



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Biblioteca "Alfredo L. Palacios"



Teoría del financiamiento: evaluación y aportes

Drimer, Roberto L.

2008

Cita APA: Drimer, R. (2008). Teoría del financiamiento, evaluación y aportes. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Programa de Doctorado en Administración

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales de la Biblioteca Central "Alfredo L. Palacios". Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.
Fuente: Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Económicas - Universidad de Buenos Aires



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas



Programa de Doctorado en Administración

SECRETARÍA

***Teoría del financiamiento:
evaluación y aportes***

TESIS DOCTORAL

Roberto L. Drimer

*Defendida
el 13/12/09*

BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
Profesor Enrique DE ALFONSO L. PALACIOS



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas



PROGRAMA DE
DOCTORADO EN ADMINISTRACIÓN

TESIS DOCTORAL

***Teoría del financiamiento:
evaluación y aportes***

Doctorando : Roberto L. Drimer

Director de Tesis: Dr. José Luis Pungitore

Co-Directora de Tesis: Dra. Luisa L. Lazzari

Buenos Aires, 2008

© *Roberto L. Drimer*

Hecho el depósito que marca la Ley 11.723

"La mayoría de los modelos para medir el riesgo han fracasado, no tanto por ser demasiado complejos sino porque son demasiado simples para capturar la totalidad de las variables que rigen la realidad económica global"

Alan Greenspan

Ex presidente del Sistema de la Reserva Federal de EE.UU.

Declaraciones al 'Financial Times'

(16 de marzo del 2008)

PREFACIO

La Administración Financiera está atravesando una explosión de gran cantidad de nuevos modelos teóricos y modalidades de contratación que se han ramificado a partir del tronco central que representa la aplicación de metodologías probabilísticas, las cuales permiten analizar los diversos matices que hacen al riesgo y rendimiento de estas actividades.

Por lo tanto, este trabajo es necesariamente parcial, enfocado hacia uno de los aspectos de la Administración Financiera, como es el tema de las decisiones de financiamiento. Dentro de ellas, el acento está puesto en una visión de conjunto.

En la actualidad, resulta generalmente aceptado al respecto el esquema general de la estructura de financiamiento según Franco Modigliani y Merton Miller, junto con el Modelo de Valuación de Activos de Capital (CAPM) de William Sharpe.

Sin embargo, pese a su consistencia formal, la práctica profesional ha permitido acumular evidencias que no arrojan un resultado positivo al contrastar algunas de sus inferencias.

Por lo tanto, se intenta en esta tesis participar del proceso de salvar dicha brecha proporcionando esquemas y demostraciones más amplios, que permitan dar cuenta de la naturaleza compleja y cambiante de este tipo de decisiones.

En relación con su elaboración, son destinatarios de mi agradecimiento en la faz profesional todos aquellos con quienes pude trabajar sobre estas cuestiones, compartiendo experiencias, conocimientos y hasta intuiciones sobre el tema. En la faz académica, los destinatarios están vivamente presentes en mi memoria, sin que ello implique su responsabilidad por las posibles limitaciones de esta tesis y pidiendo disculpas desde ya por los olvidos en que pueda incurrir involuntariamente al mencionarlos.

Los responsables de la Carrera de Doctorado de esta Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires Dr. Eduardo R. Scarano y Dr. Juan J. Gilli

me han brindado palabras de aliento y han ofrecido soluciones pragmáticas de buena voluntad para todas las inquietudes que hemos tenido oportunidad de tratar dentro de las normas respectivas.

El Director de esta tesis Dr. José L. Pungitore y la Co-Directora Dra. Luisa L. Lazzari me han brindado sus conocimientos, su experiencia, sus correcciones y sugerencias con total generosidad y ánimo positivo.

Finalmente, recuerdo a los profesores que me han acompañado a lo largo de la paulatina formación respectiva que hizo posible la elaboración de esta obra. Son ellos el Dr. Claudio E. Sapetnitzky, el Dr. Ricardo Gómez, el Dr. Miguel Teubal y en especial el Dr. Alberto H. Landro. Así mismo, extiendo mi agradecimiento a los Profesores Dr. Juan C. Alonso y Cdr. Heriberto Fernández por las sugerencias aportadas en su participación en el Comité de Evaluación del Plan respectivo.

Buenos Aires, marzo del 2008

INDICE

Página

<u>Capítulo 1- Conceptos básicos</u>	1
1.Objetivo de esta tesis	1
2.Relación con teorías vigentes	3
3.Programa de investigación	13
<u>Capítulo 2- Los modelos generalmente aceptados</u>	17
1.Introducción	17
2.Los conceptos básicos	17
3.Esquemas determinísticos	19
4.Esquemas probabilísticos	26
<u>Capítulo 3- Los nuevos aportes teóricos</u>	39
1.Introducción	39
2.El enfoque determinístico	39
3. El enfoque probabilístico	52
4.El efecto impositivo	64
<u>Capítulo 4- Evaluación determinística comparativa</u>	71
1.Introducción	71
2.Comparación con el modelo tradicional	71
3.Comparación con aspectos determinísticos del esquema de Modigliani y Miller	73
4. La compleja naturaleza de la decisión de financiamiento	83

<u>Capítulo 5- Evaluación probabilística comparativa</u>	87
1.Introducción	87
2.Casos de evaluación comparativa	88
3.Evaluación teórica del modelo aportado	111
<u>Capítulo 6- Esquemas teóricos para contextos de incertidumbre</u>	117
1.Introducción	117
2.Metodologías alternativas	118
3.La metodología borrosa en las Ciencias Económicas	120
4. Evaluación del costo en las decisiones de financiamiento bajo incertidumbre	121
5. Evaluación del riesgo en las decisiones de financiamiento bajo incertidumbre	129
<u>Conclusiones</u>	147
1. Concepto general	147
2. Contextos de certeza	149
3. Contextos de riesgo	157
4. Contextos con incertidumbre	163
<u>Anexos</u>	167
<u>Anexo 1: Bases de la Hipótesis del Mercado Eficiente</u>	169
1.Introducción	169
2.Un antecedente histórico: la obra de Louis Bachelier	169
3.Fundamentos de los modelos estocásticos	172
4.Los modelos bajo condiciones de heteroscedasticidad	175
<u>Anexo 2: Factores de riesgo y rendimiento en la actividad agropecuaria</u>	179
1. Introducción	179
2. Características del sector según economistas clásicos	179
3. Características del sector según especialistas actuales	183
4. Características del sector en la República Argentina	185
5. Consideraciones finales	186
<u>Anexo 3: Conceptos básicos de la metodología borrosa</u>	189
1. Introducción	189
2. La teoría de los subconjuntos borrosos	190
3. Los números borrosos	193

4. Ejemplo ilustrativo	196
<u>Anexo 4: Evaluación comparativa de riesgos en un caso del sector agropecuario</u>	203
1. Introducción	203
2. Evaluación según el modelo de Black-Scholes	203
3. Evaluación según el nuevo modelo borroso	209
<u>Bibliografía</u>	215

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS BÁSICOS

1. OBJETIVO DE ESTA TESIS

El objetivo general de esta tesis doctoral consiste en aportar y fundamentar nuevas concepciones alternativas acerca del financiamiento empresarial, señalando ciertas limitaciones de las teorías en boga.

Su marco de referencia es una parte de la Administración Financiera: las cuestiones relativas al financiamiento, o sea el análisis de las decisiones sobre las fuentes de fondos de las empresas, a menudo vinculadas con cuestiones de la economía real.

Esta temática tiene ciertas características análogas al análisis de distintos tipos de aplicaciones de fondos, como la evaluación de las inversiones en la economía real o de los portafolios de inversiones financieras, por lo que resulta habitual encontrarla estudiada como una actividad recíproca, con similares conclusiones.

La motivación en la elección del objetivo consiste en las crecientes divergencias observadas entre las inferencias de las teorías respectivas y la práctica profesional, que sugirieron la conveniencia de comenzar a avanzar más allá de la contrastación empírica de posibles ajustes.

Diversos autores, algunos de los cuales serán mencionados a lo largo de esta obra, han señalado limitaciones en la eficacia predictiva de dichas teorías en ciertas circunstancias particulares. En esta tesis, en cambio, se adopta una visión de conjunto, incursionando hacia la formalización del origen de las discrepancias y de nuevos esquemas teóricos alternativos.

Su desarrollo específico consiste en:

- a) exponer el surgimiento y características básicas de los modelos actuales

b) plantear otro esquema más general, del cual los anteriores sean algunos de sus casos posibles, con las modificaciones pertinentes

c) evaluar comparativamente el nuevo esquema propuesto bajo distintos contextos, de manera ilustrativa

Se comienza en este capítulo con una sucinta reseña de las principales teorías en el campo de la Administración Financiera a fin de situar esta investigación en su contexto histórico. Luego, se enuncian las principales cuestiones a desarrollar en esta obra.

A lo largo de la misma, se plantean nuevos esquemas y se formalizan cuestiones empíricamente reconocidas por la práctica profesional concernientes a los criterios para la determinación de toda la estructura de financiamiento de una empresa y para la evaluación de los principales instrumentos financieros, bajo situaciones de certeza o de riesgo mensurable, de los que surgen las variables fundamentales para afrontar tales decisiones que permiten poder tomar en cuenta la cambiante influencia de una diversidad de factores.

La aplicación de los nuevos esquemas se evalúa en relación con los enfoques teóricos clásicos en boga sobre la toma de decisiones de financiamiento en su conjunto. Esto se realiza primeramente en un *contexto de certeza* en la información, donde pueden realizarse análisis de tipo determinístico, como ciertos conocidos aportes de Ezra Solomon¹.

Luego, se abordan los *contextos de riesgo*, pero donde se cuenta con información suficiente para realizar análisis de naturaleza probabilística, donde se destacan los de Franco Modigliani y Merton Miller², dada la difusión que han cobrado sus Proposiciones desarrolladas a partir de la Hipótesis del Mercado Eficiente (HME).

Adicionalmente, se trata un caso particular: el surgimiento de fases de mercados ineficientes caracterizados por *contextos de incertidumbre*, cuando la información es sumamente escasa y a veces resulta expresada con cierta vaguedad, dificultando los análisis anteriores. Tales contextos se han verificado en ciertas coyunturas en los mercados desarrollados³ y más asiduamente en los mercados emergentes⁴, en especial

¹ SOLOMON, E. (1964): *The Theory of Financial Management*- Columbia University Press- Nueva York.

² MODIGLIANI F., MILLER M. H. (1958): "The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment", *American Economic Review*, Junio de 1958, pp. 261-297.

³ PETERS, E. (1991): *Chaos and Order in the Capital Markets* -John Wiley & Sons, Nueva York; VAGA, T. (1994): *Profiting from chaos* - Editorial McGraw-Hill, Hall Inc - Nueva York

⁴ MESSUTI, D. J. en (1971): "Apéndice a la edición castellana", en Van Home, J.C.: *Administración Financiera*, Ediciones Contabilidad Moderna, Buenos Aires, pp. 873-940, y en (1972): *Finanzas de la empresa*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.

cuando los riesgos del financiamiento se ven asociados a los riesgos de la economía real.

En este caso especial, el aporte se centrará en la línea de investigación concerniente al empleo de la teoría de los subconjuntos borrosos como una de herramientas para afrontar esta problemática⁵; dicho empleo ampliará las aplicaciones que esta disciplina ha tenido en el ámbito ingenieril y en otros, contribuyendo a las obras actuales que estudian su empleo en el campo de la Administración de Empresas para afrontar situaciones de incertidumbre⁶. Uno de los pioneros en estudiar el empleo de esta metodología en el área de las inversiones financieras ha sido J. J. Buckley⁷; pero los aportes de esta tesis se refieren a la apertura del campo de aplicación para las decisiones de financiamiento.

Finalmente, en Anexos finales se abordan aspectos metodológicos sobre la HME, los riesgos de un caso de la economía real y ciertas características básicas de la metodología borrosa.

2. RELACIÓN CON TEORÍAS VIGENTES

Desde un punto de vista restringido, la Administración Financiera se centra en el concepto del flujo de fondos; es decir, en obtener y administrar el movimiento de dinero a través de diversos instrumentos, instituciones y prácticas, de acuerdo con disposiciones legales y contables, y de criterios técnicos, de manera de implementar de la forma más eficiente posible las decisiones básicas adoptadas por la conducción de una empresa. Desde un punto de vista más amplio, este objetivo puede abarcar todos los aspectos de dicha conducción, ya que todas las transacciones económicas están relacionadas directa o indirectamente con flujos de fondos financieros, por lo cual es necesario la participación del área financiera en la toma de decisiones estratégicas de toda organización económica.

⁵ KAUFMANN, A. (1982): *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos*, Compañía Editorial Continental, México, y LAZZARI, L. L., MACHADO, E. A. M., PEREZ, R. H. (1998): *Teoría de la Decisión Fuzzy*, Editorial Macchi, Buenos Aires.

⁶ COX, E. D. (1995): *Fuzzy Logic for Business and Industry*. Charles River Media, Inc., Massachusetts, y; MCNEILL, D., FREIBERGER, P. (1993): *Fuzzy Logic* - Simon & Schuster, Nueva York.

⁷ BUCKLEY, J. J. : (1983): "The Fuzzy Mathematics of Finance", *Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems*, editado por Dubois, Prade y Yager, Morgan- Kaufmann Publishers, California, pp. 840-848, y (1987): "Portfolio Analysis using Possibility Distributions", *Intelligent Systems, Decision, and Control*, vol. 20, pp. 69-76

Dada la amplia diversidad de desarrollos que apuntan a diversos aspectos de la Administración Financiera desde varios puntos de vista, se hace necesario enfocar el esfuerzo de investigación hacia una temática en particular. Este trabajo abordará ciertos temas vinculados con las decisiones de financiamiento donde pueden proponerse nuevos aportes que contribuyan al proceso de perfeccionamiento de esta disciplina.

En los estudios respectivos se han visto distintos enfoques teóricos en las cuestiones relativas a la Administración Financiera. En orden cronológico, han sido los siguientes:

- (a) Primeramente, enfoques desde la teoría económica
- (b) Luego, un enfoque básicamente descriptivo
- (c) A continuación, un enfoque basado en la toma de decisiones
- (d) Actualmente, un enfoque que hace hincapié en metodologías cuantitativas, muchas de ellas basadas en desarrollos probabilísticos a partir de la Hipótesis del Mercado Eficiente (HME).

A continuación, se señalan sus características más salientes y su relación con esta obra.

(a) El tema del financiamiento, vinculado a conceptos como la tasa de interés y el nivel general de liquidez, ha sido una de las cuestiones básicas abordadas por la Economía. Con un criterio clásico, Alfred Marshall señala que tienden a equilibrarse en un mercado de libre competencia: "Luego el interés, siendo el precio pagado en un mercado por el uso del capital, tiende a alcanzar un nivel tal de equilibrio que la demanda total de capital en ese mercado, a dicho tipo de interés, sea igual a la oferta total de capital que haya en el mismo tipo".⁸

En cambio, John Maynard Keynes en su visión macroeconómica sostiene que la demanda y oferta globales pueden hallar diversos puntos de equilibrio, inclusive con un bajo nivel de ocupación; por lo tanto propugna inducir su nivel de acuerdo con la fase del

⁸ MARSHALL, A. (1890): *Principles of Economics*, Macmillan & Co. Londres. Tomado de la versión española (1948): *Principios de Economía*, M. Aguilar Editor. Madrid, parte VI, capítulo II, página 443.

ciclo económico: "Hasta aquí hemos encontrado la justificación de una tasa de interés moderadamente alta en la necesidad de dar suficiente estímulo al ahorro; pero hemos demostrado que la extensión del ahorro efectivo está determinada necesariamente por el volumen de inversión y que éste se fomenta por medio de una tasa de interés baja, a condición que no intentemos alentarla de este modo hasta más allá del nivel que corresponde a la ocupación plena".⁹ De modo que para este autor puede resultar conveniente incidir sobre la tasa de interés, por ejemplo propendiendo a reducirla hasta que se logre plena ocupación.

Keynes señala¹⁰ que su concepto de *eficacia marginal del capital* es similar al de *tasa de rendimiento sobre el costo* que empleó Irving Fisher, quien realizó reconocidos aportes a nivel microeconómico en el estudio de las variables monetarias. En términos generales, Fisher sostiene que la tasa de rendimiento sobre el costo es aquella que, usada para medir el valor presente de todos los costos y el de todos los rendimientos, igualará ambos¹¹. Vale decir que, para que se presenten oportunidades de inversión atractivas, la tasa de rendimiento sobre el costo debe exceder a la tasa de interés, lo cual conduce a lo que hoy en día se suele denominar un valor actual neto positivo.

Si bien estas concepciones sirven de inspiración general para esta tesis, el enfoque de la misma se vincula con el punto de vista predominante en la Administración de Empresas. En lugar de estudiar las condiciones generales de equilibrio de la Economía, hace hincapié en las mejores prácticas y sus posibles ventajas para una organización en particular.

(b) Desde principios del siglo XX, las obras sobre Administración Financiera abordaban las características de los mercados de dinero, los usos y costumbres de la práctica financiera en su instrumentación legal, contable y administrativa, y finalmente los criterios de análisis tradicionales a partir de la evaluación de las cifras contables. Se popularizaron por el gran desarrollo alcanzado por las prácticas financieras, no solamente a través de operaciones en el mercado bancario a corto plazo, sino fundamentalmente a través de operaciones a largo plazo en el mercado de capitales, con la colocación y negociación de bonos y acciones.

⁹ KEYNES, J. M. (1936): *The General Theory of Employment, Interest, and Money*, Harcourt Brace Jovanovich, Nueva York. Citado de la versión en castellano (1956): *Teoría General de la Ocupación, el Interés y el Dinero*, Fondo de Cultura Económica, México, página 359.

¹⁰ *Ibidem*, página 140.

¹¹ FISHER, I. (1930): *The Theory of Interest*, Augustus M. Kelley, Nueva York.

Un autor característico dentro de esta concepción es Arthur S. Dewing¹². Su punto de vista predominante era básicamente descriptivo, acentuando el papel del intermediario financiero entre el público y las empresas, con sumo énfasis en los principales acontecimientos financieros en la historia de las grandes sociedades anónimas de su tiempo. Por lo tanto, se centraba en los instrumentos de financiamiento de largo plazo para la constitución de nuevas empresas y sus posteriores consolidaciones con otras grandes empresas hasta llegar a su eventual reorganización final.

Esta tesis no se desarrolla dentro de esa concepción; por ejemplo, no trata el detalle de los distintos tipos de acciones, obligaciones y otros instrumentos de financiamiento, en relación con los diferentes costos posibles en materia de intereses, dividendos y conceptos análogos. Se centra en formular evaluaciones y aportes sobre las decisiones de financiamiento con una visión de conjunto, dentro de la tesitura de las dos concepciones siguientes.

(c) Hacia la época de la Segunda Guerra Mundial, se dio paso a una segunda concepción menos descriptiva y más analítica, para el estudio de cuestiones tales como el manejo del capital corriente, la evaluación de proyectos de inversión y la determinación del costo de capital.

En esta vertiente, se recalca la extinción del propietario-administrador en favor del gerente profesional y se pone énfasis en los análisis determinísticos para permitir encontrar las causas de la toma de decisiones tendientes a maximizar el valor de mercado de una firma y por ende de sus accionistas. De esa manera, se incorporaron al análisis la distribución intertemporal de los ingresos netos, así como la evaluación del riesgo percibido por el mercado sobre la empresa, a fin de ponderar razonablemente los flujos de fondos futuros esperados.

Vale decir que se acentuó en las obras sobre Administración Financiera el análisis de las variables de tiempo, de riesgo y de relaciones de flujos con *stocks* financieros. A partir de ese momento, las finanzas dejan de encararse como una función de apoyo, sino como identificada con la administración integral y superior de la empresa, a través de grandes decisiones básicas de inversión y de financiamiento, con especial interés en la remuneración del patrimonio propio, según la interrelación de las variables básicas de rentabilidad y riesgo.

Se trata de un enfoque predominantemente interno sobre la administración financiera de las organizaciones, porque una parte importante de la información en que

¹² DEWING, A.S. (1920) : *The Financial Policy of Corporations*, Ronald Press, Nueva York

se basa se obtiene a partir de los esquemas contables y comerciales de las empresas, tales como su flujo de fondos esperado, sus riesgos, los proyectos de inversión alternativos y las características de la administración de su capital corriente de corto plazo. Sobre la base de esta información, tiene el objetivo de optimizar la toma de decisiones con el fin de contribuir a crear valor en las empresas, esto es a maximizar la riqueza de sus accionistas o asociados mediante la maximización de su valor de mercado.

Un autor típico en esta concepción puede encontrarse en Ezra Solomon¹³. Su enfoque resulta normativo para el gerenciamiento y la toma de decisiones; comienza por exponer el objetivo de la función financiera en las grandes organizaciones económicas, para luego pasar a desarrollar temáticas específicas, tales como el esquema presupuestario en la organización de las empresas, la administración eficiente del capital de trabajo en sus diversos componentes, la determinación del costo de capital como estándar básico para el financiamiento empresarial en la búsqueda de la combinación óptima de fuentes de financiamiento y la evaluación de inversiones de diversas características.

Esta tesis concuerda con la necesidad de tomar en cuenta tanto la información interna de una empresa, como la externa del mercado en la que se basan los análisis a partir de la HME. Sin embargo, señala los complejos y variables factores cuantitativos y cualitativos que pueden influir sobre las decisiones de financiamiento, dando primacía a otras variables cuantitativas fundamentales.

(d) Finalmente, en las últimas décadas se ha venido haciendo hincapié en otra concepción básica. Se trata de formular teorías positivas, utilizando los métodos analíticos de la estadística y de otras disciplinas conexas, relativas al efecto de una determinada operación de inversión o de financiación sobre la evolución de una firma en los mercados de capitales. Dado el gran desarrollo de dichos mercados, su análisis de tipo econométrico se basa en la HME, como se pasa a reseñar.¹⁴

Se interpretan las actividades pertinentes merced a modelos consistentes, coherentes con el cuerpo de conocimientos existente y fundamentalmente con eficacia predictiva, para permitir extraer de los mismos conclusiones que resulten empíricamente

¹³ Por ejemplo en: SOLOMON, E. (1964): *Op.cit.*

¹⁴ Como obra de divulgación: MALKIEL, B. G. (1959): *A random walk around Wall Street* - John Wiley & Sons, Nueva York. Con desarrollo probabilístico: FAMA, E. F. (1970) : "Efficient Capital Markets: a Review of Theory and Empirical Work", *Journal of Finance*, vol. Mayo, pp. 384-387.

contrastables, siguiendo los criterios metodológicos que han resultado notoriamente exitosos en el desarrollo de las ciencias físicas y naturales.

En esta concepción, el énfasis no está puesto en descripciones generales de la actividad de algunas empresas ni en normar qué actitud general debería adoptar la dirección financiera de toda empresa, sino en herramientas teóricas aplicadas a enfrentar aspectos concretos de la problemática financiera.

Vale decir que, contrariamente al enfoque interno anterior, este enfoque es eminentemente externo a las empresas. No se basa en una proporción importante de información interna de las mismas, sino que toma las organizaciones a la manera de una caja negra cibernética; esto es, un dispositivo cuyas características internas no se analizan en detalle, ateniéndose a los insumos que ingresan (*input*) y a los productos que egresan (*output*).

Se supone que cada empresa tiene un rendimiento por sus activos y un costo por su financiamiento que están dados por un mercado de libre competencia que tiende a equilibrar las características de todas las empresas que participan de un área de actividades por el arbitraje permanente que realizan un gran número de inversores y financistas. La información que se considera se obtiene mayormente del mercado.

El enfoque se centra en los rendimientos y riesgos que surgen de dicho mercado de capitales, suponiendo que el arbitraje y la competencia tienden a ir equiparando las posibilidades de las empresas de generar mayor valor.

En esa tesitura, la HME se refiere a mercados de capitales muy desarrollados, caracterizados por elevado nivel de liquidez, cristalina información ampliamente difundida, bajos costos de transacción y ausencia de legislación restrictiva. En tales condiciones, esta hipótesis sostiene que los precios del mercado están resumiendo prácticamente una enorme riqueza de informaciones y expectativas, que a su vez son interactuantes y cambian dinámicamente a través del tiempo.

Entonces, los rendimientos tienden a mostrar las expectativas racionales de un gran número de competidores. Por lo tanto, sólo puede emprenderse el estudio del rendimiento de los activos financieros a través de un enfoque probabilístico, ya que dicho rendimiento resulta aleatorio; la HME supone una distribución de frecuencias normal. Esta concepción ha logrado un amplio y continuo desarrollo de modelos de aplicación en los diversos aspectos de la Administración Financiera.

Algunos de estos aportes clásicos continúan siendo fuente de numerosas investigaciones pese al tiempo transcurrido desde su primera publicación y de la frondosa literatura técnica que se ha desarrollado desde entonces. En tal sentido, resulta

significativo mencionar un reciente artículo sobre el grado de influencia de este tipo de obras basado en la frecuencia en que resultan citados por los investigadores, publicado por la revista técnica *Risk*¹⁵; las obras que se mencionan a continuación aparecen entre las cincuenta citas más frecuentes.

Una de las cuestiones básicas abordadas bajo esta Hipótesis es la temática de las decisiones de financiamiento. En el aporte de mayor aceptación general, los ganadores del Premio Nobel Franco Modigliani y Merton Miller¹⁶ sostienen, al contrario de las concepciones anteriores, que el costo de financiamiento de una firma es independiente de la política de endeudamiento de la misma, ya que el mercado ha de arbitrar la relación entre riesgos y retornos asociados con mayor eficiencia que cualquier decisor individual.

Entonces, la búsqueda de la maximización del valor de mercado de las empresas está limitada por el grado de aversión al riesgo considerado y el énfasis del administrador financiero debería estar puesto en el rendimiento de los activos empresarios, ya que las decisiones de financiamiento no podrán crear mayor valor. Este esquema está basado en tres Proposiciones básicas.

Para determinar la valuación de los instrumentos que representan las principales formas de financiamiento, tales como acciones y bonos, se ha impuesto el Modelo de Valuación de Activos de Capital (CAPM) de William Sharpe, que hace hincapié en el rendimiento diferencial de los mismos respecto del de su mercado. Finalmente, para evaluar los riesgos inherentes a la actividad financiera, la herramienta teórica básica consiste en el Modelo de Valuación de Opciones de Black y Scholes.

A continuación, se brinda una breve visión introductoria de los mismos, ya que serán evaluados ciertos aspectos de ellos a lo largo de la obra.

a) *Las Proposiciones de Modigliani y Miller*

Como se mencionó, este aporte teórico realizado en el marco de la Hipótesis del Mercado Eficiente tiene una importancia central para el desarrollo de esta tesis, ya que se refiere da una visión general sobre el financiamiento empresarial.

¹⁵ Revista RISK (Diciembre de 2005), *Cutting edge: Degree of influence*, Incisive Media Plc, Londres, pp. 82 y 83.

¹⁶ MODIGLIANI, F.; MILLER, M. (1958): "The Cost of Capital, Corporate Finance and the Theory of Investment", *American Economic Review*, Vol. 3, pp. 145-158.

minimizar el costo y el riesgo de la estructura de financiamiento, contribuyendo así a generar mayor rendimiento a las empresas y por consiguiente mayor valor a sus accionistas. Se fundamentaba en que cierto nivel de endeudamiento permite aumentar la rentabilidad, pero que un exceso del mismo aumenta la prima de riesgo que exigen los financistas por los pasivos y los inversores por las acciones, con lo cual el costo del financiamiento comienza a incrementarse hasta tornarse antieconómico.

En cambio, para Modigliani y Miller el costo de financiarse para una empresa es independiente de su nivel de endeudamiento. Se fundamentan en que, al crecer el mismo, aumenta el costo del endeudamiento pero disminuye el rendimiento esperado del patrimonio propio, con lo cual el costo promedio permanece constante.

Argumentan a favor de su posición mediante tres conocidas Proposiciones.

- La primera afirma que las operaciones de arbitraje, esto es de compra-venta simultánea para aprovechar transitorias faltas de homogeneidad en los valores, llevan los rendimientos del mercado financiero a un mismo valor promedio para cada tipo de actividad, haciendo imposible todo arbitraje ulterior.
- La segunda afirma que la obtención de endeudamiento permite incrementar la rentabilidad, hasta cierto punto de riesgo aceptable por el mercado.
- Finalmente, la tercera afirma que el principal factor que incide en la notoria apetencia por endeudamiento que muestran las empresas en la práctica de los negocios es el escudo fiscal (*tax shield*), que surgiría de computar el ahorro impositivo por el pago de intereses.

b) *El Modelo de Fijación de Precios de los Activos de Capital*

William Sharpe ha desarrollado este modelo, conocido habitualmente por su sigla en inglés *CAPM (Capital Assets Pricing Model)*. Si bien se han desarrollado posteriormente aplicaciones para toda la estructura de financiamiento de una firma, este

posteriormente aplicaciones para toda la estructura de financiamiento de una firma, este modelo estaba originalmente destinado a predecir el rendimiento de un instrumento financiero individual, en relación con el mercado del que forma parte.

Como antecedente, valga citar la teoría de los portafolios de inversión. Esta teoría había sido creada por Harry Markowitz¹⁷ logrando resolver en términos matemáticos la optimización de inversiones en carteras diversificadas de títulos valores. Ha resultado la base de numerosos desarrollos, lo que le ha valido el Premio Nobel de Economía en 1990.

Los dos conceptos básicos son la rentabilidad y el riesgo, evaluados mediante técnicas estadísticas. Considera a la rentabilidad como la media de los rendimientos esperados de un instrumento financiero y al riesgo como la dispersión relativa que pueden asumir las variaciones probables de dichos rendimientos. En línea con la HME, supone para la probabilidad de ocurrencia de los distintos comportamientos del mercado tiene una distribución de frecuencias normal.

Entonces, halla las combinaciones óptimas de portafolios según su relación de rendimiento y riesgo. Aquellas combinaciones para las cuales no existan portafolios con mayor valor esperado e igual riesgo, o bien menor riesgo e igual valor esperado, serán los portafolios eficientes, cuyo conjunto puede graficarse como la curva de frontera de eficiencia del conjunto convexo de portafolios factibles.

Finalmente, teniendo en cuenta las expectativas de los que toman la decisión respectiva, puede llegarse a una solución para encontrar el portafolio óptimo. Este será la cartera diversificada de títulos que minimice el nivel de riesgo total, satisfaciendo el rendimiento mínimo esperado por el decisor y el requisito de invertir todo el presupuesto de inversión disponible. La resolución matemática surge de aplicar técnicas de programación no lineal y es soluble por medio de matrices.

William Sharpe¹⁸ desarrolla el esquema teórico de Markowitz basado ya no en un rendimiento mínimo exigido *ex ante* por el inversionista sino en la relación del retorno esperado de un instrumento financiero con el conjunto del mercado de los mismos.

Dicho rendimiento dependerá de la tasa de rendimiento libre de riesgo, más el diferencial de rendimiento probable del conjunto de los instrumentos riesgosos considerado ponderado por la relación del instrumento individual en cuestión (β). Esta

¹⁷ MARKOWITZ, H. M. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, John Wiley, Nueva York

¹⁸ SHARPE, W. F. (1964): "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance*, vol. 9, pp.156-168

medida del riesgo sistemático no diversificable de un instrumento puede obtenerse como la correlación lineal entre sus rendimientos y los del mercado considerado, o bien como el cociente entre la covarianza de ambos por la varianza de los rendimientos del mercado.

Por su parte, la resolución del problema del portafolio óptimo ya no estará basada en el nivel de rendimiento mínimo buscado por el decisor sino por el rendimiento intrínseco del instrumento (α), su relación respecto del mercado (β) y la función de aversión al riesgo propia de cada inversor (ϕ), que resulta mensurable mediante encuestas que muestran la variación de rendimiento buscado para aceptar una variación del riesgo. Desde el punto de vista matemático, mediante el cálculo matricial denominado eliminación de Gauss-Jordan puede hallarse el vector que denota la asignación óptima a cada activo financiero del total del presupuesto a invertir. Estos logros también le han valido a su inspirador el Premio Nobel de Economía.

c) El Modelo de Valuación de Opciones

Las opciones son uno de los instrumentos derivativos básicos para tratar los riesgos financieros. Brindan a su adquirente una limitación a cierto riesgo mediante el pago de una prima, dándole la posibilidad de ganancias potencialmente ilimitadas o muy grandes. Esto es posible por la conjunción con el lanzador de la opción, que está dispuesto a asumir un riesgo ilimitado o muy grande con el sólo objetivo de retener la mayor parte posible de dicha prima como su ganancia máxima.

La importancia directa e indirecta de estas operaciones tornaba necesaria una teoría positiva para su valuación. En efecto, una parte del valor era claramente mensurable: el valor intrínseco, o diferencia entre el precio de mercado del instrumento subyacente a la opción y su precio de ejercicio cuando éste resulta más favorable. No obstante, resultaba inabisa la otra parte del valor: el valor temporal, que se va extinguiendo rápidamente conforme se acerca la fecha de finalización de vigencia de la opción.

Este problema ha sido adecuadamente resuelto por Fischer Black y Myron Scholes¹⁹, aunque con una serie de supuestos limitantes que han podido ser levantados parcialmente con posterioridad. Ellos suponen una opción del tipo europeo (ejercible sólo

¹⁹ BLACK, F. y SCHOLES, M. (1973): "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Political Economy*, Vol. 81, pp. 637-654

a su vencimiento), que los costos de transacción y de información son insignificantes, que las tasas de interés pasivas y activas resultan similares, que las opciones e instrumentos subyacentes son continuamente divisibles, que se conoce la constante varianza de los retornos de dichos instrumentos financieros, y finalmente que el comportamiento de las opciones responde a una distribución de frecuencias log-normal, para citar los supuestos más fuertes.

La resolución de este problema se logró empleando el cálculo estocástico, que combina los alcances del cálculo infinitesimal con la estadística. Llegan así a la conclusión que el valor de una opción de compra será igual a la diferencia entre el valor de mercado del instrumento subyacente ponderado por la probable respuesta de cambio de valor de la opción respecto del cambio del mismo, menos el valor actual del precio de ejercicio de la opción ponderado por la probabilidad de llegar a ejercerla. Esta teoría positiva básica se ha ampliado para abarcar otros casos, con generalizada aceptación.

En términos generales, todos estos esquemas basados en la HME presentan ciertas limitaciones para su aplicación en contextos menos desarrollados y más inestables; sin embargo, han constituido una reconocida contribución teórica basada en la metodología probabilística para comprender el funcionamiento de los mercados financieros desarrollados con las características descriptas, en particular en las fases relativamente estables del ciclo económico-financiero.

En esta tesis se emplean herramientas estadísticas actuales para complementar dicha Hipótesis en su versión tradicional a fin de aportar concepciones más generales, que permiten abarcar diversos factores de cambiante influencia sobre las decisiones de financiamiento.

3. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

En este trabajo se realizan aportes y evaluaciones acerca de la toma de decisiones relativas al financiamiento frente a distintos niveles de riesgo, desde las demostraciones algebraicas en condiciones de certeza hasta el riesgo mensurable tomando en cuenta técnicas probabilísticas. Adicionalmente, trata el caso especial donde predominan los factores de incertidumbre, para el cual se aplicará la metodología borrosa.

Los conceptos básicos de análisis para la temática de esta tesis serán los siguientes:

- a) *Estructura de Financiamiento*: se trata de la composición de todas las fuentes de financiamiento que conforman el endeudamiento y el patrimonio neto de las organizaciones.

- b) *Valuación*: se trata de modelos que permiten predecir en forma determinística, probabilística o bien de otras formas el rendimiento y/o la cotización de los instrumentos individuales para la contratación de los riesgos y costos vinculados con el financiamiento, tales como acciones, obligaciones y derivados.

Las principales variables a analizar para elucidar las evaluaciones y aportes sobre la temática mencionada serán las siguientes:

- a) *Rendimiento*: se trata del costo de dichas fuentes de financiamiento.

- b) *Riesgo*: se trata de medidas de la posibilidad que las variables estudiadas adquieran distintos valores y su influencia sobre el financiamiento de las organizaciones.

Los temas a desarrollar en esta investigación, reseñando el estado del arte y formulando los aportes respectivos, se refieren a los tres contextos: de certeza, de riesgo y de incertidumbre.

Primeramente, se formulan demostraciones y aportes que resultan novedosos en relación con ciertos aspectos de los esquemas teóricos señalados y luego se realiza una evaluación comparativa, haciendo hincapié en algunos casos tomados de la economía argentina.

Dichos temas a desarrollar son los siguientes:

a) Modelos actuales: Enunciación las concepciones teóricas en boga acerca del financiamiento empresarial.

b) Nuevas propuestas: Aporte de nuevos esquemas teóricos que generalizan y modifican parcialmente los anteriores.

c) Evaluación bajo contextos de certeza: Demostraciones algebraicas e ilustraciones prácticas de ciertas limitaciones de las concepciones en boga y de las ventajas de los nuevos aportes. Determinaciones de las variables cuantitativas principales. Interpretación de la incidencia del factor impositivo.

d) Evaluación bajo contextos de riesgo: Evaluación del nuevo modelo probabilístico propuesto, en comparación con las Proposiciones de Modigliani y Miller y el CAPM en lo referido a la teoría del financiamiento

e) Contextos de incertidumbre: Aporte de nuevas formulaciones para la evaluación del costo de capital y los riesgos asociados para dicho caso especial, reseñando ciertas características básicas de una de las metodologías posibles para afrontarlos, como es la teoría de los subconjuntos borrosos.

CAPÍTULO 2

LOS MODELOS GENERALMENTE ACEPTADOS

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se proporcionan las definiciones elementales de las variables que representan los conceptos fundamentales de la teoría del financiamiento y sus relaciones según los enfoques en boga, a partir de las cuales se desarrollarán los aportes y evaluaciones de esta obra.

Dichas definiciones se realizan desde dos enfoques. Primeramente, el enfoque tradicional está basado preponderantemente en factores endógenos de las empresas, con el objetivo de propender a una estructura de financiamiento óptima.

Luego, el enfoque basado en la Hipótesis del Mercado Eficiente está basado en un factor exógeno a las empresas, como es la actividad de los mercados de capitales. Al postular que dichos mercados equilibran todos los rendimientos a determinados niveles de riesgo, no supone la posibilidad de lograr una estructura de financiamiento óptima, sino que los estudia mediante el empleo de técnicas probabilísticas.

2. LOS CONCEPTOS BÁSICOS

Se denomina *estructura de financiamiento* a la combinación de todas las fuentes de financiamiento que permiten adquirir los recursos activos que emplean las organizaciones. Está conformada por el endeudamiento, que son recursos aportados por terceros, y el patrimonio neto, que son los recursos propios de las organizaciones, aportados inicialmente por sus asociados.

Los aportantes de fondos pueden ser externos a la empresa; es ésa la parte de la estructura de financiamiento llamada *pasivo*, en sus distintos orígenes: comerciales, financiero, fiscal y otros, de corto y de largo plazo.

Los fondos propios de la empresa figuran en el otro componente del financiamiento: el *patrimonio neto*. Allí se encuentran el capital legal, las reservas (o sea los superávits no distribuidos) y la reinversión de parte de las utilidades. Esta última suele ser la principal fuente de financiamiento directo o indirecto de las

empresas; directo como fuente de fondos e indirecto proveyendo al pago de los servicios del pasivo o atrayendo inversiones de capital propio. A largo plazo, las empresas rentables suelen ser superavitarias; pero esa relación no siempre se cumple en el corto plazo.

Al igual que en todas las cuestiones de Administración Financiera, la toma de decisiones al respecto implica cierto equilibrio entre dos factores fundamentales: el *rendimiento* y el *riesgo*.

(a) El *rendimiento* de los instrumentos que permiten la financiación es el costo de dichas fuentes de financiamiento, ya sea tomado en su promedio ponderado o bien en forma incremental, según corresponda a cada problema planteado.

En el caso de los mercados de capitales, se llaman acciones a los instrumentos emitidos en serie que representan al patrimonio neto de una empresa y se llaman bonos u obligaciones a los instrumentos que representan su pasivo. Según las legislaciones comparadas, existen diversos tipos de acciones y bonos que combinan distintas posibilidades de remuneración, riesgo y poder de decisión. Además, existen en la actividad económica un sinnúmero de instrumentos que facilitan el crédito comercial y personal, tales como cheques diferidos, facturas comerciales, pagarés, contratos de *warrant*, contratos de *leasing*, hipotecas, prendas, etc.; su forma más perfeccionada es como título-valor o cuasi-título-valor que permite repartir la inversión y el riesgo entre gran cantidad de financistas e inversores de manera fungible, ya que goza de las posibilidades de liquidez para intercambiarse cuando resulte conveniente, propias de un instrumento del mercado de capitales.

(b) El otro gran factor es el *riesgo*. Suele medirse a través de diversos indicadores que ponderan su influencia sobre el financiamiento de las organizaciones; habitualmente, se lo clasifica en el riesgo de crédito consistente en incurrir en dificultades y aún en cesación de pagos, el riesgo de mercado consistente en la volatilidad de las cotizaciones, y el riesgo operacional consistente en las circunstancias vinculadas con la administración interna de la organización.¹

En materia de financiamiento, el riesgo se asocia en el largo plazo al endeudamiento ya que el mismo genera compromisos fijos en forma de amortización del capital, intereses y conceptos análogos que deben afrontarse en toda coyuntura, lo

¹ Esta definición ha sido incluida en las nuevas normas para evaluar el riesgo de las entidades bancarias de todo el mundo a partir del año 2008, conocidas como *Basel II*. Pueden consultarse en: BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS (2004)- *Basel II - international convergence of capital measurement and capital standards: a revised framework*, Junio, disponible en: www.bis.org

cual encierra el riesgo de bancarrota, en especial en las fases de recesión económica general o particular. Se llama riesgo de liquidez al concerniente a no poder abonar las amortizaciones de capital a corto plazo y puede solucionarse si se logran postergar los vencimientos de las obligaciones. En cambio, el riesgo de endeudamiento indica las chances de no poder abonar siquiera los intereses y cargos mínimos del pasivo; por lo tanto, no se soluciona con el simple diferimiento de vencimientos de pagos y puede conllevar la cesación de pagos final de una organización, por lo cual es el principal riesgo financiero a largo plazo. Actualmente, ha cobrado difusión además el concepto de Valor a Riesgo (VaR) que evalúa estadísticamente el máximo quebranto probable con alto grado de seguridad en lapsos muy cortos.²

Para analizar el tema de este capítulo, se aborda la cuestión de las decisiones de financiamiento en su conjunto, reseñando los enfoques más conocidos para dar pie a los aportes al respecto formulados en esta tesis.

3. ESQUEMAS DETERMINÍSTICOS

3.1. EL MODELO TRADICIONAL

El modelo tradicional gozó de amplia difusión hacia mediados del siglo XX y está basado de manera determinística en la toma de decisiones. Vale decir que aborda los temas financieros desde el punto de vista interno de una empresa, analizando sus principales variables e intentando proporcionar metodologías que lleven a maximizar a largo plazo el valor de la misma y por consiguiente la riqueza de sus accionistas.

Dicha maximización del patrimonio neto empresario está sujeta a restricciones: que sea sustentable a largo plazo, que respete las normativas y aspectos legales, éticos, sociales, ecológicos y todas las pautas que hacen a una convivencia social constructiva entre los participantes en una empresa y su contexto en general. Sin embargo, a diferencia de las organizaciones privadas sin fines de lucro (ONG) es evidente que el objetivo de una empresa lucrativa es optimizar la cuantía de su valor de mercado.³

² Los principios básicos de su cómputo pueden verse en TAGLIAFICHI, R. (2004): *Métodos y Modelos para el Cálculo del VaR y la Administración de Portafolio*, Ediciones Cooperativas, Buenos Aires. El estado actual de la técnica puede verse en: JEFFERY, Ch. y CHEN, X. L. (2006): "VaR breakdown", *Risk*, vol. 19, número 7, pp. 43-48.

³ DRIMER, R. L. (2001): "El Capital de las Cooperativas", *Boletín de la Asociación Internacional de Derecho Cooperativo*, Universidad de Deusto, Bilbao, pp. 59-65.

El índice tradicional para cuantificar el crecimiento del patrimonio a lo largo del tiempo suele denominarse índice de rentabilidad o tasa de ganancia, y está determinado por el cociente entre el incremento patrimonial de un período (o ganancia neta) y el patrimonio neto invertido para permitirlo. A mayor rentabilidad y seguridad, mayor será el valor de mercado de la participación de sus accionistas o asociados.

Dado que hace hincapié en los factores endógenos de una empresa dada, las valuaciones de sus conceptos fundamentales están vinculadas con valores contables y otros que reflejan una visión básicamente interna de la problemática de las decisiones de financiamiento.

En esta problemática, el enfoque se ha basado en los dos conceptos clave mencionados, considerándolos como los más importantes dentro de las diferentes circunstancias que confluyen en una decisión de esta naturaleza. Se trata de los *rendimientos* que hay que conceder para obtener los financiamientos requeridos, representados por el *costo de capital*, y en los *riesgos* asociados con el empleo de fondos de terceros, representado básicamente a largo plazo por la *relación de endeudamiento*.⁴

El costo de capital puede definirse como el costo promedio ponderado de todas las fuentes de financiamiento. Una expresión algebraica del mismo es la siguiente:

$$k_{(0)} = k_{(e)} \cdot \frac{PN}{F} + k_{(i)} \cdot \frac{P}{F} \quad (2.1)$$

Los conceptos básicos allí empleados son:

$k_{(0)}$: costo de capital; es el costo promedio de una empresa para obtener fondos

$k_{(e)}$: costo del capital propio; es el rendimiento que buscan obtener los asociados

$k_{(i)}$: costo del endeudamiento; son los intereses y demás costos directamente vinculados con contraer pasivos

⁴ SOLOMON, E (1964) : *The Theory of Financial Management*, Columbia University Press, Nueva York. Hay traducción castellana de (1974): *Teoría de la Administración Financiera*. Ediciones Macchi, Buenos Aires.

PN : patrimonio neto; son los recursos financieros propios atribuidos a una firma

P : pasivo; es todo tipo de financiación de terceros

F : estructura de financiamiento, igual a la suma de $P + PN$, e igual al Activo (A) que solventa.

Una formulación usual para expresar este concepto es la siguiente.

Dados:

$w_{(e)}$: coeficiente de ponderación de la importancia del patrimonio neto sobre la

estructura de financiamiento total, o sea: $\frac{PN}{F}$

$w_{(i)}$: coeficiente de ponderación de la importancia del pasivo sobre la estructura

de financiamiento total, o sea: $\frac{P}{F}$

Entonces:

$$k_{(o)} = k_{(e)} \cdot w_{(e)} + k_{(i)} \cdot w_{(i)} \quad (2.2)$$

donde:

$$w_{(e)} + w_{(i)} = 1$$

Por su parte, la relación de endeudamiento puede definirse como la importancia de los fondos de terceros en relación con los recursos propios. Empleando la misma nomenclatura, la expresión algebraica de la relación de endeudamiento es la siguiente:

$$\frac{P}{PN} \quad (2.3)$$

En conclusión, el criterio tradicional postula ciertas relaciones a partir de las tres variables fundamentales mencionadas: $k_{(o)}$, $k_{(e)}$ y $k_{(i)}$. Suponiendo que puede obtenerse un $k_{(i)}$ inferior al $k_{(o)}$ promedio general, hallan que $k_{(e)}$ resultará superior al

anterior. Si se representan en un eje cartesiano en función de la relación de endeudamiento, al aumentar esa relación de endeudamiento el costo de las variables antedichas varía como lo muestra una curva en forma de U, ya que el aumento del riesgo repercute en una suba desfavorable de las tasas. Por lo tanto, la decisión de financiamiento puede contribuir a crear valor para una empresa al diseñar la estructura óptima que minimice su costo esperado.

Estas relaciones pueden apreciarse en la *Figura 1*:

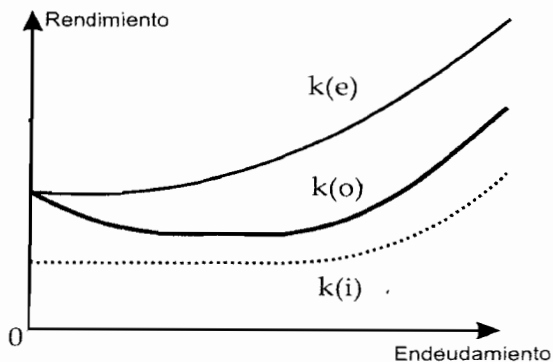


Figura 1: Enfoque tradicional del costo de financiamiento

En la *Figura 1*, el costo del endeudamiento $k_{(e)}$ representado por la línea punteada se supone inferior al costo de capital $k_{(o)}$ representado por la línea gruesa, de manera que la tercera línea que representa al costo del capital propio es superior a las anteriores después de desprenderse del nivel del eje de ordenadas, donde coincide con el costo de capital promedio al resultar nula la influencia del efecto palanca del endeudamiento sobre la rentabilidad de la firma.

En una primera etapa, el empleo de crecientes cantidades de financiamiento de terceros menos oneroso reduce el costo de capital, permitiendo un mayor rendimiento para el patrimonio neto. Pero al ahondarse el endeudamiento, el mayor riesgo que implica la necesidad de cumplir con las erogaciones fijas que suponen los servicios de capital más su rendimiento tiende a incrementar sostenidamente el costo, ya que los

financistas incluyen implícitamente una creciente prima por los mayores riesgos que deben afrontar. De esa manera, la curva que representa el costo de capital vuelve a remontar su nivel, indicando que pretender seguir aumentando el rendimiento del capital propio mediante mayor endeudamiento traerá aparejados riesgos rápidamente crecientes.

3.2. EL EFECTO IMPOSITIVO EN LA FORMULACION DEL COSTO DE CAPITAL

Los impuestos directos pueden tener importantes consecuencias en las decisiones sobre el financiamiento, por el distinto tratamiento que pueden sufrir intereses, dividendos y otros costos asociados. Sin embargo, ese tratamiento cambia mucho en la legislación comparada y a su vez dentro de cada país suele sufrir cambios producidos por la política económica general o por regímenes de promoción especial. Por lo tanto, no deberían constar en una fórmula de aplicación universal para la toma de decisiones sobre la estructura de financiamiento.

Ahora bien, dada la gran importancia que le atribuyen al efecto impositivo Franco Modigliani y Merton Miller, la incidencia del factor tributario sobre la rentabilidad del patrimonio neto se analizará en detalle en el Capítulo 4. Pero, dada la pertinencia de la cuestión para esta temática, se anticipa a continuación la interpretación aportada sobre el efecto impositivo solamente en lo que respecta a la formulación de la expresión del costo de capital.

La formulación tradicional del costo de capital (2.1) añadiendo el cómputo. el efecto impositivo suele ser la siguiente:

$$k_0 = k_e \cdot \frac{PN}{F} + k_l \cdot \frac{P}{F} \cdot (1-t) \quad (2.4)$$

donde se agrega a la fórmula (2.1) la variable t , que representa la tasa de impuesto a las ganancias.

Una aparente explicación que se suele brindar sobre por qué el factor impositivo $(1-t)$ se aplica solamente sobre el último sumando correspondiente al pasivo consiste en afirmar que los intereses del endeudamiento son deducibles a efectos de determinar la carga impositiva y por ende representan un ahorro fiscal, mientras que los dividendos del capital propio no son deducibles impositivamente.

En cambio, la explicación sostenida en esta tesis para la validez de la fórmula (2.4) consiste en la necesidad de homogeneizar la expresión de ambos conceptos, ya que $k(e)$ en carácter de rendimiento mínimo exigido por los accionistas es una expresión *ex-post*, es decir el rendimiento neto después de impuestos directos, mientras que $k(i)$ en carácter de costo del endeudamiento es una expresión *ex-ante*, es decir que está valuada antes de impuestos directos.

Para ilustrar esta explicación, se expone un sencillo caso de aplicación. Tomando importes en millones de pesos, una empresa cuenta con un activo total de \$1.000 que proporciona un rendimiento operativo de \$100, antes de intereses e impuestos. La tasa del impuesto directo a las utilidades es del 30%. El rendimiento mínimo buscado por los accionistas, neto de los impuestos de la firma, es del 7%. Se toman cuatro alternativas de financiamiento: (A) sin deudas; (B) con \$500 de deudas al costo del 7% (o sea que resulta $k(i)$ menor a la utilidad operativa sobre el activo, y " $k(i)$ antes de impuestos" igual a " $k(e)$ después de impuestos"); (C) con deudas de \$500 al costo del 10% (o sea que resulta $k(i)$ igual a la utilidad operativa sobre el activo, y " $k(i)$ antes de impuestos" mayor que " $k(e)$ después de impuestos"); (D) finalmente, con \$800 de deudas al costo del 10% (o sea, manteniendo los costos del caso anterior pero con mayor endeudamiento).

