodología de Markowitz proporciona una rentabilidad superior a una inversión en el índice de mercado durante el periodo bajo estudio.

CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación, se explora un conjunto de datos de precios de acciones del mercado de capitales argentino para la construcción de carteras de inversión con el objeto de estudiar diferentes estrategias. A lo largo de esta investigación, se abordan diversos aspectos relacionados con la gestión de activos financieros, desde la selección de activos, el tratamiento de los datos, la construcción de carteras eficientes y su comparación con la estrategia de índices de mercado.

El análisis descriptivo de las rentabilidades revela datos significativos sobre la evolución del índice S&P Merval y el rendimiento de las acciones del Panel Líder. En la construcción de la frontera eficiente, dichas carteras superan el rendimiento del índice de mercado mostrando claramente la utilidad práctica de este enfoque.

Los resultados obtenidos sostienen las conclusiones del modelo teórico que permite generar carteras eficientes dentro del mercado argentino de acciones. El mismo resultado fue testeado en otros estudios en diferentes países y utilizando diferentes periodos de datos. Además, los resultados son consistentes en sostener que el índice de mercado resulta ineficiente con respecto a otras alternativas de estrategia de inversión.

En resumen, este trabajo de investigación proporciona una visión profunda de la teoría de la selección de carteras aplicado al mercado argentino y demuestra la utilidad del modelo como herramienta para los inversores que buscan maximizar sus rendimientos mientras minimizan el riesgo. Además, los resultados de este trabajo tienen implicaciones prácticas para inversores, gestores de carteras y profesionales financieros porque permite comprender y seguir un procedimiento para aplicar el modelo. Los inversores pueden tomar decisiones más informadas y construir estrategias que busquen un equilibrio óptimo entre riesgo y rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso, J. C., Perossa, M. L., (2018) Aplicación de Markowitz, 38 Jornadas Nacionales de Administración Financiera.

Brealey, R. A. (1991). Harry M. Markowitz's Contributions to Financial Economics. *Journal of Economics*, Volumen 93 numero 1 páginas 7-17.

DeMiguel, V., Garlappi, L., & Uppal, R. (2009). Optimal versus naive diversification: How inefficient is the 1/N portfolio strategy?. *The Review of Financial Studies*, 22(5), 1915-1953.

Fabozzi, F. J., Gupta, F., & Markowitz, H. M. (2002). The Legacy of Modern Portfolio Theory. *The Journal of Investing*, 11, 7-22.

Markowitz, H. M. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.

Markowitz, H.M. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. New York: John Wiley & Sons.

Pappalardo, Fabián Dario. (2018). Aplicación del Modelo de Markowitz en el Merval argentino. (Trabajo Final Posgrado. Universidad de Buenos Aires) Recuperado http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tpos/1502-1453_PappalardoFD.pdf

Rubinstein, M. (2002). Markowitz's "Portfolio Selection": A Fifty Year Retrospective. *The Journal of Finance*, volumen LVII No3.

Sharpe, W. F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425-442.