En la *Tabla 3* puede observarse el resultado de las alternativas propuestas con relación a las definiciones anteriores.

RENDIMIENTOS		A.Sin Deudas	B.Deuda: \$500	C.Deuda: \$500	D.Deuda: \$800
Conceptos (t : 30%)			k(i): 7%	k(i): 10%	k(i): 10%
1	Utilidad Operativa	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00
2	Costo del Pasivo	\$ 0,00	-\$ 35,00	-\$ 50,00	-\$ 80,00
3	Utilidad Imponible	\$ 100,00	\$ 65,00	\$ 50,00	\$ 20,00
4	Impuesto a las Ganancias	-\$ 30,00	-\$ 19,50	-\$ 15,00	-\$ 6,00
5	Utilidad Neta	\$ 70,00	\$ 45,50	\$ 35,00	\$ 14,00
6	Tasa de Ganancias	7,00%	9,10%	7,00%	7,00%
7	Costo de Capital sin t	7,00%	7,00%	8,50%	9,40%
8	Costo de Capital con t	7,00%	5,95%	7,00%	7,00%

Tabla 3: Exposición de la falta de incidencia del ahorro impositivo

El costo del pasivo (*renglón 2*) surge de multiplicar $k(i)$ por la deuda en cada alternativa, y la utilidad imponible (*renglón 3*) surge de la resta de ambas. El impuesto a las ganancias (*renglón 4*) surge de multiplicar la utilidad imponible por la tasa impositiva del 30%, y a utilidad neta (*renglón 5*) surge de restar dicho impuesto a la ganancia imponible.

Luego, la tasa de ganancias (*renglón 6*) surge de dividir la utilidad neta por el patrimonio neto de cada alternativa (\$1.000, \$500 ó \$200). Finalmente, se brindan dos expresiones del costo de capital: la primera es errónea por no homogeneizar la expresión del costo de la deuda por la incidencia impositiva que sí repercute sobre el rendimiento del capital propio (*renglón 7*) y la segunda es correcta (*renglón 8*) por homogeneizar dicha información con el rendimiento mínimo de los recursos propios (o sea: $k(e)$) del 7% sobre el patrimonio neto de cada alternativa mencionada.

Se advierte que cuando el costo del endeudamiento $k(i)$ y el rendimiento operativo (ambos antes de impuestos directos) son iguales, como en las alternativas C y D, la tasa de ganancias (*renglón 6*) y el costo de capital (*renglón 8*) permanecen constantes e iguales al 7% de la alternativa A que refleja el simple rendimiento operativo menos los impuestos directos. Esto es así pese a que en la alternativa D creció la deuda de \$500 a \$800, por lo que se confirma la validez de esa afirmación a distintas relaciones de endeudamiento que se apliquen.

El *renglón 7* muestra el error de no homogeneizar la información combinando un rendimiento mínimo del capital propio después de impuestos con un costo del pasivo antes de impuestos; por ejemplo, en la alternativa B mantendría el costo de capital pese a que la tasa *ex-ante* del pasivo no es superior a la tasa *ex-post* del patrimonio neto, lo cual resulta un contrasentido evidente. Este error queda subsanado en el *renglón 8* con la expresión homogénea del rendimiento que deben proporcionar las actividades de esta firma después de impuestos directos para permitir abonar el costo promedio ponderado a todas sus fuentes de financiamiento, es decir del costo de capital.

La alternativa B refleja el caso de un nivel aparentemente igual en el costo de la deuda y del capital propio, pero con un costo real distinto por estar expresados en distintos momentos: *ex-ante* y *ex-post* respectivamente respecto del impuesto a las ganancias. Al homogeneizar la información, el costo después de impuestos del pasivo cae al 4,9% que es inferior al costo mínimo del capital propio del 7%, por lo cual la tasa de costo de capital $k(i)$ desciende del 7% al 5,95%.

Para finalizar, puede observarse qué pasaría con el mismo ejemplo anterior si la tasa de impuesto a las ganancias creciera del 30% al 50%, tal como lo exhibe la *Tabla 4*.

RENDIMIENTOS Conceptos (t: 50%)	A.Sin Deudas	B.Deuda: \$500 k(j): 7%	C.Deuda: \$500 k(j): 10%	D.Deuda: \$800 k(j): 10%
1 Utilidad Operativa	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00	\$ 100,00
2 Costo del Pasivo	\$ 0,00	-\$ 35,00	-\$ 50,00	-\$ 80,00
3 Utilidad Imponible	\$ 100,00	\$ 65,00	\$ 50,00	\$ 20,00
4 Impuesto a las Ganancias	-\$ 50,00	-\$ 32,50	-\$ 25,00	-\$ 10,00
5 Utilidad Neta	\$ 50,00	\$ 32,50	\$ 25,00	\$ 10,00
6 Tasa de Ganancias	5,00%	6,50%	5,00%	5,00%
7 Costo de Capital sin t	7,00%	7,00%	8,50%	9,40%
8 Costo de Capital con t	7,00%	5,25%	6,00%	5,40%

Tabla 4: Efectos del incremento de la tasa de impuestos directos

Puede apreciarse que, lejos de proporcionar un mayor ahorro fiscal supuesto por el modelo clásico, el incremento de la tasa del impuesto directo resultaría perjudicial para esta empresa. Por ello, en todas las alternativas la tasa de ganancias (renglón 6) resulta inferior al caso anterior expuesto en la *Tabla 3*.

Entonces, la aparición del factor impositivo en la formalización del concepto de costo de capital sólo obedece a la necesidad de homogeneizar sus componentes para que todos resulten *ex post* del impuesto a las ganancias. En el próximo capítulo se abordará el tema de dicho efecto impositivo en el marco del contenido del mismo, que será el análisis pormenorizado de las Proposiciones de Modigliani y Miller, con las que los autores desean fundamentar su enfoque sobre la estructura de financiamiento.

4. ESQUEMAS PROBABILÍSTICOS

4.1. LA HIPÓTESIS DEL MERCADO EFICIENTE

Posteriormente, desde la perspectiva de la HME, se ha hecho hincapié en un punto de vista probabilístico externo a la empresa. Reflejando la creciente importancia del mercado de capitales en el financiamiento empresarial, no se basa en las variables internas de una empresa para influir en su optimización, sino que se parte de variables exógenas que son las cotizaciones y rendimientos del mercado, suponiendo que tienden a confluir dentro de diferentes niveles de riesgo dados.

Para ello, esta hipótesis postula el funcionamiento de mercados con elevado grado de liquidez y cristalina información disponible para todos sus participantes, en el cual no existen costos ni barreras de entrada ni de salida. En tales condiciones, el rendimiento de los instrumentos financieros medido por la oscilación de sus cotizaciones

resulta aleatorio; por lo tanto, resulta imposible todo arbitraje ulterior para lograr un mejor rendimiento financiero con similar nivel de riesgo. Este enfoque ha cambiado el acento de los estudios financieros contemporáneos de lo determinístico a lo probabilístico, a través de numerosos modelos positivos.⁵

En lo que respecta al tema del financiamiento empresarial, el esquema general dentro de este enfoque que ha resultado generalmente aceptado es el de Franco Modigliani y Merton Miller.⁶ Ellos suponen que las actividades de arbitraje de los financistas e inversores tienden a confluir en una misma tasa, cualesquiera sean los niveles de endeudamiento empleados para una clase de actividad. Basándose en las cotizaciones de mercado, parten de la siguiente igualdad:

$$V_j = A_j + D_j \quad (2.5)$$

donde:

V_j : valor de mercado total de la empresa j dentro de una actividad económica k

A_j : valor de mercado de las acciones ordinarias de dicha empresa j

D_j : valor de mercado del pasivo de dicha empresa j

Luego, arriban a la conclusión citada; en términos algebraicos:

$$\theta_k = \frac{\bar{X}_j}{V_j} \quad (2.6)$$

donde:

\bar{X}_j : se define como el rendimiento probable de la empresa j dentro de la actividad k

⁵ Los fundamentos probabilísticos de la HME se reseñan en el Anexo 1 y se realizan ciertas evaluaciones en el Capítulo 4.

⁶ MODIGLIANI F. y MILLER M. H. (1958): "The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment", *American Economic Review*, Junio de 1958, pp. 261-297. Puede consultarse su versión en español: "Costo del capital, valor de mercado y teoría de la inversión" en *Revista de Administración de Empresas*, tomo I, pp.725-767.

θ_i : es el costo de capital de la misma

Por lo tanto, concluyen que la relación de endeudamiento es independiente del costo de capital promedio. Ante el mayor riesgo por endeudamiento, el mercado arbitrará asignando mayor prima por riesgo a los acreedores y menor rendimiento esperado a los accionistas, manteniendo constante el costo de capital; en el gráfico cartesiano antes citado, la curva de $k_{(o)}$ se convierte en una paralela al eje de abscisas que representa a la relación de endeudamiento. En conclusión, resultaría imposible agregar valor a una empresa mediante una decisión de financiamiento; dicha creación de valor se origina en la selección de inversiones adecuadamente rentables.

Dicha conclusión puede apreciarse gráficamente en la *Figura 2*, donde se mantiene la nomenclatura tradicional a fin de posibilitar la comparación con la *Figura 1*:

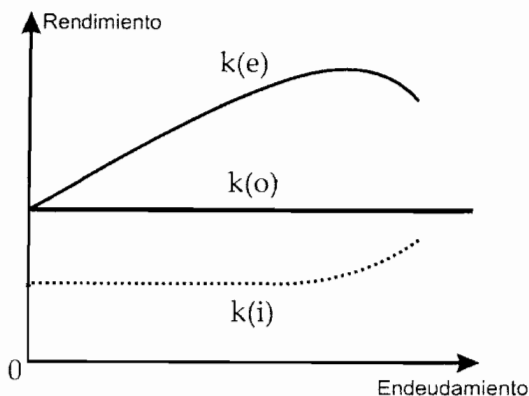


Figura 2: Criterio de Modigliani-Miller sobre el costo del financiamiento

En la *Figura 2* se advierte que el costo del endeudamiento $k(i)$, representado por la línea punteada, vuelve a suponerse por definición inferior a los otros costos, pero sube abruptamente a partir de cierto nivel abordable empíricamente en cada

actividad cuando suben mucho los riesgos de bancarota. En tales circunstancias, la curva del rendimiento esperado del patrimonio neto $k_{(e)}$, representado por la línea continua, tiende a descender en razón de dicho aumento de riesgos. En conclusión, para estos autores el costo de capital $k_{(a)}$, representado por la línea gruesa, permanecerá constante cualesquiera sean los niveles de endeudamiento que adopte la estructura de financiamiento de una empresa dentro de cierta rama de actividad. Como corolario, las decisiones sobre el financiamiento empresarial se tornan una cuestión trivial, ya que el mercado arbitraré automáticamente para que no puedan aportar mayor valor esperado a una empresa dada, la cual deberá cifrar sus esperanzas de mayor valor patrimonial en la selección de inversiones que proporcionen mayores rendimientos esperados.

Este corolario contradice las conclusiones de un enfoque tradicional como el que expone Ezra Solomon.

Dichas Proposiciones son el *corpus* más reconocido de conocimiento en el campo de las decisiones de financiamiento dentro de dicha Hipótesis. Constituyen el centro de la enseñanza sobre esta cuestión en el ámbito universitario y el basamento de desarrollos posteriores pese al tiempo transcurrido a la fecha, como lo señalara uno de sus autores 30 años después, citando a otros conocidos estudiosos del tema como Eugene Fama, Stephen Ross y Joseph Stiglitz.⁷ Por lo tanto, las mismas serán analizadas pormenorizadamente a continuación.

4.2 . LAS PROPOCIONES DE MODIGLIANI Y MILLER

El aporte de estos autores en lo que respecta a la estructura de financiamiento, o sea la mezcla de diversas fuentes de fondeo propias o ajenas para financiar los recursos activos de una organización, se inscribe en la citada HME. Se tomará la versión más acabada y conocida.⁸ Posteriormente, los mismos autores publicaron una corrección donde pretendían confirmar la supuesta incidencia del factor impositivo, rectificando algunas fórmulas.⁹

Dicha HME supone que el rendimiento de los instrumentos financieros es aleatorio. Se trataría de lo que estadísticamente se llama un "ruido blanco" normal,

⁷ MILLER, M.H. (1988): "The Modigliani-Miller Propositions after thirty years". *Journal of American Perspectives*, Otoño de 1958; con una versión reproducida en *Journal of Applied Corporate Finance*, 1988, pp. 6-18.

⁸ MODIGLIANI F., MILLER M. H. (1958): "The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment", *American Economic Review*, Junio de 1958, pp. 261-297. Puede consultarse su versión en español: "Costo del capital, valor de mercado y teoría de la inversión" en *Revista de Administración de Empresas*, tomo I, pp.725-767.

⁹ MODIGLIANI,F., MILLER, M.H. (1963): "Corporate Income Taxes and the Cost of Capital: A Correction", *The American Economic Review*, 1963, pp.432-443.

vale decir que observa la distribución de frecuencias normal de Gauss, con un valor esperado de 0, una dispersión de 1 y una correlación nula.¹⁰ Por lo tanto, sería imposible prever dicho rendimiento de manera determinista sobre la base de los fundamentos económicos de dichos instrumentos, ni sobre la base del análisis técnico de sus cotizaciones para procurar captar la psicología de los financistas e inversores.

Un mercado eficiente se caracteriza por su elevada liquidez, con gran número de operaciones, bajos costos de transacción, de entrada y de salida, y cristalina información disponible para todos los participantes, sin paquetes informativos que cambien notoriamente sus expectativas de imprevisto.

Dentro de esta escuela de pensamiento, Modigliani y Miller aportaron su conocida posición sobre la imposibilidad de aumentar el valor de una compañía con acertadas decisiones sobre su estructura de financiamiento. Afirman que su costo de capital, o sea el costo promedio ponderado de todas sus fuentes financieras, es constante e independiente de las distintas proporciones de endeudamiento y de patrimonio neto propio que pueda recibir. Al aumentar el endeudamiento, aumenta el riesgo de caer en cesación de pagos por la mayor carga fija de intereses; sin embargo, la mayor tasa de interés que exigirían los acreedores se compensaría con el menor rendimiento sobre su capital propio que podrían exigir los accionistas, dando un costo de capital total promedio constante e independiente del grado de endeudamiento.

Se ha planteado la fórmula del costo de capital (2.1), que es el costo de toda la estructura de financiamiento en promedio ponderado por la importancia de cada fuente respectiva. Varios conceptos básicos allí empleados se basan en los valores contables. En cambio, Modigliani y Miller toman en cuenta los valores de mercado en lugar de los valores originales de la contabilidad tradicional, ya que suponen la existencia de un mercado financiero eficiente.

Sobre la base de tal planteo, los autores mencionados formulan sus tres Proposiciones clásicas, que se desarrollarán a continuación.

4.2.1. LA PRIMERA PROPOSICIÓN

Modigliani y Miller definen el costo medio de capital (θ_c) como el siguiente cociente:

¹⁰ Ciertas características se analizan en el próximo capítulo.

$$\theta_k = \frac{\bar{X}_j}{V_j} \quad (2.8)$$

donde:

\bar{X}_j : rendimiento probable de la empresa j dentro de la actividad k

θ_k : costo de capital de la misma.

Ahora bien, la proposición consiste en postular que el costo de capital θ_k se considera como una constante dentro de cada actividad k , con el nivel de riesgo respectivo y se sostiene que resulta independiente de la estructura financiera de la misma.

Esto sería válido, según los autores, en un mercado financiero eficiente donde sus anomalías de precio y rendimiento se anulen rápidamente sin permitir operaciones de arbitraje posteriores. Ellos han encontrado evidencia empírica favorable en ciertas empresas de uso intensivo de capital (petroleras y de servicios públicos).

Vale decir que el valor de mercado de la empresa puede expresarse como un cociente donde aparece un coeficiente ρ_k del cual los autores dan tres definiciones posibles, que consideran conceptos análogos y constantes, dado el nivel de arbitraje propio de un mercado financiero eficiente. Con la nomenclatura mencionada, dicho cociente será el siguiente:

$$V_j = A_j + D_j = \frac{\bar{X}_j}{\rho_k} \quad (2.9)$$

Ahora bien, las tres acepciones del coeficiente ρ_k son las siguientes:

- 1) ρ_k es la tasa de rendimiento probable de las acciones j de la actividad k ,

o sea que:

$$\rho_k = \frac{\bar{X}_j}{P_j} \quad (2.10)$$

donde el precio de la acción j será P_j

2) el precio al financista o inversor por cada unidad de rendimiento probable en la actividad k es la siguiente expresión:

$$1 / \rho_k \quad (2.11)$$

3) ρ_k es la tasa de capitalización del mercado para el valor esperado de un flujo de beneficios de la actividad k

Los autores generalizan a ultranza los supuestos de la HME; en relación con el mecanismo de arbitraje, suponen que el mismo extingue toda diferencia entre el rendimiento esperado de las acciones de una empresa dentro de su clase de actividad, el rendimiento esperado de los financistas e inversores en dicha empresa y el rendimiento proporcionado por sus activos (sobre su valor de mercado, que coincide con el de su estructura de financiamiento) para la clase de actividad de tal empresa.

De allí infieren que el costo de capital para una actividad dada será el mismo cualesquiera sean los niveles de endeudamiento, su política de dividendos y toda decisión relativa a la estructura de financiamiento.

4.2.2. LA SEGUNDA PROPOSICIÓN

Luego, suponiendo que siempre puede disponerse de capital de terceros más barato que el rendimiento del capital propio, los autores hallan que la rentabilidad de una firma es una función lineal y directa de su razón de endeudamiento multiplicada por el diferencial de rendimiento, a lo cual suman la tasa básica de costo de capital, todo expresado a valores de mercado.

Afirman entonces que:

$$I_j = \theta_k + (\theta_k - r) \cdot \frac{D_j}{A_j} \quad (2.12)$$

donde:

I_j : tasa probable de rendimiento de la empresa j

r : tasa de costo de endeudamiento

Es decir que, en dichas condiciones, podría optimizarse la tasa probable de rendimiento de una empresa mediante el simple expediente de maximizar su endeudamiento.

Cabe consignar que Modigliani y Miller mencionan una proporción de endeudamiento máximo L admisible para cada sector de la economía, más allá del cual los posibles financistas hallarían excesivo el riesgo, pese a mayores rendimientos prometidos por los instrumentos de financiamiento. Este límite es un supuesto puramente empírico, de cuya naturaleza y cuantía no dan explicación las Proposiciones de estos autores.

4.2.3. LA TERCERA PROPOSICIÓN

Posteriormente, Modigliani y Miller añadieron una Tercera Proposición, introduciendo un factor causal en un análisis de tipo determinístico.

Como era evidente que muchas empresas mostraban una notoria propensión a contraer endeudamiento en condiciones competitivas, en definitiva atribuyeron ese comportamiento al factor impositivo. Si bien habían comenzado a mencionar dicho efecto en su primer artículo¹¹, desarrollan plenamente su versión del efecto impositivo en un artículo posterior¹².

Dado que el impuesto a las ganancias encierra una proporción muy importante de las mismas¹³ y considerando que los intereses suelen ser deducibles como un quebranto mientras que el rendimiento del capital propio no suele serlo, entonces consideran que parte del costo del endeudamiento es absorbido por el gobierno, y que a largo plazo el valor total de las empresas se ve incrementado por la incidencia de dicho efecto fiscal.

Expresado en la nomenclatura de los autores, entonces las Proposiciones I y II quedaron modificadas por la supuesta incidencia de los impuestos directos de la siguiente forma:

$$\text{Proposición I:} \quad \frac{\bar{X}_j}{V_j} = \theta_k - t \cdot (\theta_k - r) \cdot \frac{D_j}{V_j} \quad (2.13)$$

¹¹ MODIGLIANI, F., MILLER, M.H. (1958): *Op. cit.* En la versión castellana, en el punto 2.3 "Algunas restricciones y ampliaciones a las proposiciones básicas", pp.738-742. En la versión original, en el punto C "Some Qualifications and Extensions of the Basic Propositions", pp. 272-276.

¹² MODIGLIANI, F., MILLER, M.H. (1963): *Op. cit.*

¹³ En EE.UU. era del 50% en esa época y es del 35% en la actualidad, lo cual coincide con la tasa tributaria de hoy en la República Argentina para las sociedades comerciales.

$$\text{Proposición II :} \quad I_j = \theta_k + (\theta_k - r) \cdot \frac{D_j}{A_j} \cdot (1 - t) \quad (2.14)$$

Ahora bien, suponiendo una mayor renta por este efecto fiscal de naturaleza continua, es decir cuando el número de ejercicios anuales tiende a infinito, el valor presente del escudo fiscal da lugar a esta Tercera Proposición de Modigliani y Miller:

$$\text{Proposición III :} \quad VF = \frac{(t \cdot r \cdot D)}{r} = t \cdot D \quad (2.15)$$

donde:

VF : es el valor actual del escudo fiscal por la deducción de los intereses del Pasivo cuando el número de años tiende a infinito

t : es la tasa del impuesto a las ganancias, o impuesto directo similar

D : es la deuda de la empresa

4.3. DETERMINACIÓN DEL COSTO DE CAPITAL: EL MODELO CAPM CLÁSICO

A partir de la HME, se han desarrollado diversos modelos positivos para la valuación de distintas operaciones financieras. Uno de dichos modelos que ha resultado de importancia para la toma de decisiones en materia de financiamiento es el *Capital Assets Pricing Model* (CAPM) de William Sharpe, cuyas características básicas se exponen a continuación.

El mismo comenzó por estudiar el rendimiento de los instrumentos de inversión en el mercado financiero pero, dada la equivalencia de la estructura de activos y de financiamiento, también se ha empleado para estudiar el costo de los instrumentos de financiamiento.

Henry Markowitz¹⁴ había tomado al rendimiento por el valor esperado de la rentabilidad de un instrumento financiero y al riesgo por la dispersión relativa de dicho rendimiento, suponiendo una distribución de frecuencias normal. Sobre la base de estos conceptos desarrolla su modelo de optimización de portafolios de inversión; por caso, busca hallar la combinación de activos financieros tal que, utilizando todo el presupuesto

¹⁴ MARKOWITZ, H. M. (1959): *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, John Wiley, Nueva York

de capital disponible y logrando al menos cierta tasa de rendimiento establecida *a priori*, minimice el riesgo del portafolio en cuestión.

Por su parte, William Sharpe¹⁵ desarrolló las ideas de Henry Markowitz añadiéndole nuevas dimensiones: el comportamiento de un instrumento financiero en relación con todo el mercado del que forma parte por un lado, y por otro lado la incidencia de la actitud del inversor frente al riesgo, suponiendo una teoría de la utilidad coherente para dicho inversor. Así, creó dicho modelo *Capital Assets Pricing Model (CAPM)*, o sea el Modelo de Valuación de Activos de Capital.

Según el mismo, el riesgo tendrá una porción sistemática propia de cada mercado y otra porción reducible mediante una adecuada diversificación. La relación entre el riesgo de un portafolio o instrumento individual *i* y el riesgo de todo el mercado se denomina coeficiente β_i . El mismo puede obtenerse empíricamente con un análisis de regresión lineal de estas variables. β equivale al coeficiente angular de la recta de regresión; indicará cuánto varía el instrumento respecto de la variación del mercado (con correlación positiva o en algunos casos negativa). Por su parte, el valor independiente r_f de la regresión es la tasa de rendimiento libre de riesgo que indicará el rendimiento mínimo atribuido *per se*, independientemente del rendimiento del mercado *m*.

El coeficiente β_i de un instrumento *i* puede considerarse como el resultado del cociente de la covarianza de ese instrumento y del mercado, respecto del mercado. Vale decir:

$$\beta_i = \text{Covarianza}(\bar{r}_i, \bar{r}_m) / \text{Varianza}(\bar{r}_m) \quad (2.16)$$

Los resultados esperados del portafolio de mercado por el CAPM serán:

$$R_{t+1} = r_f + \lambda [E_t \sigma_{(i)t+1}^2] + \varepsilon_{t+1} \quad (2.17)$$

donde:

R_{t+1} : es el rendimiento del portafolio de mercado

r_f : es la tasa de rendimiento libre de riesgo

λ : es el precio de mercado del riesgo, tomado como la diferencia del rendimiento del mercado en cuestión respecto del rendimiento libre de riesgo.

¹⁵ SHARPE, W. F. (1964) : "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance* IX, 9/1964, pp.156-168

$E_t \sigma_{(i)t+1}^2$: es el valor esperado para ese instrumento i de los efectos de λ , habitualmente llamado factor β_i .

En términos prácticos, suele exponerse de la siguiente manera:

$$R_{i(t+1)} \approx r_t + \beta_i (R_m - r_t) \quad (2.18)$$

donde:

$R_{i,m}$: es el rendimiento esperado del instrumento i o del mercado m

β_i : es el coeficiente arriba descrito, para el instrumento i

r_t : es el rendimiento mínimo esperado

Dada esa expectativa, puede observarse que el mejor pronóstico del exceso de rendimiento depende del mejor pronóstico de la varianza condicionada, donde se incorpora el subíndice t a E_t para subrayar el hecho que estas variables cambian a lo largo del tiempo:

$$E_t R_{t+1} - r_t = \lambda [E_t \sigma_{(i)t+1}^2] \quad (2.19)$$

El error de pronóstico condicionado será:

$$R_{t+1} - E_t R_{t+1} = \varepsilon_{t+1} \quad (2.20)$$

La varianza condicional del error de pronóstico será, por su parte:

$$E_t (R_{t+1} - E_t R_{t+1})^2 = E_t (\varepsilon_{t+1}^2) = E_t (\sigma_{t+1}^2) \quad (2.21)$$

Se supone que $\varepsilon_{t+1} \sim N(0, \sigma_{t+1}^2)$ y por tanto tiene una varianza que varía con el tiempo. Según el CAPM, el exceso de retorno esperado varía directamente en relación con la varianza, ya que a mayores errores de pronóstico hay mayor riesgo, y ello requiere una compensación como mayores rendimientos esperados.

La generalizada aceptación del modelo CAPM ha dado lugar a su empleo para evaluar no sólo el riesgo y rendimiento esperado de instrumentos individuales, sino también para la toma de decisiones sobre toda la estructura de financiamiento.

En principio, según lo visto en este punto, la β_i del endeudamiento de una empresa de la mejor calificación crediticia debería tender a 0, salvo en fases del mercado caracterizadas por turbulencias en las cotizaciones.¹⁶ En términos generales, la β_i de toda la estructura de financiamiento será la de sus componentes ponderados por su importancia relativa, a la manera del costo de capital enunciado en el Capítulo 2; por lo tanto, su expresión algebraica será la siguiente¹⁷:

$$\beta_F = \beta_{PN} \cdot \frac{PN}{F} + \beta_P \cdot \frac{P}{F} \quad (2.22)$$

donde:

β_F : el factor beta de toda la estructura de financiamiento F .

β_{PN} : el factor beta del patrimonio neto PN

β_P : el factor beta del endeudamiento P

¹⁶ BREALEY, R. A. y MYERS, S. C. (1991): *Principles of corporate finance*, Editorial McGraw-Hill, Nueva York. En la versión castellana (1993): *Fundamentos de Financiación Empresarial*, Editorial McGraw-Hill, Madrid, cap. 9, pp.228-229.

¹⁷ HAMADÁ, R. (1972): "The effect of the Firm's Capital Structure on the Systematic Risk of Common Stocks", *Journal of Finance*, vol.27, pp.435-452.

CAPÍTULO 3

LOS NUEVOS APORTES TEÓRICOS

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se expondrán los nuevos esquemas teóricos generales aportados para la evaluación de las decisiones de financiamiento, luego de situarlos en el contexto del estado del arte de las concepciones vigentes.

Primeramente se expondrán los aportes de tipo determinístico, referidos a relaciones causales en contextos de certeza. Luego, los aportes de tipo probabilístico, referidos al estudio estadístico de situaciones de riesgo mensurable.

2. EL ENFOQUE DETERMINÍSTICO

2.1. EL NUEVO ENFOQUE

El enfoque aportado en esta tesis toma elementos de los enfoques anteriormente mencionados. Desde el punto de vista externo a la empresa, toma los distintos rendimientos a diferentes niveles de riesgo que surgen del mercado financiero como variables *exógenas* determinadas independientemente de las decisiones que se puedan adoptar en el seno de una empresa. Sin embargo, considera que en ocasiones puede ser posible tomar decisiones de financiamiento que contribuyan a aprovechar esa realidad externa junto con las variables *endógenas* de una empresa para intentar optimizar el rendimiento de su patrimonio neto, con las restricciones antes mencionadas, lo que se fundamenta a continuación.

Al tomar como objetivo la maximización sustentable a largo plazo de la riqueza neta indicada por la tasa de ganancias o índice de rentabilidad, el concepto de costo de capital propio adquiere dos características. Por una parte, desde el punto de vista externo surge un nivel mínimo de tasa de ganancia en el mercado para que los accionistas acepten aportar fondos a una empresa dentro de su nivel de riesgo. Por otra parte, desde el punto de vista interno, la tasa de ganancia no es un parámetro fijo *a priori* sino el objetivo a maximizar a largo plazo, dentro de las restricciones aludidas.

Aquí puede emplearse la distinción clásica de Herbert A. Simon y James G. March¹ entre las variables reales y las variables percibidas. Aunque el mercado tienda a igualar los rendimientos en cierto plazo (*lag*) mediante operaciones de arbitraje, quienes toman decisiones de financiamiento suelen tener como aliciente fundamental para actuar percibir que pueden optimizar el equilibrio de riesgos y rendimientos respecto de la media del mercado, tomando a la tasa de ganancias como el resultado para maximizar a *posteriori*.

Asimismo, este enfoque toma en cuenta que la decisión de financiamiento puede resultar un proceso complejo donde intervienen diversas variables, no solamente cuantitativas como las mencionadas, sino también de naturaleza cualitativa, en especial el grado de influencia política por el poder de decisión que acarrea detentar una porción significativa del financiamiento de una organización.

Por lo tanto, el nuevo enfoque propuesto para determinar el costo de capital permite reflejar la posible influencia de diversos y cambiantes factores, mediante un tratamiento estadístico que no se reduce a una sola variable ni a suponer que su dispersión resulta constante.

2.2. VARIABLES CUANTITATIVAS

En lugar de basarse en las tres variables: $k_{(a)}$, $k_{(e)}$ y $k_{(i)}$, se aporta economía de variables planteando un esquema de análisis y decisión más general y basado en sólo dos variables.

Dentro de los diversos factores posibles, surge la cuestión fundamental consistente en determinar cuál es la principal variable cuantitativa indicadora del rendimiento empresarial con la cual debe compararse el costo del endeudamiento para optimizar la rentabilidad del patrimonio propio de la firma. En esta tesis se considera como tal al rendimiento operativo en relación con los activos de una empresa.

En la necesaria determinación de la importancia relativa de los distintos criterios, a fin de evitar ambigüedades en los términos clave², se sostiene que no es un factor interno entre otros, sino que es el factor cuantitativo interno más importante para una decisión racional acerca de qué costos de financiamiento puede absorber una

¹ MARCH, J.G., SIMON, H. A. (1961): *Organizations*, John Wiley & Sons, Nueva York. Existe versión castellana (1969): *Teoría de la Organización*, Ediciones Ariel, Barcelona

² SIMON, H. A.(1945): *Administrative Behavior*, Harper & Row, Nueva York. Consultada la versión castellana de (1984): *El comportamiento administrativo*, Aguilar S.A. de Ediciones, Buenos Aires, pp. 30-41.

firma en condiciones favorables. Esta concepción surge en forma empírica de la práctica profesional; en este capítulo se aporta su demostración lógico-algebraica, así como ejemplos ilustrativos.

El rendimiento operativo es el que arrojan las actividades que constituyen el objeto de la empresa, antes de considerar las actividades de capital (por ejemplo: la compra o venta de subsidiarias o de bienes de capital) y las actividades financieras (por ejemplo: el costo o rendimiento del financiamiento adicional).³

Esto es así porque el origen del rendimiento del capital propio (dividendos) y de terceros (intereses) se produce en las utilidades operativas. A manera de contraejemplo, si no existieran utilidades operativas, no habría ningún excedente que distribuir como dividendos, intereses ni tampoco como impuestos directos.

Ahora bien, para realizar una comparación de eficiencia debe tomarse el rendimiento operativo en forma relativa, es decir en cociente sobre el total de activos que le da origen. Esto es lo que se denominará en esta tesis el concepto de *UOA*, por rendimiento operativo del activo, o sea:

$$UOA = UO / A \quad (3.1)$$

donde:

UO: utilidad operativa

A : activos totales

Para el análisis a corto plazo, puede resultar más interesante estudiar la generación de fondos operativos en relación con los activos; entonces se obtiene el concepto de *FOA*, por flujo de fondos operativos del activo, o sea:

$$FOA = FO / A \quad (3.2)$$

donde:

FO: flujo de fondos operativo

El flujo de fondos operativos se obtiene considerando los ingresos y egresos antes de restarles intereses e impuestos directos, tomando en cuenta que existen costos no erogables, tales como las amortizaciones y depreciaciones contables.⁴

³ Resulta de uso corriente la expresión análoga en inglés *EBIT* (*earnings before interests and taxes*).

⁴ En este caso, una aproximación de uso corriente en inglés es *EBITDA* (*earnings before interest, taxes, depreciation and amortization*); a la cual hay que añadir el efecto de los distintos plazos de los ingresos y egresos.

Desde el punto de vista de la Economía, suelen formularse hipótesis sobre el equilibrio general del mercado financiero y la tasa de interés resultante, tal como se mencionó en el Capítulo 1.

Sin embargo, desde el punto de vista de la Administración Financiera la validez de tales generalizaciones resulta más limitada. Esto resulta particularmente notable en el caso de la administración del financiamiento, donde puede operarse en ocasiones para lograr mayor eficiencia, incidiendo en la relación fundamental entre la UOA y el costo del endeudamiento.

Respecto de la UOA, esto puede lograrse arbitrando medios para aumentar las utilidades o bien para reducir los activos necesarios. Respecto del costo del financiamiento, buscando acceder a segmentos del mercado financiero de menores costos y mayor liquidez, en los casos donde no se verifica un mercado eficiente.

Ahora bien, cabe señalar que los enfoques anteriormente expuestos de Solomon y de Modigliani-Miller se basan en el supuesto que en toda ocasión una empresa puede obtener un costo de endeudamiento $k_{(i)}$ inferior a su costo de capital $k_{(o)}$.

En cambio, el esquema conceptual propuesto es más general, ya que permite levantar el supuesto de la existencia de una tasa de costo de capital de terceros siempre inferior al costo de capital y al costo de capital propio, tal como lo ilustra la Figura 1 del capítulo anterior.

Por lo tanto, admite la existencia de diversas posibilidades en el caso de una empresa en particular y en una coyuntura dada.

Estas elaboraciones se conciben con el sentido común que surge de la práctica de la Administración Financiera. A continuación, el criterio cuantitativo fundamental para las decisiones de financiamiento se reafirma incluyendo su demostración de manera algebraica.

Hipótesis 1

El criterio cuantitativo fundamental para las decisiones de financiamiento consiste en que la rentabilidad aumenta cuando el rendimiento operativo del activo es superior al costo del endeudamiento.

Demostración

Se ha definido a la tasa de ganancias como el cociente entre la utilidad neta sobre el patrimonio neto. Si el numerador se expresa como la diferencia entre el resultado operativo y el costo del endeudamiento, se obtiene la siguiente expresión:

$$g = \frac{UN}{PN} = \frac{UO - k(i) \cdot P}{PN} \quad (3.3)$$

donde:

g : tasa de ganancia o rentabilidad

UN : utilidad neta final

PN : patrimonio neto, o recursos propios de una organización

UO : utilidad operativa que brindan las actividades que son el objetivo central de una firma, antes de considerar los efectos de las actividades de capital y financieras

$k(i)$: tasa de costo del endeudamiento, que abarca intereses y todo costo directo asociado a contraer pasivos

P : pasivo, o toda forma de endeudamiento de fuentes externas a una organización.

Dada la igualdad básica del activo al pasivo más el patrimonio neto, y dado que la utilidad operativa fue definida por la siguiente expresión:

$$UO = UOA \cdot A \quad (3.4)$$

donde:

UOA : utilidad operativa dividida por los activos de una firma

A : activos de una firma

Entonces puede sustituirse en la expresión anterior así:

$$g = \frac{UOA(PN + P) - k(i) \cdot P}{PN} = \frac{UOA \cdot PN + UOA \cdot P - k(i) \cdot P}{PN} \quad (3.5)$$

Simplificando, se obtiene la siguiente expresión de la rentabilidad:

$$g = UOA + (UOA - k(i)) \cdot \frac{P}{PN} \quad (3.6)$$

A continuación se desarrolla el estudio de las consecuencias de esta concepción, partiendo del objetivo a optimizar para toda empresa con fines de lucro que es la tasa de ganancia sobre su patrimonio neto. Queda manifestado que dicha rentabilidad tiene una serie de limitaciones: debe ser sustentable a largo plazo, considerar los derechos de los participantes en la actividad empresarial (funcionarios, clientes, proveedores, etc.), respetar el contexto legal, ético, social y ambiental, y otras circunstancias que resulten razonables; pero ello no quita que las empresas lucrativas buscan por definición maximizar su rentabilidad.

Pese a que la Proposición I de Modigliani y Miller postula que el costo del financiamiento es similar cualesquiera sean los grados de endeudamiento asumido, dada la compleja interrelación de factores intervinientes, es evidente que esta visión es apta solamente para uno de los casos posibles, si bien muy importante: el de la actuación de grandes empresas, con amplio poder de negociación y acceso a todo tipo de mercado financiero, operando en un ámbito eficiente, esto es en un mercado con amplia liquidez, bajos costos de transacción e información cristalina, dentro de una fase relativamente estable del ciclo económico.

En cambio, esa relación puede no verificarse en los casos de mercados de capitales ineficientes, de empresas de menor poder de negociación y acceso a mercados financieros, y de etapas especiales de la evolución de los negocios cuando los costos del endeudamiento resultan superiores a las posibilidades de lograr rendimientos de los recursos activos.

Por lo tanto, es necesario plantear los tres casos posibles: que su costo de endeudamiento resulte inferior, superior o igual al rendimiento operativo del activo. A continuación, se expone sistemáticamente el efecto del financiamiento sobre la rentabilidad del patrimonio neto en los tres casos mencionados en función al grado de endeudamiento asumido.

Caso 1°) El rendimiento operativo de los activos es igual al costo del endeudamiento

En primer lugar, si no existe endeudamiento, el segundo sumando es nulo y entonces la rentabilidad de la empresa coincide con el rendimiento operativo de su activo; lo mismo ocurriría si existe un pasivo y su costo es exactamente igual al rendimiento operativo del activo, tal como postulan Modigliani y Miller en su Proposición I llevando a ultranza el supuesto del arbitraje perfecto en un mercado eficiente. Expresado en forma algebraica:

$$[UOA - k(i)] = 0 \quad \text{sii} \quad UOA = k(i) \quad (3.7)$$

En este caso, el cociente de dos magnitudes iguales dará una relación de 1 a 1. Se observa que la influencia del endeudamiento sobre la tasa de ganancia es nula; es decir, que aunque se reduzca o aumente el pasivo en proporción a la financiación con recursos propios, la tasa de ganancias no se altera.

En el gráfico de la *Figura 1*, definiendo a la tasa de ganancias como el cociente entre las utilidades netas finales sobre el patrimonio neto, y al nivel de endeudamiento como el cociente entre el pasivo total y el patrimonio neto total, se obtiene lo siguiente:

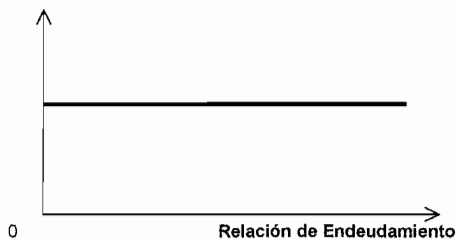
Tasa de ganancia

Figura 1: Rendimiento operativo de activos igual que el costo de endeudamiento

Se advierte que el rendimiento del capital propio resulta constante e indiferente al nivel de endeudamiento, representado por una paralela al eje cartesiano respectivo, por el motivo que se supone que confluyen en un mismo nivel el rendimiento operativo de los activos empresarios y el costo del endeudamiento. Por lo tanto, también tendrá ese mismo nivel el rendimiento del capital propio.

Caso 2º) El rendimiento operativo de los activos es superior al costo del endeudamiento

Para aumentar la rentabilidad, el segundo sumando debe ser positivo; por lo tanto, el rendimiento operativo del activo debe superar al costo del pasivo, o sea:

$$[UOA - k(i)] > 0 \quad \text{sii} \quad UOA > k(i) \quad (3.8)$$

En este caso, la tasa de ganancia crece a medida que aumenta el endeudamiento. La variación de la tasa de ganancias se produce a un ritmo lento; debe llegarse a los tramos más altos del endeudamiento con relación al patrimonio neto para que la misma crezca rápidamente, como puede observarse en la *Figura 2*.

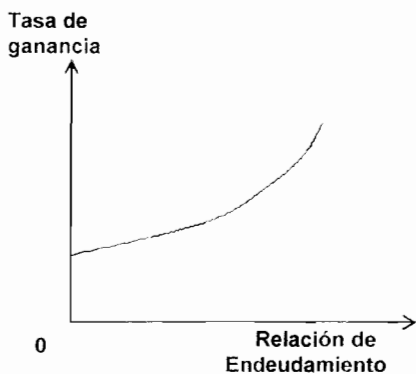


Figura 2: Rendimiento operativo de activos mayor que el costo de endeudamiento

Este es el único caso tratado por Ezra Solomon en la visión tradicional y también es el caso planteado como postulado en la Proposición II de Modigliani y Miller; pero en esta tesis se considera que este caso particular no tiene por qué suponerse como el único de validez universal.

¿Por qué adoptaron el fuerte supuesto de una tasa de rendimiento propia siempre mayor que el costo del endeudamiento? Este es sólo uno de los casos posibles; el costo del endeudamiento podría resultar igual o mayor en otros momentos. Una posible explicación puede inferirse de una observación de Miller, cuando recordaba que en la época del primer artículo el costo del endeudamiento oscilaba entre el 3% y el 5%, mientras que el rendimiento de las acciones ordinarias lo hacía entre el 15% y el 20%.⁵

No obstante, tales condiciones son evidentemente circunstanciales y por lo tanto no deberían adoptarse como un supuesto para una teoría general del financiamiento.

⁵ MILLER, M.H. (1988); MILLER, M.H. (1988): "The Modigliani-Miller Propositions after thirty years", *Journal of American Perspectives*. Otoño de 1988; con una versión reproducida en *Journal of Applied Corporate Finance*, 1988, pág. 7

Caso 3º) El rendimiento operativo de los activos es inferior al costo del endeudamiento

Finalmente, si el segundo sumando es negativo, entonces la rentabilidad neta es menor, pudiendo llegar a resultar negativa. Esto se verificará en general toda vez que el rendimiento operativo resulte inferior al costo del pasivo, o sea:

$$[UOA - k(i)] < 0 \quad \text{sii} \quad UOA < k(i) \quad (3.9)$$

En este caso, puede observarse en la *Figura 3* que a mayor endeudamiento, menor resulta la tasa de ganancia; en efecto, ésta disminuye rápidamente y penetra en la zona de pérdida.

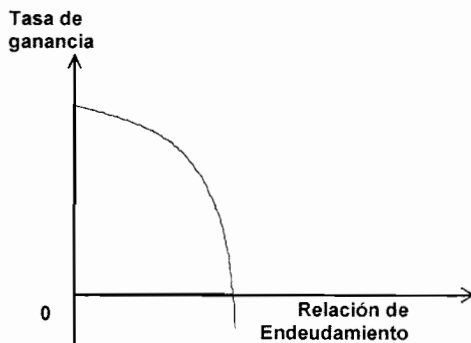


Figura 3: Rendimiento operativo de activos menor que el costo de endeudamiento

De manera que es difícil acceder al efecto palanca de financiamiento en grado tal como para incrementar muy significativamente la tasa de ganancias al aumentar el endeudamiento; sin embargo, ya desde los primeros tramos del mismo, las

consecuencias de un costo promedio del endeudamiento mayor que el rendimiento promedio de los recursos activos muestra una gran sensibilidad en el deterioro de los resultados económicos de una empresa.

Los dos casos anteriores pueden considerarse casos particulares del nuevo esquema conceptual propuesto, que resulta por lo tanto más general que las concepciones de los autores mencionados. En cambio, ellos no consideran este tercer caso, que también resulta posible para ciertas empresas, contextos y coyunturas del mercado.

El mismo adquiere significación ya que constituye un indicador de primera línea acerca de la necesidad de actuar en la estrategia empresarial de inmediato, dado la rápida incidencia sobre la rentabilidad y la liquidez inmediata, así como sobre la solvencia mediata. Esto se implementará arbitrando los medios para intentar obtener una estructura de financiamiento menos onerosa, así como también para intentar optimizar el rendimiento operativo sobre los activos que resulten necesarios.

A continuación, a manera de ejemplo ilustrativo de lo antedicho, se expone un caso donde los mayores pasivos pueden reemplazar al patrimonio neto y los activos totales permanecen constantes. Debe computarse el rendimiento promedio de los activos en relación con el costo promedio de los pasivos para satisfacer el criterio básico de decisión, que el costo promedio de los pasivos no supere el rendimiento promedio de los activos, a fin de no reducir la tasa de rentabilidad hasta penetrar el umbral de la zona de pérdidas netas.

Suponiendo una empresa con activos por \$1.000.000 con UOA del 15%, su utilidad operativa inicial será el producto de ambos en \$150.000. Luego, el costo del endeudamiento $k(i)$ surge como el cociente entre los intereses acumulados y la deuda acumulada, como puede apreciarse en la *Tabla 1*.

ETAPAS	TRAMOS DE DEUDA	DEUDA ACUMULADA	COSTO DEL TRAMO	INTERESES DEL TRAMO	INTERESES ACUMULADOS	$k(i)$
A	\$ 200.000	\$ 200.000	12%	\$ 24.000	\$ 24.000	12,00%
B	\$ 200.000	\$ 400.000	15%	\$ 30.000	\$ 54.000	13,50%
C	\$ 200.000	\$ 600.000	20%	\$ 40.000	\$ 94.000	15,67%
D	\$ 200.000	\$ 800.000	30%	\$ 60.000	\$ 154.000	19,25%

Tabla 1. Ejemplo de costo del endeudamiento creciente

Puede evaluarse el efecto sobre la rentabilidad final de reemplazar parte del patrimonio neto inicial de \$1.000.000 por sucesivos tramos acumulativos de endeudamiento a las tasas crecientes exhibidas. El costo final del endeudamiento $k(i)$ se obtiene dividiendo los intereses acumulados por la deuda acumulada.

De esta manera, puede visualizarse el efecto sobre la rentabilidad final del patrimonio neto residual en la Tabla 2.

ETAPAS	ACTIVO TOTAL	PASIVO TOTAL	PATRIMONIO	$k(i)$	INTERESES	GANANCIA	RENTABILIDAD
caso inicial	\$ 1.000.000	\$ 0	\$ 1.000.000	0,00%	\$ 0	\$ 150.000	15,00%
A	\$ 1.000.000	\$ 200.000	\$ 800.000	12,00%	\$ 24.000	\$ 126.000	15,75%
B	\$ 1.000.000	\$ 400.000	\$ 600.000	13,50%	\$ 54.000	\$ 96.000	16,00%
C	\$ 1.000.000	\$ 600.000	\$ 400.000	15,67%	\$ 94.000	\$ 56.000	14,00%
D	\$ 1.000.000	\$ 800.000	\$ 200.000	19,25%	\$ 154.000	-\$ 4.000	-2,00%

Tabla 2: Ejemplo de rentabilidad según el nivel de endeudamiento

En este caso, a pesar de incorporar en la etapa B un tramo de endeudamiento de costo incremental igual al rendimiento de activos del 15%, la rentabilidad continúa creciendo hasta el 16%, porque el costo promedio del endeudamiento permanece aún más bajo que el rendimiento de activos ($13,50\% < 15\%$). En cambio, en la etapa C el costo promedio del endeudamiento supera al rendimiento de activos ($15,67\% > 15\%$) y la rentabilidad comienza a caer rápidamente, hasta ingresar en la zona de pérdidas en la etapa D cuando k_{ij} alcanza un valor del 19,25%.

2.3- LOS FACTORES CUALITATIVOS

Como base central de los nuevos esquemas propuestos se encuentra la complejidad en la naturaleza de la decisión de financiamiento, en la cual pueden intervenir diversos factores cuantitativos y cualitativos. El grado de variabilidad de los mismos no es constante, sino que puede ser en sí mismo una variable; además, pueden existir efectos de retroalimentación ante la aparición de importantes noticias originadas en factores internos o externos a las empresas.

El análisis de la exacta incidencia de esos atributos endógenos o bien exógenos excede los alcances de este trabajo, ya que deberán calibrarse para cada

contexto y cada circunstancia; pero se ha de reseñar algunos de los factores que se han mencionado por su incidencia en la toma de decisiones sobre el financiamiento, haciendo hincapié en el factor político.

Ciertos autores han intentado hacer notar la importancia del siguiente factor: los costos de concursos y quiebras⁶. El porcentaje esperado de costos de bancarrota sería uno de los factores que limitaría el excesivo endeudamiento, por el riesgo y los mayores costos directos e indirectos.

Pero esto no puede explicar por sí solo una decisión de ese tipo de carácter universal, ya que las legislaciones comparadas en materia concursal asignan riesgos comerciales y eventualmente penales muy distintos y cambiantes en los diversos países. Es uno más de los factores que inciden en las decisiones de financiamiento, pero no debería resultar determinante en una teoría general.

También se ha puesto de manifiesto la importancia que puede revestir la información asimétrica⁷ y la interacción entre ciertas inversiones y la estructura financiera.⁸

Un tema recurrente desde los trabajos pioneros ya tradicionales de Herbert Simon⁹ es que la maximización es difícil de lograr en el complejo e interactivo mundo social en que se desenvuelven las firmas. Por lo tanto, recalca que el objetivo muchas veces consiste en lograr un nivel satisfactorio en relación con parámetros percibidos en otras firmas del mercado y no en una maximización abstracta.

Otros autores, como Gordon Donaldson, han analizado que la maximización de la riqueza a disposición de una firma y su crecimiento no siempre coincide exactamente con la maximización de la riqueza a disposición de cada accionista. Se suele poner énfasis en factores de supervivencia y de poder.¹⁰

Esta limitación a la definición básica ha sido estudiada por Michael C. Jensen y William H. Meckling¹¹ dando lugar al análisis teórico respectivo. Es ésta la denominada Teoría de la Agencia, que estudia los posibles conflictos de intereses entre los

⁶ Por ejemplo: BAXTER, N. (1967): "Leverage, risk of ruins and the cost of capital", *Journal of Finance*, vol. 22, pp.135-152 y WARNER, J. (1977): "Bankruptcy costs: some evidence", *Journal of Finance*, vol. 32, pp. 85-99

⁷ Por ejemplo: STIGLITZ, J. (1974): "On the irrelevance of corporate financial policy", *American Economic Review*, vol.74, pp. 292-298, y BEBCZUK, R.N. (2000): *Información asimétrica en mercados financieros*, Cambridge University Press, Madrid.

⁸ En especial, para mercados emergentes y empresas pequeñas y medianas, donde el mercado financiero lejos de resultar eficiente suele presentar marcada segmentación.

⁹ SIMON, H. (1960): *El comportamiento administrativo*, Ed. McGraw-Hill, Nueva York.

¹⁰ DONALDSON, G. (1961): *Corporate Debt Capacity*, Graduate School of Business Administration, Harvard University, Boston.

¹¹ JENSEN, M.C. y MECKLING, W.H. (1976): "Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs and Ownership Structure", *Journal of Financial Economics*, vol.1, pp. 76-89.

accionistas (el principal) y los administradores profesionales (el agente) en quienes aquéllos delegan parte de la toma de decisiones.

A fin de asegurar que el objetivo financiero de la empresa sea optimizar el valor actual neto esperado de sus flujos de fondos futuros, maximizando su riqueza, deben incurrir en riesgos y en costos de agencia en concepto de incentivos remuneratorios, de gastos de control y de lo más inasible pero más importante: el costo de oportunidad de no llevar adelante nuevas actividades promisorias. Un adecuado equilibrio negociado (*trade off*) entre estos riesgos y costos debería tomarse en cuenta al evaluar la maximización del valor de mercado de la empresa.

Uno de los casos típicos de esta teoría es la preferencia de los directivos de las grandes firmas por financiarse con capital propio de las mismas, mientras que sus accionistas suelen preferir comenzar por el financiamiento con terceros. Esto se debe a la usual restricción de capital, a la posible dilución del poder de voto en las asambleas y al mejor control del desempeño de los ejecutivos; la mayor deuda dificulta incurrir en ineficiencias en la aplicación de fondos, como admite el mismo Merton H. Miller.¹²

En suma, las razones para la preferencia por el endeudamiento en desmedro de mayores aportes de patrimonio neto se vinculan con una compleja diversidad de causas, tales como la presión al *management* por parte de los accionistas para optimizar el empleo de recursos, las limitaciones que suelen tener lugar para conseguir financiación a riesgo (sobre todo en las fases contractivas del ciclo económico) y en especial por las implicancias políticas sobre quién toma mayor poder de decisión en una empresa sobre la base de la proporción del capital detentado, que se diluiría en caso de una importante ampliación de capital.

3. EL ENFOQUE PROBABILÍSTICO

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA HIPÓTESIS DEL MERCADO EFICIENTE

Según el criterio determinístico tradicional para la valuación de instrumentos de financiamiento, consistente en comparar su rendimiento esperado con una tasa de rendimiento alternativo de bajo riesgo, a menudo denominada *tasa de corte*, se evalúa el valor actual de la sumatoria esperada de flujos de fondos futuros. Dicha suma estará

¹² MILLER, M.H.(1988): *Op. cit.* pag. 14.

compuesta por intereses, dividendos, amortizaciones de capital, y los conceptos que correspondan en cada caso. Este criterio tradicional puede expresarse de la siguiente manera:

$$C = \sum_{n=1}^k F(n) \cdot (1+r)^{-n} \quad (3.10)$$

donde:

C : capital actual o cotización de equilibrio del instrumento financiero

r : tasa de corte

$F(n)$: flujo de fondos a ingresar en el período (n)

n : número de períodos, tal que: $1 \leq n \leq k$

Sin embargo, en la práctica el rendimiento de un instrumento financiero suele estar sujeto a cierto nivel de riesgo, lo cual ha dado lugar al estudio estadístico del mismo. A fin de fundamentar el modelo probabilístico propuesto para las decisiones de financiamiento, a continuación se enuncian las bases pertinentes del mismo.

Se ha planteado como hipótesis la inoperancia de los pronósticos individuales sobre los precios de los instrumentos financieros, dada la gran magnitud de información que incide sobre los millones de participantes y sus interrelaciones, en un mercado de capitales desarrollado, con gran liquidez y transparencia. A esto se ha denominado la HME, que es el fundamento de desarrollos posteriores, a partir del cual se han realizado diversas formalizaciones; los antecedentes y la base probabilística de la misma se mencionan en el Anexo 1.

En el capítulo anterior quedó establecido que la HME es el supuesto básico de modelos que atañen a las decisiones de financiamiento como son las Proposiciones de Modigliani-Miller, del modelo CAPM de William Sharpe y en general es la base econométrica de numerosos desarrollos en materia financiera.

En ellas se plantea el supuesto de la imposibilidad de todo arbitraje ulterior; por ello, postula que resulta imposible lograr una fuente de financiamiento a menor costo con el mismo nivel de riesgo. El mercado equilibra automáticamente los riesgos y rendimientos a través de la oscilación de las cotizaciones. Esto es especialmente notorio

en la Proposición I, en la cual se supone que el mercado equilibra tanto las variantes endógenas como las exógenas que afectan el financiamiento de una empresa.

La HME se ha incorporado a modelos econométricos lineales para la valuación del rendimiento de los instrumentos financieros. Supone que las rentabilidades pasadas no influyen sobre las presentes, ya que la información en forma continua pasa de inmediato a los nuevos precios sin un desfase temporal (*lag*) computable.

Por lo tanto, las cotizaciones v_t tienen una variación que resulta del valor anterior más un *shock* aleatorio, conformando un proceso autorregresivo de camino aleatorio (*random walk*). Esa variación de cotizaciones o rendimiento es expresable suavizando la serie con su logaritmo natural, facilitando así el tratamiento metodológico posterior. Entonces, se obtiene que:

$$\ln v_t = \ln v_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.11)$$

Se basa en los siguientes supuestos:

- 1) el rendimiento es un proceso aleatorio
- 2) las variables son incorrelacionadas
- 3) la distribución de las variables aleatorias es normal
- 4) la varianza es finita y constante

Se puede aplicar aquí la propiedad de intercambiabilidad, definida por De Finetti¹³ dentro de la teoría subjetiva de la probabilidad: si se cambia el orden temporal de las variables aleatorias, el resultado del proceso no varía. Sin embargo, estas probabilidades no suelen atribuirse a las expectativas subjetivas de los operadores sino a una característica objetiva del mercado financiero.

En términos pragmáticos, cuando se trata de mercados de gran liquidez, fluida información y bajos costos de transacción, se dice que son mercados eficientes. No obstante, esta concepción teórica es aplicable solamente en fases normales del ciclo económico, en las que el equilibrio se mantiene dentro de ciertos límites de oscilación.

Es de destacar la tautología en que se incurre al afirmar que esta teoría sólo se aplica a mercados eficientes y que tales mercados eficientes son los que mantienen un comportamiento adecuado a dichos supuestos. La base empírica disponible muestra que puede existir un componente tendencial coherentemente alcista o bajista

¹³ DE FINETTI, B. (1974): *Theory of Probability*-John Wiley & Sons-London, capítulo 11.

en ciertas ocasiones, o bien mercados de comportamiento caótico con riesgos desproporcionados en relación con los beneficios esperados; también pueden verificarse ciclos y oscilaciones en los valores e interrelaciones, los que en ocasiones suelen ser sumamente bruscos.¹⁴

Según la HME, cuando ingresa nueva información, se generan nuevas variables aleatorias. Esa información ingresa en forma continua y se transfiere instantáneamente a los precios (sin lag). Todas esas variables aleatorias tienen la misma distribución de probabilidades; por lo tanto, las varianzas son constantes en el tiempo.

Dichas variables aleatorias tienen distribución normal; las opiniones de los operadores son variables aleatorias independientes, de varianza finita. Dada la independencia de las variables aleatorias, la varianza es constante y todas las autocovarianzas de orden distinto que 0 son nulas.

Entonces, la HME es una interpretación del problema financiero: existen infinitas causas (*shocks* aleatorios) que se desconocen; hay una combinación de infinitas variables aleatorias. En este caso es un ruido blanco normal (*white noise*, normal) pues las variables aleatorias que integran el proceso tienen distribución normal. Formalmente, las condiciones del ruido blanco normal son las siguientes:

$$E(\varepsilon_t) = 0 \quad (3.12)$$

$$\sigma^2(\varepsilon_t) = \sigma_c^2 < \infty$$

$$\gamma(\varepsilon_t, \varepsilon_j) = 0 \quad (j \neq 0)$$

donde:

γ : covarianzas; como las autocovarianzas son independientes del tiempo, la relación entre las variables depende de la distancia que las separa, pero no del momento temporal.

La HME resultó un primer paso necesario para permitir reconocidos avances en el campo de las finanzas mediante el empleo de técnicas estadísticas bajo el supuesto del comportamiento aleatorio de las variaciones en las cotizaciones de los

¹⁴ Por ejemplo, en: PETERS, EDGAR (1991) : *Chaos and order in the Capital Markets*, John Wiley & Sons, Nueva York, y: VAGA, TONIS (1994) : *Profiting from chaos*, McGraw Hill, Nueva York.

instrumentos financieros en un mercado eficiente; pero las decisiones de financiamiento pueden resultar de naturaleza más compleja, ya que suelen tomar en cuenta una diversidad de circunstancias además de esa oscilación aleatoria.

En esta tesis, se aporta la formalización de la noción que la decisión de financiamiento puede llegar a tomar en cuenta múltiples factores cuantitativos y cualitativos de cambiante sensibilidad, además de esa oscilación en las cotizaciones de los instrumentos financieros. Por lo tanto, dicha toma de decisiones debería basarse en modelos que puedan incluir diversos atributos y donde la varianza de los mismos a su vez pueda resultar una variable.

Por lo tanto, se considera que las teorías sobre el financiamiento deberían basarse en modelos que permitan computar la incidencia de diversos factores para reflejar dicha complejidad, además del rendimiento esperado en un momento dado, y sin considerar al riesgo de volatilidad como una constante sino como una variable. En consecuencia, se incluirá en la nueva propuesta para su estudio probabilístico la condición de heteroscedasticidad y los modelos multiatributo.

3.2 - LA VARIABILIDAD DE LA VARIANZA DEL MERCADO

Un caso de aplicación del concepto de heteroscedasticidad condicionada y de modelos no lineales lo constituyen los modelos ARCH Y GARCH simples. Se trata de modelos de heteroscedasticidad condicionada autorregresiva. Son métodos flexibles para modelizar varianzas y covarianzas condicionadas que varían en el tiempo; suponen que las percepciones futuras del riesgo dependen de las previas. Son autorregresivos en el segundo momento de la distribución.

Dentro de la amplia gama de variantes producidas dentro de esta línea, el modelo GARCH-M, o sea GARCH en la media, creado por Engle, Lilien y Robins (1987), introduce un término independiente variable en el tiempo y la varianza condicional sigue un proceso ARCH. El mismo puede emplearse para estimar la influencia de algún factor no lineal de un modelo multivariante, como la respuesta de las expectativas de los operadores *ex-post-facto* sobre la volatilidad futura por *shocks* informativos que causan una prima de riesgo cuya estimación puede variar.

Los modelos ARCH-M y GARCH-M suponen que los retornos esperados dependen de las percepciones del riesgo de los inversores. La prima de riesgo, y luego el retorno de equilibrio, puede variar en el tiempo. Dado que los mercados se

caracterizan por períodos de turbulencia y de tranquilidad, o sea por grandes errores de predicción seguidos por pequeños y viceversa, habría persistencia en la varianza de los errores de pronóstico.

El modelo ARCH toma la memoria de un período. La varianza será:

$$\sigma^2 = w/(1 - \alpha_1) \quad (3.13)$$

El modelo GARCH lo generaliza añadiendo rezagos de ε_{t-j}^2 . Entonces, la varianza será:

$$\sigma^2 = w/[1 - (\alpha_1 + \alpha_2)] \quad (3.14)$$

$$\sigma^2 = w + \alpha_1 \varepsilon_t^2 + \alpha_2 \sigma_t^2$$

Como se detalla más adelante, esto es así para un grado de persistencia $(\alpha_1 + \alpha_2) < 1$. Pero si $(\alpha_1 + \alpha_2)$ se acerca a 1, un shock en el momento t persistirá por muchos períodos futuros. Si $(\alpha_1 + \alpha_2) = 1$, entonces cualquier shock conduce a un cambio permanente de todos los valores futuros de σ_{t+j}^2 ; se aplicaría el IGARCH, o sea el proceso GARCH integrado.

Por ejemplo, puede tomarse un proceso GARCH(1,1)

$$y_{t+1} = \psi_0 + \psi_1 \sigma_{t+1}^2 + \psi_2 z_{1t} + \varepsilon_{t+1} \quad (3.15)$$

$$\sigma_{t+1}^2 = w + \alpha_1 \varepsilon_t^2 + \alpha_2 \sigma_t^2 + \gamma z_{2t}$$

Las variables z_{1t} podrían ser de tipo macroeconómico, de rendimiento de dividendos, etc. Por su parte, en las variables z_{2t} podrían influir en las percepciones de los inversores sobre la volatilidad futura, por nueva información arribando al mercado, los días que el mercado está abierto, etc. Los modelos ARCH y las covarianzas serán de la forma:

$$y_{mt+1} = \psi_0 + \psi_1 \sigma_{(mt+1)}^2 + \varepsilon_{mt+1} \quad (3.16)$$

$$\sigma_{(1m)t+1}^2 = w + \alpha_1 [\varepsilon_{1t} \varepsilon_{mt}] + \alpha_2 \sigma_{(1m)t}^2$$

R. Y. Chou ¹⁵ utiliza un modelo $GARCH(1,1)$ para describir el pasaje temporal de la varianza condicionada, en el cual la varianza condicionada en $(t+1)$ es un promedio ponderado de las varianzas σ_t^2 de los últimos períodos y el error de pronóstico elevado al cuadrado ε_t^2 , o sea:

$$\sigma_{t+1}^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t+1}^2 + \alpha_2 \sigma_t^2 \quad (3.17)$$

El modelo $GARCH(1,1)$ es una forma de tomar en cuenta las expectativas adaptativas en el segundo momento de la distribución. La mejor estimación de σ^2 en el momento t (o sea: $E_t \sigma_{t+1}^2$), esto es el valor esperado de la varianza en el momento $t+1$, será:

$$E_t \sigma_{t+1}^2 = \alpha_0 + (\alpha_1 + \alpha_2) \sigma_t^2 \quad (3.18)$$

La varianza condicionada para todos los períodos futuros $t+s$, será entonces:

$$E_t \sigma_{t+s}^2 = \frac{\alpha_0 [1 - (\alpha_1 + \alpha_2)^s]}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2)} + (\alpha_1 + \alpha_2)^s \sigma_t^2 \quad (3.19)$$

Por definición, los α_i deben ser no negativos, para que la varianza condicionada sea siempre no negativa. Existen entonces tres casos posibles, considerando que $(\alpha_1 + \alpha_2)$ mide el grado de persistencia en dicha varianza condicionada:

a) Si $(\alpha_1 + \alpha_2) = 1$, entonces un cambio en la varianza actual σ_t^2 tiene un efecto uno a uno sobre todas las expectativas futuras.

b) Si $(\alpha_1 + \alpha_2) < 1$, entonces la influencia de σ_t^2 sobre $E_t \sigma_{t-s}^2$ se va extinguiendo exponencialmente

¹⁵ CHOU, R.Y. (1988): "Volatility Persistence and Stock Valuations: Some Empirical Evidence using GARCH", Journal of Applied Econometrics, cap. 17.

c) Si fuera $(\alpha_1 + \alpha_2) > 1$, entonces la varianza incondicionada $[\alpha_0 / [1 - (\alpha_1 + \alpha_2)]]$ no estaría definida y existiría una serie no estacionaria de variación en la varianza condicional.

Chou¹⁶ halló que la estimación del precio de mercado del riesgo λ sobre varios periodos podría considerarse estadísticamente insignificante. Por su parte, el valor $(\alpha_1 + \alpha_2)$ sería muy estable en varios periodos en alrededor de 0.98, lo cual indica una sustancial persistencia en la varianza condicionada; cuando se verifica que $(\alpha_1 + \alpha_2)$ es igual a la unidad, entonces los precios de las acciones se mueven fuertemente en relación con la varianza.

En suma, los rendimientos de equilibrio de los instrumentos financieros pueden estar influidos por las cambiantes percepciones del riesgo de los operadores, por lo cual estos modelos resultan un progreso respecto del supuesto de rendimientos de equilibrio constantes.

3.3- LA MULTIPLICIDAD DE ATRIBUTOS

Tomando en cuenta los fundamentos probabilísticos enunciados en los puntos anteriores, puede plantearse ahora otro esquema que servirá de base como el nuevo modelo propuesto para evaluar el costo del financiamiento en condiciones de riesgo.

Para la llamada Teoría de Precios de Arbitraje o APT (siglas de *Arbitrage Price Theory*) creada por Stephen Ross¹⁷, el rendimiento real de un instrumento será su rendimiento esperado más un elemento inesperado. Dicho elemento contiene una parte sistemática, que está vinculada con los riesgos de mercado en su conjunto, y una idiosincrática, que es el vinculado con ese instrumento específicamente.

Este último riesgo idiosincrático puede reducirse mediante la diversificación en un vasto portafolio de instrumentos, especialmente si dichos instrumentos son independientes (o sea que supone que su covarianza es nula). A diferencia de los modelos con condiciones de homoscedasticidad, la condición de heteroscedasticidad indica que la varianza es a su vez variable en determinado proceso.

¹⁶ CHOU, R.Y. (1988): *op. cit.*

¹⁷ ROSS, S. (1976): "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing", *Journal of Economic Theory*, 13/76, pp.146-154.

A simple título enunciativo, los cambios en las percepciones de los decisores susceptibles de causar fuertes movimientos en los precios de los títulos han sido estudiados, por ejemplo, con el Modelo de J. M. Poterba y L. H. Summers (1988) en "Mean Reversion in Stock Prices: Evidence and Implications" (*Journal of Financial Economics*)¹⁸. Estudiando el portafolio de mercado según el índice *Standard & Poor's* de la Bolsa de Nueva York (NYSE) durante el período 1928/1984, llegan a la conclusión que un incremento del 50% en la volatilidad deprime el precio de las acciones por sólo un 0,7%, lo cual resulta demasiado bajo como para explicar los fuertes movimientos observados en los precios de las acciones.

En otro ejemplo, A. H. Landro y M. L. González¹⁹ han hallado, durante el período enero 1983/octubre 1995, que la relación entre la prima de riesgo esperada y las volatilidades esperada y no esperada para el índice *Standard & Poor's* de acciones de la Bolsa de Nueva York muestra valores mucho más pequeños que los correspondientes al Índice General de la Bolsa de Comercio de Buenos Aires para igual período.

En comparación con el CAPM, para la APT no existe un único riesgo sistemático, que no es diversificable sino propio de cada instrumento en relación con todo el mercado que compone, además del riesgo diversificable o idiosincrásico. Con un criterio más general, la APT puede reflejar la incidencia de varios tipos de riesgos sistemáticos como la influencia del contexto macroeconómico, la evolución de la tasa de interés, el ritmo de crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI), el nivel de inflación, el nivel del desempleo, y otros factores de riesgo y rendimiento, los cuales deben ser investigados en cada caso. Cada instrumento financiero tiene una sensibilidad peculiar, denominada perfil de exposición al riesgo respectivo.

La evolución de los rendimientos satisface esta representación de factores:

$$Y_{t+1} = m_t + B f_{t+1} + v_{t+1} \quad (3.20)$$

donde:

m_t : es el vector con dimensión infinita que da las utilidades esperadas.

B : es la matriz de causas (∞, K)

f_{t+1} : es el conjunto de factores centrados en K .

¹⁸ Citado en: CUTHBERTSON, K. (1997): *Financial Economics*, John Wiley & Sons, West Sussex, cap. 17, pp.380-383.

¹⁹ LANDRO, A.H., GONZALEZ, M.L.(1997): *Op.cit*, cap. 4, pp. 370-375.

v_i : es el término residual específico del instrumento, llamado idiosincrático.

Respecto de la matriz de varianza-covarianza condicional de v_i , se supone que:

- 1) es independiente del tiempo

$$w_{ij} = COV(v_{it}, v_{jt}) = 0 \quad \text{si } i \neq j$$

- 2) no hay mucha heteroscedasticidad entre los activos

$$MAX_i w_{ij} = MAX_i V v_{it} < \infty$$

El mismo podría emplearse para estimar la influencia de algún factor no lineal de un modelo multivariante, como la respuesta de las expectativas de los operadores *ex-post-facto* sobre la volatilidad futura por *shocks* informativos que causan una prima de riesgo cuya estimación puede variar. Las siguientes ecuaciones pueden definirlo:

$$R_{t+1} = r_t + \lambda [E_t \sigma_{t+1}^2] + \varepsilon_{t+1} \quad (3.21)$$

$$\sigma_{t+1}^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t+1}^2 + \alpha_2 \sigma_t^2 + \gamma' z_{2t} \quad (3.22)$$

A los fines prácticos, las aplicaciones del modelo suelen afirmar que el rendimiento o costo efectivo de un instrumento financiero será igual a su retorno esperado más la sumatoria de la incidencia de los factores de riesgo, con más cierto resto de riesgo idiosincrático, o sea:

$$R_{it} = r_t + \sum_{n=1}^K [b_{in} \cdot f_{nt}] + \varepsilon_{it} \quad (3.23)$$

donde:

R_{it} : rendimiento real del instrumento i en el período t

r_t : es el retorno esperado libre de riesgos sistemáticos e idiosincrático

ε_{it} : valor de incidencia del riesgo idiosincrático

b_{in} : sensibilidad al riesgo tipo n del instrumento i .

f_{nt} : valor de incidencia del factor de riesgo n . Este premio que resulta igual a la diferencia entre el rendimiento del factor sistemático n menos la tasa libre de riesgos.

Luego, mediante una segunda regresión, se obtiene la siguiente expresión para el rendimiento esperado de un instrumento financiero:

$$ER_{i(t+1)} = \lambda_{0t} + \sum_{n=1}^K (b_{in} \cdot \lambda_n) \quad (3.24)$$

donde:

$ER_{i(t+1)}$: rendimiento esperado del instrumento i en el período t , tal que: $i = 1, \dots, N$

b_{in} : sensibilidad al riesgo n del instrumento i , tal que: $i = 1, \dots, K$

λ_n : prima de riesgo a causa del factor n . Se supone que la incidencia del factor es la misma para todos los instrumentos de un conjunto. λ_{0t} será equivalente a la tasa de rendimiento libre de riesgo.

Por ser desconocidos, la incidencia de los riesgos sistemáticos e idiosincrásico se estiman al final del período t . Vale decir que se postulan un modelo lineal de factores y que no existe posibilidad de arbitraje sin costos, es decir de una compra-venta simultánea con utilidades sin incurrir en riesgos e inversiones adicionales.

Basado en la idea que un arbitraje sin riesgos será eliminado instantáneamente, proporciona un mecanismo de tipo algorítmico para expresar el retorno (costo o rendimiento) esperado de un instrumento (o conjunto de instrumentos). Si el rendimiento esperado es igual al rendimiento real sin riesgos, ese rendimiento incremental sería nulo.

3.3 – EL NUEVO MODELO APORTADO

En base al modelo APT, se aporta un nuevo Modelo de Costo de Capital para una firma, cuya determinación de tipo probabilístico puede tomar en cuenta diversos factores de origen cuantitativo y cualitativo con sus respectivas sensibilidades y rendimientos. Se trata del siguiente:

$$K_{it} = k_{0t} + \sum_{n=1}^Z [b_{in} \cdot f_{nt}] + \varepsilon_{it} \quad (3.25)$$

donde:

K_{it} : costo de capital del instrumento i en el período t

k_{0t} : es el costo esperado para un tomador libre de riesgos

ε_{it} : valor de incidencia del riesgo idiosincrásico

b_{in} : sensibilidad al riesgo tipo n del instrumento i

f_{nt} : valor de incidencia del factor de riesgo n . Este premio que resulta igual a la diferencia entre el costo del factor sistemático n menos la tasa libre de riesgos.

Luego, mediante la segunda regresión, se obtiene la siguiente expresión para el costo esperado de un instrumento de financiamiento:

$$EK_{i(t+1)} = \lambda_{of} + \sum_{n=1}^Z (b_{in} \cdot \lambda_n) \quad (3.26)$$

donde:

$EK_{i(t+1)}$: costo esperado del instrumento i en el período t , tal que: $i = 1, \dots, N$

b_{in} : sensibilidad al riesgo n del instrumento i , tal que: $i = 1, \dots, Z$

λ_n : prima de riesgo a causa del factor n . Se supone que la incidencia del factor es la misma para todos los instrumentos de un conjunto. λ_{of} será equivalente a la tasa de costo libre de riesgo.

El Modelo no requiere supuestos sobre la teoría de la utilidad para el decisor, pero supone que dichos decisores tienen expectativas homogéneas y que el costo de cualquier instrumento de financiamiento tiene una relación lineal con una serie de factores f_{nt} .

Este Modelo también supone la imposibilidad de realizar operaciones con alto rendimiento y bajo riesgo sin capital adicional, dado que se compensarían con el arbitraje de los operadores, en el largo plazo. Por el arbitraje, hay ausencia de oportunidades; una estructura de costo cero no puede tener un rendimiento estrictamente positivo. La única estructura de instrumentos financieros con un costo exclusivamente determinístico está compuesta sólo por un instrumento exento de riesgos; admite la generalización a casos con muchos instrumentos.

Tomando un ejemplo simplificado a manera de ilustración, una empresa busca financiarse mediante la emisión primaria de acciones ordinarias. En esta coyuntura y en su contexto de aplicación, se supone que los instrumentos financieros libres de riesgo

tienen un costo esperado del 5% y que los factores que inciden sobre el costo de un instrumento de financiamiento como la acción ordinaria i son los siguientes, que se exponen en la *Tabla 3*.

FACTOR DE RIESGO (CONTRIBUCION)	EXPOSICION DEL INDICE		PRECIO DEL RIESGO
(f_{ni})	(β_y)	(λ_j)	$(\beta_y \cdot \lambda_j)$
riesgo: aumento del P.B.I.	0.40	8%	3.2 %
riesgo: país	1.20	4%	4.8 %
riesgo: expectativas de mercado	1.00	7%	7.0 %
COSTO ESPERADO SOBRE LA TASA LIBRE DE RIESGO			15.0 %

Tabla 3: Ejemplo ilustrativo para el nuevo esquema

Por consiguiente, en este ejemplo supuesto el costo esperado para financiarse emitiendo en la negociación primaria esa acción sería de:

$$K_{i(t+1)} \approx 5\% + 15\% = 20\%$$

En una primera aproximación, puede advertirse que los esquemas probabilísticos habituales mencionados en el capítulo anterior pueden interpretarse como casos particulares del nuevo esquema propuesto.

Si no existieran factores de riesgo adicionales a la fluctuación del mercado, entonces el costo del financiamiento resultará aleatorio a cierto nivel como lo postulan las Proposiciones de Modigliani y Miller. Si el único factor adicional a considerar fuera un costo del endeudamiento inferior, entonces la evaluación será análoga a la del CAPM de William Sharpe. Finalmente, el nuevo esquema propuesto permite considerar además la incidencia de otros factores pertinentes a una compleja decisión de financiamiento dada, lo cual no estaba contemplado en los esquemas teóricos anteriores.

4. EL EFECTO IMPOSITIVO

Modigliani y Miller²⁰ han aceptado con posterioridad que las empresas emplean en la práctica grandes recursos en buscar alternativas de financiamiento en condiciones favorables, en especial de terceros, y lo han atribuido a diversas causas, dentro de las que privilegian el efecto impositivo.

Su Proposición III toma esa versión del efecto impositivo en su análisis. Como tal, se pasará a demostrar la conveniencia de ponderar su incidencia de acuerdo con el nuevo esquema conceptual propuesto para demostrar que, si se evalúan las variables principales de una teoría general del financiamiento, no debería considerarse el mencionado escudo fiscal (*tax shield*) como la causa principal de validez universal.

En primer lugar, cabe señalar que puede comenzar por plantearse una limitación débil de esta Proposición de Modigliani-Miller basada en las diferencias y cambios existentes en distintas circunstancias en los regímenes impositivos.

Modigliani y Miller dan como universalmente válido el régimen impositivo vigente en EE.UU. en la época de su trabajo; sin embargo, en distintos países y distintas épocas se han registrado variantes fundamentales que pueden anular su postura acerca de la importancia del escudo fiscal. Por ejemplo, a veces las empresas y/o sus accionistas pueden estar desgravados total o parcialmente del impuesto a las utilidades o similares, o bien pueden surgir impuestos y retenciones que gravan el endeudamiento empresarial con vistas a limitar el planeamiento impositivo que puede permitir transferir utilidades a jurisdicciones de baja o nula fiscalidad.

Pero en esta tesis se aporta una limitación fuerte: la propuesta del ahorro fiscal como variable central en una teoría general del financiamiento puede resultar superada, aún bajo las condiciones fiscales que previeron sus autores. No existe el escudo fiscal (*tax shield*), usualmente mencionado en temas tales como la determinación del costo de capital o del valor de equilibrio de mercado para una firma, como una variable fundamental y general para toda empresa, sino que se trata de una variable auxiliar de importancia circunstancial sólo determinable en casos particulares donde existan tratamientos fiscales diferenciales para los distintos instrumentos de financiamiento.

Como se ha visto en la primera parte de este capítulo, la relación básica para tomar decisiones sobre la estructura de financiamiento de una firma consiste en que el rendimiento operativo de sus activos debería superar el costo de sus pasivos para provocar un aumento del rendimiento de la empresa y por ende de sus accionistas.

²⁰ MODIGLIANI, F., MILLER, M.H. (1963): "Corporate Income Taxes and the Cost of Capital: A Correction", *The American Economic Review*, 1963, pp.432-443.

La argumentación central de este punto es que no debería figurar el efecto impositivo como uno de los factores básicos de la fórmula general, ya que con distintas tasas de impuestos la rentabilidad de una empresa queda en igual relación, como se muestra a continuación; por lo tanto, se demuestra que el efecto impositivo no constituye un factor causal de primer orden para una teoría general de financiamiento aplicable a toda empresa.

Obviamente, debería tomarse en cuenta con sus variantes en cada circunstancia para comparar rendimientos diferenciales; por ejemplo: impuestos o desgravaciones a las utilidades distribuidas o retenidas, a los intereses pagados, a operaciones internacionales, etc. Pero de la misma manera, deberían tomarse en cuenta todos los factores adicionales, tales como el contexto económico, la mancomunidad del capital, los riesgos y costos de una cesación de pagos, etc.

Se desarrolla ahora la *demonstración* algebraica de la *hipótesis* enunciada.

Hipótesis 2

Como caso general, la incidencia del costo del endeudamiento en el costo de capital no está determinada por el efecto de los impuestos directos, ya que los mismos repercuten sobre todo el costo de capital.

Demostración

Primeramente, por definición la utilidad neta se origina en la utilidad operativa a la cual se resta en primer lugar el interés y similares que remuneran el endeudamiento; en segundo lugar, del neto resultante se restan los impuestos directos, como el impuesto a las ganancias u otros de similar denominación. En forma algebraica, entonces, se obtiene de acuerdo con la definición de utilidad neta la siguiente expresión:

$$UN = (UO - I) \cdot (1 - t) \quad (3.27)$$

donde:

UN : utilidad neta, después de intereses e impuestos

UO : utilidad operativa bruta generada por la utilización de los activos de una compañía

I : intereses, que abarcan todo el costo del endeudamiento bajo distintas denominaciones

t : tasa de los impuestos directos sobre las utilidades, que grava a toda la utilidad imponible, o sea la diferencia entre la utilidad operativa menos los intereses.

Los conceptos anteriores son valores absolutos. Si se dividen por las variables correspondientes a los conceptos que le dan origen se obtienen los valores relativos, vale decir:

$\frac{UN}{PN}$: utilidad neta sobre el patrimonio neto, también llamada rentabilidad o tasa de ganancia, que es la variable *ex post facto* cuya maximización sustentable a largo plazo es el principal aliciente del sistema de libre empresa.

$\frac{I}{P}$: intereses sobre el pasivo, también llamada tasa de interés o costo del endeudamiento, que Modigliani y Miller denominan r .

$\frac{UO}{A}$: utilidad operativa sobre los activos, es decir el rendimiento operativo sobre activos antes de restarle los costos del endeudamiento, de los impuestos directos y todo costo no operativo en general, que se definió como UOA .

Sobre la base de estos conceptos relativos, puede demostrarse la correcta expresión del efecto impositivo sobre el costo del endeudamiento y la rentabilidad empresaria. Para ello, se comienza por dividir ambos miembros de la igualdad (3.27) por el PN , obteniendo la siguiente expresión:

$$\frac{UN}{PN} = \frac{(UO - I) \cdot (1 - t)}{PN} \quad (3.28)$$

Por propiedad distributiva, puede expresarse lo siguiente:

$$\frac{UN}{PN} = \left(\frac{UO}{PN} - \frac{I}{PN} \right) \cdot (1-t) \quad (3.29)$$

Dos de los componentes del segundo término de esta igualdad (3.29), van a reformularse por expresiones equivalentes, obteniendo la representación de conceptos de importancia:

$$\frac{I}{PN} = \frac{I}{P} \cdot \frac{P}{PN} \quad (3.30)$$

$$\frac{UO}{PN} = \frac{UO}{(P+PN)} \cdot \frac{(P+PN)}{PN} = \frac{UO}{(P+PN)} \cdot \left(1 + \frac{P}{PN} \right) \quad (3.31)$$

Ahora pueden reemplazarse por estas nuevas expresiones partes de la igualdad (3.29) y se obtiene:

$$\frac{UN}{PN} = \left[\frac{UO}{(P+PN)} \cdot \left(1 + \frac{P}{PN} \right) - \frac{I}{P} \cdot \frac{P}{PN} \right] \cdot (1-t) \quad (3.32)$$

Distribuyendo, se llega a lo siguiente:

$$\frac{UN}{PN} = \left[\frac{UO}{(P+PN)} + \frac{UO}{(P+PN)} \cdot \frac{P}{PN} - \frac{I}{P} \cdot \frac{P}{PN} \right] \cdot (1-t) \quad (3.33)$$

Entonces, pueden agruparse de a dos sumandos con el factor común $\frac{P}{PN}$, a saber:

$$\frac{UN}{PN} = \left[\frac{UO}{(P+PN)} + \left\{ \frac{UO}{(P+PN)} - \frac{I}{P} \right\} \cdot \frac{P}{PN} \right] \cdot (1-t) \quad (3.34)$$

Esta expresión tiene similitudes con la Proposición II de Modigliani y Miller, pero resulta diferente. Además, ellos incluyen estos conceptos a valores de mercado. Reemplazando en (3.34) las variables expresadas en valores contables por valores expresados en cotizaciones de mercado, se obtiene este nuevo aporte:

$$l_j = \left[\theta_k + (\theta_k - r) \cdot \frac{D_j}{A_j} \right] \cdot (1-t) \quad (3.35)$$

donde las equivalencias entre los conceptos son las siguientes:

l_j : equivale a $\frac{UN}{PN}$ por su definición

θ_k : equivale a $\frac{UO}{(P+PN)}$ por la fórmula (3.1)

r : equivale a $\frac{I}{P}$ por su definición

$\frac{D_j}{A_j}$: equivale a $\frac{P}{PN}$ por su definición

Cabe consignar que la fórmula aportada en la versión (3.34) resulta más analítica y abarcativa que la versión (3.35) empleando la terminología de las Proposiciones de Modigliani y Miller. Estos autores llevan a ultranza los supuestos de la HME, tomando en cuenta solamente los datos exógenos brindados por el mercado donde el arbitraje lleva a un mismo nivel tanto al rendimiento de los activos como el rendimiento probable de las acciones y al rendimiento del financista o inversor.

En cambio, la versión (3.34) admite no sólo datos exógenos del mercado sino también datos endógenos de la empresa, incluyendo el caso donde puedan producirse diferencias significativas durante cierto lapso entre dichos conceptos.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN DETERMINÍSTICA COMPARATIVA

1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo, se evaluará el nuevo esquema propuesto para el análisis determinístico bajo contextos de certeza, en comparación con los esquemas teóricos anteriormente mencionados

Primeramente, en relación con el modelo tradicional, se demostrará la posibilidad de lograr economía de variables.

Luego, se referirá a un aspecto determinístico de las Proposiciones de Modigliani-Miller, como es la incidencia del factor impositivo.

La metodología consistirá en su planteamiento y las demostraciones algebraicas pertinentes, seguidas de ejemplos ilustrativos.

2- COMPARACIÓN CON EL MODELO TRADICIONAL

De acuerdo con el enfoque aportado en esta obra, cuando se considera a los tres conceptos básicos de este enfoque como variables, entonces existe redundancia, ya que toda relación del costo del endeudamiento con el costo de capital debe verificarse necesariamente con el costo del capital propio, y viceversa.

Este corolario resulta aceptable intuitivamente. Sin embargo, es necesario aportar una demostración algebraica a esta afirmación, que se realiza a continuación:

Hipótesis 3

Afirmar que debe existir cierta relación entre el costo del endeudamiento $k_{(t)}$ y el costo de capital $k_{(c)}$, resulta lógicamente equivalente a afirmar que dicha relación debe verificarse con el costo de capital propio $k_{(e)}$.

Demostración

Dado un costo de endeudamiento que se afirma menor o igual que el costo promedio de financiamiento, ello es equivalente a afirmar dicha relación respecto del costo de capital propio; a la inversa, también puede derivarse el primero del segundo. La demostración algebraica es la siguiente, para todo $k_{(0)}$, $k_{(e)}$, $k_{(i)} \geq 0$:

$$\begin{aligned}
 k_{(i)} &\leq k_{(0)} \\
 k_{(i)} &\leq \frac{k_{(e)} \cdot PN + k_{(i)} \cdot P}{PN + P} \\
 k_{(i)} \cdot PN + k_{(i)} \cdot P &\leq k_{(e)} \cdot PN + k_{(i)} \cdot P \\
 k_{(i)} \cdot PN &\leq k_{(e)} \cdot PN \\
 k_{(i)} &\leq k_{(e)}
 \end{aligned}$$

Reiterando el procedimiento en orden inverso, se demuestra que esta conclusión final ($k_{(i)} \leq k_{(e)}$) implica la premisa inicial ($k_{(i)} \leq k_{(0)}$), por lo que la relación entre esas dos variables es la misma.

Análogamente, se demuestra por el mismo razonamiento que esta afirmación también es válida cuando el costo del endeudamiento es superior o igual al costo promedio del endeudamiento. Vale decir que de: $k_{(i)} \geq k_{(0)}$ se infiere que: $k_{(i)} \geq k_{(e)}$; reiterando el procedimiento en orden inverso, se demuestra que de: $k_{(i)} \geq k_{(e)}$ se infiere que: $k_{(i)} \geq k_{(0)}$.

Ha quedado demostrada la hipótesis que: afirmar que el costo de endeudamiento debe guardar cierta relación con el costo de capital es equivalente a afirmar que debe guardar esa misma relación respecto del costo del capital propio, en tanto que dicho costo del capital propio se considere otra variable.

Dada esta equivalencia, como cualesquiera de ellas podría obviarse con la consiguiente economía de variables, entonces sólo tiene sentido considerar cada uno de dichos conceptos por separado en los casos que constituya un parámetro determinado *ex ante* por circunstancias exógenas, debidas a las características del mercado de capitales. Esta característica suele ser aceptada en la práctica profesional; sin embargo, en los textos académicos son relacionadas como si fueran variables independientes, en análisis como los ilustrados en la *Figura 1* del Capítulo 2.

3. COMPARACIÓN CON ASPECTOS DETERMINÍSTICOS DEL ESQUEMA DE MODIGLIANI Y MILLER

Una primera evaluación general del enfoque de estos autores muestra que, si bien goza de generalizada aceptación en ámbitos académicos, puede presentar limitaciones en su ámbito de aplicación desde un punto de vista pragmático.

Las experiencias de la vida económica no favorecen la verosimilitud de las conclusiones de este enfoque. En el ámbito de empresas privadas, son notorios los costos y tareas empleados para obtener fuentes de financiamiento competitivas, lo cual puede constituir una ventaja comparativa considerable. Esto se verifica tanto en los casos de empresas pequeñas y medianas, de mercados emergentes y de fases críticas del ciclo económico, como en la práctica de los negocios en países desarrollados. Por caso, una investigación auspiciada por el Financial Executives Institute de EE.UU.¹, filial de la International Association of Financial Executives Institutes, afirma que el esquema de Modigliani y Miller presenta un mundo demasiado simple, ya que no abarca aspectos de importancia tales como costos de agencia, incentivos significativos, políticas de dividendos o asimetrías en la información. Por el contrario, expone los casos de varias corporaciones estadounidenses en sus esfuerzos exitosos o fracasados para lograr un mejor equilibrio de riesgos y costos de financiamiento.

Otros autores han hecho hincapié en las limitaciones de estas teorías cuyas conclusiones se contradicen con ciertos aspectos de la práctica de los negocios tales como las dificultades en las previsiones de la inflación y de los flujos de fondos, de los cambios en la ponderación de los mercados y en la política corporativa², o bien las distintas políticas de financiamiento requeridas por empresas de diversa cuantía para solventar sus operaciones corrientes y su proceso de crecimiento³, todo lo cual se acentúa por las relaciones de poder en el caso de firmas pequeñas que suelen tener mayor dependencia de los intermediarios financieros, más allá de la relación económica pura.⁴ Estas limitaciones son más notorias en los mercados emergentes para casos de mercados de capitales poco eficientes, como los de la República Argentina, en especial para empresas de menor poder de negociación y acceso a mercados financieros, y en fases críticas del ciclo económico donde también las grandes empresas pueden atravesar momentos de transición dificultosos.

¹ DAVIS, H.A., SHLER, W.W. (1998): *Building Value with Capital-Structure Strategies*, Financial Executives Research Foundation, Nueva Jersey

² LOWESTEN, L. (1991). *Sense and Nonsense in Corporate Finance*, Addison-Wesley Publishing Company, Reading, Massachusetts.

³ DIENER, R. (1995): *How to finance a growing business*, Merritt Publishing, Santa Monica, California

⁴ MITZBERG, H. (1983): *Power in and around organizations*, Prentice-Hall Inc., Nueva Jersey, pp. 39-41.

Los autores citados suponen que las actividades de las empresas pueden aumentarse o disminuirse a voluntad sin restricciones ni saltos cualitativos, de manera que el rendimiento de los activos se considera una constante y el costo del financiamiento es una función continua. En cambio, en mercados emergentes, en especial para empresas de porte limitado y en coyunturas recesivas, las oportunidades de endeudamiento pueden encontrarse racionadas y segmentadas, con costos significativamente diferenciados, representables mediante una función discreta.⁵

A nivel de países y regiones, son notorios los mecanismos para brindar financiamiento y cobertura de riesgos a fin de fomentar actividades promocionadas, tales como hipotecas para hogares modestos, desarrollo de zonas deprimidas, exportaciones, etc. Estos instrumentos son comunes aún en países con mercados de capitales eficientes; por ejemplo, puede consultarse en la *Tabla 1* los mecanismos financieros para el fomento de exportaciones de ciertos países desarrollados.⁶

PAIS	ENTIDAD	OPERACIONES
Alemania	Ausfuhrkredit (AKA)	Créditos y garantías
Bélgica	Crédit Export	Redescuentos
Canadá	Export Development Corp. of Canada	Redescuentos
EE.UU.	Export-Import Bank	Garantías y préstamos
Francia	Crédit National Gizex	Redescuentos
Holanda	Export-Financiering Maatschappij	Créditos directos
Italia	Mediocredito Centrale	Redescuentos y fomento
Japón	Export-Import Bank of Japan	Créditos directos y garantías
Reino Unido	Export Credits Guarantee Department (ECGD)	Garantías

Tabla 1: Entidades seleccionadas de fomento al financiamiento de exportaciones

⁵ MESSUTTI, D. (1973): "Apéndice a la Edición Castellana" de VAN HORNE, J.C.: *Administración Financiera*, Ediciones Contabilidad Moderna, Buenos Aires, pp.875-930.

⁶ EITEMAN, D.K., STONEHILL, A.I. (1973): *Multinational Business Finance*, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts.

Por lo tanto, en la contrastación empírica de sus consecuencias, la decisión de financiamiento no resulta una cuestión trivial sino que aparece como una cuestión compleja y de importancia competitiva.

Modigliani y Miller han considerado como la variable central que explica esta discrepancia al factor impositivo, según la expresión de su Proposiciones en su segunda versión.

En cambio, las fórmulas aportadas en esta tesis señalan que dicho efecto impositivo no es una variable central para una teoría general del financiamiento, restringiendo su aplicación como una variable secundaria sólo para los casos especiales donde existan tratamientos impositivos diferenciales para distintas empresas o instrumentos financieros.

Ante su comparación, que reviste importancia para esta tesis, se advierte que la expresión lograda bajo las referencias (3.34) y (3.35) es diferente a la expresión habitual de la Proposición II expuesta en el Capítulo 2 bajo la referencia (2.14).

La diferencia estriba en la aplicación de dicho factor impositivo, cuya reformulación se ha demostrado algebraicamente para la Hipótesis 2 del capítulo anterior.

Se ofrece ahora un ejemplo para ilustrar aritméticamente el error de tomar en cuenta el efecto impositivo sólo sobre el endeudamiento, que limita la validez de la Proposición II a su enunciado original sin efecto impositivo y por ende invalida la Proposición III de Modigliani y Miller como variable central de una teoría general del financiamiento, restringiendo su ámbito de aplicación como una variable auxiliar en ciertos casos particulares.

Con cifras en millones, se supone en el Caso 1 que una empresa comienza operando con un Activo por \$100, que financia totalmente con Patrimonio Neto por \$100, representado por 100 acciones de \$1. Su Utilidad Operativa es del 10% del Activo (o sea de \$10 por año) y la tasa del Impuesto a las Ganancias es del 50%. Luego, se consideran las alternativas si se financiara con una relación de endeudamiento de 1; su Pasivo es de \$50 y su Patrimonio Neto de \$50, representado por 50 acciones de \$1.

Se evalúa qué pasa cuando dicho Pasivo cuesta: 5% (en el Caso 2), 10% (en el Caso 3), 20% (en el Caso 4) y 30% anual (en el caso 5), como se aprecia en la *Tabla 2*:

CASOS	1	2	3	4	5	6
Financiamiento actual	Sin Pasivo	Pasivo al 5%	Pasivo al 10%	Pasivo al 20%	Pasivo al 30%	Notas
Resultado Operativo	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10% de \$100
Intereses	0,00	-2,50	-5,00	-10,00	-15,00	sobre el P
Resultado de Capital	10,00	7,50	5,00	0,00	-5,00	
Impuesto al 50%	-5,00	-3,75	-2,50	0,00	0,00	tasa del 50%
Resultado Financiero	5,00	3,75	2,50	0,00	-5,00	
Rentabilidad Neta	5,00%	7,50%	5,00%	0,00%	-10,00%	sobre el P.N.
Utilidad por acción	\$0,050	\$0,075	\$0,050	\$0,000	-\$0,100	100-50 acciones

Tabla 2: Utilidades ante un Impuesto a las Ganancias del 50%

Se advierte que la variación en la rentabilidad neta de la empresa y en la utilidad máxima que podría proporcionar a sus accionistas no depende de la tasa del impuesto a las ganancias, sino en poder obtener un rendimiento operativo del Activo superior al costo del capital de terceros (Caso 2). Cuando el Pasivo cuesta lo mismo que el rendimiento del Activo del 10%, la rentabilidad es igual al caso de no tener Pasivo, para cualquier nivel de endeudamiento (Caso 3). Cuando el costo del Pasivo resulta menor en el 5% (Caso 2), aumenta la rentabilidad; pero cuando dicho costo resulta mayor la rentabilidad disminuye y cuando alcanza su máximo en el 30% produce pérdidas netas (Caso 5).

Ahora bien, cuando el costo del Pasivo comienza a ser mayor, en el orden del 20% (para el Caso 4), cae más aún la rentabilidad. Como en este caso cae hasta anularse, se advierte la futilidad de darle importancia al escudo fiscal, pues a cualquier tasa de impuesto a las ganancias, el resultado seguiría siendo nulo.

Por lo tanto, el razonamiento de Modigliani y Miller, que ya se ha hecho habitual en el sentido de considerar el costo neto de endeudamiento restado del efecto impositivo, no se cumple como caso general y sólo puede llegar a aplicarse a circunstancias particulares. El impuesto a las ganancias implica una distribución de riqueza en una etapa posterior, pero no atañe a la toma de decisiones sobre la estructura de financiamiento. El total del mayor valor a repartir es la utilidad operativa; sumar sólo los intereses y el impuesto a las ganancias es tomar dos de los tres sumandos en que puede distribuirse dicho mayor valor. El objetivo de la función financiera consiste en maximizar la riqueza neta disponible para los socios de una empresa; pero no en maximizar la sumatoria de la remuneración de los socios más los acreedores.

Siguiendo el enfoque de Modigliani-Miller en este ejemplo para el caso de intereses al 20%, dicho costo neto del endeudamiento sería del 10%, a saber: $k(i) = 0,20(1 - t) = 0,10$. Pero en realidad, no se encontraría en el caso de intereses al

10%, con Resultado Financiero positivo de \$2,50; por el contrario, tal Resultado Financiero sería nulo y no sería razonable desarrollar las operaciones de una firma en tales condiciones. Esto vale tanto para una empresa en marcha como para determinar la tasa de corte a fin de evaluar un proyecto de inversión.

Ahora se expone qué sucedería con la rentabilidad si la tasa del impuesto a las ganancias cayera a la mitad, disminuyendo hasta el 25% en la *Tabla 3*:

CASOS	1	2	3	4	5	6
	Sin Pasivo	Pasivo al 5%	Pasivo al 10%	Pasivo al 20%	Pasivo al 30%	Notas
Resultado Operativo	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10% de \$100
Intereses	0,00	-2,50	-5,00	-10,00	-15,00	sobre el P
Resultado de Capital	10,00	7,50	5,00	0,00	-5,00	
Impuesto al 25%	-2,50	-1,875	-1,25	0,00	0,00	tasa del 25%
Resultado Financiero	7,50	5,625	3,75	0,00	-5,00	
Rentabilidad Neta	7,50%	11,25%	7,50%	0,00%	-10,00%	sobre el PN
Utilidad por acción	\$0,0750	\$0,1125	\$0,0750	\$0,0000	-\$0,1000	100-50acciones

Tabla 3: Utilidades ante un Impuesto a las Ganancias del 25%

Se mantienen las relaciones básicas anteriores. La rentabilidad sube si el costo del Pasivo es inferior al resultado operativo del Activo (*Caso 2*) y disminuye si lo supera (*Casos 4 y 5*); si ambos son iguales, la rentabilidad permanecerá constante (*Caso 3*). Lo que varía *a posteriori* es la porción del rendimiento del capital total que se reparte entre el Fisco y los accionistas, pero la decisión de financiamiento queda determinada por la relación entre el rendimiento operativo del Activo y el costo del Pasivo, con total independencia de la tasa de impuesto a las ganancias.

De manera que no existe el llamado "escudo fiscal" como principio básico y general para la toma de decisiones de financiamiento. La política financiera de las empresas no debería estar afectada por el nivel de impuesto a las ganancias como variable principal de alcance general, sino que se trata de una de las variables secundarias para considerar en cada caso.

Por ejemplo, podría darse el caso de un efecto impositivo favorable por la elusión de dicho tributo en caso que se pueda transferir utilidades a jurisdicciones de baja o nula fiscalidad, o bien para emprendimientos en empresas, actividades o áreas geográficas que gocen de desgravaciones impositivas como un estímulo de política económica. También podrían surgir casos particulares donde el Estado promueva el empleo de algún instrumento de financiamiento (acciones, bonos, etc.) bajando su costo mediante un tratamiento fiscal favorable, o bien que una empresa rentable pero

con un quebranto impositivo anterior resulte en un mayor valor para adquirentes con compromisos tributarios. Pero estas serían consecuencias *a posteriori* que no tendrían que ver con una teoría general del financiamiento, sino que serían aspectos circunstanciales de casos particulares.

El valor de mercado de una empresa estará influido por su rentabilidad neta esperada en relación con la tasa libre de riesgo. Entonces, dado un costo del endeudamiento como parámetro fijo establecido por la situación de mercado, el valor de cotización de la firma debería orientarse por el mismo razonamiento.

Por lo tanto, la Proposición II ampliada con el efecto impositivo en la versión de Modigliani y Miller, mostrada por la fórmula (2.14), podría resultar aceptable solamente en casos especiales; la incidencia del factor impositivo como criterio general se advierte en las fórmulas mencionadas (3.34) y (3.35).

Vale decir que el rendimiento derivado de las actividades operativas y de capital sufre plenamente el efecto impositivo. Salvo variables secundarias a considerar caso por caso, como variable principal y general para una teoría del financiamiento no surge un ahorro en caso de pago de intereses por el Pasivo; en realidad, lo único que se realiza es una distribución de parte de las utilidades operativas entre el Fisco y los acreedores, pero el efecto total sigue siendo un costo hundido para la empresa.

Esto se ha demostrado a partir de expresar algebraicamente las definiciones básicas de utilidad, interés e impuesto directo; puede corroborarse aplicando la fórmula (3.35) a los ejemplos numéricos vistos anteriormente.

Puede observarse en la *Tabla 4* los dos casos anteriores, cuando el impuesto a la renta era del 50% o bien del 25%, manteniendo los otros supuestos del ejemplo; se observa que la nueva fórmula (3.35) permite obtener el mismo resultado comprobado en las *Tablas 2 y 3*, mientras que la fórmula (2.14) de Modigliani-Miller (M-M) arroja otro resultado.

CASOS (Impuesto al 50%)	1	2	3	4	5	6
Financiamiento	Sin Pasivo	Pasivo al 5%	Pasivo al 10%	Pasivo al 20%	Pasivo al 30%	Notas
Según fórmula nueva	5,00%	7,50%	5,00%	0,00%	-10,00%	5 sin impuesto
Según fórmula M-M	10,00%	12,50%	10,00%	5,00%	0,00%	

CASOS (Impuesto al 25%)	1	2	3	4	5	6
Financiamiento	Sin Pasivo	Pasivo al 5%	Pasivo al 10%	Pasivo al 20%	Pasivo al 30%	Notas
Según fórmula nueva	5,00%	11,25%	7,50%	0,00%	-10,00%	5 sin impuesto
Según fórmula M-M	10,00%	13,75%	10,00%	2,50%	-5,00%	

Tabla 4: Comparación de los resultados de las fórmulas (3.35) y (2.14)

En ambos Casos 5 se supone que no corresponde el impuesto a la renta por presentar quebranto el ejercicio comercial. Sin embargo, en otros casos podría suponerse que se genera un crédito fiscal compensable más adelante o bien con otras actividades, sin alterar las conclusiones.

Ejemplos del supuesto *tax shield* que plantean Modigliani y Miller han circulado reiteradamente en obras de investigación y divulgación. A continuación se reproduce un ejemplo de esa naturaleza y se muestran sus limitaciones, a la luz de los nuevos esquemas teóricos aportados en esta tesis.

Una de esas obras pertenece al profesor Ricardo Pascale⁷. El autor aclara que reproduce un caso de la supuesta influencia del escudo impositivo debido a la estructura de financiamiento: la firma A tiene una deuda de \$ 1.000 al 2% de interés anual, la firma B se financia totalmente con fondos propios y la tasa del impuesto directo sobre las utilidades es del 25%. Sobre la base de estos datos, propone las cifras de la *Tabla 5*:

⁷ PASCALE, R (1992): *Decisiones financieras*, Editorial Macchi, Buenos Aires. El ejemplo puede verse en pp.267-288 y otra vez pero con las cifras multiplicadas por 10 en pp. 337-338

CONCEPTO	FIRMA A	FIRMA B
Ventas	1000	1000
Costo de Ventas	-800	-800
Utilidad operativa	200	200
Intereses al 2%	-20	0
Utilidad antes de impuesto	180	200
Impuestos al 25%	-45	-50
<u>Utilidad neta</u>	<u>135</u>	<u>150</u>

Tabla 5: Argumentación en favor del escudo impositivo

Pascale señala que, como es generalmente aceptado, la empresa B obtiene mayores ganancias. Además, afirma que esa mayor ganancia fue de \$15, a raíz de los \$20 de intereses por el ahorro impositivo (o sea, de $20 \cdot (1 - 0,25) = 15$). Asimismo, agrega que si se sumara la renta de los acreedores (o sea \$20 sólo en el caso A) con la renta de los accionistas (o sea \$135 en el caso A y \$150 en el caso B), en el caso A se generarían \$155 frente a sólo \$150 del caso B; atribuye ello al ahorro fiscal citado por \$5. Finalmente, utilizando la Proposición III de Modigliani y Miller, afirma que si la deuda es permanente, el valor actual de dicho beneficio cuando el tiempo tiende a infinito es la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Tax Shield} &= \frac{\text{tasa impositiva} \cdot \text{tasa de interés} \cdot \text{monto de deuda}}{\text{tasa de interés}} \\ &= \text{tasa impositiva} \cdot \text{monto de deuda} \end{aligned}$$

Con los datos del ejemplo, el *tax shield* resultante sería de \$250, a saber:

$$0,25 \cdot 1000 = 250.$$

Por lo tanto, el valor de mercado de la empresa debería incrementarse en \$250 por efecto de dicho escudo impositivo.

En resumen, el autor atribuye la diferencia de rendimiento por la estructura de financiamiento adoptada al factor impositivo. Sin embargo, en línea con las argumentaciones anteriores, se demostrará que la diferencia en realidad se origina en que el costo del endeudamiento (en este caso del 2%) es inferior a las utilidades operativas sobre los activos.

Para poder evaluarlo, las firmas deben contar con cierto nivel de patrimonio neto y cierto nivel de endeudamiento para financiar un nivel dado de activos, como sucede en la realidad empresarial. Podría suponerse cualquier cifra de activos y esta verificación marcharía por los mismos carriles; por caso, se supone un activo de \$ 2.000, que se financia con una deuda de \$ 1.000 más un patrimonio neto de otros \$ 1.000 en el caso A, o bien que se financia íntegramente con patrimonio neto por

\$ 2.000 en el caso B. Cualquier cifra supuesta arroja la misma conclusión; indudablemente, aumentará la rentabilidad final con un mayor endeudamiento relativo, ya que el costo supuesto de éste resulta siempre menor que el rendimiento operativo de los activos en este ejemplo.

Ahora bien, lo máximo que pueden ganar los accionistas es \$150, por la utilidad operativa menos los impuestos directos, o sea $200(1 - 0,25) = 150$. Esos \$ 50 de impuestos pueden distribuirse en distintas proporciones entre los acreedores y el Fisco, pero están totalmente perdidos cualesquiera sean las estructuras de financiamiento empleadas. Lo que buscan los accionistas es maximizar su rentabilidad, es decir el porcentaje de utilidad neta final sobre el capital invertido; no tiene sentido sumar su remuneración a la de los acreedores, pues no es una variable que al accionista le interese maximizar.

En este caso, la firma A obtiene una rentabilidad del 13,5% sobre su patrimonio neto (es decir: $135/1.000$) mientras que la firma B sólo obtiene una rentabilidad del 7,5% (es decir: $150/2.000$). De manera que la rentabilidad de A es un 80% superior a la de B (es decir: $[0,135 - 0,075]/0,075 = 0,80$).

Aquí puede advertirse que la fórmula propuesta resulta adecuada para prever la rentabilidad de la firma A. Expresado según la nomenclatura clásica, se obtiene una rentabilidad del 13,5%, a saber:

$$\frac{UN}{PN} = \left[\frac{UO}{A} + \left(\frac{UO}{A} - \frac{I}{P} \right) \right] \cdot (1-t) = [0,10 + (0,10 - 0,02)] \cdot (1 - 0,25) = 0,135$$

En cambio, la fórmula tradicional de la incidencia impositiva en el costo de capital, que es la que toman Modigliani y Miller para su Proposición III, fundada en su artículo de 1963, no permitiría inferir la rentabilidad de los accionistas y por lo tanto se muestra errónea, tal como se ve a continuación, al predecir una rentabilidad del 16%, en lugar del 13,5% verificado:

$$\frac{UN}{PN} = \frac{UO}{A} + \left(\frac{UO}{A} - \frac{I}{P} \right) \cdot (1-t) = 0,10 + (0,10 - 0,02) \cdot (1 - 0,25) = 0,16 \neq 0,135$$

Entonces, la cuestión decisiva consiste en que el objetivo a maximizar es la rentabilidad de los accionistas, que es una cifra porcentual relativa al capital invertido y no una magnitud absoluta. La misma se potencia porque el resultado operativo sobre

activos es del 10% (ya que $200/2.000 = 0,10$) que resulta superior al costo del pasivo (ya que se definió en un 2%).

El factor impositivo resulta irrelevante; para evidenciarlo mediante un contraejemplo, puede suponerse que se suprime el impuesto a las utilidades, vale decir que su valor es nulo (0%). En ese caso, las cifras del ejemplo propuesto pueden apreciarse en la *Tabla 6* para los casos análogos A' y B' con impuestos directos nulos.

CONCEPTO	FIRMA A'	FIRMA B'
Ventas	1000	1000
Costo de Ventas	-800	-800
Utilidad operativa	200	200
Intereses al 2%	-20	0
Utilidad antes de impuesto	180	200
Impuestos al 0%	0	0
Utilidad neta	180	200

Tabla 6: El caso anterior con impuestos nulos

En estos nuevos casos, la rentabilidad del caso A' sería del 18% (es decir: $180/1.000$) mientras que la rentabilidad del caso B' sería de sólo el 10% (es decir, $200/2.000$) coincidiendo con su resultado operativo sobre activos. De esta manera, la rentabilidad del caso A' continuaría siendo un 80% superior a la del caso B' (es decir: $[0,18-0,10] / 0,10 = 0,80$) pese a que en este caso la incidencia del factor impositivo resulte nula.

En consecuencia, el efecto del supuesto escudo fiscal (*tax shield*) es inexistente para el año dado del ejemplo, y por lo tanto también será inexistente para los infinitos años futuros.

La noción del *tax shield* ha cobrado amplia difusión, no sólo en autores de la región como el mencionado, sino también en autores de todo el mundo.

Por caso, el autor James C. Van Horne reitera en su manual de uso universitario⁸ un supuesto ejemplo de ahorro fiscal en términos absolutos similar al visto, sin aclarar que no altera la rentabilidad de la empresa y por ende de sus asociados, que es el objetivo a maximizar por el administrador financiero. No insiste en que el criterio fundamental para la decisión de financiamiento debería consistir en que el rendimiento operativo de los activos supere al costo del endeudamiento, como se ha mostrado en esta obra.

⁸ VAN HORNE, J.C. y WACHOWITZ, J. M. Jr. (2001): *Fundamentals of Financial Management* – Pearson Education Inc., Nueva York. Tomado de la versión castellana de (2002): *Fundamentos de Administración Financiera* – Editorial Prentice Hall, México, capítulo 17, pp. 478-479.

Inclusive, autores especializados como Richard A. Brealey y Stewart C. Myers reiteran el concepto del efecto de escudo fiscal haciendo distinciones entre las diversas tasas de tributación que pueden repercutir sobre distintas empresas y accionistas, pero sin hacer hincapié en las limitaciones de todo este concepto.⁹

En resumen, se sostiene que la incidencia del factor impositivo sobre las decisiones de financiamiento no constituye una variable de importancia primaria en un modelo general que permita explicar la propensión de las firmas a financiarse primeramente mediante endeudamiento, sino que constituye una variable secundaria y circunstancial cuya significación surge del estudio de cada caso en particular.

En cambio, la variable cuantitativa primaria para las decisiones de financiamiento en general consiste en que el costo de dicho endeudamiento debe resultar inferior al rendimiento operativo de los activos para lograr aumentar la rentabilidad empresaria y el valor de sus accionistas. Cuando se verifica esta relación resulta conveniente la toma de endeudamiento (condición necesaria) y si no se verifica esta relación no resulta conveniente la toma de endeudamiento (condición suficiente), cualesquiera que sean las tasas del impuesto a las ganancias vigentes. Las teorías y modelos son representaciones simplificadas de una realidad compleja; por lo tanto deberían incluir las variables más significativas y no las de relevancia ocasional.¹⁰

4- LA COMPLEJA NATURALEZA DE LA DECISIÓN DE FINANCIAMIENTO

La explicación por la preferencia hacia el endeudamiento no se encuentra en el supuesto escudo impositivo. Lo que sí pueden existir son distintos costos o rendimientos incrementales por los cambios en los diversos sistemas tributarios que pueden repercutir en forma diferenciada sobre las empresas, los financistas e inversores, e incluso sobre los distintos instrumentos de financiamiento.

Como corolario central, la explicación se encuentra en la naturaleza compleja de la decisión de financiamiento, en la cual pueden intervenir diversos factores cuantitativos y cualitativos. El grado de variabilidad de los mismos no es constante, sino que puede ser en sí mismo una variable; además, pueden existir efectos de

⁹ BREALEY, R.A. y MYERS, S.C. (1991): *Principles of corporate finance* - Editorial McGraw-Hill - Nueva York. Tomado de la versión castellana de (1993): *Fundamentos de Financiación Empresarial*, Editorial McGraw-Hill, Madrid, capítulo 18, pp. 514-522.

¹⁰ PUNGITORE, J.L. (2003): *Planeamiento económico y financiero en contextos complejos y turbulentos*, Editorial O. Buyatti, Buenos Aires, cap. 3, pp.60-63.

retroalimentación ante la aparición de importantes noticias originadas en factores internos o externos a las empresas.

Dentro de la variedad de factores citados en el Capítulo 3, bajo el acápite 2.3, se destaca como el más característico de la decisión de financiamiento el efecto político, el cual surge de la influencia de poder directo o indirecto ejercible sobre una organización por quienes proporcionan una porción significativa de dicho financiamiento.

Un ejemplo significativo de la incidencia de las cuestiones políticas en la determinación de la estructura de financiamiento y su evolución se encuentra en el caso de las compañías telefónicas de Argentina: Telecom Argentina S.A. y Telefónica de Argentina S.A.

Como se expone a continuación, sus indicadores cuantitativos similares considerados tanto bajo el criterio tradicional de Ezra Solomon como según las Proposiciones de Modigliani y Miller deberían de haber arrojado decisiones de financiamiento equivalentes.

Sin embargo, a pesar de partir de fundamentos económicos similares y parecidas evaluaciones del mercado de sus acciones, la gran crisis del año 2001 motivó políticas de financiamiento diametralmente opuestas: el concurso de acreedores de la primera y el fiel cumplimiento de sus obligaciones de la segunda.

El paquete accionario dominante de Telecom Argentina S.A. estaba repartido en partes iguales entre dos accionistas: France-Telecom y Telecom-Italia. Un factor cualitativo resultó fundamental: las desavenencias y rivalidades entre ambos accionistas impidieron el acuerdo para un rescate conjunto de Telecom Argentina S.A. cuando sufrió la gravísima crisis financiera desatada el 31 de diciembre del 2001 con la cesación de pagos del país y la consiguiente corrida financiera, que triplicó en poco tiempo el valor de las divisas fuertes en que estaba expresado el endeudamiento por US\$ 2.100 millones, frente a tarifas de servicio que quedaron inamovibles. En consecuencia, la empresa sufrió graves pérdidas, cesación de pagos y debió recurrir al concurso de acreedores, que ha sido el mayor de la historia argentina. La resolución de dicho concurso recién se ha producido en el año 2006.

En cambio, la mancomunidad del capital de Telefónica de Argentina S.A., que detentaba la otra mitad del mercado local en similares condiciones tecnológicas y comerciales, era muy distinta. Un único accionista mayoritario, Telefónica de España S.A., que a su vez era fuerte acreedor de la firma local, diseñó un plan de reestructuración voluntaria de su deuda institucional que permitió a dicha compañía

cumplir fielmente con sus acreedores y bonistas, por lo cual su estructura de financiamiento resultó muy distinta por esta razón de índole cualitativa.

La situación original de ambas firmas en los ejercicios normales 1998 y 1999 era la siguiente. Primeramente, puede observarse que los balances no proporcionaban diferencias significativas en las cifras contables en la *Tabla 7*:

CIFRAS CONTABLES (%)	TELEFONICA DE ARGENTINA		TELECOM ARGENTINA	
	30/06/99	30/06/98	30/06/99	30/06/98
Disponibilidades	1,00%	1,00%	8,03%	1,79%
Créditos	9,32%	11,76%	9,86%	9,67%
Inversiones	11,76%	9,20%	12,07%	11,58%
Bienes de Uso	77,38%	77,69%	67,50%	74,93%
Intangibles y Varios	0,54%	0,35%	2,54%	2,03%
TOTAL DEL ACTIVO	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Pasivos comerciales	13,48%	11,08%	18,00%	16,74%
Pasivos laborales	3,06%	2,64%	2,31%	3,84%
Pasivos fiscales	4,55%	5,12%	2,39%	4,88%
Pasivos financieros	71,54%	68,98%	73,50%	69,16%
Otros pasivos	7,37%	12,18%	3,80%	5,38%
TOTAL DEL PASIVO	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Capital y varios	70,24%	75,09%	68,13%	70,43%
Resultados	29,76%	24,91%	31,87%	29,57%
PATRIMONIO NETO	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Ventas	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Costo de explotación	-49,43%	-46,77%	-53,43%	-52,61%
Gastos administración	-8,14%	-8,10%	-4,24%	-4,80%
Gastos comercialización	-13,80%	-19,12%	-15,04%	-10,33%
Gastos financieros	-7,70%	-3,32%	-4,96%	-6,94%
Impuesto a las ganancias	-6,38%	-8,06%	-5,79%	-8,32%
UTILIDAD NETA	14,55%	14,63%	16,54%	17,00%

Tabla 7: Balances comparados de empresas telefónicas

Por su parte, un análisis de los indicadores financieros no muestra una situación inferior ni de notorio riesgo mayor en esta clase de actividad económica para ninguna de ellas, en consonancia con las postulaciones de Modigliani y Miller bajo la Hipótesis del Mercado Eficiente, tal como se aprecia en la *Tabla 8*. Sin embargo, por la circunstancia cualitativa mencionada, las políticas de financiamiento de ambas compañías corrieron suertes muy diferentes, en especial respecto de sus acreedores.

ANÁLISIS FINANCIERO	TELEFONICA DE ARGENTINA		TELECOM ARGENTINA	
	30/06/99	30/06/98	30/06/99	30/06/98
Liquidez total	0,23	0,25	0,34	0,24
Endeudamiento	0,91	1,01	1,15	0,99
Inmovilización Activos	0,90	0,87	0,82	0,89
Precio/Valor Libros	201,43%	198,77%	207,99%	230,47%
Ganancias por Acción	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,37	\$ 0,37
Price-Earnings Ratio-PER	13,28	14,29	14,79	16,13
Beta (sobre Merval)	1,00	1,04	0,98	1,03

Tabla 8: Análisis financiero de empresas telefónicas

Esta evaluación comparativa ilustra el esquema conceptual propuesto consistente en que las decisiones sobre el financiamiento son un proceso complejo en el que suelen incidir muchas variables cuantitativas y cualitativas, además de los factores aleatorios del mercado; en especial, la determinación del poder político en las empresas que implica la tenencia del capital accionario. Además, tienen influencia las características de los mercados bancarios y de capitales que suelen resultar segmentados para una empresa según su magnitud relativa, las características económicas, legales y políticas del contexto, la fase del ciclo económico y financiero local e internacional con su distinto grado de aversión al riesgo por parte de los financistas e inversores, el espíritu empresarial y todo un cúmulo de cambiantes factores posibles.

CAPÍTULO 5

EVALUACION PROBABILÍSTICA COMPARATIVA

1- INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realizará una evaluación del nuevo esquema probabilístico propuesto, basado en un modelo multiaTRIBUTO que admite la condición de heteroscedasticidad, en relación con las concepciones actuales.

La misma se basará en ejemplos ilustrativos referidos a la República Argentina, como así también en una evaluación teórica general.

La HME resultó un primer paso necesario para permitir reconocidos avances en el campo de las finanzas mediante el empleo de técnicas estadísticas bajo el supuesto del comportamiento aleatorio de las variaciones en las cotizaciones de los instrumentos financieros en un mercado eficiente; pero las decisiones de financiamiento suelen resultar de naturaleza más compleja, tomando en cuenta una diversidad de circunstancias además de esa oscilación aleatoria.

Por lo tanto, el nuevo esquema probabilístico aportado se base en un modelo que permite computar la incidencia de diversos factores para reflejar dicha complejidad, además del rendimiento esperado en un momento dado, y sin considerar al riesgo de volatilidad como una constante sino como una variable. En consecuencia, se evaluará lo siguiente:

a) un ejemplo de aplicación de la HME como marco general del mercado, basada en un solo atributo y en la condición de homoscedasticidad, sobre la cual se desarrollaron el modelo CAPM y las Proposiciones de Modigliani y Miller

b) casos de aplicación para evaluar el rendimiento de acciones individuales bajo los criterios tradicionales como alternativas de financiamiento

c) la evaluación del modelo aportado para los casos de aplicación anteriores

d) una evaluación teórica comparativa de un modelo multiatributo y que contempla la condición de heteroscedasticidad como el propuesto, en relación con los modelos de tipo monoatributo y bajo la condición de homoscedasticidad.

2. CASOS DE EVALUACIÓN COMPARATIVA

La metodología de esta tesis es básicamente deductiva para la evaluación de los esquemas teóricos en boga sobre esta temática, proporcionando y fundamentando esquemas teóricos generales alternativos mediante su demostración formal.

La naturaleza de la misma no es fundamentalmente inductiva, basada en el estudio exhaustivo de un cúmulo de información destinada a inferir los factores de mayor incidencia en una coyuntura específica.

Como queda manifestado, el modelo aportado no indica de antemano cuáles son las variables pertinentes, sino que permitirá ir incorporando nuevas variables endógenas y exógenas para ir perfeccionando la capacidad predictiva, lo cual queda como una línea de investigación futura.

Por lo tanto, los casos expuestos no tienen carácter taxativo sino ilustrativo de las posibilidades de aplicación de los esquemas propuestos, señalando que permiten tomar en cuenta una diversidad de atributos y la condición de heteroscedasticidad para poder intentar ampliar la eficacia predictiva de dichos esquemas teóricos sobre las decisiones de financiamiento bajo ciertas condiciones.

A fin de evaluar el nuevo modelo multiatributo para el caso de aplicación en la República Argentina, de los diversos factores posibles de naturaleza endógena o exógena a las empresas, se consideran solamente dos factores de riesgo universalmente tomados en cuenta por los analistas bursátiles.

Se trata del incremento de la relación *Price-to-Book Value* (PBV), que consiste en el cociente entre el precio de cotización y el valor en los libros contables correspondiente a cada acción, y en el incremento de la relación *Price-Earnings Ratio* (PER), que consiste en el cociente entre el precio de cotización sobre las utilidades contables por acción. La

relación PBV es un indicador de la magnitud del patrimonio neto de la empresa en cuestión y la prima de su cotización en el mercado, mientras que la relación PER es un indicador de la rentabilidad de dicha empresa y del tiempo que tardaría *ceteris paribus* para recuperar la cuantía de su cotización actual.

Esto no indica que se considera a los factores mencionados como los más importantes para toda empresa ni para toda coyuntura de mercado, sino que se emplean con el propósito de ilustrar la posible utilización del modelo aportado. Tampoco se estudian exhaustivamente los factores más relevantes para las decisiones de financiamiento en una situación dada, con el objetivo de establecer los coeficientes respectivos mediante su análisis estadístico. Dicho objetivo queda abierto como una línea de investigación abierta para ulteriores trabajos.

2.1. EVALUACIÓN DEL MERCADO EN GENERAL

Como marco introductorio de los casos particulares analizados más adelante, se plantea la situación del mercado accionario argentino en la década de 1990. Se aporta un caso de contrastación de la eficacia predictiva en relación con la Hipótesis del Mercado Eficiente en el contexto de la República Argentina, haciendo referencia a la utilización de estos modelos para el estudio de las cotizaciones de la Bolsa de Comercio de Buenos Aires. Se toma un período donde, tras superar una seria crisis financiera, se suceden limitados *shocks* en las variables del entorno, a fin de evaluar los resultados fuera de su comportamiento ante situaciones de incertidumbre, como las que suelen surgir por una grave crisis financiera. Para hacerlo, se toma como indicador aproximado al índice Merval, que comprende las acciones más transadas en dicha Bolsa.

Al tratarse de una década de estabilidad relativa del tipo de cambio, así como de otras variables económicas, es un período favorable para la evaluación de un modelo como el expuesto.

En este caso, el análisis del rendimiento del mercado accionario, representado en este caso por la variación de las cotizaciones respectivas, que tiene aproximación a la normal. En futuros estudios, podrían analizarse otras distribuciones posibles, para lograr mejores aproximaciones.

Los resultados de este análisis basado en datos proporcionados por el Instituto Argentino del Mercado de Capitales, perteneciente al Mercado de Valores de Buenos Aires, se pueden apreciar en la *Figura 1*.

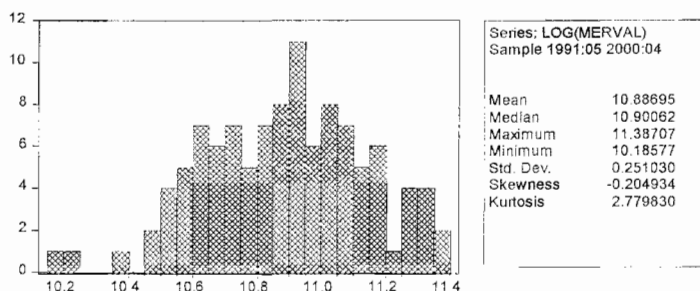


Figura 1: Análisis del logaritmo natural de la evolución del Merval.

La ecuación correspondiente resulta análoga a la mencionada bajo la referencia (3.11), a saber:

$$LN MERVAL_t = LN MERVAL_{t-1} + \varepsilon_t$$

Se considera el logaritmo natural del cociente de las cotizaciones sucesivas como una aproximación a su rendimiento a la manera de una tasa de capitalización instantánea. Se utilizó para este análisis el programa econométrico *E-Views*.

De acuerdo con la línea de investigación aportada de contemplar la condición de heteroscedasticidad como complemento de la HME clásica, se analizan los residuos para estudiar su posible componente ARCH con una significativa influencia en la variación de la varianza de los mismos. Se obtuvieron los resultados que pueden apreciarse en la *Tabla 1*.

ARCH Test:

F-statistic	0.108247	Probability	0.742804
Obs*R-squared	0.110195	Probability	0.739922

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 1991:07 2000:05

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.017852	0.005062	3.526769	0.0006
RESID^2(-1)	-0.032064	0.097457	-0.329009	0.7428
R-squared	0.001030	Mean dependent var		0.017290
Adjusted R-squared	-0.008484	S.D. dependent var		0.049073
S.E. of regression	0.049281	Akaike info criterion		-3.164058
Sum squared resid	0.255001	Schwarz criterion		-3.114099
Log likelihood	171.2771	F-statistic		0.108247
Durbin-Watson stat	1.991459	Prob (F-statistic)		0.742804

Tabla 1: Test de ARCH

La familia de modelos ARCH puede permitir desarrollar la mejora de parte de los resultados obtenidos en los casos pertinentes.

A continuación, consta la *Figura 2* que expone los residuos reales y ajustados.

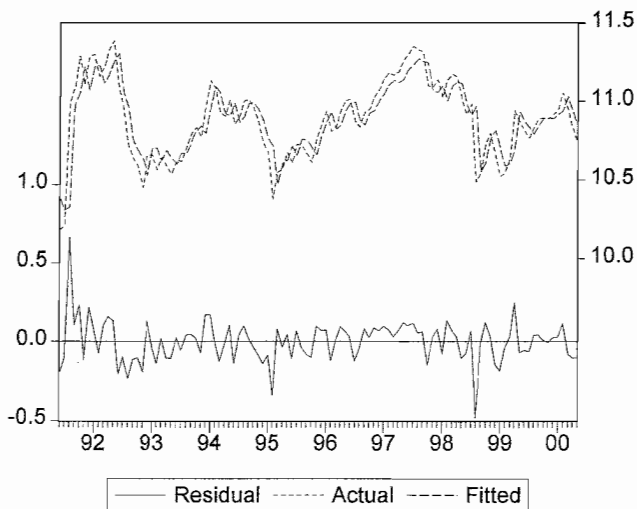


Figura 2: Gráfico de residuos reales y ajustados

De este gráfico, queda indicado que las variaciones de dichos residuos exceden un nivel de significación del 5% (o sea que son mayores a aproximadamente dos veces la dispersión) a casi todo lo largo de la década muestral. Esto sugiere la conveniencia de una re-especificación y posterior nueva estimación.

2.2. EVALUACIONES DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS INDIVIDUALES

2.2.1 El caso del Banco Francés (FRAN)

A fin de evaluar el modelo CAPM para la toma de decisiones de financiamiento, se pasa a considerar la evaluación del rendimiento de instrumentos financieros individuales, contrastando sus predicciones.

Primeramente, un caso posible en nuestro país consiste en tomar en cuenta, para el período decenal mencionado anteriormente, el comportamiento de una acción que siempre ha participado del índice Merval durante dicho lapso; se trata del Banco Francés S.A., conocido por su sigla bursátil FRAN.

Volviendo a analizar el logaritmo natural del cociente de las cotizaciones sucesivas brindadas por el Instituto Argentino del Mercado de Capitales, del Mercado de Valores de Buenos Aires, mediante el programa *E-Views*, se obtienen valores de beta de 0,97, como puede apreciarse en la *Tabla 2*.

Dependent Variable: LOG(FRANCES/FRANCES(-1))

Method: Least Squares

Sample(adjusted): 1991:06 2000:05

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.004853	0.011525	-0.421030	0.6746
LOG(MERVAL/MERVAL(-1))	0.968803	0.082582	11.73136	0.0000
R-squared	0.564905	Mean dependent var		-0.000624
Adjusted R-squared	0.560800	S.D. dependent var		0.180645
S.E. of regression	0.119718	Akaike info criterion		-1.389019
Sum squared resid	1.519222	Schwarz criterion		-1.339349
Log likelihood	77.00700	F-statistic		137.6249
Durbin-Watson stat	2.212829	Prob(F-statistic)		0.000000

Tabla 2: Evaluación del rendimiento del Banco Francés

El testeo de esta hipótesis puede ser interpretado por el Test de Breusch-Godfrey. La evaluación de esa relación es la siguiente, según surge en la *Tabla 3*.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	1.253480	Probability	0.265443
Obs*R-squared	1.274083	Probability	0.259002

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-4.81E-05	0.011512	-0.004175	0.9967
LOG(MERVAL/MERVAL(-1))	-0.004902	0.082600	-0.059342	0.9528
RESID(-1)	-0.108939	0.097303	-1.119589	0.2654
R-squared	0.011797	Mean dependent var	3.98E-18	
Adjusted R-squared	-0.007026	S.D. dependent var	0.119157	
S.E. of regression	0.119575	Akaike info criterion	-1.382367	
Sum squared resid	1.501300	Schwarz criterion	-1.307864	
Log likelihood	77.64783	F-statistic	0.626740	
Durbin-Watson stat	2.041795	Prob(F-statistic)	0.536318	

Tabla 3: Test de Breusch-Godfrey

El testeo de la hipótesis nula acerca de que no existe relación entre el rendimiento del FRAN y el rendimiento del MERVAL debe ser rechazada, ya que las probabilidades del Test de Wald son nulas. Esto puede evaluarse gracias a la *Tabla 4*.

Wald Test:

Equation: LOGFRANCES

Null Hypothesis:	C(1)=0		
	C(2)=0		
F-statistic	68.81393	Probability	0.000000
Chi-square	137.6279	Probability	0.000000

Tabla 4: Testeo de la Hipótesis Nula

Las ecuaciones respectivas son las siguientes:

Estimation Command:

=====

LS LOG(FRANCES/FRANCES(-1)) C LOG(MERVAL/MERVAL(-1))

Estimation Equation:

=====

LOG(FRANCES/FRANCES(-1)) = C(1) + C(2)*LOG(MERVAL/MERVAL(-1))

Substituted Coefficients:

=====

LOG(FRANCES/FRANCES(-1)) = -0.004852560489 +
0.9688025262*LOG(MERVAL/MERVAL(-1))

Se ha visto que, en esta aplicación del modelo CAPM, el *t-Statistic* inferior a 2 indica que la relación estudiada no es estadísticamente significativa y la correlación que muestra medida por el coeficiente R^2 es baja, no proporcionando una estimación totalmente satisfactoria. Así, el gráfico de los residuos entre los valores reales y los valores ajustados muestra diferencias en gran parte del período considerado, como puede observarse en los agudos picos y valles de la parte inferior de la *Figura 3*, cuya amplitud supera en varias ocasiones el margen del 5% de error.

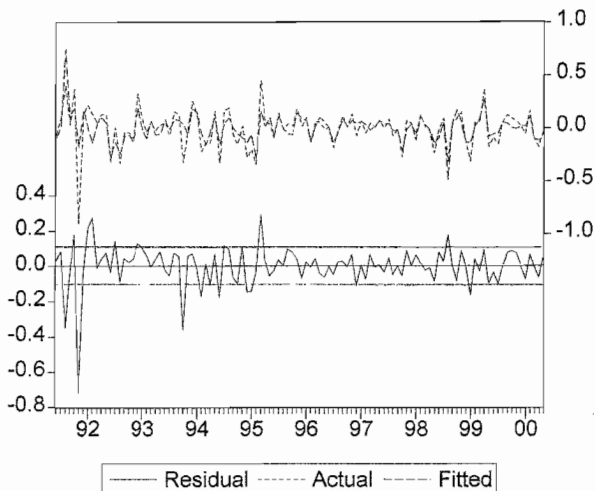


Figura 3: Análisis de los residuos estadísticos

La graficación de sus residuos a todo lo largo de la década muestral expone una amplitud que excede reiteradamente dos veces la dispersión e indica que los desvíos no son aleatorios con un grado de seguridad de aproximadamente el 95%. La importancia de los desvíos sugiere que sería pertinente tomar en cuenta otros factores explicativos para predecir el rendimiento de esta acción individual, además de su relación con el rendimiento del mercado accionario en su conjunto. Dicha sugerencia ha sido abordada por el modelo aportado.

Para el caso de la acción individual FRAN, la ecuación y sus coeficientes hallados considerando los factores de riesgo PBV y PER bajo condiciones de heteroscedasticidad son los siguientes:

Estimation Command:

=====

Estimation Command:

=====

ARCH LOG(FRANCES/FRANCES(-1)) C LOG(MERVAL/MERVAL(-1))
LOG(PER/PER(-1)) LOG(PBV/PBV(-1))

Estimation Equation:

=====

LOG(FRANCES/FRANCES(-1)) = C(1) + C(2)*LOG(MERVAL/MERVAL(-1)) +
C(3)*LOG(PER/PER(-1)) + C(4)*LOG(PBV/PBV(-1))

Substituted Coefficients:

=====

LOG(FRANCES/FRANCES(-1)) = 0.00151738979 +
0.3605120543*LOG(MERVAL/MERVAL(-1)) + 0.1480799904*LOG(PER/PER(-1))
+ 0.4956055618*LOG(PBV/PBV(-1))

Su evaluación es la siguiente, donde se observa en la *Tabla 5* que mejora sustancialmente el grado de correlación entre las variables evaluadas.

Se recuerda que el modelo no indica de antemano cuáles son las variables pertinentes, sino que permitirá ir incorporando nuevas variables endógenas y exógenas para ir perfeccionando la capacidad predictiva, lo cual queda como una línea de investigación futura.

Dependent Variable: LOG(FRANCES/FRANCES(-1))

Method: ML – ARCH

Sample(adjusted): 1991:06 2000:05

Convergence achieved after 21 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.001517	0.004961	0.305875	0.7597
LOG(MERVAL/ MERVAL(-1))	0.360512	0.033610	10.72629	0.0000
LOG(PER/ PER(-1))	0.148080	0.039906	3.710749	0.0002
LOG(PBV/PBV(-1))	0.495606	0.033398	14.83956	0.0000
Variance Equation				
C	2.05E-05	1.79E-05	1.140870	0.2539
ARCH(1)	-0.059936	0.001661	-36.07381	0.0000
GARCH(1)	1.044316	0.003958	263.8409	0.0000
R-squared	0.703800	Mean dependent var		-0.000624
Adjusted R-squared	0.686204	S.D. dependent var		0.180645
S.E. of regression	0.101193	Akaike info criterion		-2.789896
Sum squared resid	1.034241	Schwarz criterion		-2.616054
Log likelihood	157.6544	F-statistic		39.99768
Durbin-Watson stat	2.032841	Prob(F-statistic)		0.000000

Tabla 5: Evaluación con los modelos heteroscedásticos

El resultado de la estimación ARCH se muestra dividido en dos partes, a saber:

a) la parte superior muestra el resultado para la ecuación de la media; b) la parte inferior (bajo el título "Variance Equation") contienen lo relativo a la ecuación de la varianza, o sea los coeficientes, errores estándar, los estadísticos z y los valores de ρ para sus coeficientes.

Los parámetros de ARCH corresponden a la α_1 y la de GARCH a la α_2 de la ecuación vista anteriormente. Respecto del conjunto de estadísticos que emplean los residuos de la ecuación de la media, la medida R^2 no es significativa dado que no hay regresores en la ecuación de la media (en este caso, es un valor negativo). La suma de los coeficientes α_1 y α_2 cercana a la unidad indica que los shocks de volatilidad son bastante persistentes.

Los altos valores *t-Statistic* indican que los coeficientes son estadísticamente significativos. El indicador de Akaike de menor magnitud (-2.78) muestra que se trata de un modelo mejor que el anterior.

Por su parte, el test de Wald muestra que la Hipótesis Nula que los factores mencionados no tienen relevancia para la predicción del rendimiento individual de la acción FRAN puede desecharse, dado que arroja una probabilidad nula, como se observa en la última columna de la *Tabla 6*.

Wald Test:
Equation: MODELOFRANCES

Null Hypothesis: C(1)=0
C(2)=0
C(3)=0
C(4)=0

F-statistic	662.9913	Probability	0.000000
Chi-square	2651.965	Probability	0.000000

Tabla 6: Análisis de la Hipótesis Nula

Sin embargo, el gráfico que exhibe los valores reales y los valores según la ecuación indica aún residuos demasiado importantes en la primera parte de la muestra como para desestimar otras causas relevantes que faltarían incorporar al modelo, en una tarea ulterior para futuras investigaciones, ya que podrían referirse al marco político o macroeconómico y su influencia puntual en una significativa variación de las expectativas de los participantes en este mercado. Sin embargo, se advierte una estimación razonable con un grado de confianza del 95% desde Marzo de 1994 hasta el final de la muestra, como se ve en la parte derecha de la *Figura 4*.

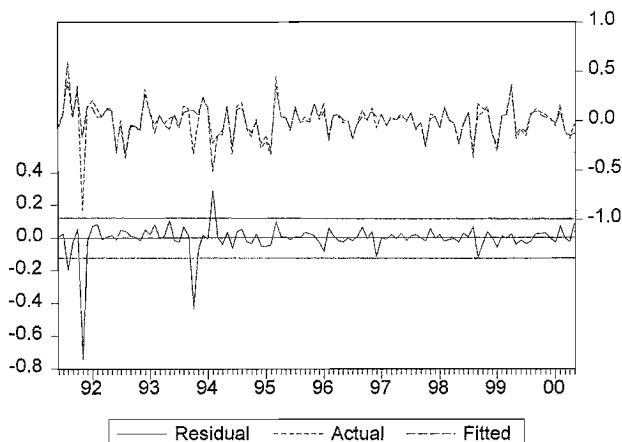


Figura 4: Análisis de los residuos estadísticos

Como consideración final, puede afirmarse lo siguiente. La suma de los coeficientes α_1 de ARCH y α_2 de GARCH es de 0.98; al ser cercana a la unidad indica que los *shocks* de volatilidad son muy persistentes: un cambio en la varianza actual tiene un efecto aproximadamente de uno a uno sobre las expectativas futuras. En este caso arroja un valor ligeramente inferior a 1, lo cual indica que la influencia de σ_t^2 sobre $E_t \sigma_{t+s}^2$ es muy fuerte pero se va extinguiendo muy lentamente; por lo tanto, surgen indicios (aunque no definitivos) que se trata de una serie no-estacionaria de variación de la varianza condicional.

En cuanto al criterio de Akaike, su valor es notoriamente menor al del modelo anterior, indicando que la eficacia del modelo ha mejorado.

El diagrama de los residuos indica que al introducir otros factores explicativos se logra mejorar el grado de confianza en la estimación a partir de Marzo del año 1994 en adelante, ya que los residuos están comprendidos dentro de dos veces la dispersión, esto es con un grado de confianza del aproximadamente el 95%. En cambio, sobre la

base de un solo atributo, que es la relación con la diferencia de rendimiento del mercado, los desvíos excedían ese margen casi a todo lo largo de la década.

2.2.1 El caso de Telecom Argentina (TECO)

A continuación se evalúa otro caso individual: el caso de la empresa de telecomunicaciones Telecom Argentina (TECO).

Nuevamente se toma el logaritmo natural del cociente de las cotizaciones brindadas por el Instituto Argentino del Mercado de Capitales, de la Bolsa de Comercio de Buenos Aires, como una aproximación a su rendimiento mediante el programa *E-Views* y se obtienen valores de beta de 0,93, como puede apreciarse en la *Tabla 7*.

Dependent Variable: LOG(TECO/TECO(-1))

Method: Least Squares

Sample(adjusted): 1991:06 2000:05

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.007404	0.007787	0.950842	0.3442
LOG(MERVAL/MERVAL(-1))	0.928842	0.068187	13.62189	0.0000

R-squared	0.668535	Mean dependent var	0.005200
Adjusted R-squared	0.664932	S.D. dependent var	0.130399
S.E. of regression	0.075482	Akaike info criterion	-2.308810
Sum squared resid	0.524167	Schwarz criterion	-2.254698
Log likelihood	110.5141	F-statistic	185.5560
Durbin-Watson stat	1.820494	Prob(F-statistic)	0.000000

Tabla 7: Evaluación del rendimiento de Telecom Argentina

El testeo de esta hipótesis interpretado por el Test de Breusch-Godfrey proporciona la siguiente evaluación, según se exhibe en la *Tabla 8*.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

F-statistic	0.020460	Probability	0.886575
Obs*R-squared	0.021130	Probability	0.884425

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-7.69E-06	0.007829	-0.000982	0.9992
LOG(MERVAL/MERVAL(-1))	-0.000707	0.068732	-0.010292	0.9918
RESID(-1)	0.015052	0.105232	0.143039	0.8866
R-squared	0.000225	Mean dependent var		1.99E-18
Adjusted R-squared	-0.021748	S.D. dependent var		0.075075
S.E. of regression	0.075887	Akaike info criterion		-2.287758
Sum squared resid	0.524049	Schwarz criterion		-2.206589
Log likelihood	110.5246	F-statistic		0.010230
Durbin-Watson stat	1.851965	Prob(F-statistic)		0.989823

Tabla 8: Test de Breusch-Godfrey

También en este caso el testeo de la hipótesis nula acerca de que no existe relación entre el rendimiento de TECO y el rendimiento del Merval resulta refutada, ya que las posibilidades del Test de Wald son nulas. Esto puede apreciarse en la *Tabla 9*.

Wald Test:

Equation: LOGTECO

Null Hypothesis:	C(2)=0		
F-statistic	185.5560	Probability	0.000000
Chi-square	185.5560	Probability	0.000000

Tabla 9: Testeo de la Hipótesis Nula

Las ecuaciones respectivas son las siguientes:

Estimation Command:

```
=====  
LS LOG(TECO/TECO(-1)) C LOG(MERVAL/MERVAL(-1))
```

Estimation Equation:

```
=====  
LOG(TECO/TECO(-1)) = C(1) + C(2)*LOG(MERVAL/MERVAL(-1))
```

Substituted Coefficients:

```
=====  
LOG(TECO/TECO(-1)) = 0.00740421096 + 0.9288421687*LOG(MERVAL/MERVAL(-1))
```

El indicador *t-Statistic* inferior a 2 muestra que la relación estudiada no es estadísticamente significativa; además, la correlación medida por el coeficiente R^2 es baja y no proporciona una estimación totalmente satisfactoria. De esa manera, el gráfico de los residuos entre los valores reales y los ajustados muestra nuevamente diferencias en gran parte del período considerado, como puede observarse en los agudos picos y valles de la parte inferior de la *Figura 5*, superando en varias ocasiones el margen del 5% de error.

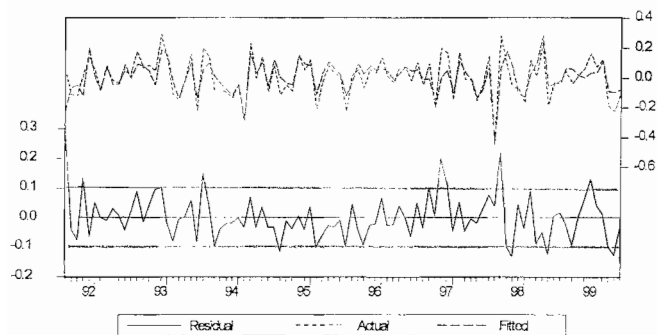


Figura 5: Análisis de los residuos estadísticos

Más reiteradamente que en el caso anterior, la gráfica de sus residuos a lo largo de la década muestral expone una amplitud que excede dos veces la dispersión e indica que los desvíos no son aleatorios con un grado de seguridad de aproximadamente el 95%. La importancia de los desvíos sugiere la pertinencia de tomar en cuenta otros

factores explicativos para predecir el rendimiento de esta acción individual, además de su relación con el rendimiento del mercado accionario en su conjunto, como lo permite el modelo aportado.

Para el caso de la acción individual TECO, la ecuación y sus coeficientes hallados considerando los factores PBV y PER son los siguientes:

Estimation Command:

```
=====
ARCH LOG(TECO/TECO(-1)) C LOG(MERVAL/MERVAL(-1)) LOG(PER/PER(-1))
LOG(PBV/PBV(-1))
```

Estimation Equation:

```
=====
LOG(TECO/TECO(-1)) = C(1) + C(2)*LOG(MERVAL/MERVAL(-1)) +
C(3)*LOG(PER/PER(-1)) + C(4)*LOG(PBV/PBV(-1))
```

Substituted Coefficients:

```
=====
LOG(TECO/TECO(-1)) = 0.003267463526 + 0.01823347441*LOG(MERVAL/MERVAL(-
1)) + 0.09736252563*LOG(PER/PER(-1)) + 0.88681398*LOG(PBV/PBV(-1))
```

En la *Tabla 10* puede observarse que mejora el grado de correlación entre las variables evaluadas.

Dependent Variable: LOG(TECO/TECO(-1))

Method: ML - ARCH

Sample(adjusted): 1991:06 2000:05

Convergence achieved after 100 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.003267	0.002499	1.307466	0.1911
LOG(MERVAL/MERVAL(-1))	0.018233	0.024929	0.731416	0.4645
LOG(PER/PER(-1))	0.097363	0.030685	3.173009	0.0015
LOG(PBV/PBV(-1))	0.886814	0.028971	30.61001	0.0000
Variance Equation				
C	0.000292	0.000181	1.611168	0.1071
ARCH(1)	-0.095852	0.014688	-6.525721	0.0000
GARCH(1)	0.507480	0.378446	1.340904	0.1800
R-squared	0.969056	Mean dependent var		0.005200
Adjusted R-squared	0.966922	S.D. dependent var		0.130399
S.E. of regression	0.023716	Akaike info criterion		-4.711410
Sum squared resid	0.048934	Schwarz criterion		-4.522016
Log likelihood	228.4363	F-statistic		454.0837
Durbin-Watson stat	1.950736	Prob(F-statistic)		0.000000

Tabla 10: Evaluación con el nuevo modelo

En este caso, el alto valor de *t-Statistic* indica que los coeficientes son estadísticamente significativos y la menor magnitud del indicador de Akaike (-4.71) muestra que se trata de un modelo algo mejor que el anterior.

La suma de los coeficientes α_1 de ARCH y α_2 de GARCH es de 0.41; al ser lejana a la unidad indica que los *shocks* de volatilidad no son persistentes. La influencia de σ_i^2 sobre $E_t \sigma_{t+1}^2$ no es muy fuerte y se va extinguiendo.

También empleando el nuevo modelo se puede refutar la hipótesis nula sobre la falta de relación entre los atributos analizados, ya que el Test de Wald vuelve a dar nulas probabilidades, según se observa en la *Tabla 11*.

Wald Test:

Equation: MODELO

Null Hypothesis:	C(1) = 0		
	C(2)=0		
	C(3)=0		
	C(4)=0		
F-statistic	658.5567	Probability	0.000000
Chi-square	2634.227	Probability	0.000000

Tabla 11: Testeo de la Hipótesis Nula

El gráfico que exhibe los valores reales y los valores según la ecuación aún indica en este caso residuos demasiado importantes tanto en la primera parte como hacia el final de la muestra como para desestimar otros factores relevantes que faltarían incorporar al modelo, en una tarea ulterior para futuras investigaciones, según lo muestra la *Figura 6*.

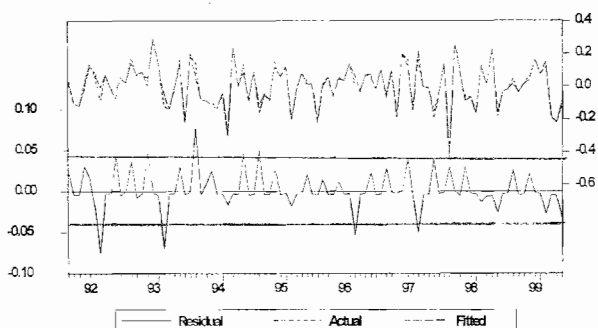


Figura 6: Análisis de los residuos estadísticos

2.2.1 El caso del Banco de Galicia (GALI)

Finalmente, el último caso presentado es el del Banco de Galicia y Buenos Aires S.A., conocido por su sigla bursátil GALI.

En esta ocasión, el logaritmo natural del cociente de las cotizaciones brindadas por el Instituto Argentino del Mercado de Capitales, de la Bolsa de Comercio de Buenos Aires, analizado mediante el programa *E-Views*, permite obtener valores de beta sumamente reducidos, como puede apreciarse en la *Tabla 12*.

Dependent Variable: LOG(GALI/GALI(-1))

Method: Least Squares

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.004524	0.030604	-0.147807	0.8827
LOG(MERVAL/MERVAL(-1))	0.424149	0.224500	1.889307	0.0613
R-squared	0.029362	Mean dependent var		-
Adjusted R-squared	0.021136	S.D. dependent var		0.003054
S.E. of regression	0.335147	Akaike info criterion		0.338746
Sum squared resid	13.25418	Schwarz criterion		0.668032
Log likelihood	-38.08191	F-statistic		0.714490
Durbin-Watson stat	2.737513	Prob(F-statistic)		3.569482
				0.061305

Tabla 12: Evaluación del rendimiento del Banco Galicia

El testeo de esta hipótesis interpretado por el Test de Breusch-Godfrey arroja la evaluación mostrada en la *Tabla 13*.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test

F-statistic	348.2240	Probability	0.000000
Obs*R-squared	4.569035	Probability	0.032555

Test Equation:
Dependent Variable: RESID
Method: Least Squares

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.000789	0.015413	-0.051203	0.9593
LOG(MERVAL/MERVAL(-1))	0.230892	0.114078	2.023987	0.0452
RESID(-1)	-0.041676	0.091499	-0.455482	0.6496
R-squared	0.038075	Mean dependent var		2.26E-18
Adjusted R-squared	0.021632	S.D. dependent var		0.170645
S.E. of regression	0.168789	Akaike info criterion		-0.695647
Sum squared resid	3.333317	Schwarz criterion		-0.625959
Log likelihood	44.73880	F-statistic		2.315571
Durbin-Watson stat	1.958111	Prob(F-statistic)		0.103217

Tabla 13: Test de Breusch-Godfrey

En consonancia con la baja correlación obtenida entre el rendimiento de GALI y el del MERVAL, la hipótesis nula tiene mayores probabilidades que en los casos anteriores de resultar plausible, dados los valores que muestra el Test de Wald en la *Tabla 14*. Por lo tanto, resulta de interés la incorporación de otros atributos al análisis, como lo permite el modelo aportado.

Wald Test:
Equation: LOGGALI

Null Hypothesis:	C(1)=0		
	C(2)=0		
F-statistic	1.789723	Probability	0.171510
Chi-square	3.579445	Probability	0.167006

Tabla 14: Testeo de la Hipótesis Nula

Las ecuaciones respectivas son las siguientes:

Estimation Command:

```
=====
LS LOG(GALI/GALI(-1)) C LOG(MERVAL/MERVAL(-1))
```

Estimation Equation:

```
=====
LOG(GALI/GALI(-1)) = C(1) + C(2)*LOG(MERVAL/MERVAL(-1))
```

Substituted Coefficients:

```
=====
LOG(GALI/GALI(-1)) = -0.004523567333 +
0.4241489758*LOG(MERVAL/MERVAL(-1))
```

El *t-Statistic* inferior a 2 indica que la relación estudiada no es estadísticamente significativa; la correlación que muestra medida por el coeficiente R^2 es muy baja y no proporciona una estimación totalmente satisfactoria. El gráfico de los residuos entre los valores reales y los ajustados muestra diferencias en gran parte del período considerado, como puede observarse en los agudos picos y valles de la parte inferior de la *Figura 7*, cuya amplitud supera en varias partes de la muestra el margen del 5% de error.

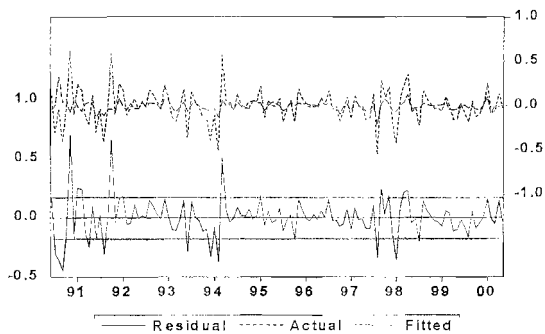


Figura 7: Análisis de los residuos estadísticos

La graficación de sus residuos a todo lo largo de la década muestral expone una amplitud que excede reiteradamente dos veces la dispersión e indica que los desvíos no son aleatorios con un grado de seguridad de aproximadamente el 95%. La importancia de los desvíos sugiere que sería pertinente tomar en cuenta otros factores explicativos para predecir el rendimiento de esta acción individual, además de su relación con el rendimiento del mercado accionario en su conjunto. Dicha sugerencia puede ser abordada por el modelo aportado.

Para el caso de la acción individual GALI, la ecuación y sus coeficientes hallados considerando solamente los factores de riesgo adicionales PBV y PER son los siguientes:

Estimation Command:

```
=====
ARCH LOG(GALI/GALI(-1)) C LOG(MERVAL/MERVAL(-1)) LOG(PBV/PBV(-1))
LOG(PER/PER(-1))
```

Estimation Equation:

```
=====
LOG(GALI/GALI(-1)) = C(1) + C(2)*LOG(MERVAL/MERVAL(-1)) + C(3)*LOG(PBV/PBV(-1)) +
C(4)*LOG(PER/PER(-1))
```

Substituted Coefficients:

```
=====
LOG(GALI/GALI(-1)) = 0.005434762647 + 0.3009979768*LOG(MERVAL/MERVAL(-1)) +
0.7715577597*LOG(PBV/PBV(-1)) - 0.00104250783*LOG(PER/PER(-1))
```

Su evaluación es la siguiente, donde se observa en la *Tabla 15* que mejora el grado de correlación entre las variables evaluadas.

Dependent Variable: LOG(GALI/GALI(-1))

Method: ML - ARCH

Convergence achieved after 49 iterations

	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C	0.005435	0.004249	1.279096	0.2009
LOG(MERVAL/MERVAL(-1))	0.300998	0.037476	8.031777	0.0000
LOG(PBV/PBV(-1))	0.771558	0.034811	22.16407	0.0000
LOG(PER/PER(-1))	-0.001043	0.004320	-0.241303	0.8093
Variance Equation				
C	0.000130	1.45E-05	9.011793	0.0000
ARCH(1)	-0.084049	0.000564	-148.9130	0.0000
GARCH(1)	1.021537	0.001149	888.8969	0.0000
R-squared	0.482892	Mean dependent var	-0.003054	
Adjusted R-squared	0.455435	S.D. dependent var	0.190439	
S.E. of regression	0.140534	Akaike info criterion	-2.794485	
Sum squared resid	2.231721	Schwarz criterion	-2.631881	
Log likelihood	174.6691	F-statistic	17.58716	
Durbin-Watson stat	1.801275	Prob(F-statistic)	0.000000	

Tabla 15: Evaluación con el nuevo modelo

El mayor indicador *t-Statistic* muestra que los coeficientes son estadísticamente significativos y el menor indicador de Akaike muestra que se trata de un modelo mejorado.

Mediante la aplicación del nuevo modelo, el Test de Wald muestra una mejor evaluación que mediante el modelo CAPM tradicional en este caso, ya que resultan nulas las probabilidades que no existan relaciones entre los atributos analizados, como lo muestra la *Tabla 16*.

Wald Test:

Equation: MODELOGALI

Null Hypothesis:	C(1)=0		
	C(2)=0		
	C(3)=0		
	C(4)=0		
F-statistic	19889.73	Probability	0.000000
Chi-square	79558.92	Probability	0.000000

Tabla 16: Testeo de la Hipótesis Nula

El gráfico que exhibe los valores reales y los valores según la ecuación indica una razonable mejora en la eficacia predictiva con un grado de confianza del 95% en este caso, como se ve en la parte derecha de la *Figura 8*.

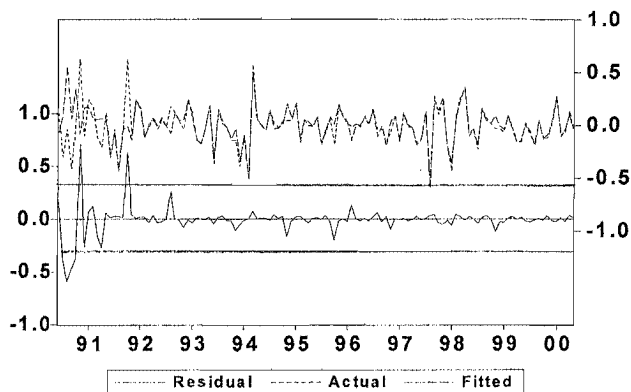


Figura 8: Análisis de los residuos estadísticos

También para este caso, la suma de los coeficientes α_1 de ARCH y α_2 de GARCH cercana a la unidad indica que los *shocks* de volatilidad son muy persistentes: un cambio en la varianza actual tiene un efecto aproximadamente de uno a uno sobre las expectativas futuras. El valor ligeramente inferior de 0.95 indica que la influencia de σ_t^2 sobre $E_t \sigma_{t+1}^2$ es muy fuerte pero se va extinguiendo.

En suma, el diagrama de los residuos indica que al introducir otros factores explicativos se logra aumentar el grado de confianza en la estimación para este caso.

3. EVALUACIÓN TEÓRICA DEL MODELO APORTADO

En comparación con las Proposiciones de Modigliani y Miller, el nuevo modelo propuesto abarca un mayor nivel de generalización, mientras que aquéllas pueden considerarse como un caso particular del nuevo esquema teórico, aunque con ciertas modificaciones.

Se trata del caso especial donde el único factor interviniente es la oscilación aleatoria del costo de los instrumentos de financiación; esto se refiere a los contextos y las fases del mercado de relativa estabilidad que resultan compatibles con los supuestos de la HME. Pero no abarcan otros casos posibles donde la influencia de otros factores coadyuvantes de naturaleza determinística, probabilística o aún de incertidumbre reducen considerablemente la eficacia predictiva de los esquemas basados en dicha Hipótesis.

Puede observarse esto partiendo del nuevo modelo:

$$K_x = k_{0t} + \sum_{n=1}^Z [b_{nt} \cdot f_{nt}] + \varepsilon_{it} \quad (3.25)$$

En el caso especial de considerar que no existen otros factores coadyuvantes de significación, entonces el segundo sumando del segundo término se anula y queda la siguiente expresión reducida:

$$K_{it} = k_{0t} + \varepsilon_{it} \quad (5.1)$$

Vale decir que, en forma análoga a la Primera Proposición de Modigliani y Miller, el costo de capital resulta un parámetro invariable para todo nivel de endeudamiento, dentro de ciertos límites razonables; pero no dependiendo en este caso de todo el mercado en general sino del nivel de riesgo de la rama de actividad en cuestión, que se considera empíricamente determinado y sobre cuya elucidación no profundizan los autores mencionados.

Sin embargo, el nuevo modelo propuesto se basa en otro supuesto: el de la heteroscedasticidad, es decir que la varianza a su vez es una variable a lo largo del tiempo.

Además, el supuesto general de arbitraje a ultranza de todo tipo de rendimiento que observan estos autores parece controvertible. En las empresas con fines lucrativos, el beneficio aparente esperado (ρ_k) se espera que resulte no inferior al costo esperado de su endeudamiento (que en la Proposición II pasa a considerar por separado en otra magnitud, que denomina r) y a la tasa esperada de costo de capital general del mercado.

Esto se advierte en el planteamiento de ρ_k en la Primera y la Segunda Proposición. En el punto 2.1 *in fine* del artículo original¹ afirma la interpretación (a) de la misma como la tasa probable de rendimiento de una acción dentro de la clase de actividad k ; pero pocas páginas más tarde², al plantear la Proposición II, la define como la tasa de rendimiento del activo.

En esa definición general, se combinan diversas variables con distintas definiciones formales e importancia conceptual *per se* como si confluyeran todas en un mismo valor. Por caso, tendería a confluir una variable de naturaleza preponderantemente endógena en las empresas, como es el rendimiento de sus activos, con variables preponderantemente exógenas como son los rendimientos exigidos por inversores y financistas.

A continuación, se pasa a desarrollar una comparación teórica con el modelo CAPM de William Sharpe.

En esta tesis, se ha sostenido que en las decisiones de financiamiento pueden incidir diversos factores endógenos y exógenos. Sin embargo, el CAPM sólo observa un riesgo: el riesgo de mercado, o sea el *timing* de la financiación con un instrumento respecto de su reacción frente a una variación del mercado en su conjunto. El modelo propuesto, al tomar las ecuaciones mencionadas, puede añadir a ese riesgo la incidencia de los otros factores.

Esto puede interpretarse como el costo diferencial para sumar a la tasa libre de riesgos, a fin de obtener el costo de capital de una empresa que busca financiarse por el efecto de estos factores inesperados. Análogamente, puede calcularse el efecto de estos riesgos sobre diversos instrumentos del mercado financiero, en base a las fórmulas vistas.

¹ Puede consultarse en la página 732 de la traducción en español: "Costo del capital, valor de mercado y teoría de la inversión" en *Revista de Administración de Empresas*, tomo I, pp.725-767, del artículo original: MODIGLIANI F., MILLER M. H. (1958): "The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment", *American Economic Review*, Junio de 1958, pp. 261-297.

² Puede consultarse en la página 737 de la traducción mencionada.

El modelo aportado no se basa en suposiciones sobre la función de utilidad de los decisores, ni en que éstos consideren sólo la media y la varianza de sus instrumentos financieros. Sin embargo, requiere que las expectativas de los decisores sean homogéneas; sus factores f_i y coeficientes b_{ij} dependen de la implementación empírica de cada estudio.

Este modelo es más general que el CAPM, ya que proporciona una relación aproximada del rendimiento esperado con un número desconocido de factores no identificados; por su parte, el CAPM no tiene dimensión temporal. El modelo propuesto basado en el APT no requiere identificar de antemano al portafolio de mercado, pero éste ha resultado más difícil de testear que el CAPM.³

Analíticamente, si se supone que para el título i su rendimiento depende de sólo un factor y que ese factor es el rendimiento del portafolio de mercado, entonces el modelo respectivo será:

$$K_{it} = k_{0t} + b_i K_t^m + \varepsilon_{it} \quad (5.2)$$

De esa manera, estaría conforme con la ecuación de retorno de equilibrio del CAPM, que será la siguiente:

$$EK_{it} = k_{0t} + b_i (EK_t^m - r_t) \quad (5.3)$$

donde:

K_{it} = equivale a R_{it} considerando a la evolución del título valor representativo de deuda o de patrimonio neto como un costo de capital en lugar de la utilidad relativa que proporciona una inversión

k_{0t} = equivale a r_{0t} , considerando al mínimo costo de capital de las alternativas de financiamiento en lugar del mínimo rendimiento de unas alternativas de inversión

³ CUTHBERTSON, K. (1997): *Op. cit.*, cap. 6, pp.116-155

Si existieran varios factores, la consistencia entre ambos modelos no se da en todos los casos, sino solamente cuando la estimación de λ_j del modelo propuesto es igual al $\beta_j(ER^m - r)$ del CAPM, generalizándolo para z factores.

Por ejemplo, si se considera un modelo con dos factores, se obtiene:

$$\begin{aligned}\beta_{ik} &= \sum_{k=1}^K b_{ik} \beta_{2k} \\ R_K &= k_0 + b_{11}f_1 + b_{12}f_2 + \varepsilon_{it} \\ EK_i &= k_0 + b_{11}\lambda_1 + b_{12}\lambda_2\end{aligned}\quad (5.4)$$

Dado que λ_j es el exceso de rendimiento sobre un portafolio o instrumento con un efecto b_{ij} sobre un factor y cero sobre todo otro factor, entonces debería mostrar, para ser coherentes con el CAPM:

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= \beta_1(ER^m - r) \\ \lambda_2 &= \beta_2(ER^m - r)\end{aligned}\quad (5.5)$$

Como el β_i del CAPM tiene una definición distinta del b_i del modelo propuesto, debe verificarse el caso donde se cumpla la condición que $\beta_i^* = b_{i1}\beta_1 + b_{i2}\beta_2$ para poder obtener la expresión:

$$EK_i = k_{0i} + \beta_i^*(ER^m - r)\quad (5.6)$$

CAPÍTULO 6

ESQUEMAS TEÓRICOS PARA CONTEXTOS DE INCERTIDUMBRE

1. INTRODUCCIÓN

Este capítulo se aleja de los esquemas teóricos generales de aplicación universal, para abordar un caso especial: el tema de la teoría del financiamiento ante contextos de incertidumbre.

En ellos no se cuenta con suficiente información como para realizar evaluaciones de tipo determinista ni probabilista, y aún puede existir cierta vaguedad en la definición de las variables y ponderaciones en juego, lo cual constituye una limitación para la aplicación de la HME y de los modelos evaluados en los capítulos anteriores, ya que no se cumplen sus supuestos.

Dichos supuestos pueden verse vulnerados en coyunturas críticas en los mercados desarrollados y más asiduamente aún en los mercados emergentes. En ellas, suelen ocurrir situaciones de incertidumbre, donde resulta ilusorio emplear eficazmente distribuciones de frecuencia conocidas, por el cambio de las variables económicas y financieras.

Estas circunstancias pueden acentuarse por la multiplicidad de factores endógenos y exógenos que suelen incidir en las decisiones de financiamiento, en especial para los aspectos cualitativos.

Para este tipo de situaciones, se han propuesto diversas metodologías con el fin de afrontar el proceso de evaluación y toma de decisiones. Dada la amplitud de esta temática, se tratará una de dichas metodología *ad hoc*: la metodología borrosa. Sus posibles aplicaciones en el campo de las decisiones sobre los rendimientos y riesgos del financiamiento se desarrollarán a continuación.

2. METODOLOGÍAS ALTERNATIVAS

Han venido surgiendo hipótesis alternativas a la HME para tomar en cuenta situaciones de transición o bien mercados de capitales ineficientes donde la HME parece poco realista y puede dar lugar a predicciones de considerable margen de error, dado que se trata de contextos con características de incertidumbre.

Tales fases de transición se han venido produciendo desde hace siglos aún en los mercados más desarrollados¹; como casos extremos más cercanos, pueden recordarse en EE.UU. las caídas abruptas del índice *Dow Jones* de la Bolsa de Nueva York del 16% en un día (1987) o la caída anual del 78% en el índice *Nasdaq* de acciones tecnológicas (2000). En los países emergentes como la República Argentina, estas fases suelen producirse con mayor asiduidad y volatilidad, como en la reciente cesación de pagos de la deuda pública (2001), o bien en ocasión de las hiperinflaciones (1989 y 1991).²

Por ejemplo, un autor como Tonis Vaga³ ha sugerido la hipótesis alternativa del mercado coherente. Según ésta, la HME sólo cubre el caso parcial de mercados muy aleatorios y con baja interacción con la realidad socioeconómica; pero también suelen verificarse fases de mercados coherentemente alcistas o bajistas, cuando coinciden grandes cambios en los fundamentos macroeconómicos (especialmente en la liquidez general) y la conducta poco racional de los financistas e inversores, o bien situaciones de caos con mucha interacción, bajo rendimiento y posibilidades predictivas muy limitadas en el corto plazo.

En tales contextos, resultan útiles las metodologías que permiten tomar en cuenta factores tales como la psicología de los inversores o la influencia de los

¹ KINDLEBERGER, Ch. T. (1978): *Manias, panics and crashes*, Editorial Basic Books, Inc., Nueva York.

² DRIMER, R. L. (1991): "Inflation and Hyperinflation: Comments on Short-Term Finance", *Research Papers in Banking and Finance*, University College of North Wales, 91/2

³ VAGA T. (1994): *Profiting from chaos*, McGraw-Hill, Nueva York

fundamentos socioeconómicos del sesgo contextual, ya que las mismas funcionan como parámetros de control para prever, mediante modelos no lineales, relaciones de costo/ beneficio distintas del modelo estocástico del *random walk*.

Otros autores se basan en supuestos diferentes. Tal el modelo de Gastineau-Madansky, basado en una distribución de frecuencias empíricamente establecida y que incluye factores de ajuste para reflejar la incidencia de impuestos, comisiones, dividendos, etc ⁴.

Una metodología alternativa se orienta hacia el empleo de fractales. En una dimensión fraccionaria, muestran la distribución de objetos r que siguen la ley de potencia r^D donde D es una constante. Entonces, un pequeño cambio inicial puede causar una gran diferencia final a diversas escalas de procesos. Esta aproximación acentúa las relaciones no lineales de campos como el mercado de valores, según afirma Benoît Mandelbrot ⁵.

Finalmente, otras aproximaciones hacen hincapié en la necesidad de aplicar técnicas matemáticas para abordar situaciones de caos, cuando los riesgos resultan sumamente elevados en relación con un rendimiento limitado. Según sostienen autores como Edgar Peters ⁶, los sistemas no lineales aportan métodos y técnicas válidos para analizar sistemas complejos, con muchos componentes o subsistemas; se vale de parámetros de control como atractores de caos, es decir de sistemas impredecibles a tasa exponencial.

En esta tesis se focaliza la evaluación en otra herramienta conceptual para afrontar decisiones de financiamiento bajo situaciones de incertidumbre: la metodología borrosa. Fue creada por Lofti A. Zadeh ⁷ refiriéndose a conjuntos que no pueden definirse nítidamente, de manera que la pertenencia de sus elementos no es solamente total o nula, sino que admite una gama de graduaciones. Esos grados de pertenencia permiten desarrollar una teoría de los subconjuntos borrosos, con su lógica y sus operaciones correspondientes, lo cual se ha mostrado apto para enfrentar situaciones de incertidumbre y vaguedad en los enunciados.

⁴ GASTINEAU, G (1988): *The Options Manual*, McGraw-Hill, Nueva York

⁵ MANDELBROT, B. (1963): "The variation of certain speculative prices", *Journal of Business*; vol. 10, pp.120-132

⁶ PETERS, E. (1991): *Chaos and order in the Capital Markets*, John Willey & Sons, Nueva York

⁷ ZADEH, L. A. (1965): "Fuzzy Sets", *Information and Control*, California University, Berkeley, vol. 8, pp. 338-353

Otra metodología alternativa, que también toma en cuenta las presunciones subjetivas, es la interpretación subjetivista de la teoría de la probabilidad.⁸ Sin embargo, el enfoque de la metodología borrosa es distinto, ya que no parte de una función de distribución de frecuencias, sino del grado de pertenencia a un conjunto referencial, por lo cual se adapta a las decisiones que es necesario tomar en materia de financiamiento dentro de situaciones cuando los riesgos y rendimientos pueden apreciarse mediante enunciados con cierto grado de vaguedad.

3. LA METODOLOGÍA BORROSA EN LAS CIENCIAS ECONÓMICAS

Para la toma de decisiones en el campo de las Ciencias Económicas y en particular de las Finanzas, pueden darse casos especiales en los cuales un ambiente de incertidumbre se verifica por las variaciones contextuales, las limitaciones de la información disponible y, en algunos casos, la interacción de los decisores con su entorno.

Al respecto, la metodología borrosa ha surgido a partir del concepto de conjunto borroso desarrollado por Zadeh⁹ del cual resultan conjuntos definidos como interpretación de procesos donde la información disponible es insuficiente o bien es descrita mediante un lenguaje con cierto grado de vaguedad. Tal es el caso de afirmaciones tales como: "esta financiación es bastante barata", "tal máquina parece poco resistente", o "parece que la demanda de este producto es muy prometedora".

Ha dado lugar a un desarrollo que ha demostrado ser útil para abordar problemas que requieren el ajuste de variables hacia la meta buscada; por ejemplo, la resolución del péndulo invertido, el control de la producción de cemento, los sistemas teleguiados, los estudios de inteligencia artificial y otros. Algunos de sus conceptos básicos se exponen en el *Anexo 3*.

Arnold Kaufmann brindó la primera exposición sistemática de la teoría de los conjuntos borrosos¹⁰, que posteriormente desarrolló en diversas aplicaciones.¹¹

⁸ DE FINETTI, B. (1974): *Theory of Probability*, John Wiley & Sons, London.

⁹ ZADEH, L. A. (1965): *Op. cit.*

¹⁰ KAUFMANN, A. (1973): *Introduction à la théorie des sous-ensembles flous*, Masson, Paris

¹¹ Por ejemplo, en: KAUFMANN, A., GIL ALUJA, J. (1986): *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*, Miladuro, Santiago de Compostela

M. M. Gupta ha definido a la metodología borrosa como un cuerpo de conceptos y técnicas que apuntan a proveer un marco sistemático para tratar con la vaguedad e imprecisión inherente al proceso del pensamiento humano.¹²

Por su parte, B. Kosko ha caracterizado al pensamiento borroso como aquel que razona con escasa evidencia, conceptos vagos, silogismos heurísticos, hechos tentativos, reglas prácticas, principios enunciados con excepciones, creencias, estimaciones y similares.¹³

Por otro lado, cabe recordar que el mero hecho de emplear la metodología borrosa no garantiza la obtención de explicaciones y decisiones satisfactorias en el ámbito de las Ciencias Económicas; ello supondría reducir los logros de un área del conocimiento a otra sin adecuada justificación. Este tema ha sido abordado recientemente por Alan Sokal, quien muestra como un ejemplo más entre los usos equivocados del empleo de los logros de las disciplinas formales y físicas en las Ciencias Sociales y otras áreas del conocimiento a ciertas menciones sobre la metodología borrosa; en particular se refiere a generalizaciones hacia cuestiones del género por Luce Irigaray y de la política por Stanley Aronowitz sobre la base de referencias a Kaufman (1973) y Kosko (1993).¹⁴

Por lo tanto, puede concluirse que, para abordar contextos donde prevalecen los matices interpretativos y la incertidumbre, resulta razonable utilizar esta metodología en el ámbito de las Ciencias Económicas, en particular en ciertos campos como la evaluación de los recursos humanos o de las preferencias de los consumidores. Dentro del mismo, se aporta en esta obra un nuevo campo de aplicación para ciertos casos especiales, que es la teoría del financiamiento.

4. EVALUACIÓN DEL COSTO DE LAS DECISIONES DE FINANCIAMIENTO BAJO INCERTIDUMBRE

¹² GUPTA, M. M. (1977): *Fuzzy automata and decision processes*, North-Holland, Amsterdam.

¹³ KOSKO, B. (1992): *Neural networks and fuzzy systems: a dynamical systems approach to machine intelligence*, Prentice-Hall Inc, New Jersey

¹⁴ SOCAL, A. y BRICMONT J. (1999): *Imposturas intelectuales*, versión española de Editorial Paidós, Buenos Aires, Apéndice A, pp. 249-262.

Se han desarrollado estudios en los que se emplea metodología borrosa para la temática de la administración financiera. Por ejemplo, J. J. Buckley ha mostrado su posible empleo para la evaluación de inversiones individuales¹⁵ y de portafolios de inversión¹⁶; por su parte, Marcelo Cruz y John Carroll han señalado las ventajas de este enfoque para evaluar el riesgo operativo bancario, dado que en muchos casos el mismo se manifiesta con información subjetiva e incompleta.¹⁷

Pueden aplicarse los conceptos vertidos para determinar el costo de capital borroso para una estructura de financiamiento en una situación de incertidumbre, de acuerdo con los desarrollos de los primeros capítulos de esta obra.

El mismo surge de retomar la formulación de referencia (2.2) del Capítulo 2, adecuándola al nuevo supuesto de una situación de incertidumbre. En ella, tanto el costo de cada fuente de financiamiento como el grado de participación de cada una en la estructura total de financiamiento son datos imprecisos, sin antecedentes estadísticos válidos para la nueva situación pero con distintos niveles de presunción.

El nuevo modelo borroso de valuación del costo de capital se enuncia a continuación.

Dados:

$\tilde{K}(o)$: costo de capital borroso, tal que: $\tilde{K}(o) = (k_{(o)1}, k_{(o)2}, k_{(o)3})$

$\tilde{K}(e)$: costo de capital propio borroso, tal que: $\tilde{K}(e) = (k_{(e)1}, k_{(e)2}, k_{(e)3})$

$\tilde{K}(i)$: costo del endeudamiento borroso, tal que: $\tilde{K}(i) = (k_{(i)1}, k_{(i)2}, k_{(i)3})$

$\tilde{W}_{(e)}$: ponderación borrosa del capital propio en la estructura de financiamiento total,

tal que: $\tilde{W}_{(e)} = (w_{(e)1}, w_{(e)2}, w_{(e)3})$

$\tilde{W}_{(i)}$: ponderación borrosa del endeudamiento en la estructura de financiamiento total,

tal que: $\tilde{W}_{(i)} = (w_{(i)1}, w_{(i)2}, w_{(i)3})$

¹⁵BUCKLEY, J. J. (1983): "The Fuzzy Mathematics of Finance", *Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems*, editado por Dubois, Prade y Yager, Morgan- Kaufmann Publishers, California, pp. 840-848

¹⁶BUCKLEY, J. J. (1987): "Portfolio Analysis using Possibility Distributions", *Intelligent Systems, Decision, and Control*, vol. 20, pp. 69-76.

¹⁷CRUZ, M. y CARROLL, J. (2000): "Fuzzy Logic", *Revista RISK*, noviembre, Technical Paper 1, pp.816-819.

Entonces:

$$\tilde{K}(o) = \tilde{K}_{(e)}(.)\tilde{W}_{(e)} + \tilde{K}_{(i)}(.)\tilde{W}_{(i)}$$

donde: (6.1)

$$W_{(e)1} + W_{(i)3} = 1$$

$$W_{(e)2} + W_{(i)2} = 1$$

$$W_{(e)3} + W_{(i)1} = 1$$

Las restricciones se interpretan tal que, tomando estas fuentes de financiamiento, la suma de los valores de su ponderación debe resultar igual a la unidad, a fin de totalizar el 100% de la estructura de financiamiento necesaria para solventar la estructura de activos. Tanto el costo del capital propio como el del endeudamiento se consideran después de aplicar los impuestos directos; por lo tanto, no corresponde aplicar ningún factor de ajuste a tal efecto.

Se plantea a continuación un caso ilustrativo para la toma de decisiones sobre toda la estructura de financiamiento de una empresa en una situación signada por la imprecisión y vaguedad de los datos disponibles.

En una fase de incertidumbre económica, se producen cambios en las reglas de juego financieras. La información y evaluaciones pasadas conservan escasa vigencia y ante un mundo desconocido de nuevas relaciones debe estimarse el costo de capital de una firma en base a presunciones sobre las alternativas que pueden ocurrir hasta que se regularice la situación.

La gerencia solamente tiene una vaga noción del apoyo financiero que están dispuestos a brindar los accionistas y de su rendimiento mínimo exigido. De la misma

manera, sólo cuenta con una noción imprecisa sobre qué porción de la estructura de financiamiento podrá obtenerse de terceros y a qué costo.

Por un lado, el incierto nivel de costos, que dependerán de los intereses nominales y de otros conceptos vinculados, y por otro lado la disponibilidad de fuentes de financiamiento con su consiguiente ponderación sobre la estructura de financiamiento total en dicho período, se resumen en la *Tabla 1*.

Dichos rendimientos se exponen en ambos casos de Patrimonio Neto y de Pasivo después de calcular el efecto impositivo; por lo tanto, según los desarrollos de los Capítulos 2 y 3, no corresponde computar dicho efecto impositivo diferencial.

<u>FUENTE FINANCIERA</u>	<u>PONDERACIÓN</u>	<u>COSTO (en porcentaje)</u>
<i>Pasivo</i>	0.4 , 0.5 , 0.8	12 , 24 , 36
<i>Patrimonio Neto</i>	0.2 , 0.5 , 0.6	10 , 15 , 20

Tabla 1: Costo y ponderación de las fuentes de financiamiento

Cumple la restricción que la suma de un valor de una fuente más el valor de otra fuente debe resultar igual a la unidad, es decir, que coinciden en el 100% de las necesidades de financiamiento.

A continuación, se obtienen los intervalos de confianza para cada nivel α de cada número borroso:

Dados los siguientes factores:

$\vec{W}_{(i)}$: ponderación borrosa del Pasivo en la estructura de financiamiento:

$$\forall \alpha \in [0,1]: \vec{W}_{(i)}(\alpha) = [(0.5 - 0.4)\alpha + 0.4, (0.5 - 0.8)\alpha + 0.8] = [0.1\alpha + 0.4, -0.3\alpha + 0.8]$$

$\tilde{W}_{(e)}$: ponderación borrosa del Patrimonio Neto en la estructura de financiamiento:

$$\forall \alpha \in [0,1]: \dot{W}_{(e)}(\alpha) = [(0.5 - 0.2)\alpha + 0.2, (0.5 - 0.6)\alpha + 0.6] = [0.3\alpha + 0.2, -0.1\alpha + 0.6]$$

$\tilde{K}_{(e)}$: costo borroso del financiamiento con Pasivos

$$\forall \alpha \in [0,1]: \tilde{K}_{(e)}(\alpha) = [(0.24 - 0.12)\alpha + 0.12, (0.24 - 0.36)\alpha + 0.36] = [0.12\alpha + 0.12, -0.12\alpha + 0.36]$$

$\tilde{K}_{(n)}$: costo borroso del financiamiento con Patrimonio Neto

$$\forall \alpha \in [0,1]: \tilde{K}_{(n)}(\alpha) = [(0.15 - 0.10)\alpha + 0.10, (0.15 - 0.20)\alpha + 0.20] = [0.05\alpha + 0.10, -0.05\alpha + 0.20]$$

$\dot{W}_{(e)}(\cdot) \tilde{K}_{(e)}$: es el número borroso que indica la porción del costo atribuible a la fuente de financiamiento con Pasivo, ponderado por su importancia en la estructura de financiamiento total.¹⁸ Se obtendrá lo siguiente¹⁹:

$$\begin{aligned} \tilde{W}_{(e)}(\alpha) \tilde{K}_{(e)}(\alpha) &= [(0.1\alpha + 0.4) \cdot (0.12\alpha + 0.12), (-0.3\alpha + 0.8) \cdot (-0.12\alpha + 0.36)] = \\ &= [0.012\alpha^2 + 0.06\alpha + 0.048, 0.036\alpha^2 - 0.204\alpha + 0.288] \end{aligned}$$

$\dot{W}_{(n)}(\cdot) \tilde{K}_{(n)}$: es el número borroso que indica la porción del costo atribuible a la fuente de financiamiento del Patrimonio Neto ponderado por su importancia en toda la estructura de financiamiento total. Se obtendrá, igual que en el caso anterior, un número borroso no triangular:

$$\begin{aligned} \tilde{W}_{(n)}(\alpha) \tilde{K}_{(n)}(\alpha) &= [(0.3\alpha + 0.2) \cdot (0.05\alpha + 0.10), (-0.1\alpha + 0.6) \cdot (-0.05\alpha + 0.20)] = \\ &= [0.015\alpha^2 + 0.04\alpha + 0.02, 0.005\alpha^2 - 0.05\alpha + 0.12] \end{aligned}$$

¹⁸ En general, los productos borrosos proporcionan un resultado que es un número borroso no triangular.

¹⁹ Según la fórmula (26) del Anexo 5

Puede obtenerse el intervalo de confianza del resultado buscado respecto del costo de capital borroso total, según la fórmula (6.1), dentro del campo de los \mathbb{R}^1 ; no se trata de un NBT.

$$\tilde{K}_c(\alpha) = [0.027\alpha^2 + 0.10\alpha + 0.068; 0.041\alpha^2 - 0.254\alpha + 0.408]$$

Si se buscan sendos intervalos de confianza cuando el nivel de presunción es 1 ó 0 respectivamente, se logra lo siguiente:

$$\tilde{K}_c(0) = [0.068, 0.408] \qquad \tilde{K}_c(1) = [0.195, 0.195]$$

Su interpretación es que resulta sumamente presumible que el costo de capital ascienda a un 19.5% anual; resultará imposible que caiga por debajo del 6.8% ni que supere el 40.8% anual. En caso de conseguirse fuentes de financiamiento con costos cercanos al mínimo, sería una señal de la conveniencia de obtener cuanto financiamiento adicional obtenible surja en tales condiciones; mientras que si dichos costos subieran cerca del 40.8% indicaría la conveniencia de buscar fuentes de financiamiento alternativas que resulten menos onerosas. De esta manera, podría regularse el empleo de una fuente de financiación o bien toda una estructura de financiamiento.

Estas aplicaciones ilustran dos nociones relativas a la metodología borrosa. Por una parte, la misma no se emplea en contextos caóticos, donde todas las variables y sus relaciones sufren grandes turbulencias. Por otra parte, en ciertos casos puede verse disminuida una ventaja de índole secundaria, pero que suele resultar importante para el decisor con limitaciones de tiempo o de recursos para la investigación: la facilidad para operar.

Por ejemplo, en el último caso un procedimiento aproximativo para situaciones donde se precisa una evaluación y posteriores revisiones rápidas consiste en ajustar el resultado como si fuera un número borroso triangular. En ese caso, la función de pertenencia del costo de capital borroso sería la siguiente:

$\forall x \in \mathfrak{R}$

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{\mu}(x)} &= 0 && \text{si } x < 0,068 \\ &= (x - 0,068) / 0,127 && \text{si } 0,068 \leq x \leq 0,195 \\ &= (x - 0,408) / 0,213 && \text{si } 0,195 \leq x \leq 0,408 \\ &= 0 && \text{si } 0,408 < x \end{aligned}$$

Una representación gráfica aproximada del costo de capital borroso (en porcentaje) considerándolo como un NBT puede apreciarse en la *Figura 1*:

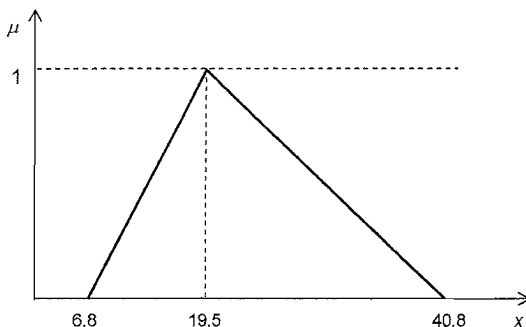


Figura 1: Costo de capital borroso ajustado mediante NBT

En ese caso, puede resultar de utilidad práctica conocer el intervalo de confianza resultante de suponer un nivel de presunción α intermedio. Por ejemplo, si se adoptara un grado de presunción de 0.5, entonces el intervalo de confianza para el NBT será:

$$A_{(0,5)} = [(0.195 - 0.068) \alpha + 0.068, (0.195 - 0.408) \alpha + 0.408] = [0.1315, 0.3015]$$

La representación gráfica con este α -corte puede apreciarse en la *Figura 2*, con los intereses expresados en porcentaje:

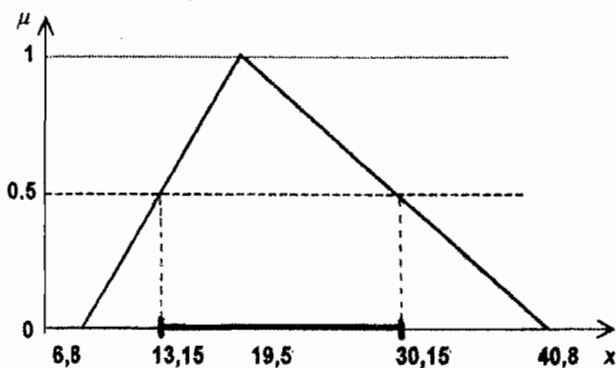


Figura 2: Representación del nivel de presunción $\alpha = 0.5$

En la *Figura 2*, la línea punteada representa el nivel de presunción $\alpha = 1$ y la línea de rayas el nivel de presunción medio indicado por el α -corte de 0.5. Ante tal nivel de presunción requerido, el α -corte a nivel de $\alpha = 0.5$ será:

$$A_{(0,5)} = [0.1315, 0.3015]$$

Vale decir, que con tal grado de presunción medio se estima que resulta imposible que el costo de capital sea inferior al 13,15% ni superior al 30,15%. Luego,

podrán obtenerse tantos intervalos de confianza como niveles de presunción deseados.

Sin embargo, aunque resulta fácil para operar, la validez de este procedimiento aproximativo es discutible, ya que por el mismo se pierde información.

Para finalizar, cabe acotar que sería posible realizar evaluaciones adicionales mediante la aplicación de otros desarrollos de la metodología borrosa, si bien los aportes en el campo de los estudios matemáticos no constituyen el objetivo central de esta tesis.

En ciertos casos, podría investigarse la ponderación de factores cualitativos que suelen incidir en las decisiones de financiamiento, como las cuestiones de influencia y poder empresario.

En otros casos, podría buscarse la determinación de la estructura de financiamiento óptima, empleando la programación lineal borrosa.²⁰ Ello podría expresarse como minimizar la función objetivo del costo del financiamiento sujeto a restricciones como el máximo riesgo aceptable, la disponibilidad de las fuentes de financiamiento y otros tipos de restricciones.

5. EVALUACIÓN DEL RIESGO EN LAS DECISIONES DE FINANCIAMIENTO BAJO INCERTIDUMBRE

Una forma difundida en la actualidad para afrontar los riesgos en las actividades financieras es mediante operaciones denominadas contratos derivados.

En los contratos derivados participan empresas y productores que buscan cobertura frente a los riesgos de oscilaciones de precios desfavorables, así como quienes buscan aprovechar distorsiones circunstanciales en los mercados para realizar una limitada utilidad mediante una compra-venta simultánea llamada arbitraje hasta lograr su homogenización. No obstante, la gran mayoría de los operadores son especuladores que están dispuestos a asumir un alto riesgo con el ánimo de concretar una ganancia rápida, que se perfecciona al realizar la operación

²⁰ Puede consultarse el desarrollo de esta metodología en: LAZZARI, L. L. (compiladora y autora), CASPARRI, M. T., LOISSO, G.: MOULIÁ, P. I. (2001): *Los conjuntos borrosos y su aplicación a la programación lineal*, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Buenos Aires.

contraria con precios favorables; esto es un juego de suma cero desde el punto de vista económico y su función positiva consiste en crear liquidez en el mercado.

El aporte se concentra en los contratos de opciones. Sus adquirentes tienen su riesgo limitado a la pérdida de la totalidad de la prima abonada para cubrir los riesgos del contrato y su posibilidad de ganancia es ilimitada o muy amplia. La contrapartida de estas operaciones la constituye el lanzador de la opción que acepta un riesgo muy elevado y una ganancia acotada; su máxima utilidad se verifica cuando el precio de ejercicio no resulta más conveniente que la cotización de mercado, bajo las condiciones y supuestos señalados. Como los lanzadores de opciones tienen la ganancia limitada al monto de la prima que perciben y sufren un riesgo ilimitado o muy alto si el mercado resulta desfavorable, entonces están sujetos a garantías y requieren amplias posibilidades de información y de administración cotidiana de los flujos de fondos eventuales.

Las opciones tienen normalizadas las características de cantidad y calidad de las mercaderías o efectos financieros (divisas, acciones, obligaciones, tasa de interés, etc.) que representan. Contrariamente a los *warrants*, suelen tener un plazo de vigencia limitado, de algunos meses. Se pueden ejercer en cualquier momento de su vida útil según el sistema americano, o bien a su vencimiento según el sistema europeo, o bien según otros sistemas intermedios. Se extinguen por el transcurso del tiempo, al pasar su fecha de vencimiento, o bien al compensar la posición mediante la operación opuesta a la original.

Se encuentran dos tipos de opciones. Las opciones de compra (*call options*) brindan el derecho de comprar un bien o riesgo financiero a un precio de ejercicio hasta la fecha de vencimiento de las mismas. Las opciones de venta (*put options*) brindan el derecho de venderlo, con las mismas condiciones. Ambos tipos de opciones pueden adquirirse, abonando la prima y cubriendo los riesgos, o bien lanzarse, cobrando la prima y asumiendo los riesgos. Los diversos adquirentes y lanzadores de opciones suelen compensar sus operaciones en Bolsas o instituciones *ad hoc*. Asimismo, suelen realizar operaciones sintéticas, donde se opera simultáneamente con diversas opciones y/o otros productos derivados.

El valor de una opción se compone de su valor intrínseco y de su valor temporal. El primero estará determinado por la diferencia (si la hubiera) entre el mayor precio de mercado de hoy del instrumento subyacente menos el precio de ejercicio de

la opción de compra, o bien entre el precio de ejercicio menos el menor valor de hoy del instrumento subyacente de la opción de venta. El segundo estará influido por la incidencia de la tasa de interés que surja del costo de capital del operador a fin de actualizar los flujos de fondos resultantes y en especial por las expectativas de dichos operadores.

Estos valores que analíticamente pueden atribuirse a la conformación de la cotización de mercado de la opción, a fin de realizar la pertinente evaluación de cobertura, deben ponderarse por algún índice que determine la posibilidad de ocurrencia de los mismos. En dicha ponderación de posibilidades se ha empleado una función probabilística de densidad normal acumulativa.

El modelo clásico para encontrar el valor actual de una opción de compra que no genera dividendos y se pacta por el sistema europeo es el Modelo de Valuación de Opciones de Fischer Black y Myron Scholes. Este modelo supone que los costos de transacción no son relevantes, que no hay imperfecciones en suscribir una opción ni vender una acción, ni tampoco problemas de costo de la información y de divisibilidad de las opciones e instrumentos financieros subyacentes. Además, otros supuestos fuertes consisten en que las oscilaciones en la cotización de dichos instrumentos subyacentes varían en forma aleatoria, siendo la varianza de sus retornos constante durante la vida útil de la opción y de conocimiento de los operadores; finalmente, la tasa de interés se considera también constante y conocida, pudiéndose tomar o colocar fondos a la misma tasa.

Vale decir, que el valor de la opción crece cuando lo hacen el tiempo de vigencia (t), la varianza de los retornos de la acción (σ^2) y la tasa de interés (r). La distribución elegida es la logarítmica normal, cuyos valores son todos positivos y resulta asimétrica hacia los valores menores. Una variable tiene distribución lognormal si el logaritmo natural de la variable tiene distribución normal; puede tomar cualquier valor entre cero e infinito, y su sesgo indica que la media, la mediana y el modo son distintos (a diferencia de la distribución normal).

El esquema central subyacente de este modelo consiste en tomar el valor intrínseco actualizado de la opción y calcular su valor temporal ponderándolos mediante el uso de herramientas estadísticas. En esto, resulta un avance frente a

intentos anteriores basados en otros tipos de ponderaciones por factores de riesgo que se tomaban como parámetros *ex ante*²¹.

Posteriormente, se han introducido hipótesis adicionales que han permitido levantar algunos de los supuestos restrictivos, incluyendo costos de transacción²², dividendos²³, cambios en la tasa de interés²⁴ o variaciones en las funciones probabilísticas²⁵. A la fecha, continúa siendo el modelo de valuación de opciones generalmente aceptado, base de un profuso desarrollo posterior de modelos de valuación de derivados financieros.

El origen del modelo de Black-Scholes es el cálculo estocástico, la extensión del cálculo que trata los procesos estocásticos de tiempo continuo; es decir, de una variable cuyo valor cambia a lo largo del tiempo en forma incierta, donde dichos cambios pueden ocurrir en cualquier momento, tomando cualquier valor dentro de cierto rango y no sólo algunos valores discretos. Éste fue adoptado por los autores en especial a través del comportamiento de funciones de variables estocásticas llamado Lema de Ito.

El modelo de Black-Scholes para la valuación de las opciones europeas *call* bajo los supuestos mencionados puede exponerse de la siguiente forma:

$$V_o = V_s N(d_1) - E N(d_2) e^{-rt} \quad (6.2)$$

donde:

r : tasa de interés anual de corto plazo libre de riesgo (compuesta y continua)

V_o : valor actual de la opción

V_s : valor actual del instrumento financiero

E : precio de ejercicio de la opción

²¹ SAMUELSON, P. (1965): "Rational Theory of Warrant Pricing" - *Industrial Management Review*, VI/2, pp. 156-162.

²² LELAND, H. (1985): "Option pricing and replications with transaction costs". *The Journal of Finance*, Vol.40, pp.283-1301

²³ RUBINSTEIN, M. (1983): "Displayed diffusion option pricing". *The Journal of Finance*, Vol. 38, pp. 213-217

²⁴ GILSTER, J. y LEE, W. (1984): "The effects of transactions costs and different borrowing and lending rates on the option pricing model: a note". *Journal of Finance*, 1/84, pp. 184-196.

²⁵ COX, J.; ROLL, S. (1976) "The valuation of options for alternative stochastic processes", *Journal of Financial Economics*, Vol.3, pp. 45-166.

t : tiempo hasta la fecha de ejercicio (o sea: los días que quedan hasta la expiración de la opción)

$N(d)$: probabilidad que una variable aleatoria lognormalmente distribuida sea menor o igual a d ; es decir, es una función probabilística de densidad normal acumulativa, cuando:

$$d_1 = \frac{\ln(V_s/E) + rt + \sigma^2 t/2}{\sigma \sqrt{t}} \quad (6.3)$$

y

$$d_2 = \frac{\ln(V_s/E) + rt - \sigma^2 t/2}{\sigma \sqrt{t}} \quad (6.4)$$

donde:

σ^2 : varianza por período de la tasa de rendimiento de un instrumento financiero compuesta continuamente. A la desviación *standard* relativa del rendimiento del instrumento se la denomina volatilidad.

$N(d_1)$: coeficiente delta de la opción, que indica cuánto varía el valor de una opción cuando cambia en una unidad el valor del instrumento subyacente. Esta variable indica la razón de protección: por cada opción suscripta deberían comprarse $N(d_1)$ instrumentos como cobertura.

Por su parte, $N(d_2)$ corresponde a la probabilidad que resulte conveniente adquirir los instrumentos subyacentes al precio de ejercicio E financiado con préstamos que cuestan la misma tasa r , tal que:

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{t}$$

En resumen, según este modelo el valor de una opción *call* es igual a una colocación de un número $N(d_1)$ de instrumentos menos pedir prestado el valor actual del ejercicio de la opción (o sea: $E \cdot e^{-rt}$) ponderado por su probabilidad de ejercicio $N(d_2)$. Está suponiendo que el rendimiento del instrumento subyacente sigue un comportamiento, indicando que dicho rendimiento tiene una distribución log-normal. La varianza de la tasa de rendimiento se supone constante.

Para el valor correspondiente a la opción *put* debe tomarse en cuenta la siguiente equivalencia, conocida como "paridad *call-put*" (*call-put parity*). La suma de comprar un instrumento financiero a su valor de mercado más el valor de su opción de venta, debería ser equivalente a la suma del valor presente de su precio de ejercicio más el valor de su opción de compra. Por lo tanto, el valor del *put* será pues la suma del *call* más el precio de ejercicio (a valor actual neto) menos el precio de mercado del instrumento financiero subyacente; expresando esta relación con la misma nomenclatura se obtiene:

$$V_p = V_0 + E \cdot e^{-rt} - V_s \quad (6.5)$$

donde:

V_p : valor de la opción de venta (*put option*)

Pese a la buena eficacia predictiva mostrada por el modelo de *Black-Scholes*, se ha señalado que en ciertas ocasiones de transición, ante turbulencias del contexto socioeconómico tales como fluctuaciones de la liquidez general del mercado, o bien de comportamientos colectivos de manías bajistas o alcistas, los instrumentos financieros suelen llegar a valores no comprendidos por la distribución lognormal.²⁶ Como regla general, se ha afirmado que si la cola derecha de la distribución real es mayor que la lognormal, el modelo *Black-Scholes* subvalúa los *calls* sin valor intrínseco (*out-of-the-money*) y los *puts* con valor intrínseco (*in-the-money*); si la cola izquierda es mayor, entonces subvalúa los *puts* que están *out-of-the-money* y los *calls* que están *in-the-money*.²⁷

²⁶ JARROW, R.; RUDD, A. (1982): "Approximate option valuation for arbitrary stochastic processes", *Journal of Financial Economics*, Vol.10, pp. 347-349.

²⁷ HULL, J. (1994): *Options, futures and other derivative securities*, Prentice Hall International, Inc., Toronto, cap. 9.

En la tesitura de los aportes de esta tesis, cabe acentuar la importancia de dos limitaciones en la aplicación de este modelo referidas a los criterios básicos de decisión de riesgo y rendimiento.

Respecto del riesgo, es éste un modelo bajo condiciones de homoscedasticidad, es decir que supone que la volatilidad es constante. Anteriormente, se ha señalado las ventajas de los modelos bajo condiciones de heteroscedasticidad²⁸, ya que permiten incluir el impacto de noticias de importancia que transformen a dicha volatilidad en una variable, lo cual puede resultar verosímil en ciertos contextos financieros.

Respecto del rendimiento, el modelo está pensado para una sucesión de pequeñas variaciones, para las cuales el logaritmo natural del cociente de dos cotizaciones sucesivas menos la unidad representa razonablemente la ganancia o pérdida relativa de valor intrínseco. Sin embargo, ciertas fases del mercado suelen mostrar saltos (*jumps*) en las cotizaciones, por lo cual el margen de diferencia con la metodología empleada puede llegar a resultar significativo, como lo muestra la *Tabla 2* para un capital nocial de origen de \$100. Por ejemplo, una variación de cotización del 0,5% arroja una diferencia relativa del 0.25% entre ambos cómputos; pero una variación del 50% arroja una diferencia relativa del 23.32%.

VARIACIÓN ABSOLUTA	VARIACIÓN RELATIVA	LOGARITMO DEL COCIENTE	DIFERENCIA RELATIVA
A	B	C	(B/C)-1
\$0.50	0.5%	0.00498754	0.25%
\$1.00	1.0%	0.00995033	0.50%
\$5.00	5.0%	0.04879016	2.48%
\$10.00	10.0%	0.09531018	4.92%
\$20.00	20.0%	0.18232156	9.70%
\$30.00	30.0%	0.26236426	14.34%
\$40.00	40.0%	0.33647224	18.88%
\$50.00	50.0%	0.40546511	23.32%

Tabla 2: Diferencia entre la variación porcentual y el logaritmo natural del cociente sobre un capital nocial de \$100

²⁸ En los Capítulos 3 y 5.

El éxito del modelo de Black-Scholes como base de numerosos desarrollos posteriores ha llevado a proponer su aplicación para evaluar decisiones en el campo de la economía real y no sólo para las operaciones de tipo netamente financiero. Por ejemplo, algunos autores como Brealy y Myers²⁹ o Copeland y Antikarov³⁰ han señalado la conveniencia de generalizar el empleo de modelos de valuación de opciones para poder cuantificar los elementos aleatorios que abundan en el mundo de los negocios. La idea resulta atractiva, como se ejemplifica a continuación.

Puede suponerse, por caso, la evaluación de dos empresas o proyectos de inversión alternativos. Ambos muestran idénticos resultados según los métodos de evaluación en boga (Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Relación Beneficio/ Costo, etc.); pero el primero de ellos puede abandonarse en distintos momentos, cancelando de antemano el financiamiento recibido de terceros y recuperando las inversiones iniciales, mientras que el segundo deja hundida la inversión, sin posibilidades de recupero en caso que fracasen las expectativas favorables. Evidentemente, el primer proyecto luce más atractivo por su mayor flexibilidad y por consiguiente su menor riesgo; una forma sugerida para valorar esa circunstancia sería atribuirle una opción de venta (*put option*) y valorarla según el modelo de Black-Scholes.

Así mismo podría proponerse el ejemplo recíproco. Ambos proyectos o empresas tienen idénticos resultados de evaluación y similares características de financiamiento, pero solamente el primero abre la posibilidad de encarar una fuerte ampliación posterior o bien de demorar su implementación para el momento en que la evolución del mercado resulte favorable. Evidentemente, este primer proyecto debería mostrar un mayor valor esperado, que podría intentar valorarse atribuyéndole una opción de compra (*call option*) mediante el modelo citado.

²⁹ BREALY, R. A. y MYERS, S. C. (1993): *Fundamentos de Financiación Empresarial*. McGraw-Hill, Madrid, cap.21, pp.623-651.

³⁰ COPELAND, T. y ANTIKAROV, V. (1995): "Real Options". *Journal of Business*, vol. 1, pp 65-86.

También se han señalado diversas interpretaciones sobre los derechos y obligaciones de acreedores y accionistas sobre la base de las opciones financieras. Por ejemplo, podría afirmarse que estos últimos poseen una opción de compra (*call*) sobre el patrimonio neto de una firma sujeta a la cancelación de su pasivo.

A fin de evaluar dichas opciones, se ha propuesto emular el análisis estadístico, por ejemplo mediante el estudio de proyectos análogos; pero en general cada empresa o proyecto de inversión suele resultar en una combinación única de factores económicos, tecnológicos, comerciales, financieros y aún de otros factores del medio social y natural, por lo cual esa analogía puede tener limitaciones, pues la multiplicidad de factores de riesgo puede vulnerar los supuestos señalados del modelo clásico.³¹

Dichos supuestos son razonables para opciones con riesgos representables por medio de una función de frecuencias log-normal y en un contexto relativamente estable. Como modelo general, esa distribución de frecuencias no siempre representa adecuadamente el comportamiento de los instrumentos de financiamiento, que en ocasiones reconocen diversos factores causales, y a veces pueden acentuar su volatilidad, en especial en situaciones tales como crisis financieras o bien coyunturas coherentemente alcistas o bajistas.

Pero, fundamentalmente en el caso de las actividades vinculadas con la economía real, sus especificaciones y sus rendimientos dependen de un cúmulo de factores de naturaleza económica, tecnológica, ambiental, social y cultural.

Además, estas actividades suelen caracterizarse por ser menos cristalinas desde el punto de vista informativo que las actividades del mercado de capitales. En efecto, los precios de venta y de costo, los mecanismos de comercialización, las diferentes tecnologías, el cambio de las preferencias de los consumidores, la situación socioeconómica, las diversas expectativas sobre las posibilidades futuras y en definitiva el secreto comercial son múltiples factores que pueden tener incidencia en el resultado final de las mismas. Por lo tanto, no parece

³¹ GINESTAR, A. (2004). *Pautas para la Formulación y Evaluación de Proyectos*, Editorial Macchi-ASAE, Buenos Aires, pp.36-49.

razonable atribuirles un comportamiento puramente aleatorio con las características señaladas.

En particular, este logro de las finanzas contemporáneas puede ver restringido su campo de aplicación en el ámbito de las decisiones de financiamiento, ya que éstas pueden verse influidas por cambiantes y complejos riesgos vinculados con factores cuantitativos y cualitativos. Dicha complejidad suele resultar acentuada en los casos vinculados con la economía real; esto es con la producción y consumo de bienes y servicios, además de las cuestiones netamente vinculadas con los mercados financieros. En este contexto, a los factores de incidencia determinística o probabilística suelen agregarse además factores de incertidumbre.

A manera de ilustración, se exhibe en el Anexo 2 un caso de la economía real de relevancia en la República Argentina, como es el del sector agropecuario, a la luz de los aportes de diversos autores sobre las características de naturaleza económica, técnica, cultural y otras de los diversos factores de incidencia vinculados con el mismo.

Una vinculación directa se produce cuando los compromisos financieros no se basan en dar una cantidad monetaria sino en dar un bien o hacer una actividad vinculada con la economía real. Por ejemplo, el financiamiento de proveedores del sector agropecuario que aceptan el pago en especie, la emisión de títulos vinculados con el resultado de la marcha de los negocios de una empresa e inclusive la emisión de *warrants* asociados al crecimiento del Producto Bruto Interno como parte de la renegociación de la deuda pública de la República Argentina en marzo del año 2005.

Una vinculación indirecta se produce cuando el financiamiento se contrae en los mercados respectivos, pero la generación del flujo de fondos que producen los activos está vinculada con la economía real y sus riesgos consecuentes.

La vaguedad en la información disponible es menor para las actividades con ciertas *commodities*, ya que sus productos se cotizan en las Bolsas y Mercados respectivos, con altos niveles de transparencia informativa, similares a la de los mercados financieros. Sin embargo, se ha observado que la eficacia

predictiva del modelo de Black-Scholes presenta limitaciones en tales mercados, dado que suelen presentarse significativos saltos (*jumps*) en las cotizaciones.³²

Asimismo, esos múltiples factores intervinientes hacen que una cantidad futura de un bien en ocasiones pueda tener un valor mayor que la actual (*contango*), mientras que un flujo de fondos fijo en el futuro siempre vale menos que ese mismo flujo en el presente (*backwardation*).³³

Se desarrollará entonces en el *Anexo 4* la evaluación comparativa de un caso tomado de la economía real vinculado con el sector agropecuario. Se trata de un sector de libre competencia y con información de precios cristalina que surge de las Bolsas y Mercados respectivos. Las eventuales limitaciones en la eficacia predictiva del modelo de Black-Scholes en este sector se verían agravadas en otros proyectos particulares de la economía real, ya que la información disponible a los mismos suele resultar más escasa y con mayor grado de vaguedad.³⁴

Se advierte que el modelo de Black-Scholes puede tener ciertas limitaciones en su aplicación dada la naturaleza de sus supuestos basados en la HME. Dichos supuestos solamente son razonables para opciones de títulos valores u otros efectos financieros con riesgos representables por medio de una distribución de frecuencias log-normal y en un contexto relativamente estable.

En caso de situaciones de incertidumbre general, puede llegar a resultar de importancia tomar en cuenta las expectativas futuras como base de evaluación en vez de una medida estadística de las cotizaciones pasadas. Lo mismo puede ocurrir en caso que una acción o un bono individual y sus opciones avizoren variaciones en sus cotizaciones debidas a noticias de alto impacto.

En tales situaciones, puede operarse en condiciones donde se verifican insuficiencia y vaguedad acerca de la información disponible y la influencia de la interacción con otros operadores.

Por lo tanto, a continuación se utilizan los desarrollos de la metodología borrosa para aportar un nuevo modelo de valuación de opciones, a fin de poder

³² Por ejemplo, en CROSBY, J. (2006): "Commodity options optimised", *Risk*, vol. Mayo, pp.72-77.

³³ Por ejemplo, en PATEL, N. (2006): "Burnt by contango", *Risk*, vol. Julio, pp.21-25.

³⁴ Puede consultarse un panorama general en: ATKINS, P. y BOWLER, I. (2001): *Food in Society*, Arnold-Oxford University Press, Londres

emplearlo para evaluar ciertos riesgos asociados con la estructura de financiamiento en condiciones de incertidumbre.

Cuando las condiciones de mercado presentan tales fases de incertidumbre, puede recurrirse a la valuación de opciones sobre la base de la esta metodología de acuerdo con las expectativas posibles de los expertos consultados. Se puede tomar el resultado a obtener como un número borroso cuyo valor más posible reflejará el consenso de los financistas e inversores a una fecha dada.

En la medida que varien dichas expectativas, un modelo de esta naturaleza permite ir ajustando los valores obtenidos periódicamente y de acuerdo con las posibilidades futuras. La sencillez de su base de datos y de su cálculo puede dar lugar a un recálculo económico y oportuno, de acuerdo con los virajes del mercado y su contexto, aún para los decisores con bajo presupuesto de investigación, como pequeñas empresas y emprendimientos personales.

Este Modelo Borroso de Valuación de Opciones se basa en los casos donde la incertidumbre torna ocioso intentar la estimación de los plazos y los intereses, que por su limitada magnitud no afectarían la evaluación final de manera relevante. Dado que las opciones suelen convenirse por lapsos cortos de pocos meses o semanas y dada la cuantía relativamente pequeña de los intereses en relación con los cambios posibles en las cotizaciones de instrumentos y opciones, en este esquema se desprejará el efecto de los mismos.

Este Modelo Borroso para la Valuación de Opciones es el siguiente. Para la Opción de Compra está representada por el siguiente NBT:

$$\tilde{V}_C = (v_{C(1)}, v_{C(2)}, v_{C(3)}) \quad (6.6)$$

tal que:

$$V_C = (\text{máximo} \{ \{v_{S(1)}(-)e, 0\}, \text{máximo} \{ \{v_{S(2)}(-)e, 0\}, \text{máximo} \{ \{v_{S(3)}(-)e, 0\} \}$$

donde:

$\tilde{V}_C = (v_{C(1)}, v_{C(2)}, v_{C(3)})$: el valor borroso de la opción de compra (*call option*)

$\tilde{V}_S = (v_{S(1)}, v_{S(2)}, v_{S(3)})$: el valor borroso del instrumento financiero subyacente

E : el precio de ejercicio de la opción

El precio de ejercicio de la opción E es un parámetro fijo por definición; no obstante, resulta equivalente a tomarlo como un número borroso cuyos valores e son todos iguales entre sí y cuyo nivel de presunción es siempre igual a la unidad.

Complementariamente, para la Opción de Venta está representada por el siguiente NBT:

$$\tilde{V}_P = (v_{P(1)}, v_{P(2)}, v_{P(3)}) \quad (6.7)$$

tal que:

$$\tilde{V}_P = (\text{máximo} \{ (e^{(-)} v_{S(1)})_P, 0 \}; \text{máximo} \{ (e^{(-)} v_{S(2)})_P, 0 \}; \text{máximo} \{ (e^{(-)} v_{S(3)})_P, 0 \})$$

donde:

$\tilde{V}_P = (v_{P(1)}, v_{P(2)}, v_{P(3)})$: el valor borroso de la opción de venta (*put option*)

$\tilde{V}_S = (v_{S(1)}, v_{S(2)}, v_{S(3)})$: el valor borroso del instrumento financiero subyacente

E : el precio de ejercicio de la opción

Se expone a continuación un ejemplo de valuación de una opción de compra. Se estima que una acción puede oscilar entre no menos de 68 centavos ni más de 145 centavos, con un valor más posible de 120 centavos. Se evaluará una opción de compra a 70 centavos, en medio de un mercado de comportamiento incierto tal como fue descrito más arriba. La fórmula (6.6) arroja los siguientes valores:

Dados:

$$\vec{V}_S = (68, 120, 145) \quad \vec{E} = (70, 70, 70)$$

Entonces:

$$\vec{V}_s - \vec{E} = [(68 - 70), (120 - 70), (145 - 70)] = (-2, 50, 75)$$

Sujeto a:

$$V_C = (\text{máximo} \{ (68(-)70), 0 \} \quad ;$$

$$\text{máximo} \{ (120(-)70), 0 \}; \text{máximo} \{ (145(-)70), 0 \})$$

Por lo tanto, se obtiene que:

$$\vec{V}_C = (0, 50, 75)$$

Las evaluaciones de las funciones de pertenencia, por una parte, y de los intervalos de confianza, por otra parte, pueden facilitar la estimación del margen de maniobra del decisor ante la evolución de las cambiantes características de este incierto mercado.

\vec{V}_s

=====

La función de pertenencia será:

$$\forall x \in \mathfrak{R}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{V}_S}(x) &= 0 && \text{si } x < 68 \\ &= (x - 68)/(120 - 68) && \text{si } 68 \leq x \leq 120 \\ &= (-x + 145)/(145 - 120) && \text{si } 120 \leq x \leq 145 \\ &= 0 && \text{si } 145 < x \end{aligned}$$

El intervalo de confianza será:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{x - 68}{52} && a_1(\alpha) = 52\alpha + 68 \\ \alpha &= \frac{-x + 145}{25} && a_2(\alpha) = -25\alpha + 145 \end{aligned}$$

$$\tilde{V}_S(\alpha) = [52\alpha + 68, -25\alpha + 145] \quad \text{para todo } \alpha \in [0,1]$$

$$\tilde{V}_S(-)E$$

Ahora se puede realizar la resta borrosa siguiente:

$$\tilde{V}_S(\alpha)(-)E(\alpha) = [(52\alpha - 68) - 70, (-25\alpha + 145) - 70] = [52\alpha - 2, -25\alpha + 75]$$

Es posible obtener su función característica de pertenencia:

$$V_S(0)(-)E(0) = [-2, 75] \quad \text{y} \quad V_S(1)(-)E(1) = [50, 50]$$

$$x = 52\alpha + 68 \quad \mu_{\tilde{V}_S(-)E}(x) = \frac{x - 2}{52} \quad \text{si } x \in [-2, 50]$$

$$x = -25\alpha + 75 \quad \mu_{\tilde{V}_S(-)E}(x) = \frac{-x + 75}{25} \quad \text{si } x \in [50, 75]$$

Luego, para todo x perteneciente a \mathfrak{R} , se obtiene:

$$\forall x \in \mathfrak{R}$$

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{V}_S(-)E}(x) &= 0 && \text{si } x < -2 \\ &= \frac{x + 2}{52} && \text{si } -2 \leq x \leq 50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{-x + 75}{25} && \text{si } 50 \leq x \leq 75 \\ &= 0 && \text{si } 75 < x \end{aligned}$$

Finalmente, el modelo impone que el valor de la opción debe ser no inferior a 0, lo cual se justifica porque es el mínimo importe que puede valer todo contrato respectivo. Por lo tanto, la representación gráfica se expone en la *Figura 3*.

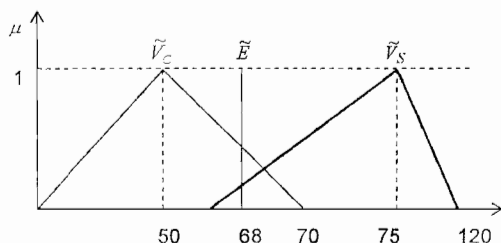


Figura 3: Representación gráfica del ejemplo con el Modelo Borroso

El Modelo Borroso propuesto a través de las fórmulas (6.6) y (6.7) permite reflejar la mayoría de los casos en condiciones de incertidumbre. Otros modelos borrosos complementarios podrían abarcar la mayor complejidad posible derivada de una situación donde resulten relevantes no sólo la cotización de la opción y de su instrumento financiero subyacente, sino también la tasa de interés, la variación del tiempo en el cual sería posible que se ejercite dicha opción, y aún el precio de ejercicio al cual podría llegar a negociarse un contrato de opción del instrumento financiero subyacente. No obstante, se considera que tal tratamiento no parece útil salvo para casos especiales, dado que resulta de condiciones altamente difíciles de verificarse; por lo tanto, solamente se deja planteada esta posible línea de investigación para futuros estudios.

Una evaluación comparativa a título ilustrativo de los esquemas aportados en relación con los modelos en boga no puede realizarse de manera objetiva, ya

que los mismos dependen de estimaciones subjetivas. Con el simple arbitrio de atribuir al decisor una estimación subjetiva cercana a los valores conocidos *ex post facto* se lograría exhibir mejor eficacia predictiva aparente.

No obstante, en el *Anexo 4* se muestra un caso ilustrativo realizado sobre la base de cifras aproximadas de mercado al momento de tomar la decisión y se advierte que pueden llegar a lograr una eficacia predictiva no inferior a los modelos clásicos en contextos donde tengan relevancia factores de incertidumbre, como es el caso de diversas situaciones de la economía real.

CONCLUSIONES

1. CONCEPTO GENERAL

La conclusión general de esta tesis sostiene el enfoque según el cual la decisión de financiamiento es una cuestión compleja que suele abarcar varios factores cuantitativos y cualitativos de cambiante incidencia, muchas veces asociados a procesos de la economía real. En ciertos casos, las características de los mismos pueden contribuir a optimizar el rendimiento del patrimonio neto y por ende la valorización de una firma.

Habitualmente, se emplean los mismos modelos tanto para las evaluaciones relativas al financiamiento como a la inversión. Sin embargo, esta tesis sostiene que la problemática del financiamiento tiene características diferenciadas, de las cuales la más significativa resulta la influencia política sobre las organizaciones que surge de las decisiones respectivas.

En la decisión de inversión, esos factores pueden abstraerse en la elaboración de una teoría general, ya que tienen una importancia eventual y secundaria. En cambio para la decisión de financiamiento, factores tales como el grado de poder directo o indirecto que emana de una participación significativa en el total de la financiación de una firma, junto con otros como la necesidad de asegurar los requisitos de liquidez mínimos necesarios para su subsistencia, el énfasis del enfoque en las características de cada empresa en cuestión y de su contexto socioeconómico, o la posible atención de los servicios de una deuda a su valor de origen y no a su valor de mercado, no pueden abstraerse sin perder eficacia predictiva significativamente en numerosas ocasiones, por lo cual los modelos respectivos deberían permitir incorporar la información relativa.

CONCLUSIONES

Por ello, se ha señalado la conveniencia de un enfoque ecléctico, tomando en cuenta elementos de la visión externa a la empresa, como se realiza bajo la Hipótesis del Mercado Eficiente, tanto como elementos internos a la misma, como se realiza bajo la concepción tradicional.

Sin embargo, los esquemas teóricos en boga acentúan la importancia de unos pocos factores cuantitativos. En el caso de las concepciones basadas en la Hipótesis del Mercado Eficiente, tales como las Proposiciones de Modigliani-Miller, el CAPM de William Sharpe y otros empleados para dichas decisiones, el único factor fundamental es la oscilación de las cotizaciones de los instrumentos de financiamiento, que juzgan aleatoria según las consideraciones vertidas en esta obra.

A la manera del epistemólogo Thomas S. Kuhn¹, puede afirmarse que constituyen el paradigma de la teoría del financiamiento en el marco de la HME; esto es, la constelación de modelos empleados como base para la solución de enigmas y problemas en el marco de lo que ese autor denomina "ciencia normal". Sin embargo, se han venido acumulando diversas anomalías que arrojan dudas sobre los mismos.

La práctica profesional ha venido incorporando de manera empírica nociones que no se conciben con dichos esquemas. Diversos autores, algunos de los cuales se han mencionado a lo largo de esta tesis, han estudiado casos parciales donde algún factor de la empresa en cuestión o de su contexto de mercado señala limitaciones a la aplicación de los esquemas teóricos en boga. Por lo tanto, han incorporado hipótesis *ad hoc* para continuar aplicando idéntico paradigma en dichos casos.

En cambio, ante la proliferación de anomalías, esta tesis brinda una visión de conjunto superadora sobre la teoría del financiamiento en general. Por lo tanto, se aporta

¹ KUHN, T.S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago, Chicago, cap 3, pp-51-67.

CONCLUSIONES

la formalización de nuevos esquemas teóricos con mayor grado de generalización que perfeccionan los anteriores, ya que permiten afrontar también los casos donde resulta pertinente incluir la incidencia de una multiplicidad de factores. Así, los modelos anteriores resultan un caso particular de los nuevos, aunque con modificaciones.

Además de las demostraciones de las hipótesis respectivas y del desarrollo de los modelos pertinentes, se han ofrecido evaluaciones comparativas de carácter ilustrativo pero no exhaustivo, ya que la especificación y la ponderación de dichos factores para optimizar su eficacia predictiva en casos particulares requieren una mayor intensidad de desarrollo que excede los alcances de esta obra, referida a aportes y evaluaciones a nivel de teoría general del financiamiento. De esta manera, se ha abierto una línea de investigación para futuros trabajos.

En cuanto a los aportes específicos, los nuevos desarrollos de esta tesis se expondrán para los contextos en que han sido planteados, es decir de certeza y de riesgo, además del caso especial cuando predominan factores de incertidumbre.

Los mismos se mencionan a continuación, reflejando sus ventajas frente a los esquemas teóricos conocidos.

2. CONTEXTOS DE CERTEZA

Para las situaciones donde se considera cierta la información disponible, se han realizado los siguientes aportes específicos:

2.1. Demostración de las variables fundamentales

Se ha mostrado en forma lógica que las dos variables cuantitativas necesarias para las decisiones de financiamiento son el rendimiento operativo del activo y el costo del endeudamiento, con el objetivo de aumentar la rentabilidad de una empresa y por ende su valor de mercado. La idea general de esta relación se origina en la práctica profesional y se ha aportado su demostración algebraica, correspondiente a la *Hipótesis 1* en el Capítulo 3.

Dicha hipótesis afirma que el criterio cuantitativo fundamental para las decisiones de financiamiento consiste en que la rentabilidad aumenta cuando el rendimiento operativo del activo es superior al costo del endeudamiento.

Expresado en términos algebraicos, se obtuvo que:

$$g = UOA + (UOA - k(i)) \cdot \frac{P}{PN} \quad (3.6)$$

Es éste un esquema teórico con mayor grado de generalización que las concepciones en boga, que pasan a ser casos particulares del mismo, como se ha evaluado en los Capítulos 3 y 4. De esta manera, se logra economía de supuestos.

CONCLUSIONES

El caso de la Proposición I de Modigliani y Miller ocurre cuando coinciden todos los costos y rendimientos en una actividad empresarial por efecto del arbitraje y es el Caso 1° del Capítulo 3. La restricción que el costo del endeudamiento siempre resulta inferior a los otros, de la Proposición II de Modigliani y Miller y de las concepciones tradicionales como la de Solomon, ha sido levantada como supuesto general y sólo constituye el Caso 2° según lo expuesto en dicho Capítulo. Pero también permite analizar las coyunturas expuestas como el Caso 3° originadas en que el costo del endeudamiento resulta superior al rendimiento operativo de los activos.

De manera que este nuevo esquema teórico desarrollado puede aplicarse no sólo para mercados eficientes en fases de relativa estabilidad y para empresas de gran porte, sino para todo tipo de mercado, toda fase del ciclo económico-financiero y para todo tipo de empresas.

2.2. Demostración de la economía de variables

Un esquema tradicional como el visto en la obra de Ezra Solomon plantea tres variables fundamentales para evaluar el costo de capital en distintas situaciones de riesgo: el costo de capital general, el costo de capital propio y el costo de capital de terceros, tal como lo muestra la Ilustración 1 del Capítulo 2.

Empíricamente, se ha aceptado que esa distinción solamente tiene sentido en las situaciones donde pueda atribuirse al costo de capital propio la característica de ser un parámetro fijado *ex ante* por los accionistas como el mínimo rendimiento que están dispuestos a obtener para invertir en el capital de una empresa.

En esta tesis, se ha demostrado esa condición con rigor lógico. En caso que el costo de capital fuera una variable *ex post*, entonces resulta redundante.

CONCLUSIONES

Levantando la restricción de suponer un costo del financiamiento siempre inferior a los otros dos conceptos, se ha demostrado algebraicamente y se ha ilustrado con ejemplos *ad hoc* que puede lograrse economía de variables, ya que las únicas dos variables cuantitativas fundamentales para las decisiones sobre el costo del financiamiento son el costo del endeudamiento y el rendimiento operativo de los activos. Para esta cuestión de economía de variables puede consultarse la demostración de la *Hipótesis 3* en el Capítulo 4.

Dicha hipótesis sostiene que afirmar que existe cierta relación entre el costo del endeudamiento $k_{(e)}$ y el costo de capital $k_{(c)}$ resulta lógicamente equivalente a afirmar que dicha relación debe verificarse con el costo de capital propio $k_{(e)}$. Se ha demostrado la redundancia de una variable al obtenerse que, para todo $k_{(c)}, k_{(e)}, k_{(e)} \geq 0$: $(k_{(e)} \leq k_{(c)}) \Leftrightarrow (k_{(e)} \leq k_{(e)})$, mientras que también se cumple la relación inversa, es decir: $(k_{(e)} \geq k_{(c)}) \Leftrightarrow (k_{(e)} \geq k_{(e)})$.

2.3. Redefinición del efecto impositivo

En cuanto al efecto impositivo, se ha demostrado algebraicamente bajo la *Hipótesis 2* en el Capítulo 3 y se ha ilustrado con ejemplos en los Capítulos 3 y 4 que la incidencia del endeudamiento en la estructura de financiamiento no está determinada por el efecto de los impuestos directos, ya que la distribución posterior entre el fisco y los acreedores no es universalmente determinante para las decisiones al respecto. La detracción del impuesto directo sobre los intereses solamente tiene sentido para homogeneizar su expresión con el rendimiento del capital propio *ex post* de dicho tributo, en los casos que la información disponible así lo indique.

El efecto impositivo tiene un papel central en las Proposiciones de Modigliani–Miller. Estos autores han reconocido que su conclusión acerca de la irrelevancia de la estructura de financiamiento para la determinación del costo de capital es una inferencia lógica a partir de aplicar la HME; pero que en la práctica se ve refutada

CONCLUSIONES

por el comportamiento de los administradores financieros, ya que las empresas suelen aplicar esfuerzos y recursos para lograr fuentes de financiamiento favorables, comenzando por el capital de terceros. Como ejemplo de la importancia de las decisiones de financiamiento, se han citado en esta obra regímenes de fomento gubernamentales basados en proporcionar financiamiento y garantías, así como también referencias de casos correspondientes al sector privado.

La razón de dicha discrepancia la atribuyen a un factor fundamental: el efecto de los impuestos directos. A partir de este razonamiento, han elaborado una segunda versión de sus Proposiciones y han añadido una tercera Proposición acerca del Escudo Fiscal que supone la actualización de dicho efecto acumulado, añadiendo inclusive mayor valor a las empresas más endeudadas y con mayores tasas impositivas. Esto se ha expuesto en el acápite 4.2.3 del Capítulo 2.

En esta tesis, se ha demostrado en forma lógica y se ha ilustrado mediante ejemplos que esta segunda versión de las Proposiciones de Modigliani-Miller es perfectible y que no resulta válido el mencionado Escudo Fiscal como principio general de una teoría del financiamiento. Al respecto, puede consultarse el acápite 5 del Capítulo 3.

En casos particulares donde exista un tratamiento fiscal diferencial que beneficie determinada fuente de financiamiento, el mismo debería ser considerado para las decisiones respectivas. Pero se trata del mismo caso que cualquier costo diferencial de naturaleza productiva, comercial u otra.

Además, dicho tratamiento impositivo diferencial podría favorecer en algunos casos al empleo de ciertos instrumentos de endeudamiento (como por ejemplo la deuda bancaria o las obligaciones negociables) tanto como en otros casos a ciertos instrumentos de capital propio (como por ejemplo las acciones ordinarias o preferidas).

La posterior distribución secundaria de parte de la utilidad operativa entre el fisco y los acreedores no cambia el sentido de las decisiones de financiamiento, tal como se ha demostrado algebraicamente, pese a que pueda contradecir cierto concepto intuitivo que en este caso resulta incorrecto.

Por lo tanto, en su segunda versión, la Tercera Proposición de Modigliani-Miller resulta superada en carácter de variable explicativa necesaria y suficiente de alcance universal para una teoría general del financiamiento y la Segunda Proposición debe corregirse como lo expone el Capítulo 3 de esta tesis, a saber:

a) Segunda Proposición según Modigliani y Miller, de acuerdo con lo expuesto en el Capítulo 2:

$$l_j = \theta_k + (\theta_k - r) \cdot \frac{D_j}{A_j} \cdot (1 - t) \quad (2.14)$$

b) Segunda Proposición corregida según esta tesis y con la nomenclatura basada en la información exógena del mercado, como lo hacen Modigliani y Miller, de acuerdo con lo expuesto en el Capítulo 3:

$$l_j = \left[\theta_k + (\theta_k - r) \cdot \frac{D_j}{A_j} \right] \cdot (1 - t) \quad (3.35)$$

CONCLUSIONES

c) Segunda Proposición corregida y con la nomenclatura basada en la información exógena y endógena, como se desarrolla en esta tesis:

$$\frac{UN}{PN} = \left[\frac{UO}{(P + PN)} + \left\{ \frac{UO}{(P + PN)} - \frac{I}{P} \right\} \cdot \frac{P}{PN} \right] \cdot (1 - t) \quad (3.34)$$

Según Modigliani y Miller, el valor actual del Escudo Fiscal cuando el tiempo tiende a infinito es obtenido como el producto de dos factores: la deuda total por la tasa de impuestos directos. Esto resulta objetable tanto desde el punto de vista teórico como desde el punto de vista pragmático.

Desde el punto de vista teórico, el Escudo Fiscal que surge en la Proposición III se infiere a partir de la Proposición II ajustada en su segunda versión, la cual incluye el efecto impositivo. Ahora bien, en esta tesis se ha aportado la corrección mencionada a dicha Proposición II ajustada. Por lo tanto, al caer la validez de la premisa, cae la validez de la conclusión inferida a partir de tal premisa.

Desde el punto de vista pragmático, la Proposición III indica que una firma se beneficiaría con un mayor valor de mercado en la medida que consiga aumentar la multiplicación de la cuantía de su deuda y de sus impuestos directos, sometiéndose por tanto a jurisdicciones con mayores tasas de imposición. La eficacia predictiva de esta Proposición no se ve convalidada empíricamente.

Respecto del primer factor multiplicador, la cuantía del endeudamiento, su elevación supone un creciente nivel de riesgo financiero, hasta llegar a un límite

CONCLUSIONES

tolerable para el mercado, que los mismos autores han designado como un nivel *L* empíricamente determinado para cada sector de la economía, sin profundizar en su explicación causal. Ahora bien, las empresas con elevado nivel de endeudamiento nunca resultan con mejor calificación que las empresas menos endeudadas, sino a la inversa.

Respecto del segundo multiplicador, la tasa de los impuestos directos, resulta notoria la tendencia práctica de las empresas, que no emplean recursos para radicarse en zonas de alta fiscalidad a fin de incrementar su valor, sino todo lo contrario. Por lo tanto, esta inferencia del esquema teórico en boga se ve refutada por la evidencia empírica.

En consecuencia, la admitida discrepancia entre la afirmación de las Proposiciones acerca de la irrelevancia de las decisiones sobre la estructura de financiamiento y la práctica de la administración financiera de las empresas no se debe al efecto fiscal sobre el pago de intereses, sino que es un argumento a favor de la complejidad de este tipo de decisiones sostenida en esta obra.

En efecto, en las decisiones de financiamiento pueden intervenir una gama de cambiantes factores cuantitativos y cualitativos, tal como por ejemplo característico el poder otorgado a quien brinda una porción significativa del financiamiento de una organización.

3. CONTEXTOS DE RIESGO

Para las situaciones donde la toma de decisiones de financiamiento deba afrontar relaciones debidas al azar, se han realizado los siguientes aportes:

3.1. Nuevo modelo probabilístico

CONCLUSIONES

Esta tesis brinda un nuevo modelo probabilístico para la determinación del costo de capital, en el Capítulo 3.

Si bien la HME brindó el primer sustento teórico para el reconocido avance de las teorías y los estudios estadísticos sobre el financiamiento, actualmente pueden añadirse a la misma nuevos logros posteriores obtenidos en la teoría de la probabilidad.

En base a dichos conceptos, se ha logrado el siguiente Modelo de Valuación del Costo de Capital:

$$K_u = k_{0t} + \sum_{n=1}^Z [b_{in} \cdot f_{nt}] + \varepsilon_u \quad (3.25)$$

$$EK_{i(t+1)} = \lambda_{0t} + \sum_{n=1}^Z (b_{in} \cdot \lambda_n) \quad (3.26)$$

El mismo está inspirado en el modelo APT de Stephen Ross; sin embargo, en vez de referirse a la inversión, se refiere al financiamiento, permitiendo la consideración de factores específicos, tal como por ejemplo la incidencia del poder de decisión que se suele vincularse con una participación significativa en una fuente de financiamiento o el costo de asegurarse la cuantía de liquidez mínima necesaria para la supervivencia de una organización.

Aparece como superior este modelo en relación con los modelos monoatributo, ya que contempla la introducción de factores explicativos adicionales al diferencial de rendimiento con el mercado para predecir el costo de los instrumentos financieros y puede

CONCLUSIONES

permitir obtener mejores estimaciones, aunque presenta la dificultad adicional de seleccionar adecuadamente las variables relevantes.

En el análisis de los casos evaluados en el Capítulo 5 a título ilustrativo se corroboró que, al seleccionar un modelo como el propuesto que permite introducir varios atributos, la eficacia predictiva lograda puede resultar no inferior al caso de mantenerse el solo atributo explicativo de la relación con el diferencial de rendimiento del mercado de valores en general, permitiendo estudiar las condiciones para mejorarla. En dichos casos, los residuos estadísticos se encuentran dentro del intervalo de aproximadamente dos veces la dispersión para la segunda mitad de la década muestral, mejorando la eficacia predictiva del modelo anterior.

La decisión de financiamiento suele resultar polifacética, ya que en ella no sólo pueden incidir el rendimiento y riesgo de los instrumentos financieros en sí, sino que también diversos factores de la economía, la política, la tecnología, las cambiantes expectativas de los financistas, etc., con el posible surgimiento de noticias que afecten la volatilidad y el rendimiento de los mismos. En consecuencia, se abre como una línea de investigación futura el empleo de este modelo multiatributo para la evaluación de las decisiones de financiamiento en casos particulares a fin de perfeccionar su especificación mediante el estudio de los factores pertinentes.

Eso se debe a que es un esquema que permite considerar la incidencia de varios factores endógenos (el endeudamiento, el crecimiento de las ventas, etc.) o exógenos (el crecimiento del PBI, el nivel de liquidez de plaza, etc.) además del factor aleatorio de la oscilación del rendimiento de los instrumentos de financiamiento, que es el único factor que toman en cuenta los esquemas mencionados.

Además, aplica los modelos probabilísticos de la familia ARCH, que permiten computar la incidencia de noticias de importancia en un segundo momento provenientes de cualquiera de esos factores y supone la condición de heteroscedasticidad. Es decir, no considera a la varianza como una constante a la manera de la HME, sino que la toma como una variable.

El nuevo esquema propuesto es más complejo que los modelos anteriores, ya que necesita establecer y ponderar la incidencia de los diversos

CONCLUSIONES

factores que puedan incidir en cada empresa y en cada contexto, mientras que aquellos solamente toman en cuenta un factor. Por lo tanto, debería ser usado cuando las limitaciones en la eficacia predictiva de aquellos así lo ameriten.

3.2. Evaluación teórica comparativa del nuevo modelo

El nuevo modelo expuesto en el punto anterior es más general que las Proposiciones de Modigliani-Miller y el CAPM, a los que puede considerar casos particulares del mismo, aunque con modificaciones, como se evaluó en el acápite 3 del Capítulo 5.

Esta evaluación de carácter global está en línea con otros estudios cuyas conclusiones atenúan el poder explicativo de dichos modelos en los mercados desarrollados² y también en la República Argentina³ para ciertos casos especiales.

La HME resultó un primer paso necesario en el campo de las finanzas para el empleo de técnicas estadísticas bajo el supuesto del comportamiento aleatorio de las variaciones en las cotizaciones de los instrumentos financieros en un mercado eficiente; pero las decisiones de financiamiento pueden resultar de naturaleza más compleja, ya que suelen tomar en cuenta una diversidad de circunstancias además de esa oscilación aleatoria.

² Por ejemplo: LINTNER, J. (1965): "Security prices, Risk and Maximal Gains from Diversification", *Journal of Finance*, vol. Diciembre, pp. 185-198, o FAMA, E. y FRENCH, K. (1992): "The Cross-Section of Expected Stock Returns", *Journal of Finance*, vol. Junio, pp. 154-172.

³ Por ejemplo: RIVERO AYERZA, R. (2001): *Análisis de la Validez del CAPM en Argentina*, Maestría en Finanzas, Universidad del CEMA, o CRIVELLI, J. (2001): *Estabilidad del Parámetro Beta y Ciclo Financiero*, Maestría en Finanzas, Universidad del CEMA

CONCLUSIONES

Existen estudios que han detectado anomalías en la eficiencia del mercado financiero para ciertas situaciones.⁴

Confrontada con muestras significativas de datos financieros, las distribuciones resultantes se muestran simétricas para los activos financieros de alta liquidez (no así para los escasamente comercializados) pero con una kurtosis mayor a 3; además, se observan colas levantadas, que muestran una mayor probabilidad que se produzcan rentabilidades extraordinariamente altas o bajas.⁵

¿Cuál es el origen de esas limitaciones? Una de las causas consiste en que las varianzas en la realidad no se han mostrado constantes. Si bien la información ingresa en forma continua, una segunda información puede ingresar en forma de significativo paquete, recalentando el volumen de operaciones del mercado y variando la volatilidad. Entonces, la varianza no es representable adecuadamente mediante un sólo número, sino mediante una variable aleatoria normal⁶; por lo tanto, surge el interés de emplear modelos que admiten la condición de heteroscedasticidad para la evaluación de instrumentos de financiamiento.

Otra de las causas se debe a la consideración de un solo atributo. Por lo tanto, se considera que la teoría del financiamiento debería basarse en modelos como el aportado que permite computar la incidencia de diversos factores para reflejar dicha complejidad, además del rendimiento esperado en un momento dado.

En el acápite 4 del Capítulo 5 se ha demostrado en su evaluación teórica comparativa que los modelos anteriores pueden considerarse como casos especiales del modelo aportado.

⁴ Como en: FRENCH, K. (1980): "Stock Returns and the Weekend Effect", *Journal of Financial Economics*, vol. 8, pp. 145-163, y LAKONISHOK J. y SEYMOUR, S. (1988): "Are Seasonal Anomalies Real? A Ninety-Year Perspective", *Review of Financial Studies*, vol. 1, pp. 112-133.

⁵ LANDRO, ALBERTO H. & GONZALEZ, MIRTA L. (1997): "El problema de la predicción en el mercado financiero", Eudeba - Editorial Imp. Centro, Buenos Aires, cap. 4.

⁶ Otra forma de analizarlo ha sido suponer que las varianzas no son finitas y que las series cronológicas que representan al comportamiento de los activos tiene dimensión fractal: la serie fractal es estática y existe una probabilidad no nula que genere un comportamiento caótico.

CONCLUSIONES

En lo que respecta a las Proposiciones de Modigliani y Miller, en esta tesis se sustenta que resulta perfectible el aporte de estos autores, tomándolas como un caso particular del nuevo modelo, cuando resultan verosímiles los supuestos de la HME, donde no inciden significativamente otros factores y la varianza resulta constante.

Las formulaciones resultan análogas solamente si se verifica el arbitraje completo de los costos y rendimientos para una actividad y un mercado dados.

En lo que respecta al modelo CAPM, se puede considerar como un caso particular del modelo propuesto cuando el único riesgo importante es el de mercado y exista un único sumando que indique dicho diferencial de rendimiento.

Sin embargo existen ciertas modificaciones: los coeficientes b del modelo propuesto no coinciden con los β del modelo CAPM, salvo en el caso citado en que el único factor de riesgo consista en la relación de los rendimientos de un instrumento financiero con el diferencial de rendimiento entre el promedio del mercado considerado y una tasa libre de riesgo, o bien en el caso extremo en que la sumatoria ponderada de dos ó más factores coincida justamente con aquél. Además, el modelo propuesto no requiere suponer de antemano una cierta función de utilidad y grado de aversión al riesgo del decisor.

Por lo tanto, puede considerarse al modelo propuesto como un progreso frente a las Proposiciones de Modigliani-Miller y al CAPM por su mayor poder explicativo en la determinación del costo del financiamiento; esto es así por su mayor grado de generalización. No obstante, dadas sus diferencias mencionadas, podría argumentarse que no resultan comparables, ya que no son exactamente equivalentes en todos los casos.

Sin embargo, no debería ser óbice la existencia de ciertas modificaciones a fin de considerarla como un avance progresivo, ya que tales procesos han venido sucediendo con la superación de una teoría por otra en diversas áreas del conocimiento

científico, según el criterio generalmente aceptado de Karl R. Popper. Por ejemplo, este reconocido epistemólogo refiere el clásico caso donde la teoría de Newton se considera un progreso en relación con la de Galileo, ya que reunifica su física terrestre con la física celeste de Kepler; pero no se puede derivar una de la otra sin salvar ciertas modificaciones.⁷

4. CONTEXTOS CON INCERTIDUMBRE

Se ha argumentado que en ciertos casos especiales los supuestos de los esquemas anteriores pueden verse vulnerados: en coyunturas críticas de los mercados desarrollados, y más asiduamente aún en los mercados emergentes y para empresas de menor tamaño relativo. En ellas, suele ocurrir que resulte ilusorio emplear eficazmente distribuciones de frecuencia conocidas, por el cambio de las variables económicas y financieras que en ocasiones hasta arrojan cierta vaguedad en la definición de los propios términos analizados.

En las finanzas y en especial en la economía real suelen verificarse factores de incertidumbre, además de los factores de certeza y de riesgo estadístico mensurable, que constituyen una limitación para la aplicación de los modelos sobre el financiamiento, poniendo de manifiesto la necesidad de estimar la multiplicidad de atributos que pueden afectar de manera cambiante los fenómenos financieros estudiados, tal como lo permiten considerar los aportes teóricos de esta obra.

⁷ POPPER, K: (1982): *Conocimiento objetivo*, Editorial Tecnos, Madrid, cap. 5, pp. 151-156. En este caso, una de esas modificaciones consiste en que para Galileo un objeto lanzado desde la superficie terrestre describiría una órbita parabólica, mientras que para Newton describiría una órbita elíptica o bien escaparía de la órbita terrestre al superar cierta velocidad.

CONCLUSIONES

Por lo tanto, dichos factores de incertidumbre deberían afrontarse mediante otras metodologías. En esta tesis, se ha evaluado en el Capítulo 6 el empleo de la metodología borrosa para la toma de decisiones de financiamiento y la formulación de modelos relativos a los costos y riesgos asociados a las mismas.

En esta tesitura, se han aportado formulaciones para la valuación del costo de la estructura de financiamiento y para la valuación de opciones, en situaciones de incertidumbre. Se ha expuesto la formalización respectiva y se brindan ejemplos de aplicación.

Los aportes específicos en dicho campo son los siguientes:

4.1. Modelo borroso de valuación del costo de financiamiento

Para el caso especial de estos contextos con oscilaciones de limitada magnitud relativa en ciertos factores intervinientes, pero de vaguedad en la información disponible, se ha aportado una fórmula de valuación borrosa del costo de capital en general, con ejemplos de casos particulares de instrumentos de financiamiento.

El modelo de valuación borrosa del costo de capital es el siguiente:

CONCLUSIONES

$$\tilde{K}(o) = \tilde{K}_{(e)}(.)\tilde{W}_{(e)} (+) \tilde{K}_{(i)}(.)\tilde{W}_{(i)} \quad (6.1)$$

donde:

$$w_{(e)1} + w_{(i)3} = 1$$

$$w_{(e)2} + w_{(i)2} = 1$$

$$w_{(e)3} + w_{(i)1} = 1$$

En ciertas circunstancias, puede resultar sencillo de administrar y flexible para adaptarse ante eventuales cambios significativos avizorados en los variados y complejos factores que pueden incidir, además de la oscilación aleatoria de las cotizaciones.

4.2. Modelo borroso para la valuación de riesgos en el financiamiento

CONCLUSIONES

Para la evaluación de riesgos en el financiamiento cuando intervienen factores de incertidumbre, en el Capítulo 6 se ha brindado un modelo borroso para la valuación de opciones. En el Anexo 4 se observa que puede llegar a lograr mayor eficacia predictiva que el modelo tradicional de Black-Scholes basado en la HME, pese a su simplicidad. Esto se debe a la posibilidad de incorporación en las ponderaciones subjetivas de la nueva fórmula de diversos factores cuantitativos o cualitativos coherentes con la mayor variedad informativa que pueden mostrar las cuestiones económicas y financieras en ciertas coyunturas.

El modelo borroso para la valuación de opciones de compra es la siguiente:

$$\tilde{V}_C = (v_{C(1)}, v_{C(2)}, v_{C(3)}) \quad (6.6)$$

tal que:

$$V_C = (\text{máximo} \{ (v_{S(1)}(-)e), 0 \}; \text{máximo} \{ (v_{S(2)}(-)e), 0 \}; \text{máximo} \{ (v_{S(3)}(-)e), 0 \})$$

Mientras que el modelo borroso para la valuación de opciones de venta es la siguiente:

$$\tilde{V}_P = (v_{P(1)}, v_{P(2)}, v_{P(3)}) \quad (6.7)$$

tal que:

CONCLUSIONES

$$V_p = (\text{máximo } \{ (e(-) v_{S(1)}), 0 \} ; \text{máximo } \{ (e(-) v_{S(2)}), 0 \} ; \text{máximo } \{ (e(-) v_{S(3)}), 0 \})$$

Si ni siquiera para el financiamiento de actividades con *commodities* como en el ejemplo ilustrativo del Anexo 4 el modelo de Black-Scholes puede llegar a mostrar adecuada eficacia predictiva, entonces menor aún podrá ser dicha eficacia predictiva para la consideración del financiamiento de las restantes actividades de la economía real dada su mayor vaguedad informativa. Tomando en cuenta las posibles limitaciones de dicho modelo para la evaluación de los riesgos del financiamiento, se señala la necesidad de complementarlo mediante otros modelos que permitan evaluar la influencia de los múltiples factores de naturaleza determinística, probabilística o bajo incertidumbre.

Cabe consignar, como en el punto anterior, que el objeto de esta tesis consiste en aportes teóricos sobre la teoría del financiamiento y no puede incursionar en otras aplicaciones adicionales de la metodología borrosa. Queda abierta la línea de investigación sobre las posibilidades de aplicación ulterior de considerables desarrollos adicionales existentes en dicha metodología con vistas a la optimización de las decisiones de financiamiento bajo tales condiciones de incertidumbre. Por una parte, se ha planteado la posibilidad de investigar las condiciones de minimización del costo de la estructura de financiamiento mediante programación lineal borrosa; por otra parte, la posibilidad de evaluar en cada caso particular la influencia de la tasa de interés, de los plazos de negociación y de otros factores para complementar el modelo borroso de valuación de opciones.

ANEXOS

Anexo 1: Bases de la Hipótesis del Mercado Eficiente

Anexo 2: Factores de riesgo y rendimiento en la actividad agropecuaria

Anexo 3: Conceptos básicos de la metodología borrosa

Anexo 4: Evaluación comparativa de riesgos en un caso del sector
agropuecuario

ANEXO 1

BASES DE LA HIPÓTESIS DEL MERCADO EFICIENTE

1. INTRODUCCIÓN

En este Anexo se reseñarán ciertos fundamentos probabilísticos de la HME. Para ello, se comenzará por citar sus antecedentes históricos, para luego señalar sus supuestos básicos.

En el origen de este tipo de teorías, se hacía hincapié en el rendimiento de las acciones ordinarias; pero este análisis se realiza desde el punto de vista del costo de todos los instrumentos del mercado de capitales y similares, que son utilizados en las estrategias de financiamiento.

A fin de enriquecer el notorio avance para las finanzas contemporáneas que ha representado esta Hipótesis, en esta tesis se ha evaluado la alternativa consistente en la incorporación de modelos multivariantes, incluyendo varios factores de riesgo además de las oscilaciones de mercado, dada la posible incidencia de diversas circunstancias endógenas y exógenas intervinientes en tales estrategias.

También se ha hecho hincapié en la familia de modelos estadísticos que incluyen la condición de heteroscedasticidad. Las primeras aplicaciones de la HME hacia mediados del siglo XX se basaban en el supuesto simplificador de la homoscedasticidad, es decir que la varianza del rendimiento es una constante. Hacia 1980, surgió una alternativa dentro de la heteroscedasticidad: los modelos de la familia ARCH, que incluyen a la varianza como una variable.

2. UN ANTECEDENTE HISTÓRICO: LA OBRA DE LOUIS BACHELLIER

En el año 2000 se cumplió el centenario de la publicación de la tesis doctoral para Ciencias Matemáticas en la Universidad de París de Louis Bachelier

titulada "La teoría de la especulación"¹. Como discípulo de Henri Poincaré, Bachelier obtuvo su doctorado a los 30 años de edad, pero no la admiración de sus contemporáneos. Poincaré le reprochó que abandonara el estudio de cuestiones de mayor grado de abstracción. Dedicó su vida a la enseñanza en universidades del interior de Francia, incluyendo ocasionales investigaciones, hasta su muerte en 1946.

Sin embargo, el empleo de técnicas estadísticas y del cálculo diferencial en el denominado cálculo estocástico abrió una alternativa sumamente importante para el estudio de fenómenos de distribución aparentemente irregular. Lo interesante es que estos conceptos volvieron a inspirar a economistas y administradores cinco décadas después, constituyéndose en la base de la Hipótesis del Mercado Eficiente, que ha causado un cambio tan significativo en la investigación de las finanzas modernas, desde la segunda mitad del siglo XX.

Bachelier destaca por primera vez la necesidad de utilizar una base estadística para elaborar la teoría de la valuación de los títulos del mercado de capitales y de los contratos derivados de opciones. Utilizó la distribución de frecuencias normal para modelizar los movimientos de cotización de las acciones. En cuanto a las opciones, el autor muestra que el valor esperado de esta dispersión es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo.

A continuación, Bachelier deriva una ecuación diferencial que modeliza la difusión de los precios de los títulos. Con estas técnicas estadísticas surge la primera fórmula conocida de valuación de los contratos derivados de opción. El autor no se contenta con enunciarlas, sino que también contrasta sus predicciones con los precios del mercado, refiriéndose al mercado de valores francés de la época, incluyendo los precios de acciones, contratos a término y otros derivados más complejos.

Argumenta que las influencias que determinan fluctuaciones en las cotizaciones del mercado de capitales son innumerables; los sucesos pasados, presentes y aún el descuento de eventos futuros son reflejados en el precio de mercado, pero a menudo no muestran ninguna relación aparente con los cambios de precios. Además de las causas de cambios de precios relativamente naturales, las causas artificiales también intervienen: el mercado reacciona y el flujo corriente es una función de la orientación de su estado, no sólo de las fluctuaciones pasadas.

La determinación de estas fluctuaciones depende de un número infinito de factores; por lo tanto, es imposible pretender una predicción matemática de la misma. Las contradictorias opiniones sobre estos cambios difieren tanto, que en el mismo instante los

¹ BACHELLIER L. (1900): "Théorie de la Speculation", Gauthier Villars, Paris

compradores creen en una suba de precios y los vendedores en una baja.

Sin embargo, es posible estudiar matemáticamente el estado del mercado en un instante determinado, esto es, establecer la ley de probabilidad de los cambios de precio consistentes con el mercado en ese instante. En efecto, si bien el mercado no predice sus fluctuaciones, las evalúa como más o menos posibles, y esta posibilidad puede ser estudiada matemáticamente. La esperanza matemática total de un operador bursátil será la suma de los productos de las ganancias inciertas y sus probabilidades de ocurrencia correspondientes.

La esperanza matemática muestra si una apuesta es ventajosa o no, inclusive indica si una apuesta lógicamente debe ganar o perder; sin embargo, no proporciona un coeficiente que represente de alguna manera el valor intrínseco de la apuesta. El inversionista puede ser comparado con un apostador. En efecto, si bien el precio de un título puede subir luego de su compra, una baja es igualmente posible. En consecuencia, desde este punto de vista la esperanza matemática del comprador y del vendedor es cero. Este principio significa que el mercado, en un instante dado, considera no solamente las operaciones transadas en el momento, sino también aquellas que estarán basadas en una fluctuación subsiguiente en los precios como teniendo una esperanza de cero.

La probabilidad que el precio γ sea cotizado en un momento dado es una función de γ . Esta probabilidad puede ser representada por la ordenada de una curva, cuya abscisa se corresponde con varios precios. Claramente, el precio considerado más probable por el mercado es el verdadero precio corriente; si el mercado pensara de otra manera, no se cotizaría a dicho precio, sino a otro mayor o menor.

Finalmente, mediante una ecuación de Fourier, halla lo que llama la ley de radiación o difusión de la probabilidad, por analogía con la teoría respectiva del campo de la Física: cada precio durante cierto lapso se difunde hacia su precio vecino con una probabilidad proporcional a la diferencia de sus probabilidades. Dividiendo el tiempo en lapsos muy pequeños es posible considerar el precio como cambiando por un incremento pequeño y constante; el autor obtuvo así una expresión de la probabilidad que el instrumento financiero alcance o exceda un precio determinado en un momento dado.

De esta manera, Bachelier propuso a fin del siglo XIX la noción acerca del comportamiento del mercado financiero que se conocería en la segunda mitad del siglo XX como de camino aleatorio. La misma fue retomada por M. Kendall² y resultó

² KENDALL, M.G. (1953): "The Analysis of Economic Time-Series, Part I. Prices", *Journal of the Royal Statistical Society*, número 96, pp.11-25

generalmente aceptada a partir de contrastaciones de sus predicciones con el comportamiento de mercados de capitales desarrollados, en especial en períodos relativamente estables.³ Como lo ha señalado Harry Roberts, esta Hipótesis del Mercado Eficiente ha observado varias versiones, desde una débil que supone que los precios actuales reflejan la información correspondiente a los precios pasados, hasta una fuerte que supone que los precios actuales reflejan todo tipo de información y evaluación disponible.⁴

Dicha noción ha dado lugar a avances teóricos y prácticos mediante la aplicación del cálculo estocástico. El mismo es una extensión del cálculo regular que trata de los procesos estocásticos; es decir, de aquellos donde los cambios pueden ocurrir en cualquier momento dentro de un rango dado. Se basa en procesos de Markov (proceso estocástico donde el valor actual de una variable es lo único relevante para predecir el futuro) del tipo de procesos de Wiener (considerando los cambios en sus valores en intervalos de tiempo pequeños). Éste es el tipo de procesos que se ha utilizado en Física para describir el movimiento de una partícula que está sujeta a un gran número de pequeños shocks moleculares, conocido como Movimiento Browniano.

Varios estudiosos de este campo han obtenidos logros tan reconocidos como la teoría del portafolio de inversión óptimo, la valuación de activos de capital, la valuación de opciones y otros aportes, cuya importancia está indicada por el otorgamiento del Premio Nobel de Economía a Henry Markowitz, Merton Miller y William Sharpe (1990), Franco Modigliani (1994), y a Myron Scholes y Robert Merton (1997). En este caso, el progreso científico no ha sido lineal y continuo; ha habido un retroceso y posterior resurgimiento que llevó más de medio siglo, por la incompreensión de los originales y visionarios aportes de Louis Bachelier en el campo de la economía y las finanzas.

3. FUNDAMENTOS DE LOS MODELOS ESTOCÁSTICOS

El fundamento teórico de la moderna Hipótesis del Mercado Eficiente debe rastrearse en la teoría de los modelos estocásticos en general, que se desarrolló décadas después de la tesis anticipatoria mencionada en el acápite anterior. Por lo tanto, se comienza por resumir las principales características de dichos modelos.

³ JENSEN, M.C. (1968): "The Performance of Mutual Funds in the Period 1945-64", *Journal of Finance*, 5/68, pp.389-416

⁴ ROBERTS, H.V. (1967): "Statistical versus Clinical Prediction of the Stock Market", *memo*, Universidad de Chicago, 5/67.

Un modelo estocástico busca caracterizar adecuadamente ciertos procesos de naturaleza aleatoria. Un modelo econométrico, en cambio, intenta agregar al anterior la conformidad con una teoría económica. Tradicionalmente regía el criterio de unificación, vale decir de la unicidad del modelo óptimo; mientras que actualmente tiene prevalencia el criterio de especificación, buscando el modelo más adecuado sin suponer de antemano que es uno solo.

La construcción del modelo para procesos unidimensionales como la HME suele requerir las siguientes cuatro etapas básicas:

- a. Selección de la familia a la cual pertenece el modelo
- b. Selección del orden del modelo
- c. Estimación de los coeficientes
- d. Contralor de las condiciones del modelo

A continuación, se describen sucintamente ciertas características de dichas etapas.

a. Selección de la familia a la cual pertenece el modelo

Primeramente, se elige el tipo de modelo que parece más adecuado, como AR, MA, ARMA, ARIMA, etc.

La medida de la relación entre el estado Y_t y el estado Y_{t-j} puede expresarse mediante el coeficiente $\rho_j(y)$. Por ejemplo, para un modelo $AR(p)$ se tiene que:

$$\rho_j(y) = \phi_1 \rho_{j-1}(y) + \phi_2 \rho_{j-2}(y) + \dots + \phi_p \rho_{j-p}(y) \quad \text{para: } j = 1; 2; 3; \dots$$

b. Selección del orden del modelo

Serán funciones de autocorrelación parciales, del tipo $\phi_{jj}(y)$ para $j = 1; 2; \dots$, que miden relaciones directas netas de la influencia que pueden ejercer las variables intermedias.

Primeramente, se detecta si el proceso en cuestión puede considerarse aleatorio puro.

Luego, se determina el número de valores significativos que asume la función ϕ_{ii} . En la práctica, la información insuficiente impide conocer los ϕ_j y los ϕ_{ii} verdaderos; se debe trabajar con estimadores muestrales.

c. Estimación de los coeficientes

En cuanto a la estimación de los coeficientes del modelo, sustituyendo los ρ por sus estimaciones muestrales, se toman los ϕ como incógnitas (en número p). Hay infinitas ecuaciones para cada valor de (J). Así, el denominado Sistema de Yule-Walker es el siguiente:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \phi_1 + \phi_2 \rho_1 + \dots + \phi_p \rho_{p-1} \\ \rho_2 &= \phi_1 \rho_1 + \phi_2 \rho_2 + \dots + \phi_p \rho_{p-2} \\ &\dots\dots\dots \\ \rho_p &= \phi_1 \rho_{p-1} + \phi_2 \rho_p + \dots + \phi_p \end{aligned}$$

Cabe consignar que pueden emplearse diversos métodos de estimación.

d. Contralor de las condiciones del modelo

El contralor de las condiciones sobre las perturbaciones se realiza por diversos tests que muestran la correlación de los residuos. En el caso de la HME, si los residuos ε_i son un ruido blanco wn , entonces su valor esperado debe ser nulo, la varianza debe ser constante y no deben estar incorrelacionados. La evolución de esa varianza puede llegar a representarse a veces mediante una expresión de segundo grado; en esos casos, se trata de modelos no lineales.

4- LOS MODELOS BAJO CONDICIONES DE HETEROSCEDASTICIDAD

Uno de los supuestos de la HME clásica, mencionado en el Capítulo 4, consiste en que la varianza de los rendimientos se considera constante. Esto constituye una limitación para la elaboración de modelos que reflejen las cambiantes condiciones que pueden prevalecer en los mercados financieros.

A diferencia de los modelos con homoscedasticidad condicionada, la heteroscedasticidad indica que la varianza es variable en determinado proceso. Por otra parte, en ocasiones la evolución de la varianza puede ser interpretada como una función no lineal. Una forma general de representación de este tipo de relación es la siguiente:

$$Y_t = f(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots)$$

donde:

f : función no lineal

$\{\varepsilon_t\}$: proceso estocástico no reversible, es decir que está basado en el pasado pero no en las expectativas futuras.

Si $\{\varepsilon_t\}$ es un proceso de ruido blanco no observable, entonces podría expresarse como un conjunto finito de valores del insumo y el producto del sistema, a saber:

$$Y_t = f(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}, \varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \dots, \varepsilon_{t-q})$$

donde:

ε_t : innovación del proceso $\{Y_t\}$.

f : descripción de la información sobre el comportamiento de Y_t contenida en sus realizaciones pasadas.

Entonces, el proceso $ARMA(p, q)$ lineal puede ser ampliado como un caso no lineal, de la siguiente manera:

$$Y_t = \sum^p \phi_i(Y_{t-1})Y_{t-j} = m(Y_{t-1}) + \varepsilon_t - \sum^q j(Y_{t-1})\varepsilon_{t-j}$$

Los modelos ARMA surgieron en la década de 1970. En 1982, Robert F. Engle creó el modelo *Autoregressive Conditionally Heteroscedastic* (ARCH), que ha servido de base para elaborar modelos de serie de tiempo no lineales; el notable avance logrado le ha valido el Premio Nobel de Economía en el año 2003. El ARCH es no-lineal en la varianza, pero no en la media. Por ejemplo, puede definirse el modelo de autorregresión con heteroscedasticidad condicionada de orden unitario ($ARCH(1)$) de esta forma:

$$h_t = \phi_0 + \phi_1 \varepsilon_{t-1}^2$$

donde:

$$\phi_0 > 0$$

$$0 < \phi_1 < 1$$

Una expresión alternativa más flexible que admite la representación de la varianza condicionada del proceso mediante una expresión ARMA es el proceso ARCH Generalizado (GARCH) de orden p_ε y p_h , de la siguiente manera:

$$h_t(\varepsilon_t, \phi(\varepsilon), \phi(h)) = \phi_0 + \sum^{p_\varepsilon} \phi_i(\varepsilon) \varepsilon_{t-i} + \sum^{p_h} \phi_j(h) h_{t-j}$$

Algunas de las características del proceso $ARCH(1)$ que pueden resultar útiles para representar los modelos financieros consisten en que su momento centrado de cuarto orden (*kurtosis* o apuntamiento) es mayor, y que genera valores con una distribución donde las colas son más anchas que las correspondientes a una distribución de probabilidades normal. La *kurtosis* mayor que 3 suele indicar una variabilidad que depende del pasado instantáneo; el coeficiente de simetría

notoriamente distinto de cero a menudo se considera un indicador de no-linealidad.⁵

En resumen, para el caso particular de la HME clásica se emplea un modelo $AR(1)$. Actualmente, puede investigarse la posibilidad de complementar la HME sobre la base de otros modelos que permitan incorporar la condición de heteroscedasticidad, además de la aplicación de otras distribuciones cuya consideración excede el alcance de esta tesis, a fin de perfeccionar su eficacia predictiva en el ámbito del mercado financiero.

⁵ GOURIÉROUX, C. (1997): *ARCH Models and Financial Applications*, Springer-Verlag, New York, capítulo 5.

ANEXO 2

FACTORES DE RIESGO Y RENDIMIENTO EN LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA

1. INTRODUCCIÓN

Como se trató en esta obra, las decisiones de financiamiento pueden verse influidas por cambiantes y complejos riesgos vinculados con factores cuantitativos y cualitativos de tipo financiero, económico, político y demás. Dicha complejidad suele resultar acentuada en los casos vinculados con la economía real.

Por lo tanto, en esta tesis se sostiene que resulta aventurado atribuir el costo y el riesgo asociado para financiar una actividad de la economía real, como es el sector agropecuario, a un solo factor que se considera aleatorio, que es la oscilación de las cotizaciones del mercado de los instrumentos respectivos, ateniéndose a los supuestos de la Hipótesis del Mercado Eficiente en su versión clásica.

A fin de fundamentar esta afirmación, se pasará revista a los aportes teóricos más conocidos sobre las complejas características del sector agropecuario y los diversos factores que pueden influir en sus rendimientos y riesgos, además de las circunstancias aleatorias citadas. Finalmente, se hará referencia a ciertos aspectos pertinentes vinculados con esta problemática aplicables en la República Argentina.

2. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR SEGÚN ECONOMISTAS CLÁSICOS

Las cuestiones agropecuarias han estado presentes desde los albores de la elaboración de las primeras teorías económicas, a través de sus diversas versiones. En ellas se reflejan sus complejas características, a las que se han atribuido diferente importancia.

En el siglo XVIII, François Quesnay hizo uno de los primeros intentos de formalizar una teoría que abarcara la totalidad del sistema económico en su conjunto a través de su *Analyse du Tableau Economique* (1758). En ella refleja el intercambio entre

diversos sectores de la economía; pero surge la necesidad de explicar por qué razón se produce el crecimiento neto de la producción (*produit net*).

Esa razón la atribuye a la fertilidad de la tierra, como explicación por excelencia de todo crecimiento económico, ya que con menores insumos (por ejemplo: semillas, abonos, etc.) produce mayores productos (por ejemplo: las diversas cosechas). Esta explicación parcial sin duda refleja el papel primordial que cumplía la actividad agropecuaria en la economía de su época y constituyó una primera hipótesis explicativa.

Luego, otro autor clásico como Adam Smith en *The Wealth of Nations* (1776) continuó avanzando en la tesitura de intentar explicar la causa de la generación del excedente económico sin limitarse a la actitud mercantilista de fomentar la mera acumulación de metálico en las arcas públicas mediante políticas sumamente dirigistas y proteccionistas. La mano invisible del mercado tendería a aumentar la riqueza de la sociedad a través del ímpetu por aumentar la riqueza particular; para ello, el rol del Estado debería limitarse a fomentar la libre competencia.

Adam Smith observó el fenómeno del mayor excedente relativo que proporcionaba la actividad agropecuaria en su época frente a otras actividades, que entre otras cosas permite generar la renta del terrateniente, y la continuó atribuyendo a la mayor productividad natural de la tierra.

Posteriormente, Thomas Malthus en *An Essay on the Principle of Population* (1798) sostuvo su conocida hipótesis sobre la supuesta tendencia de la población a aumentar más rápidamente que la producción agropecuaria. Por lo tanto, juzgaba desaconsejable que el Estado se ocupara de mejorar las condiciones de vida de las masas paupérrimas.

En la perspectiva actual, sus propuestas se habrían refutado por el momento: La población disminuye su crecimiento en las regiones que alcanzan un importante grado de desarrollo económico y social, mientras que la producción de los productos agropecuarios tiende a aumentar por los avances de la tecnología, aunque sujeto a que la misma se revele como ambientalmente sustentable.

David Ricardo, en cambio, introdujo la teoría del trabajo como base del valor de intercambio de las mercancías en su *Principles of Political Economy* (1817). Respecto del sector agropecuario, notó la importancia de una categoría que no coincidía exactamente con la ganancia empresaria: la renta del suelo, que percibe el terrateniente por el aprovechamiento de sus energías originarias, distinto del sentido general de otro ingreso como el interés o la ganancia, a diferencia de Adam Smith. La atribuyó a la propiedad privada de un recurso natural escaso y a la diferente fertilidad, que provocaría

precios de artículos agropecuarios basados en los campos menos productivos y una renta adicional para los mejores campos.

Dado que los salarios tienden a permanecer cerca del nivel de subsistencia (por el aumento de la población que compite por trabajo) y las utilidades tienden a bajar (por la acumulación progresiva de capital y la caída de precios) resulta necesario recurrir cada vez a tierras menos dotadas por la naturaleza; entonces, la renta del suelo tiende a elevarse. Dicha renta no proviene del mayor rendimiento de la agricultura frente a la industria, como afirmaba Adam Smith, sino que implica una transferencia de ingresos de la comunidad en favor del terrateniente.

Para favorecer al nuevo orden industrialista, Ricardo se manifestó contrario a toda legislación que favoreciera el aumento de dicho excedente logrado por los terratenientes. Además, las mejoras que aumentan el rendimiento para cada dosis de capital en iguales cantidades causarían paradójicamente una disminución de las rentas.

Carlos Marx estudió la economía capitalista desarrollando la teoría de la plusvalía, que basaba el valor de las mercancías en el trabajo medio socialmente necesario incorporado a las mismas, a diferencia del valor de uso (o utilidad subjetiva) y del valor de cambio (o de mercado, por circunstancias comerciales, financieras, etc.). La fuerza de trabajo (o capacidad potencial de realizar trabajo) recibiría también un valor que es sólo el costo necesario para su subsistencia y reproducción, quedando el excedente o plusvalía en manos del capitalista que detenta los medios de producción.

Ese capital puede ser constante, donde está cristalizado el trabajo anterior, o variable, compuesto por las remuneraciones y fuente última de su ganancia según este autor. La relación entre el primero y el capital total brinda la composición orgánica del capital, por lo que a mayor composición orgánica se obtiene menor tasa de ganancia.

Respecto de la cuestión agraria, en el Tomo III de su obra *Das Kapital* (1867) modifica el análisis de Ricardo introduciendo dos nociones de renta del suelo: la renta absoluta y la renta diferencial.

La primera se genera por la tenencia monopólica de un recurso natural en un tipo de explotación donde hay un escaso uso de capital constante. Dada la baja composición orgánica del capital, surge una mayor tasa de ganancia que resulta absorbida por el propietario rural.

La segunda, en cambio, se genera por la diferencia de fertilidad de los campos; tomando como referencia los precios de los productos de las regiones menos productivas, las zonas privilegiadas obtienen una renta adicional para sus propietarios. Complementariamente, señala que esta causalidad se produce para los propietarios

agrícolas, pero que los propietarios ganaderos se benefician del uso de tierras marginales al absorber una renta no inferior a la de los primeros.

Posteriormente, desde mediados del siglo XIX, surge el análisis marginalista según el cual el óptimo al que tiende un sistema de libre competencia se produce cuando la producción se orienta a hacer coincidir los ingresos marginales con los costos marginales. El valor pasa a basarse en la utilidad subjetiva del consumidor, según la escasez relativa de los factores y la tendencia general a los rendimientos decrecientes.

El factor tierra es uno de los agentes de la producción junto con el trabajo, el capital y la organización; por lo tanto, la renta agraria es la remuneración por el uso de dicho factor y se describe como el resultado de la oferta de un recurso escaso. Por encima de los dones otorgados libremente por la Naturaleza, el rendimiento adicional obtenido por cada nueva unidad de capital y trabajo disminuye tarde o temprano.

La tierra puede estar insuficientemente explotada y entonces el rendimiento de una unidad adicional de trabajo y capital crece, pero sólo hasta alcanzar un tipo máximo a partir del cual se toma decreciente; el concepto de lo marginal no implica necesariamente el último en el tiempo. Como corolario, los suelos más pobres tenderían a valorizarse más que los ricos con el aumento de la población.

Autores marginalistas, entre los que sobresale Alfred Marshall en *Principles of Economics* (1890), enuncian modelos relativos a las leyes generales de la producción y el consumo. Para la primera, se busca maximizar la producción basada en los recursos disponibles y para el segundo se busca maximizar la utilidad subjetiva basada en los ingresos disponibles.

Para concluir con esta rápida revista a las concepciones de economistas clásicos sobre los resultados de la actividad agropecuaria, John Maynard Keynes en *The General Theory of Employment, Interest, and Money* (1936) retoma el análisis del sistema económico en su conjunto: la macroeconomía. Al analizar la demanda y oferta globales, no halla un único punto de equilibrio posible sino varios, aunque a distintos niveles de ocupación.

Para él, la renta del suelo es una parte de la ganancia que el empresario se ve forzado a pasar al rentista. Estudiando los efectos sobre la misma del nivel general de precios y de la acción del Estado a través de su política monetaria y fiscal, observa que desde el momento en que esa parte de la ganancia es fija en términos monetarios, el alza de los precios, aun cuando no esté acompañada por ningún cambio en la producción, redistribuirá los ingresos de modo favorable al empresario y desventajosamente para el rentista, lo que puede tener cierta reacción sobre la

propensión a consumir. Pero después de alcanzar la ocupación plena, puede ocurrir que un nuevo aumento de precios cause un aumento de la tasa de interés, contrapesando mayores aumentos de precios.

3. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR SEGÚN ESPECIALISTAS ACTUALES

Cabe acotar que de acuerdo con las concepciones tradicionales, el tipo ideal de unidad productiva se refiere a la industria y a las actividades competitivas en general. Las diferencias típicas de la actividad agropecuaria serían perturbaciones a la optimización teórica de la actividad económica mediante el sistema de libre empresa por las restricciones de ciertos recursos naturales.

Sin embargo, desde mediados del siglo XX otros autores especializados en la economía agropecuaria se dieron en plantear que existen factores limitativos que requieren modificar las concepciones clásicas reseñadas. Se mencionan brevemente algunos de los aportes más significativos al respecto.

En el marco de las teorías del desarrollo, autores como John Staatz y Carl Eicher⁷ distinguen tres períodos característicos, a saber:

a) Al comienzo, se asignaba al agro un papel bastante pasivo en el proceso de desarrollo. Con el fin que los países en desarrollo pudieran incorporarse a la senda del crecimiento, se supuso que la llave estaba en los procesos de industrialización, relegándose al agro como una actividad de subsistencia y bajo nivel tecnológico, incapaz de fomentar actitudes empresariales y el empleo de las masas rurales; por lo tanto, se propugnaron medidas de transferencia de renta hacia sectores urbanos.

En esta vertiente, se destacaron W. Arthur Lewis, Ranis y Fei, Jorgenson, Hirschman y otros autores de raigambre neoclásica, a través de diversas obras y modelos *ad hoc*.

b) Hacia 1960, se hacen evidentes las limitaciones del enfoque anterior y cobran gran difusión teorías contestatarias radicales. Se supone que el subdesarrollo no es una etapa a superar, sino la contracara de un mismo proceso económico mundial. En

⁷ STAATZ, J.; EICHER, C. (1984): "Agricultural Development Ideas in Historical Perspective", en Eiber, C. y Staatz, J.: *Agricultural Development in the Third World*, The John Hopkins Press, Londres

estos casos, se hacía hincapié en la necesidad de grandes cambios políticos para superar las estructuras que tendían a perpetuar y acentuar este proceso.

Entre los autores en esta vertiente más destacados se encuentran Kautsky, Baran, Emmanuel, Amin, Prebisch, Sunkel, Furtado, Frank y Dos Santos.

c) Finalmente, desde 1970 en adelante, la influencia de ambas visiones precedentes conlleva a fomentar estudios que abarcan no sólo el ritmo de desarrollo sino también su efecto social. Esta síntesis se caracteriza por enfatizar la importancia de estudios macroeconómicos a un nivel del que carecían las posturas anteriores. Los mismos abarcan variadas cuestiones interrelacionadas, tales como las migraciones, los mercados rurales, los vínculos intersectoriales y el desarrollo agropecuario integrado en general.

Dentro de esta línea de pensamiento, pueden mencionarse los trabajos de Fishlow, Streeten, Chenery y otros. Para encauzar esta interacción eficientemente, se fomentaron estudios sobre modelos de crecimiento, relaciones intersectoriales, la generación de empleo, las migraciones y cuestiones atinentes a la comercialización de la producción agropecuaria.

Puede considerarse a Karl Polanyi² como un clásico en el estudio de las instituciones y normas que regulan la actividad. En lo concerniente a este tema, él hace hincapié en lo artificioso de considerar como simples mercancías a tres factores básicos para el sector agropecuario, como para la economía en su conjunto: la tierra, el trabajo y el dinero.

Así, toda la sociedad y la naturaleza quedarían subordinadas solamente a las leyes del mercado. Existe necesidad de tomar en cuenta las potencialidades y limitaciones de los recursos naturales y el medio ambiente, junto con las complejas y contradictorias relaciones e instituciones sociales.

Para Nicholas Georgescu-Roegen³ el proceso productivo agrario es esencialmente distinto del industrial y no puede ser acabadamente descrito por la función de producción tradicional, ni el proceso económico en general puede ser concebido como un flujo cerrado. No se habría analizado suficientemente la relación entre las fórmulas empleadas en la función de producción y su correlato en la realidad; el estudio de los fundamentos de esas categorías se ha delegado en otras disciplinas.

² POLANYI, K. (1944): *The Great Transformation*, Beacon Press, Boston

³ GEORGESCU-ROEGEN, NICHOLAS (1969): "Process in Farming versus process in Manufacturing: A Problem of Balanced Development" en PAPI, U. y NUNN, C.: *Economic Problems of Agriculture in Industrial Societies*, International Economic Association, Macmillan-St.Martin's Press, Londres

Se ha abordado esta temática mediante funciones homogéneas en primer grado, que no abarcan diferencias cualitativas en ciertos recursos, en especial en las calidades humanas.

En realidad, sería imposible abarcar las innumerables combinaciones de un proceso de producción tomado en su conjunto, basándose solamente en el supuesto de una tasa marginal de sustitución decreciente a mayor escala. De manera que resultaría ilusorio catalogar en una función de producción todos los procesos óptimos para un producto a partir de las posibles combinaciones de factores, porque la realidad es un proceso continuo y complejo sin límites precisos entre procesos parciales de naturaleza económica, química, biológica, etc.

Finalmente, Philip McMichael⁴ hace hincapié en la necesidad con una visión con perspectiva mundial para comprender acabadamente este tema. Para él, la cuestión agraria y las consecuencias políticas de la transición empresaria en el campo fueron centrales en el siglo XIX para el surgimiento de los estados nacionales. Hoy, con la consolidación de los procesos de industrialización y globalización, la importancia de la población y la actividad puramente agraria se han reducido drásticamente.

Este autor postula que la cuestión agraria siempre fue una cuestión global y que dicho proceso de globalización es creciente y desafiante. Esa visión acuerda con Polanyi, entendiendo al mercado como un complejo institucional basado en relaciones sociales y culturales complejas y a veces contradictorias

4. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

Autores contemporáneos señalan que el estudio del sector debe encararse hoy en día como una manifestación del proceso de globalización general. La actividad tiende a integrarse en un sistema agroalimentario o agroindustrial con diversas organizaciones operativas, de soporte y de coordinación. Dicho sistema está compuesto por varios complejos agroindustriales básicos

Así, Miguel Teubal y Javier Rodríguez⁵ definen catorce complejos en la Argentina: el cárnico, el avícola, el lácteo, el oleaginoso, el cerealero, el cervecero, el frutihortícola, el vitivinícola, el pesquero, el azucarero, el té-yerbatero, el arrocero, el

⁴ MCMICHAEL, PHILLIP (1995): *The agrarian question revisited on a global scale*, Agrarian Questions, Nueva York

⁵ TEUBAL, M.; RODRIGUEZ, J. (2002): *Agro y alimentos en la globalización*, Editorial La Colmena, Buenos Aires

tabacalero y otros menores. Las tendencias recientes en dichos complejos muestran un aumento de la concentración industrial, centralización financiera del capital y la formación de conglomerados, la concentración e integración vertical de la distribución final con auge del supermercadismo, la internacionalización empresaria, y el aumento de la integración vertical.

En cuanto al análisis del proceso histórico del sector, en relación con la evolución de la economía global, ciertos autores, como Horacio Giberti⁶, Jacinto Oddone⁷ y otros, hacen hincapié en la alta concentración de la propiedad que tuvieron históricamente diversas regiones de la Argentina, en coincidencia con posiciones políticas y teóricas ya mencionadas en otros autores.

Sin embargo, otros investigadores como Guillermo Flichman⁸ señalan que el esquema de grandes latifundios y campesinado es aplicable a buena parte de la América Latina en las regiones subtropicales, pero no lo sería tanto a las explotaciones agropecuarias argentinas de mayor importancia económica, en la zona pampeana.

En dicho sector, se ha verificado el desarrollo de una amplia capa de sectores medios de pequeños y medianos propietarios orientados por un criterio eminentemente empresario. Asimismo, la renta de los propietarios es de origen básicamente diferencial, por la fertilidad natural de la zona en relación con otras zonas del planeta para los cereales, oleaginosos y cierta producción pecuaria.

5. CONSIDERACIONES FINALES

Puede afirmarse que la actividad agropecuaria observa características inherentes que le son específicas, por las razones que se han desarrollado, con diversas fortalezas y acechanzas típicas para quienes participan de la misma. Más allá de las controversias a nivel teórico y hasta ideológico, es indudable que, así como está sometido a los ritmos y riesgos que impone la Naturaleza, una de las características mencionadas de la producción agropecuaria es su dependencia de las cotizaciones de mercado para sus productos e insumos.

⁶ GIBERTI, H. C. E. (1961): *Historia Económica de la Ganadería Argentina*, Editorial Solar/Hachette, Buenos Aires.

⁷ ODDONE, J. (1967): *La burguesía terrateniente argentina*, Ediciones Libera, Buenos Aires

⁸ FLICHMAN, G. (1977): *La renta del suelo y el desarrollo agrario argentino*, Editorial Siglo XXI, Buenos Aires

En términos globales, durante los últimos años la producción agropecuaria ha tenido significativos cambios. En tal contexto, el estudio de sus resultados debería apuntar hacia el sistema agroalimentario como un todo, abarcando la influencia del proceso de globalización, la naturaleza de los productores rurales, el acceso a la alimentación, los hábitos culturales y las limitaciones ecológicas. Esto implica ampliar el punto de vista para incluir factores multidisciplinarios tales como las nuevas tecnologías para producir y consumir, el cambio de los patrones de consumo, los alcances y limitaciones de la biotecnología y otros factores que pueden influir sobre la oferta y la demanda.

En conclusión, no resultar razonable suponer que el resultado de las actividades agropecuarias resulte exclusivamente aleatorio. Por lo tanto, ello limita las posibilidades de aplicación de la Hipótesis del Mercado Eficiente para elaborar modelos para la evaluación de los riesgos y los costos en las decisiones de financiamiento para este exponente de la economía real.

ANEXO 3

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA METODOLOGÍA BORROSA

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se han planteado las cuestiones financieras en términos deterministas; es decir, como si se tuviera certeza acerca de la exactitud de los datos a partir de los cuales se toman decisiones. En realidad, solamente algunos casos pueden plantearse como interpretación de tales modelos; por ejemplo la concertación de empréstitos a tasa fija para tomadores de primera línea.

En los casos en que se deben tomar decisiones bajo riesgo, el enfoque siguiente ha consistido en adoptar modelos probabilísticos. La probabilidad de ocurrencia de los flujos de fondos ya no es siempre igual a la unidad, sino que puede oscilar en valores intermedios entre cero (imposible) y uno (certeza). En tal sentido, bajo el supuesto de la HME, se han desarrollado numerosas teorías positivas, algunas de las cuales se han tratado a lo largo de la obra.

Esta metodología supone que existen y se disponen económicamente de una gran profusión de información sobre la conducta de los agentes financieros, de manera de poder contar con una distribución de frecuencias confiable.

No obstante, en la valuación de instrumentos de financiamiento en muchas ocasiones se deben tomar decisiones con ciertos factores en condiciones de incertidumbre. Dada la escasez e imprecisión de los datos disponibles en tales condiciones, sería demasiado optimista pensar en contar siempre con variables aleatorias confiables para su análisis estadístico; por otra parte, estas decisiones sobre el futuro dependen de las cambiantes interrelaciones y las expectativas de los agentes financieros. El criterio de decisión suele estar basado en las opiniones de los expertos; debe ser fácilmente recalculable y poder fijar ciertos márgenes máximos y mínimos dentro de los cuales las variables se estimen con cierto rango de posibilidad.

Se cuenta hoy en día con una de las herramientas que permiten abordar la cuestión desde tal perspectiva: la metodología borrosa. Se basa en una teoría de conjuntos que considera situaciones con vaguedad que admiten distintos grados de pertenencia. Se hará referencia a ciertos conceptos básicos de la misma, en una síntesis

necesariamente parcial, que debe remitirse a la bibliografía mencionada para su fundamentación.¹

2. LA TEORÍA DE LOS SUBCONJUNTOS BORROSOS

Según ella, la pertenencia a un conjunto es una cuestión de grado. No se trata solamente de afirmar: o bien verdadero, o bien falso; una función característica puede tomar cualquier valor real dentro del intervalo $[0, 1]$. Por lo tanto, si se llama E a un conjunto referencial o universal dado (continuo o discreto), se denomina subconjunto borroso \tilde{A} de E a todo conjunto de pares ordenados tal que:

$$\tilde{A} = \{ \langle x / \mu_{\tilde{A}}(x) \rangle, \forall x \in E \} \quad (1)$$

donde:

$\mu_{\tilde{A}} : E \longrightarrow [0,1]$ función de pertenencia

$\mu_{\tilde{A}}(x)$: grado de pertenencia de x en \tilde{A}

Los conjuntos tradicionales (o sea nítidos) pueden considerarse como un caso particular de subconjunto borroso, donde la función de pertenencia toma solamente los valores 0 ó 1.

Con los subconjuntos borrosos \tilde{A} y \tilde{B} de un mismo conjunto universal E pueden definirse relaciones y operaciones, algunas de las cuales se resumen a continuación:

✓ *Igualdad*: \tilde{A} y \tilde{B} son iguales si y sólo si toman los mismos valores para todo x perteneciente a E , es decir que los valores de sus funciones de pertenencia son idénticos.

$$\tilde{A} = \tilde{B} \Leftrightarrow \forall x \in E : \mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{B}}(x) \quad (2)$$

¹ Se ha tomado como base a: LAZZARI, L. L.; MACHADO, E. A. M.; PEREZ, R. H. (1998): *Teoría de la Decisión Fuzzy*, Editorial Macchi, Buenos Aires; KAUFMANN, A. (1982): *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos*, Compañía Editorial Continental, México y KAUFMANN, A.; GIL ALUJA, A. (1986): *Introducción de la teoría de los subconjuntos borrosos a la gestión de las empresas*, Editorial Milladaro, Madrid.

- ✓ *Inclusión:* \tilde{A} es un subconjunto de \tilde{B} (es decir que \tilde{A} está incluido en \tilde{B}) si y sólo si todos los valores de la función de pertenencia de \tilde{A} son menores o iguales respectivamente que los valores correspondientes de \tilde{B} .

$$\tilde{A} \subset \tilde{B} \Leftrightarrow \forall x \in E : \mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{B}}(x) \quad (3)$$

- ✓ *Unión:* $\tilde{A} \cup \tilde{B}$ es el subconjunto borroso de E cuya función de pertenencia resulta:

$$\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) = \max\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\} \quad \forall x \in E \quad (4)$$

- ✓ *Intersección:* $\tilde{A} \cap \tilde{B}$ es el subconjunto borroso de E cuya función de pertenencia resulta:

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min\{\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)\} \quad \forall x \in E \quad (5)$$

- ✓ *Complemento:* $\overline{\tilde{A}}$ es el subconjunto borroso de E cuya función de pertenencia es:

$$\mu_{\overline{\tilde{A}}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x) \quad \forall x \in E \quad (6)$$

Se puede demostrar que las operaciones con subconjuntos borrosos cumplen con propiedades tales como: idempotencia, conmutatividad, asociatividad, distributividad, involución y las Leyes de De Morgan.

Pero no cumplen con dos propiedades de los conjuntos nítidos como son la Ley de Tercero Excluido (la unión de un subconjunto borroso con su complemento no necesariamente equivale al conjunto universal) ni la Ley de No Contradicción (la intersección de un subconjunto borroso con su complemento no necesariamente equivale al conjunto vacío). Por lo tanto, los subconjuntos borrosos no forman un Álgebra de Boole.

Un concepto básico es el de *intervalo de confianza* como proceso práctico para tratar la incertidumbre, a fin de localizar un valor impreciso dentro de un intervalo de números reales. Formalmente, se expresa al intervalo de confianza $A = [a_1, a_2]$ al

subconjunto de los números reales \mathfrak{R} referido al valor incierto x de la siguiente manera:

$$A = \{x / x \in \mathfrak{R} \text{ y } a_1 \leq x \leq a_2\} \quad (7)$$

Algunas de las relaciones y operaciones posibles con los mismos son las siguientes:

$$\text{Sean: } A = [a_1, a_2] \text{ y } B = [b_1, b_2]$$

$$\checkmark \text{ Igualdad: } A = B \quad [a_1, a_2] = [b_1, b_2] \text{ si y sólo si } a_1 = b_1 \text{ y } a_2 = b_2 \quad (8)$$

$$\checkmark \text{ Complemento: } A^- = [-a_2, -a_1] \quad (9)$$

$$\checkmark \text{ Pseudo-Inverso: } A^{-1}$$

$$\text{En } \mathfrak{R}^+ : A^{-1} = [1/a_2, 1/a_1] \quad (10)$$

$$\text{En } \mathfrak{R} : A^{-1} = [\min(1/a_1, 1/a_2), \max(1/a_1, 1/a_2)]$$

$$\text{donde: } 0 \text{ no pertenece al intervalo } [a_1, a_2] \quad (11)$$

$$\checkmark \text{ Suma: } A(+)\text{B} \quad [a_1, a_2](+)[b_1, b_2] = [a_1 + b_1, a_2 + b_2] \quad (12)$$

$$\checkmark \text{ Resta: } A(-)\text{B} \quad [a_1, a_2](-)[b_1, b_2] = [a_1 - b_2, a_2 - b_1] \quad (13)$$

$$\checkmark \text{ Multiplicación: } A(\cdot)\text{B} \quad \text{En } \mathfrak{R}^+ : [a_1, a_2](\cdot)[b_1, b_2] = [a_1 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2] \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \text{En } \mathfrak{R} : [a_1, a_2](\cdot)[b_1, b_2] = \\ = [\min(a_1 \cdot b_1, a_1 \cdot b_2, a_2 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2), \max(a_1 \cdot b_1, a_1 \cdot b_2, a_2 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2)] \end{aligned} \quad (15)$$

$$\checkmark \text{ División: } A(\div)\text{B} = A(\cdot)\text{B}^{-1} \quad \text{En } \mathfrak{R}^+ : [a_1, a_2](\div)[b_1, b_2] = [a_1 / b_2, a_2 / b_1] \quad (16)$$

Los denominados α -cortes pueden representar distintos niveles de presunción. Dado un subconjunto borroso \tilde{A} del conjunto referencial E , se denomina subconjunto nítido de nivel α al subconjunto de E . A_α es llamado α -corte o conjunto de nivel α de \tilde{A} .

$$A_\alpha = \{x \in E / \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \text{ para } \alpha \in (0,1] \quad (17)$$

La importancia de los α -cortes está en la posibilidad de expresar todo subconjunto borroso mediante los mismos; pueden ser considerados como una forma de conectar los conjuntos borrosos con los conjuntos nítidos. El Teorema de Descomposición de Zadeh indica que todo subconjunto borroso \tilde{A} de E puede descomponerse de la siguiente forma:

$$\tilde{A} = \bigcup_{\alpha \in [0,1]} \alpha \cdot A_\alpha \quad (18)$$

El Principio de Extensión también se debe a Zadeh y permite una extensión borrosa de los conceptos matemáticos clásicos; establece de que manera un subconjunto borroso de un referencial puede inducir un subconjunto borroso de otro referencial, o del mismo, a partir de una función dada entre ambos referenciales. Si f es una función de X en Y , y \tilde{A} es un subconjunto borroso de X , se puede obtener un nuevo subconjunto borroso $\tilde{B} = f(\tilde{A})$ de Y , tal que:

$$\mu_{f(\tilde{A})}(y) = \sup_{y=f(x)} \mu_{\tilde{A}}(x) \quad \text{si } f^{-1}(y) \neq \emptyset \quad (19)$$

$$\mu_{f(\tilde{A})}(y) = 0 \quad \text{si } f^{-1}(y) = \emptyset \quad (20)$$

$$\text{Si la función es inyectiva, entonces: } \mu_{f(\tilde{A})}(y) = \mu_{\tilde{A}}(X) \quad (21)$$

Un subconjunto borroso \tilde{A} del referencial E es normal si y sólo si el máximo valor que toma de la función de pertenencia es 1, es decir que:

$$\max \mu_{\tilde{A}}(x) = 1 \quad \forall x \in E \quad (22)$$

Un subconjunto borroso \tilde{A} del referencial \mathfrak{R} es convexo si y sólo si para todo $\alpha \in [0,1]$ se verifica que todo α -corte es un intervalo cerrado de \mathfrak{R} , vale decir que se trata de un subconjunto convexo de números reales.

3. LOS NÚMEROS BORROSOS

Un *número borroso* \tilde{A} es un subconjunto borroso del referencial de los reales, convexo y normal. Se puede definir un número borroso en cualquier conjunto referencial totalmente ordenado (como el de los números reales, reales positivos, enteros o naturales).

Puede obtenerse *el intervalo de confianza* para cada nivel α de todo número borroso. Dado que un número borroso es un subconjunto borroso, puede representarse por sus α -cortes de manera única; dado que son subconjuntos borrosos convexos, todos

los α -cortes son intervalos cerrados de números reales para $\alpha \in [0,1]$. α es el nivel de presunción y cada intervalo de nivel α se indica así:

$$A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]. \quad (23)$$

Son equivalentes las dos maneras de expresar un número borroso, tanto sea por su función de pertenencia como por sus α -cortes.

Para el campo de los números reales \mathfrak{R} , pueden definirse las operaciones básicas de la siguiente manera, como generalización de las operaciones con intervalos de confianza.

Dados:

\tilde{A} y \tilde{B} dos números borrosos continuos en \mathfrak{R}

$A_\alpha = [a_1(\alpha), a_2(\alpha)]$ y $B_\alpha = [b_1(\alpha), b_2(\alpha)]$ sus respectivos intervalos de confianza para $\alpha \in [0,1]$

Los α -cortes son los siguientes:

Adición $\tilde{A}(+) \tilde{B}$ (24)

$$A_\alpha(+)B_\alpha = [a_1(\alpha) + b_1(\alpha), a_2(\alpha) + b_2(\alpha)]$$

Diferencia $\tilde{A}(-) \tilde{B}$

$$A_\alpha(-)B_\alpha = [a_1(\alpha) - b_2(\alpha), a_2(\alpha) - b_1(\alpha)] \quad (25)$$

Si \tilde{A} y \tilde{B} son dos números borrosos continuos de \mathfrak{R}^+ se obtiene:

$$A_\alpha(\cdot)B_\alpha = [a_1(\alpha) \cdot b_1(\alpha), a_2(\alpha) \cdot b_2(\alpha)] \quad (26)$$

$$A_\alpha(:)B_\alpha = [a_1(\alpha) : b_2(\alpha), a_2(\alpha) : b_1(\alpha)] \quad (27)$$

También pueden definirse empleado el Principio de Extensión, que permite extender las operaciones aritméticas realizadas entre números reales a operaciones con números borrosos; puede demostrarse que ambas formas son equivalentes.

Dados:

\tilde{A} y \tilde{B} dos números borrosos continuos en \mathfrak{R}

$\mu_{\tilde{A}}(x)$ y $\mu_{\tilde{B}}(x)$ sus funciones de pertenencia

Las funciones de pertenencia respectivas serán:

$$\text{Adición } \tilde{A}(+) \tilde{B} \quad (28)$$

$$\mu_{\tilde{A}(+)\tilde{B}}(x) = \sup_{x=y+z} \min[\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)]$$

$$\text{Diferencia } \tilde{A}(-) \tilde{B}$$

$$\mu_{\tilde{A}(-)\tilde{B}}(x) = \sup_{x=y-z} \min[\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)] \quad (29)$$

$$\text{Multiplicación } \tilde{A}(\cdot) \tilde{B}$$

$$\mu_{\tilde{A}(\cdot)\tilde{B}}(x) = \sup_{x=y \cdot z} \min[\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)] \quad (30)$$

$$\text{División } \tilde{A}(\div) \tilde{B}$$

$$\mu_{\tilde{A}(\div)\tilde{B}}(x) = \sup_{x=y/z} \min[\mu_{\tilde{A}}(y), \mu_{\tilde{B}}(z)] \quad z \neq 0 \quad (31)$$

Un caso particular de número borroso es el denominado *número borroso triangular (NBT)*. Un NBT está determinado por los números reales: a_1, a_2 y a_3 . Se cumple que: $a_1 \leq a_2 \leq a_3$. Entonces, el NBT puede representarse así:

$$\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3) \quad (32)$$

En el caso de NBT, el intervalo de confianza para cada nivel α es el siguiente:

Para todo $\alpha \in [0,1]$ tal que:

$$A_\alpha = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, (a_2 - a_3)\alpha + a_3] \quad (33)$$

Entonces, para $\alpha = 0$ se tendrán los valores mínimos y máximos posibles,

o sea:

$$A_0 = [a_1, a_3] \quad (34)$$

Mientras que para $\alpha = 1$, se obtiene el valor más posible, a saber:

$$A_1 = [a_2, a_2] \quad (35)$$

La *función de pertenencia* $(\mu_{\tilde{A}}(x))$ es la siguiente:

Para todo x perteneciente a \mathfrak{R} tal que:

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = 0 \quad \text{si } x < a_1$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = (x - a_1) / (a_2 - a_1) \quad \text{si } a_1 \leq x \leq a_2$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = (-x + a_3)/(a_3 - a_2) \quad \text{si } a_2 \leq x \leq a_3$$

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = 0 \quad \text{si } x > a_3$$

Se puede visualizar un NBT en la *Figura 1*.

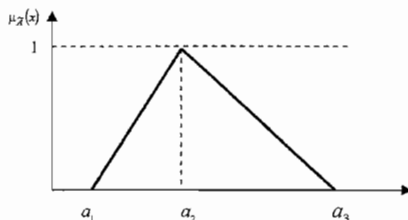


Figura 1: Número borroso triangular (NBT)

En el caso particular de los números borrosos triangulares, dados dos NBT: $\tilde{A} = (a_1, a_2, a_3)$ y $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$, la suma y diferencia borrosas pueden calcularse de la siguiente manera:

$$\tilde{A}(+) \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad (36)$$

$$\tilde{A}(-) \tilde{B} = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \quad (37)$$

Por lo tanto, la suma y diferencia borrosas dan como resultado otro NBT, lo cual facilita su empleo en las modelizaciones. En cambio, por lo general su producto y su cociente no resultan ser NBT, sino otros tipos de números borrosos.

4. EJEMPLO ILUSTRATIVO

A continuación, se aporta un caso donde los conceptos enunciados muestran su utilidad en la toma de decisiones sobre el financiamiento, cuando es menester evaluar su costo en situaciones donde predomina totalmente la incertidumbre.

En tales situaciones, resulta imposible la comparación con los modelos basados en la HME y con los anteriores aportes de esta tesis, ya que se supone que la carencia y vaguedad de los datos impide su evaluación determinística ni probabilística.

Se propone un ejemplo de valuación de instrumentos financieros individuales. ¿Cuál es el valor que se juzga razonable para financiarse colocando en el mercado la especulativa acción de la Compañía B en un próximo lapso de incertidumbre en dichos mercados financieros? Los idóneos bursátiles consideran sumamente posible que el valor de colocación quede en unos \$2 por acción; de cualquier manera, afirman que es imposible que dicha colocación baje de \$1 ni que suba de \$4 en dicho lapso.

Entonces, se puede obtener el número borroso triangular (NBT) correspondiente a la cotización de la acción B reemplazando los valores mencionados, es decir:

$$\text{NBT } \tilde{B} \qquad \tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$$

Intervalo de confianza B_α

$$b_1 = 1 \qquad b_2 = 2 \qquad b_3 = 4$$

Para todo α perteneciente a $[0,1]$:

$$B_\alpha = [(2-1)\alpha + 1, (2-4)\alpha + 4]$$

$$B_\alpha = [\alpha + 1, -2\alpha + 4]$$

Función de pertenencia $\mu_{\tilde{B}}(x)$

$$\text{Dados: } \tilde{B} = (1, 2, 4) \quad ; \quad b_2 - b_1 = 1 \quad ; \quad b_3 - b_2 = 2$$

Para todo x perteneciente a \mathbb{R}^+ :

$$\mu_{\tilde{B}}(x) = 0 \qquad \text{si } x < 1$$

$$\mu_{\tilde{B}}(x) = (x-1) \qquad \text{si } 1 \leq x \leq 2$$

$$\mu_{\tilde{B}}(x) = (-x+4)/2 \qquad \text{si } 2 \leq x \leq 4$$

$$\mu_{\tilde{B}}(x) = 0 \qquad \text{si } 4 < x$$

Gráficamente, se puede visualizar el NBT en la *Figura 1*:

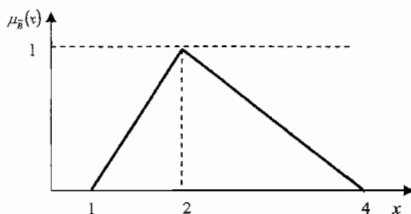


Figura 1: Representación borrosa de la acción B

Asimismo, en caso de resultar conveniente quitar la borrosidad de dicho número, pueden emplearse diversos procedimientos alternativos. Uno particularmente sencillo consiste en hallar la *representación*, o sea el número real asociado al NBT.

$$\widehat{B} = \frac{b_1 + 2b_2 + b_3}{4} \quad (7.1)$$

En el ejemplo, tendrá los siguientes valores:

$$\widehat{B} = \frac{1 + 4 + 4}{4} = 2.25$$

Continuando el caso, puede suponerse que la mencionada Compañía B planea luego realizar una fusión empresaria con la Compañía C, cuyas acciones se estima que se mantendrán en el entorno de \$4 y no deberían bajar nunca de \$2 ni subir de \$6; vale decir, que el financiamiento de esta operación no se realizará a través de un crédito bancario u otra forma similar, sino a partir del intercambio de acciones.

Se quiere saber qué valores se pueden esperar de las acciones de la nueva compañía resultante en el corto plazo, pese a que el mercado financiero enfrenta una fase crítica de su evolución, caracterizada por la incerteza acerca de sus principales variables. Se supone que las sinergias positivas o negativas de esta fusión sólo tendrán efecto a mediano plazo y en esta fase resultan imposibles de evaluar en detalle.

Se trata de acciones especulativas, no se dispone de estadísticas confiables de las cuales inferir la nueva cotización posible y están vagamente definidos los fenómenos de interacción contextual que puedan surgir. Se trata de un caso aislado y donde se producirá una variación en los fundamentos de su actividad.

Al carecer de una base de información adecuada por la incertidumbre que reina en esta operación para permitir realizar inferencias probabilísticas, puede abordarse el riesgo de la misma mediante las estimaciones de expertos computadas mediante metodología borrosa; de las mismas surge que dichas estimaciones son representables mediante un NBT.

Un ejemplo no exhaustivo de tales presunciones de expertos en esta temática podría ser la siguiente, asociando un valor de la función de pertenencia μ a cada valor x , como que se expone en la *Tabla 1*.

<i>Acción B</i>		
OPINION	\tilde{B}	$\mu(x)$
"es imposible que B baje de \$1"		0.0
"es muy difícil que B cotice a menos de \$1,20"		0.2
"es sumamente posible que B cotice a \$2"		1.0
"resulta medianamente posible que B llegue a \$3"		0.5
"presumo imposible que B supere los \$4"		0.0
<i>Acción C</i>		
OPINION	\tilde{C}	$\mu(x)$
"es imposible que C baje de \$2"		0.0
"hay medianas posibilidades que C cotice a unos \$5"		0.5
"es sumamente posible que C cotice a \$4"		1.0
"es bastante fácil que C suba hasta \$4.6"		0.7
"es imposible que C llegue a 6\$"		0.0

Tabla 1: Opiniones de los expertos

Entonces, se pueden obtener los NBT correspondientes a las cotizaciones de las acciones B y C. Para la acción B se reiteran las evaluaciones de la aplicación anterior; para la acción C, las evaluaciones correspondientes son las siguientes:

$$\text{NBT } \tilde{C} \quad \tilde{C} = (c_1, c_2, c_3) \quad ; \quad \tilde{C} = (2, 4, 6)$$

Intervalo de confianza C_α

$$c_1 = 2 \quad c_2 = 4 \quad c_3 = 6$$

Para todo α perteneciente a $[0,1]$:

$$C_\alpha = [(4-2)\alpha + 2, -(6-4)\alpha + 6]$$

$$c_\alpha = [2\alpha + 2, -2\alpha + 6]$$

Función de pertenencia $\mu_{\tilde{C}}(x)$

$$\text{Dados:} \quad c_2 - c_1 = 2 \quad \text{y} \quad c_3 - c_2 = 2$$

Para todo x perteneciente a \mathfrak{R}^+ :

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = 0 \quad \text{si} \quad x < 2$$

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = (x - 2) / 2 \quad \text{si} \quad 2 \leq x \leq 4$$

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = (-x + 6) / 2 \quad \text{si} \quad 4 \leq x \leq 6$$

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = 0 \quad \text{si} \quad 4 < x$$

Si se fusionaran las compañías B y C, sin vinculación comercial entre sí, la estimación del posible valor de mercado de la agregación de sus Patrimonios Netos puede representarse mediante una suma borrosa, bajo los supuestos mencionados acerca de la imposibilidad de evaluar las sinergias respectivas en esta fase.

En este caso, dados los dos NBT: $\tilde{B} = (b_1, b_2, b_3)$ y $\tilde{C} = (c_1, c_2, c_3)$, dicha suma borrosa puede expresarse de la siguiente manera:

$$\tilde{B}(+) \tilde{C} = [b_1 + c_1, b_2 + c_2, b_3 + c_3]$$

$$\tilde{B}(+) \tilde{C} = (3, 6, 10)$$

Entonces, el nuevo intervalo de confianza será el siguiente:

Intervalo de confianza $B_\alpha(+)C_\alpha$

Para todo α perteneciente a $[0,1]$:

$$B_\alpha(+)C_\alpha = [(\alpha + 1) + (2\alpha + 2), (-2\alpha + 4) + (-2\alpha + 6)]$$

$$B_\alpha(+)C_\alpha = [3\alpha + 3, -4\alpha + 10]$$

Por lo tanto, se obtiene que:

$$B_0(+)C_0 = [3, 10]$$

$$B_1(+)C_1 = [6, 6]$$

Luego, pueden lograrse las siguientes expresiones:

para $x = 3\alpha + 3$

$$\mu_{\tilde{B}(+) \tilde{C}}(x) = (x - 3)/3 \quad \text{si } x \text{ pertenece a } [3, 6]$$

para $x = -4\alpha + 10$

$$\mu_{\tilde{B}(+) \tilde{C}}(x) = (-x + 10)/4 \quad \text{si } x \text{ pertenece a } [6, 10]$$

La función característica de pertenencia resulta:

Función de pertenencia $\mu_{\tilde{B}(+) \tilde{C}}(x)$

Para todo x perteneciente a \mathfrak{R} :

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{B}+\tilde{C}}(x) &= 0 & \text{si } x < 3 \\ \mu_{\tilde{B}+\tilde{C}}(x) &= (x-3)/3 & \text{si } 3 \leq x \leq 6 \\ \mu_{\tilde{B}+\tilde{C}}(x) &= (-x+10)/4 & \text{si } 6 \leq x \leq 10 \\ \mu_{\tilde{B}+\tilde{C}}(x) &= 0 & \text{si } 10 < x \end{aligned}$$

La representación gráfica de la misma puede apreciarse en la *Figura 2*

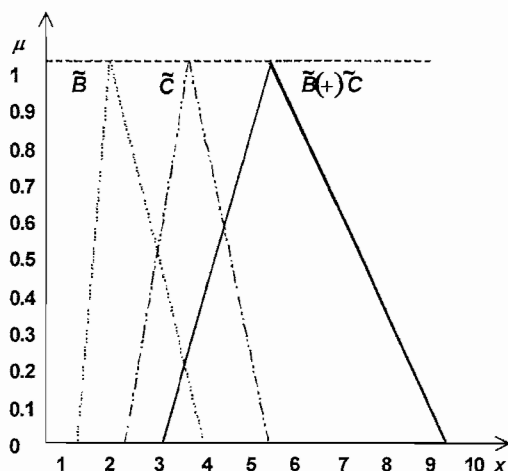


Figura 2: Estimación de la fusión de acciones por suma borrosa

Se obtiene así el cómputo de las posibilidades asignadas por los expertos entre 0 (mínimo grado de presunción) y 1 (máximo grado de presunción). En este caso, corresponde a la primera que resulta imposible un valor inferior a \$3 ni superior a \$10, mientras que corresponde a la segunda la posibilidad que la nueva cotización se sitúe en el entorno de \$6. Al ir variando las apreciaciones con el devenir de los mercados, son fácilmente recalculables los valores para facilitar el seguimiento de las operaciones.

ANEXO 4

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE RIESGOS EN UN CASO DEL SECTOR AGROPECUARIO

1. INTRODUCCIÓN

En este Anexo se ilustra un posible caso de aplicación de modelos para evaluar las opciones existentes en un caso de la economía real.

Dada la particular importancia en la República Argentina de las *commodities* agropecuarias, será evaluado el caso de una actividad agraria con riesgo financiero indirecto por la economía real en cuanto a sus ingresos, reflejados en información pública. Se analizará si sus riesgos pueden razonablemente atribuirse a un factor básicamente aleatorio, dada la existencia para este sector de la economía real de una diversidad de factores.

2. EVALUACIÓN SEGÚN EL MODELO DE BLACK-SHOLES

Según este ejemplo, un agricultor desea tomar decisiones en su proyecto de cultivo de la soja en el año 2003. Su financiamiento lo obtiene con un interés fijo en el mercado, mediante cualesquiera de los medios mencionados a lo largo de esta obra; pero sus ingresos dependen de un riesgo de la economía real que no cubren las compañías de seguro: la posible oscilación en las cotizaciones de la soja.

Como su riesgo de mercado consiste en la baja del precio de ese producto, podría vender el equivalente a futuro. No obstante, así tendría el compromiso en firme de congelar la situación de precios, mientras que él desea tener la libertad de aprovechar una eventual suba utilizando el mecanismo de las opciones, que operará en el *Chicago Board of Trade*, dado que el gran volumen de sus operaciones le dificulta operar en los mercados locales.

Los precios de la soja, desde enero del año 1980 hasta agosto del 2003, han sufrido fuertes oscilaciones durante dicho lapso; las mismas pueden apreciarse en la *Figura 3* que muestra la evolución de las cotizaciones medidas en dólares de EE.UU. por tonelada métrica del producto en el *Chicago Board of Trade*:

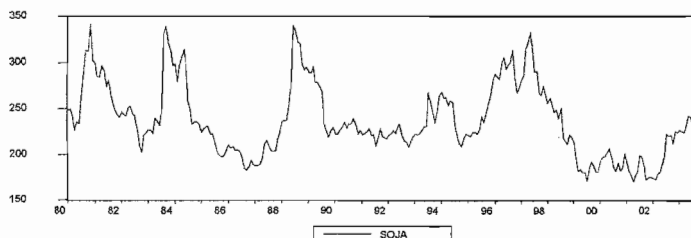


Figura 3: Evolución del precio de la soja

Una primera evaluación estadística de la serie anterior mediante el programa *E-Views* arroja los siguientes momentos e indicadores en la *Tabla 2*:

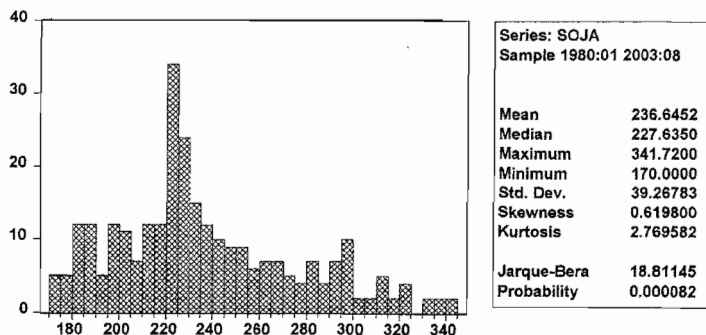


Tabla 2: Análisis de la cotización de la soja

Esto indica que el precio medio de exportación de la soja en el período considerado está en el orden de los US\$ 236,65 la tonelada, con un máximo de US\$

341,72 y un mínimo de US\$ 170, con un desvío estándar es de unos US\$ 39,27 por tonelada.

Para evaluar la aplicabilidad del modelo puede efectuarse el análisis pertinente, tomando el logaritmo natural del cociente de la cotización en el momento t dividido por la cotización del momento inmediato anterior ($t - 1$). El mencionado programa arroja una desviación *standard* del 16,21%.

De acuerdo con lo visto, la HME es el fundamento de este tipo de modelos y postula que la variación de las cotizaciones recorre un camino aleatorio (*random walk normal*). En principio se advierte que la volatilidad de la variación de las cotizaciones resulta mayor a la que arrojaría las previsiones de una distribución normal con un 95% de probabilidad, es decir con más o menos 2σ , tal como lo muestra la *Figura 4*, obtenida mediante dicho programa de econometría *E-Views*:

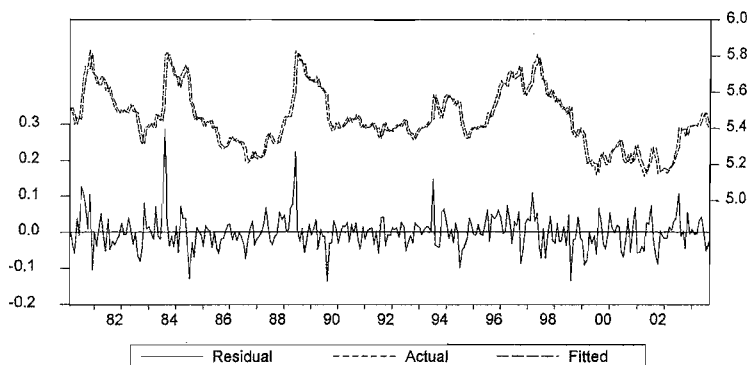


Figura 4: Volatilidad del precio de la soja

Se advierte que no sería previsible un comportamiento moderado de las cotizaciones de manera de quedar dentro de las previsiones de esta distribución de frecuencias, sino que las mismas suelen mostrar más profundas alzas y bajas, como se aprecia hacia 1984 y 1985, 1989 y 1990, 1994 y 1995; aunque a partir de esa última fecha el comportamiento de las cotizaciones se mostró más estabilizado.

Finalmente, pueden analizarse los residuos para estudiar su posible componente ARCH con una significativa influencia en la variación de la varianza de los mismos en la *Tabla 3*:

ARCH Test:				
F-statistic	0.764451	Probability	0.382689	
Obs*R-squared	0.767815	Probability	0.380894	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 1980:03 2003:08				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.002144	0.000403	5.320788	0.0000
RESID^2(-1)	0.052174	0.059674	0.874329	0.3827
R-squared	0.002723	Mean dependent var	0.002262	
Adjusted R-squared	-0.000839	S.D. dependent var	0.006373	
S.E. of regression	0.006376	Akaike info criterion	-7.265638	
Sum squared resid	0.011381	Schwarz criterion	-7.239809	
Log likelihood	1026.455	F-statistic	0.764451	
Durbin-Watson stat	1.998487	Prob(F-statistic)	0.382689	

Tabla 3: Análisis de componentes ARCH

La baja probabilidad $Obs.R^2$ de 0.38 sugiere importante presencia de ARCH en los residuos; por lo tanto, su análisis incluyendo este factor podrían permitir mejorar el modelo, a través de una re-especificación y posterior nueva estimación. Cabe recordar que el modelo de Black-Scholes supone la condición de homoscedasticidad, esto es que la varianza de la serie es constante; no obstante, la importante presencia de un modelo que supone la condición de heteroscedasticidad como es el modelo ARCH indicaría que no resulta satisfactorio suponer la total aleatoriedad de las variaciones de la cotización de la soja en el lapso considerado con una variabilidad de ritmo constante.

Como resultado de esta evaluación, se advierte que resulta dudosa la extensión automática de los resultados obtenidos en la predicción de los valores de opciones en los mercados financieros para evaluar la financiación a un sector de la economía real como este caso del sector agrario, ya que el supuesto de una total aleatoriedad de las variaciones de precios de la soja, con un nivel de variabilidad constante, no resulta convalidado por el análisis de dicha serie de tiempo en el período.

A continuación se exhiben las cotizaciones del principal mercado del mundo al respecto, esto es el *Chicago Board of Trade (CBOT)*, en la *Tabla 4*. Desde julio del 2003 se advertía en las cotizaciones de los futuros una baja pronunciada hacia Agosto, Septiembre y Octubre, estabilizándose luego los precios a partir de Noviembre. En este caso, los precios al 3 de Mayo del 2003 mostraban que el cultivo con mayores riesgos por su cotización era la soja, por la considerable baja del -11,02% en las cotizaciones del futuro respectivo hacia Diciembre.

PRODUCTO	UNIDAD		PRECIOS		VARIACIÓN
	KG/BUSHEL	AL 03-MAYO	DICIEMBRE		
Trigo	27.215	102.15	110.60		-8.27%
Maiz	25.401	92.52	91.73		-10.85%
Soja	27.215	230.02	204.67		-11.502%

PRECIOS : Chicago Board of Trade - Equivalente en US\$ / tonelada

Tabla 4: Cotizaciones de los principales cereales y oleaginosas

Ahora bien, las principales operaciones derivadas que pueden realizarse en este caso son: la venta a futuro o la adquisición de opciones *put*. La primera congela el precio de la producción a la cotización futura; esto es, constituye un compromiso en firme de vender al menor valor futuro y requiere garantías que deben ser actualizadas diariamente. A cambio de esa rigidez, su costo es muy limitado y evitaría una importante baja de cotizaciones ulterior.

En cambio, la adquisición de opciones *put* representa un derecho pero no una obligación de venta, por lo cual no requiere garantías adicionales y permitiría aprovechar una eventual recuperación de los precios de los cereales y oleaginosas. Sin embargo, su costo es mucho mayor. En el caso de las opciones *put* con vencimiento a mediano plazo (por caso, con seis meses de vigencia) se puede advertir que su elevado costo absorbe la gran mayor parte del diferencial de precios de cotización, como consta en la *Tabla 5*.

COSTO POR TONELADA:POR PERIODO			
VENCIMIENTO	205.77	213.12	220.47
Junio	0.04	0.18	0.52
Julio	0.37	1.18	2.34
Agosto	1.91	3.82	6.61
Septiembre	7.13	10.66	15.07
Noviembre	13.60	18.15	23.67

Tabla 5: Costo de los puts en el CBOT-Equivalente en US\$ / tonelada

Se observa que el costo a 6 meses, con vencimiento a Noviembre, absorbe la mayor parte del diferencial de precios (en dólares por tonelada), llevando a una situación similar al caso de la venta a futuro, aunque con la flexibilidad de dejar que los contratos se extingan eventualmente si el mercado retoma una senda alcista en las cotizaciones. Al precio de ejercicio más similar a la cotización *spot* (que en

Mayo era de US\$ 230,02 la tonelada, es decir aún dejando una diferencia de precio sin cubrir) la caída estimada de precios a seis meses era de US\$ 25,35 la tonelada (-11.0%), mientras que el costo de adquisición de un *put* de soja era de US\$ 23,37 (-10.2%), cediendo el 92.2% del efecto de la caída.

Por el contrario, los vencimientos cortos (desde un mes) tienen un costo muy atractivo, pero sólo cubren un período muy breve. Esto podría resultar útil para un especulador puro, pero no para un productor agropecuario, cuyos tiempos y riesgos están determinados por características naturales y por la forma de comercialización a través del complejo agroindustrial respectivo.

En cambio, según el modelo de Black-Scholes el valor de estas opciones de un producto de la economía real debería haber sido bien diferente. De acuerdo con dicha fórmula, al considerar la cotización de Mayo (*Vs*) de US\$ 230,02 para la opción con vencimiento a Noviembre de precio de ejercicio (*E*) de US\$ 220,47, considerando una dispersión relativa según la *Tabla 2* del 16%, el costo del dinero del 1% anual y un lapso de vigencia de aproximadamente 6 meses hasta Noviembre (o sea: $t = 0,5$), el valor teórico del *call* hubiera sido aproximadamente el que muestra la *Tabla 6*.

Vs/E	DISPERSION	INTERES	TIEMPOaño	d1	N(d1)Normal	d2	N(d2)Normal	CALL
1,043	16%	1,00 %	0,5	0,362	0,541	0,249	0,598	\$ 16,27

Tabla 6: Estimación del precio del call según el modelo de Black-Scholes

De lo expuesto anteriormente, es evidente que debe mantenerse la relación de equivalencia por la cual la suma del *call* más el precio de ejercicio debe ser igual al *put* más el precio de mercado (*call-put parity*)¹. Entonces, el valor teórico del *put* puede inferirse como la suma del *call* más el valor actual del precio de ejercicio menos el precio de mercado, o sea que hubiera sido aproximadamente el siguiente:

$$16,27 + 220,47 \cdot e^{-0,01 \cdot 0,5} - 230,02 = 5,62.$$

Por lo tanto, el *put* debería de haber valido US\$ 5,62 por tonelada, cuando en el mercado dicho *put* se cotizaba a US\$ 23,37 por tonelada, como quedó expresado en la *Tabla 5*, con lo cual la eficacia predictiva del modelo Black-Scholes para este tipo de producto de la economía real queda en entredicho, ya que el valor de mercado del *put* real resulta más del cuádruple que la predicción que arroja.

Se advierte que la predicción del modelo no refleja ni aproximadamente la cotización de mercado de dicha opción, por las grandes diferencias en los supuestos

¹ HULL, J. (1992). *Options, futures and other derivative securities*. Prentice-Hall Int. Inc, Nueva York, cap.7, pp. 163-169

del mismo frente a las características de la economía real donde, además de factores aleatorios, sus cotizaciones reflejan un cúmulo de complejos y a veces difícilmente definibles factores causales, tales como los hábitos del consumidor, la evolución de la tecnología, los factores del medio ambiente, la mercadotecnia o la situación económico-financiera en general.

En suma, se observa que el modelo de *Black-Scholes* no es aplicable directamente con eficacia para dilucidar este caso de la economía real. En efecto, el valor de las opciones en un mercado de la economía real como el agrario, a pesar de la amplia información disponible sobre sus cotizaciones, no refleja el valor teórico según dicho modelo, sino que mayormente arbitra entre las cotizaciones presentes y futuras en función de las complejas particularidades de cada caso de la economía real, que en este ejemplo son las situaciones de oferta, demanda y características naturales del sector agrario.

Esto se agravaría en el caso de empresas cuya limitada magnitud torne antieconómico el empleo de metodologías complejas para lograr adecuada cobertura de precios en un sector de la economía real.

3. EVALUACIÓN SEGÚN EL NUEVO MODELO BORROSO

Dado que es un caso donde no se aplican los supuestos del modelo anterior, que por lo tanto brinda una predicción de valor del *put* que no refleja la realidad del mercado, una alternativa consiste en contar con una herramienta conceptual que permita evaluar coherentemente sobre la base de las posibilidades que subjetivamente asigna cada productor según su experiencia e idoneidad cuánto es el máximo que debería razonablemente abonar por una opción de venta hasta la época de cosecha, como es la metodología borrosa². Esto es lo que se desarrolla a continuación.

Se empleará la fórmula (6.7) para este caso de valuación de la opción de venta. Se tomarán cifras realistas, a fin de comparar sus resultados con los que arroja el modelo de *Black-Scholes* para predecir la cotización real del mercado de opciones.

Se parte de la cotización aproximada del mercado, que mostraba un futuro para Diciembre cercano a los 200 US\$*ton* en cifras redondeadas. Basado en las

² LAZZARI, L.L. , MACHADO, E.A.M. y PEREZ, R.H. (1998) : *Teoría de la decisión fuzzy*, Editorial Macchi, Buenos Aires.

cotizaciones recientes y en su idoneidad personal en la materia, el productor de marras considera que los precios podrían oscilar aproximadamente como máximo en más o menos un 20% de la estimación actual del mercado para tal fecha y evalúa adquirir el mismo *put* visto al evaluar la eficacia predictiva del modelo Black-Scholes con precio de ejercicio de 220 *US\$/ton* en cifras redondeadas. Se desarrolla el ejemplo con cifras que resultan históricamente verosímiles.

Este productor estima que una tonelada de soja no podría valer menos que 160 *US\$/ton*, o sea aproximadamente un 20% menos que el valor futuro de Diciembre, mientras que considera imposible que supere los 240 *US\$/ton*, o sea un 20% más. Así mismo, considera que el valor más posible que espera lograr dentro de dicho lapso será de aproximadamente 200 *US\$/ton*, similar al precio futuro de Diciembre conocido a la fecha. Pasa entonces a valorar la opción de venta con un precio de ejercicio de 220 *US\$/ton*, tal como fue descrito más arriba. La fórmula básica para el *put* arroja los siguientes valores.

Dados:

$$\tilde{E} = (220, 220, 220)$$

$$\tilde{V}_s = (160, 200, 240)$$

Entonces:

$$\tilde{E} - \tilde{V}_s = [(220 - 240), (220 - 200), (220 - 160)] = (-20, 20, 60)$$

Sujeto a

$$V_p = (\text{máximo}\{(220(-) 240), 0\}; \text{máximo}\{(220(-) 200), 0\}; \text{máximo}\{(220(-) 160), 0\})$$

Por lo tanto, se obtiene que:

$$\tilde{V}_p = (0, 20, 60)$$

Para la toma de decisiones en este contexto de incertidumbre, puede resultar de interés contar con las evaluaciones de las funciones de pertenencia y de los intervalos de confianza, lo cual se realiza a continuación.

\tilde{V}_s

La función de pertenencia es:

$$\mu_{V_s}(\alpha) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq 160 \\ \frac{x-160}{200-160} & \text{si } 160 \leq x \leq 200 \\ \frac{-x+240}{240-200} & \text{si } 200 \leq x \leq 240 \\ 0 & \text{si } 240 \geq x \end{cases}$$

El intervalo de confianza es:

$$V_s(\alpha) = [40\alpha + 160, -40\alpha + 240] \quad \text{para todo } \alpha \in [0,1]$$

\tilde{E}

para todo $x \in \mathfrak{R}$

$$\mu_{\tilde{E}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \neq 220 \\ 1 & \text{si } x = 220 \end{cases}$$

Por tanto, para todo $\alpha \in \varepsilon[0,1]$ se tiene que: $E_\alpha = [220, 220]$

$\tilde{E} - \tilde{V}_s$

Realizando la resta borrosa correspondiente:

$$E_\alpha(-)_{V_{s\alpha}} = [220 - (-40\alpha + 240), 220 - (40\alpha + 160)] = [40\alpha - 20, 60 - 40\alpha]$$

Se puede obtener su función característica de pertenencia:

$$E_0(-)_{V_{s0}} = [-20, 60] \text{ y } E_1(-)_{V_{s1}} = [20, 20]$$

Luego, para todo x perteneciente a \mathfrak{R} , se obtiene:

$$\mu_E(x)(-)V_S = \begin{cases} 0 & \text{si } x \leq -20 \\ \frac{x+20}{40} & \text{si } -20 \leq x \leq 20 \\ \frac{-x+60}{40} & \text{si } 20 \leq x \leq 60 \\ 0 & \text{si } 60 \geq x \end{cases}$$

La representación gráfica del activo subyacente y el precio de ejercicio se aprecia en la Figura 5.

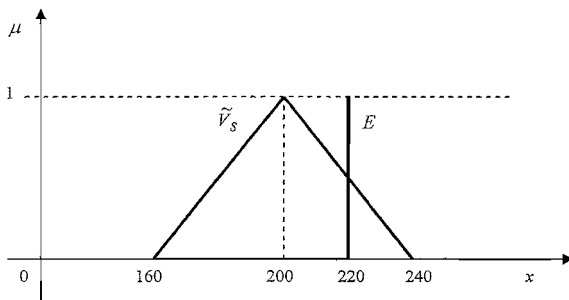
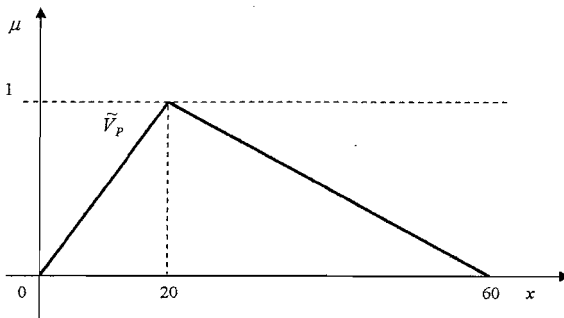


Figura 5: Representación gráfica de los precios del activo subyacente y de ejercicio

Finalmente, es menester recordar que el modelo impone que el valor de la opción de venta debe ser no inferior a \$0. Por lo tanto, su representación gráfica se observa en la Figura 6.



Además, el decisor podría contentarse con una posibilidad factible intermedia; es decir, que su criterio resultaría representable mediante un α -corte y consiguientemente el intervalo de confianza sería menor.

Si se quisiera ahora quitar la borrosidad para poder brindar una cifra nítida a fin de compararla con la cotización de mercado y tener una primera apreciación de la eficacia predictiva del modelo propuesto, se podría emplear algún método habitual, como por ejemplo la siguiente representación:

$$\hat{V}_p = \frac{1}{4} \cdot 0 + \frac{2}{4} \cdot 20 + \frac{1}{4} \cdot 60 = 25$$

Vale decir que esta prima de US\$ 25 por tonelada resulta más elevada que la que surge del modelo de Black-Scholes de US\$ 5,62, de cuya eficacia predictiva en estos casos constituye un contraejemplo, ya que resulta mucho más aproximada a la cotización de mercado de US\$ 23,47 para un precio de ejercicio de US\$ 220,47. La diferencia de predicción es sólo algo mayor al 6%, frente al significativo error superior al 300% en la predicción de aquel modelo.

Evidentemente, el detalle de estas cifras que surgen como predicción del modelo borroso depende de la evaluación subjetiva del decisor del ejemplo; pero, a partir de supuestos realistas basados en las cotizaciones del CBOT, se encuentran en un rango notoriamente más cercano a las cotizaciones reales de mercado que las predicciones obtenidas a partir del modelo de Black-Scholes para este caso de opciones reales. Esto se debe a que dichas cotizaciones encierran la riqueza informativa derivada de la consideración por los participantes en el mercado de factores de naturaleza determinística, probabilística y de incertidumbre.

Por lo tanto, si se evaluaran los riesgos en el financiamiento de otras actividades de la economía real con mayor nivel de incertidumbre y vaguedad en la información que este sencillo caso con *commodities*, menor podría resultar la eficacia predictiva del modelo de Black-Scholes y podrían resultar más adecuados modelos

alternativos que puedan considerar múltiples atributos y tomar en cuenta la naturaleza de los factores de riesgo en cada caso.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ALASTAIR DAY, L. (2005): *Mastering Financial Mathematics*, Prentice Hall, Harlow.
- 2) ALBORNOZ, C. H. (2006): *Principios de Administración Financiera de las Empresas*, Editorial La Ley, Buenos Aires.
- 3) ALIBER, R. Z. (1975): *El juego internacional del dinero*, Editorial El Ateneo, Buenos Aires.
- 4) ALONSO, A. H. y ETCHEGOYEN, R. (1980): *Análisis de la rentabilidad de inversiones en la empresa argentina*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- 5) ALONSO, A. H., ALONSO, J. C. et al (2000): *Administración Financiera de las Organizaciones*; SAPETNITZKY, C. E. (coord.), Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- 6) ANDERSEN L. B. y BROTHERTON-RATCLIFFE, R. (1998): "The equity option volatility smile: an implicit finite-difference approach", *The Journal of Computational Finance*, vol. 2, pp. 5-37.
- 7) APREDA, R. (1986): *Análisis monetario y cambiario*, Editorial Club de Estudio, Buenos Aires.
- 8) ATKINS, P. y BOWLER, I. (2001): *Food in Society*- Arnold - Oxford University Press, Londres.
- 9) AYRES, F.(Jr) (1971): *Matemáticas Financieras*, McGraw-Hill, México.
- 10) BACA URBINA, G. (1998): *Evaluación de Proyectos*, McGraw-Hill, México.
- 11) BACHELLIER, L. (1900): *Théorie de la Spéculation*, Gauthier- Villars, Paris.
- 12) BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS (2004): *Basel II: international convergence of capital measurement and capital standards: a revised framework*, Junio, disponible en www.bis.org
- 13) BASAGAÑA, E. J. et al (1982): *Administración financiera* (Tomos I y II), Ediciones Macchi, Buenos Aires.

- 14) BASKIN, J. (1989): "An Empirical Investigation of the Pecking Order Hypothesis", *Financial Management*, vol. 18, pp. 26-35.
- 15) BAUMIER, J. (1989): *Ces banquiers qui nous gouvernent*, Editorial Plon, Paris.
- 16) BAUMOL, W. J. (1974): *Teoría económica y análisis de operaciones*, Herrero Hnos. Editores, México.
- 17) BAXTER, N. (1967): "Leverage, risk of ruins and the cost of capital", *Journal of Finance*, vol.22, pp.135-152.
- 18) BEBCZUK, R. N. (2000): *Información asimétrica en mercados financieros*, Cambridge University Press, Madrid.
- 19) BERNANKE, B. y GERTLER, M. (1995): "Inside the Black Box: The Credit Channel of Monetary Policy Transmission", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 5, pp.27-48.
- 20) BLACK, F. y SCHOLES, M. (1973): "The Pricing of Options and Corporate Liabilities", *Journal of Political Economy*, vol. 81, pp. 637-654.
- 21) BLEGER, L. y BORZEL, M. (2004): "La crónica restricción de acceso al crédito de las PYMES argentinas", *Las PYMES argentinas – Mitos y Realidades*, pp. 243-264, ABAPRA, Buenos Aires.
- 22) BLUM, C., OVERBECK, L. y WAGNER, C. (2003): *An introduction to credit risk modelling*, Chapman & Hall/ CRC, Boca Raton.
- 23) BOUDREAU, K.J. y LONG, H. W. (1977): *The Basic Theory of Corporate Finance*, Prentice-Hall, Nueva Jersey.
- 24) BREALEY, R.A. y MYERS, S. C. (1991): *Principles of corporate finance*, McGraw-Hill, Nueva York.
- 25) BROADIE, M. y GLASSERMAN, P. (1996): "Estimating security derivative prices by simulation", *Management Science*, vol. 42, pp. 269-285.
- 26) BRUFMAN, J.Z. y URBISAIA, H. L. (2000): *Análisis de Series de Tiempo*, Ediciones Cooperativas, Buenos Aires.
- 27) BUCKLEY, J. J. (1983): "The Fuzzy Mathematics of Finance", *Readings in Fuzzy Sets for Intelligent Systems*, editado por Dubois, Prade y Yager, Morgan-Kaufmann Publishers, California, pp. 840-848.
- 28) BUCKLEY, J.J. (1987): "Portfolio Analysis using Possibility Distributions", *Intelligent Systems, Decision, and Control*, vol. 20, pp. 69-76.

- 29) CAMPBELL, J. Y., LO, A.W. y MACKINLAY, A. C. (1997): *The Econometrics of Financial Markets*, Princeton University Press, Nueva Jersey.
- 30) CARR, P. (2006): "The Professor of arbitrage", *Bloomberg Markets*, vol.15, núm. 8, pp.138-142.
- 31) CASAS, J.C. et al (1989): *Saneamiento de bancos*, Ediciones El Cronista Comercial, Buenos Aires.
- 32) CASPARRI, M.T., LAZZARI, L.L., LOISSO, G. y MOULIA, P.I. (2001): *Los conjuntos borrosos y su aplicación a la programación lineal*, Edición de la Facultad de Ciencias Económicas de la U. B. A., Buenos Aires.
- 33) CASPARRI, M.T. et al (2005): *Matemática Financiera utilizando Microsoft Excel*, Omicrón System, Buenos Aires.
- 34) CRIVELLI, J. (2001): *Estabilidad del Parámetro Beta y Ciclo Financiero*, Maestría en Finanzas, Universidad del CEMA.
- 35) COHEN, R. L. (1990): *Economía de la agricultura*, Editorial Fondo de Cultura Económica- México.
- 36) CONT, R. y TANKOV, P. (2004): *Financial modelling with jump processes*, Chapman and Hall, Boca Raton.
- 37) COPELAND, T y ANTIKAROV, V. (1995): "Real Options". *Journal of Business*, Vol. 1, pp 65-86.
- 38) COX, E.D. (1995): *Fuzzy Logic for Business and Industry*, Charles River Media, Inc., Massachusetts.
- 39) COX, J. y ROLL, S. (1976): "The valuation of options for alternative stochastic processes", *Journal of Financial Economics*, vol.3, pp.45-166.
- 40) COX, J. y RUBINSTEIN, M. (1985): *Options Markets*, Prentice-Hall, Nueva Jersey.
- 41) COX, J., INGERSOLL, J. E. y ROSS, S. A. (1985): " A Theory of the Term Structure of Interest Rates", *Econometrica*, vol. 53, pp. 385-407.
- 42) CROSBY, J. (2006): "Commodity options optimised", *Risk*, vol. Mayo, pp.72-77.
- 43) CUTHBERTSON, K. (1997): *Financial Economics*, John Wiley & Sons, West Sussex.
- 44) DASGUPTA, P., SEN, A. y MARGLIN, S. (1972): *Pautas para la evaluación de proyectos*, Edición de las Naciones Unidas, Nueva York.

- 45) DAVIS, H.A. y SIHLER, W.W. (1998): *Building Value with Capital-Structure Strategies*, Financial Executives Research Foundation, Nueva Jersey.
- 46) DE FINETTI, B. (1974): *Theory of Probability*, John Wiley & Sons, Londres.
- 47) DE LA BALZE, F. A. M. et al (1989): *El financiamiento externo argentino durante la década de 1990*, Editorial Sudamericana, Buenos Aires.
- 48) DECOVNY, S. (1994): *Swaps*, Limusa/Noriega Editores, México.
- 49) DELGADO, M., VERDEGAY, M. y VILA, A. (1989): "A general model for fuzzy linear programming", *Fuzzy Sets and Systems*, vol.29, pp.243-251.
- 50) DEWING, A.S. (1920): *The Financial Policy of Corporations*, Ronald Press, Nueva York.
- 51) DIENER, R. (1995): *How to finance a growing business*, Merritt Publishing, Santa Monica, California.
- 52) DONALDSON, G. (1961): *Corporate Debt Capacity*, Graduate School of Business Administration, Harvard University, Boston.
- 53) DRIMER, R.L. (1987): "Comentarios sobre 'Economía y Filosofía' de Mario Bunge", *Desarrollo Económico*, núm. 104, pp. 674-676.
- 54) DRIMER, R.L. (1990): *La deuda externa*, Editorial Centro Editor de América Latina, Buenos Aires.
- 55) DRIMER, R.L. (1991): "Inflation and Hyperinflation: Comments on Short-Term Finance", *Research Papers in Banking and Finance*, University College of North Wales, vol. 91/2, pp. 1-8.
- 56) DRIMER, R. L. (2001): "El Capital de las Cooperativas", *Boletín de la Asociación Internacional de Derecho Cooperativo*, Universidad de Deusto, Bilbao, núm. 35, pp. 59-65.
- 57) DRIMER, R.L. (2001): *Finanzas de Empresa*, Segunda Edición, Editorial O. Buyatti, Buenos Aires.
- 58) DRUCKER, P.F. (1974): *La gerencia de empresas*, Editorial Sudamericana, Buenos Aires.
- 59) ECO, U. (2001): *Cómo redactar una tesis*, Editorial Gedisa, Barcelona.
- 60) EITEMAN, D. K. y STONEHILL, A. I. (1973): *Multinational business finance*, Addison-Wesley Publishing Company, Nueva York.

- 61) ELBAUM, M. E. (2004): *Administración de Carteras de Inversión*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- 62) ENGLE, R.F., LILIE, D.M. y ROBINS, R.P. (1987): "Estimating Time Varying Risk Premia in the Term Structure: The ARCH-M Model", *Econometrica*, vol.55, pp. 391-407.
- 63) ENGLE, R.F. (1995): *ARCH: Selected Readings*, Oxford University Press, Oxford.
- 64) FAMA, E.F. (1970): "Efficient Capital Markets: a Review of Theory and Empirical Work", *Journal of Finance*, vol. 5/1970, pp. 384-387.
- 65) FAMA, E. F. y MILLER, M. H. (1972): *The Theory of Finance*, Holt, Rinehart & Winston, Nueva York.
- 66) FAMA, E.F. (1980): "Agency Problems and the Theory of the Firm", *Journal of Political Economy*, vol.88, pp. 288-307.
- 67) FAMA, E. y FRENCH, K. (1992): "The Cross-Section of Expected Stock Returns", *Journal of Finance*, vol. Junio, pp.154-172.
- 68) FASIO, A., PASCUAL, L. y SUAREZ, F. M. (2004): *Introducción a la Metodología de la Investigación*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- 69) FISHER, I. (1930): *The Theory of Interest*, Augustus M. Kelley, Nueva York.
- 70) FLICHTMAN, G. (1977): *La renta del suelo y el desarrollo agrario argentino*, Editorial Siglo XXI, Buenos Aires.
- 71) FOGLER, H. R. y GANAPATHY, S. (1982): *Financial Econometrics*, McGraw-Hill, Nueva Jersey.
- 72) FRENCH, K. (1980): "Stock Returns and the Weekend Effect", *Journal of Financial Economics*, vol. 8, pp.145-163.
- 73) GALBRAITH, J. K. (1983): *El dinero*, Editorial Hyspamérica, Madrid.
- 74) GASTINAEU, D. N. (1988): *The Options Manual*. McGraw-Hill, Nueva York.
- 75) GEORGESCU-ROEGEN, NICHOLAS (1969): "Process in Farming versus process in Manufacturing: A Problem of Balanced Development" en PAPI, U. y NUNN, C.: *Economic Problems of Agriculture in Industrial Societies*, International Economic Association, Macmillan y St.Martin's Press, Londres y Nueva York.
- 76) GIARRACA, N. et al (1999): *Estudios Rurales*, Editorial La Colmena, Buenos Aires.

- 77) GIBERTI, H.C.E.(1961): *Historia Económica de la Ganadería Argentina*, Editorial Solar/Hachette, Buenos Aires.
- 78) GILSTER, J. y LEE, W. (1984): "The effects of transactions costs and different borrowing and lending rates on the option pricing model: a note", *Journal of Finance*, vol.1/84, pp.145-161.
- 79) GINESTAR, A. (2004): *Pautas para la Formulación y Evaluación de Proyectos*, Editorial Macchi-ASAE, Buenos Aires.
- 80) GITMAN, L.J. (2003): *Administración Financiera*, Editorial Pearson-Addison Wesley, México.
- 81) GLASSERMAN, P. (2004): *Monte Carlo methods in financial engineering*, Springer, Nueva York.
- 82) GOLDSTEIN, M. Y TURNER, P. (1996): "Banking Crisis in Emerging Economies: Origins and Policy Options", *Bank of International Settlements Economic Papers*, núm. 46, pp. 55-96.
- 83) GOURIÉROUX, C. (1997): *ARCH Models and Financial Applications*, Springer-Verlag, Nueva York.
- 84) GUJARATI, D. N. (1999): *Econometría*, McGrawHill, México.
- 85) GUPTA, M. M. (1977): *Fuzzy automata and decision processes*, North-Holland, Amsterdam.
- 86) HAMADA, R. (1972): "The effect of the Firm's Capital Structure on the Systematic Risk of Common Stocks", *Journal of Finance*, vol.27, pp.435-452.
- 87) HARRIS, M. y RAVIV, A. (1991): "The Theory of Capital Structure", *Journal of Finance*, vol.46, núm. 1, pp. 297-355.
- 88) HEFFERMAN, J. y TAWN, J. (2003): *Extreme value theory*, Lancaster University, Lancaster.
- 89) HEMPEL, C. (1979): *La explicación científica*, Editorial Paidós, Barcelona.
- 90) HILLIER, B. (1997): *The Economics of Asymmetric Information*, St. Martin Press, Nueva York.
- 91) HUBBARD, G. (1998): "Capital-Market Imperfections and Investment", *Journal of Economic Literature*, vol.36, pp.193-225.
- 92) HULL, J. (1994): *Options, futures and other derivative securities*, Editorial Prentice Hall International, Inc., Toronto.

- 93) INGERSOLL, E. (1987): *Theory of financial decision making*, Rowman and Littlefield, Nueva York.
- 94) JARROW, R. y RUDD, A. (1982): "Approximate option valuation for arbitrary stochastic processes", *Journal of Financial Economics*, vol.10, pp. 347-349.
- 95) JEFFERY, Ch. y CHEN, X. L. (2006): "VAR breakdown", *Risk*, vol. 19, núm. 7, pp. 43-48.
- 96) JENSEN, M.C. (1968): "The Performance of Mutual Funds in the Period 1945-64", *Journal of Finance*, vol. 5/68, pp.389-416.
- 97) JENSEN, M.C. y MECKLING, W.H. (1976): "Theory of the Firm: Managerial Behaviour, Agency Costs and Ownership Structure", *Journal of Financial Economics*, vol.1, pp. 76-89.
- 98) JOHNSON, R.A., KAST, F.E. y ROSENZWEIG, J. E. (1973): *Teoría, integración y administración de sistemas*, Editorial Limusa/Wiley, México.
- 99) KAUFMANN, A.. (1967): *La ciencia y el hombre de acción*, Ediciones Guadarrama, Madrid.
- 100) KAUFMANN, A. (1973): *Introduction à la théorie des sous-ensembles flous*, Masson, Paris. Traducción castellana (1982): *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos para el uso de Ingenieros*, Compañía Editorial Continental, México.
- 101) KAUFMANN, A. y GIL ALUJA, J. (1986): *Introducción a la teoría de los subconjuntos borrosos*, Ed. Milladaro, Madrid.
- 102) KAUFMANN, A. y GIL ALUJA, J. (1990): *Las matemáticas del azar y de la incertidumbre*, Editorial Ceura, Madrid.
- 103) KENDALL, M.G. (1953): "The Analysis of Economic Time-Series, Part I. Prices", *Journal or the Royal Statistical Society*, núm. 96, pp.11-25.
- 104) KEYNES, J. M. (1936): *The General Theory of Employment, Interest, and Money*, Harcourt Brace Jovanovich, Nueva York. Versión castellana: (1956) - *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*, Editorial Fondo de Cultura Económica, México.
- 105) KINDLEBERGER, Ch.T. (1978): *Manias, panics and crashes*, Basic Books, Inc., Nueva York.
- 106) KLIR, G. J. et al (1980): *Tendencias en la teoría general de sistemas*, Editorial Alianza Universidad, Madrid.

- 107) KLIR, J. y YUAN, B. (1995): *Fuzzy sets and fuzzy logic*, Prentice Hall, Nueva Jersey.
- 108) KOSKO, B. (1992): *Neural networks and fuzzy systems: a dynamical systems approach to machine intelligence*, Prentice-Hall Inc, New Jersey.
- 109) KOSKO, B. (1993): *Fuzzy thinking: The New Science of Fuzzy Logic*, Hyperion, Nueva York
- 110) KUHN, T. S. (1962): *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago. Versión castellana (1980): *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México.
- 111) LAKATOS, I., MUSGRAVE, A. et al (1975): *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Editorial Grijalbo, Barcelona.
- 112) LAKONISHOK J. y SEYMOUR, S. (1988): "Are Seasonal Anomalies Real? A Ninety-Year Perspective", *Review of Financial Studies*, vol. 1, pp.112-133.
- 113) LANDRO, A.H. y GONZALEZ, M.L. (1994): *El problema de la inferencia*, Eudeba- Ediciones I. Centro, Buenos Aires.
- 114) LANDRO, A.H. y GONZALEZ, M.L (1997): *El problema de la predicción en el mercado financiero*, Eudeba - Ediciones I. Centro, Buenos Aires.
- 115) LANDRO, A.H. y GONZALEZ, M.L. (1993): *Las variables aleatorias*, Eudeba- Ediciones I. Centro, Buenos Aires.
- 116) LANDRO, A. H. y GONZALEZ, M. L. (1993): *Una introducción a la teoría de la probabilidad*, Eudeba- Ediciones I. Centro, Buenos Aires.
- 117) LANDRO, A.H. (1999): *Acerca de la Probabilidad*, Ediciones Cooperativas, Buenos Aires.
- 118) LAZZARI, L.L., MACHADO, E.A.M. y PEREZ, R.H. (1994): *Matemática Borrosa - Técnicas de Gestión para el tratamiento de la Incertidumbre*, Facultad de Ciencias Económicas de la U.B.A., Buenos Aires.
- 119) LAZZARI, L.L., MACHADO, E.A.M. y PEREZ, R.H. (1998): *Teoría de la Decisión Fuzzy*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- 120) LAZZARI, L.L. (compiladora y autora), CASPARRI, M. T., LOISSO, G., MOULIÁ, P. I. (2001): *Los conjuntos borrosos y su aplicación a la programación lineal*, Facultad de Ciencias Económicas de la U.B.A., Buenos Aires.

- 121) LAZZARI, L.L. y FERNÁNDEZ, M.J. (2005): "Medidas de pobreza: un enfoque alternativo", *Anales del XII Congreso Internacional de SIGEF*, pp. 609-627.
- 122) LELAND, H. (1985): "Option pricing and replications with transaction costs". *The Journal of Finance*, vol.40, pp.283-1301.
- 123) LINTNER, J. (1965): "Security prices, Risk and Maximal Gains from Diversification", *Journal of Finance*, vol. Diciembre, pp. 185-198.
- 124) LOWESTEIN, L. (1991): *Sense and Nonsense in Corporate Finance*, Addison-Wesley Publishing Company- Reading, Massachusetts.
- 125) MACHADO, E.A.M. (2005): *Comentarios en posibilidad y probabilidad- Actas del XII Congreso de la Sociedad Internacional de Gestión y Economía Borrosas (SIGEF)- Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca*, pp. VIII-XIV.
- 126) MALKIEL, B.G. (1959): *A random walk around Wall Street*, John Wiley & Sons, Nueva York.
- 127) MALTHUS, T.R. (1945): *Ensayos sobre el principio de población*, Editorial Intermundo, Buenos Aires.
- 128) MANDELBROT, B. (1963): "The variation of certain speculative prices", *Journal of Business*, vol.10, pp. 120-132.
- 129) MANDELBROT, B. y HUDSON, R. L. (2006): *Fractales y Finanzas*, Tusquets Editores, Barcelona.
- 130) MARCH, J.G. y SIMON, H.A. (1961): *Organizations*, John Wiley & Sons, Nueva York. Versión castellana (1969): *Teoría de la Organización*, Ediciones Ariel, Barcelona.
- 131) MARKOWITZ, H. M. (1952): "Portfolio Selection", *Journal of Finance*, vol. 7, pp. 77-91.
- 132) MARKOWITZ, H.M. (1959): *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*, John Wiley, Nueva York.
- 133) MARSHALL, A. (1890): *Principles of Economics*, MacMillan & Co, Londres. Versión castellana (1948): *Principios de Economía*, M. Aguilar Editor, Madrid.
- 134) MARX, K. (1867): *Das Kapital*. Versión castellana (1959): *El Capital*, Editorial Fondo de Cultura Económica, México.

-
- 135) MARSH, P. (1982): "The Choice between Equity and Debt: An Empirical Study", *Journal of Finance*, vol.32, pp. 121-144.
- 136) MASON, R.D. y LIND, D.A. (1998): *Estadística para administración y economía*, Editorial Alfaomega, México.
- 137) MCMICHAEL, PHILLIP (1995): *The agrarian question revisited on a global scale*, Agrarian Questions, Nueva York.
- 138) MCNEILL, D. y FREIBERGER, P. (1993): *Fuzzy Logic*, Simon & Schuster, Nueva York
- 139) MERTON, R.C. (1973): "Theory of Rational Option Pricing", *Bell Journal of Economics and Management Science*, vol. 4, pp. 141-183.
- 140) MERTON, R. C. (1974): "On The Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates", *Journal of Finance*, vol. 29, pp. 449-470.
- 141) MERTON, R.C. (1980): "On Estimating the Expected Return on the Market" *Journal of Financial Economics*, vol. 8, pp. 323-361
- 142) MESSUTI, D.J. (1971): "Apéndice a la edición castellana", en VAN HORNE, J.C.: *Administración Financiera*, Ediciones Contabilidad Moderna, Buenos Aires.
- 143) MESSUTI, D.J. (1972): *Finanzas de la empresa*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- 144) MEUCCI, A. (2005): *Risk and asset allocation*, Springer, Nueva York.
- 145) MILLER, M.H. (1988): "The Modigliani-Miller Propositions after thirty years", *Journal of American Perspectives*, vol. Otoño. Versión reproducida en *Journal of Applied Corporate Finance*, 1988, vol. 88, pp. 6-18.
- 146) MINTZBERG, H. (1983): *Power in and around organizations*, Editorial Prentice-Hall, Inc., Nueva Jersey.
- 147) MIZRAJI, E. (1994): "Modalities in Vector Logic", *Journal of Formal Logic*, University of Notre Dame, Indiana, vol. 35, pp. 272-283.
- 148) MODIGLIANI F. y MILLER M.H. (1958): "The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment", *American Economic Review*, vol. Junio, pp. 261-297. Versión en español: "Costo del capital, valor de mercado y teoría de la inversión" en *Revista de Administración de Empresas*, tomo I, pp.725-767.
- 149) MODIGLIANI F. y MILLER M. H. (1961): "Dividend Policy, Growth and the Valuation of Shares", *Journal of Business*, vol. 34, pp. 411-433.

- 150) MODIGLIANI, F. y MILLER, M.H. (1963): "Corporate Income Taxes and the Cost of Capital: A Correction", *The American Economic Review*, 1963, pp.432-443.
- 151) MYERS, S. (1984): "The Capital Structure Puzzle", *Journal of Finance*, vol.39, número 3, pp. 261-297.
- 152) MYERS, S. y MAJLUF, N.S. (1984): "Corporate Financing and Investment Decisions When Firms Have Information Investors Do Not Have", *Journal of Financial Economics*, vol. 13, pp.187-222.
- 153) NOVÁK, V. (1987): "First-Order Fuzzy Logic", *Studia Logica*, Polish Academy of Sciences, Institute of Philosophy and Sociology, vol. Marzo, pp. 87-108.
- 154) ODDONE, J. (1967): *La burguesía terrateniente argentina*, Ediciones Libera, Buenos Aires.
- 155) PASCALE, R. (1992): *Decisiones financieras*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- 156) PATEL, N. (2006): "Burnt by contango", *Risk*, vol. Julio, Incisive Media PLC, Londres, pp.21-25.
- 157) PENA TRAPERO, J. B. *et al* (1999): *Cien ejercicios de econometría*, Ediciones Pirámide, Madrid.
- 158) PETERS, E. (1991): *Chaos and Order in the Capital Markets*, John Wiley & Sons, Nueva York
- 159) PETERSEN, M. y RAJAN, R. (1994): "The Benefits of Lending Relationships: Evidence form Small Business Data", *Journal of Finance*, vol. 49, pp. 3-37.
- 160) PIAGET, J. (1979): *Tratado de lógica y conocimiento científico* (Tomo III) - Editorial Paidós - Buenos Aires.
- 161) PICCIONE, N. A. (1988): *La administración económico-financiera de la empresa*, AZ Editora, Buenos Aires.
- 162) POLANYI, K. (1944): *The Great Transformation*, Beacon Press, Boston.
- 163) POPPER, K.R. (1973): *La miseria del historicismo*, Alianza Editorial, Madrid.
- 164) POPPER, K. R. (1974): *Conocimiento Objetivo*, Editorial Tecnos, Madrid.
- 165) PUNGITORE, J.L. y ROSENZVAIG, A. (1991): *Planeamiento, análisis de sensibilidad y decisiones empresarias*- Editorial Club de Estudio - Buenos Aires.
- 166) PUNGITORE, J.L. (1994): *Sistemas administrativos y control interno*, Editorial Club de Estudio, Buenos Aires.

-
- 167) PUNGITORE, J. L. (2003): *Planeamiento económico y financiero en contextos complejos y turbulentos*, Editorial O. Buyatti, Buenos Aires.
- 168) RIVERO AYERZA, R. (2001): *Análisis de la Validez del CAPM en Argentina*, Maestría en Finanzas, Universidad del CEMA.
- 169) ROBERTS, H.V. (1967): "Statistical versus Clinical Prediction of the Stock Market", *memo*, Universidad de Chicago, 5/67.
- 170) ROCCATAGLIATA, H. y FAVA, U. J. (1977): *Temas de matemática financiera*, Editorial El Coloquio, Buenos Aires.
- 171) ROGERS, L. y WILLIAMS, D. (2000): *Diffusions, Markov processes and martingales*, Cambridge University Press, Cambridge.
- 172) ROLL, R. (1997): "A Critique of the Asset Pricing Theory Tests", *The Journal of Financial Economics*, vol.4, pp.129-76.
- 173) ROSS, S. (1976): "The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing", *Journal of Economic Theory*, vol. 13, pp. 146-154.
- 174) ROSS, S. y ROLL, E. (1980): "An empirical investigation of the Arbitrage Pricing Theory", *Journal of Finance*, vol. 35, pp. 1073-1103.
- 175) RUBINSTEIN, M. (1973): "A Mean-Variance Synthesis of Corporate Financial Theory", *Journal of Finance*, vol.28, pp.167-181.
- 176) RUBINSTEIN, M. (1983): "Displayed diffusion option pricing", *Journal of Finance*, vol. 38, pp.213-217.
- 177) SAMUELSON, P. (1965): "Rational Theory of Warrant Pricing", *Industrial Management Review*, vol. VI/2, pp. 154-162.
- 178) SAUNDERS, A. (1999): *Credit risk measurement*, John Wiley & Sons, Nueva York.
- 179) SCARANO, E. R. (2004): *Manual de Redacción de Escritos de Investigación*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- 180) SERVIEN, L. M. (1971): *Fondos de inversión*, Ediciones Deusto, Bilbao.
- 181) SHARPE, W.F. (1964): "Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk", *Journal of Finance*, vol. IX, pp.156-168.
- 182) SHARPE, W.F. y ALEXANDER, G.J. (1989): *Investments*, Prentice-Hall, Nueva Jersey.

- 183) SHARPE, W.F. (1994): "The Sharpe ratio", *Journal of Portfolio Management*, vol. Otoño, pp.49-58.
- 184) SHIM, J.K. y SIEGEL, J.G. (1988): *Administración Financiera*, McGraw-Hill-Bogotá.
- 185) SCHÖNBUCHER, P. (2003): *Credit derivatives pricing models*, Wiley, Chichester.
- 186) SIMON, H. A. (1945): *Administrative Behaviour*, Harper & Row, Nueva York. Versión castellana (1984): *El comportamiento administrativo*, Aguilar S.A. de Ediciones, Buenos Aires.
- 187) SIMON, H. A. (1979): *Las ciencias de lo artificial*, Editorial ATE, Barcelona.
- 188) SOKAL A. y BRICMONT J. (1999): *Imposturas intelectuales*, Editorial Paidós, Buenos Aires.
- 189) SOLOMON, E. (1956): "The Arithmetic of Capital Budgeting Decisions", *Journal of business*, vol. 29, pp.124-129.
- 190) SOLOMON, E. (1964): *The Theory of Financial Management*- Columbia University Press- Nueva York. Versión castellana (1974): *Teoría de la Administración Financiera*, Ediciones Macchi, Buenos Aires.
- 191) SOROS, G. (1994): *The Alchemy of Finance*, John Wiley & Sons, Nueva York.
- 192) STAATZ, J. y EICHER, C. (1984): "Agricultural Development Ideas in Historical Perspective", en Eiber, C. y Staatz, J. (coord.): *Agricultural Development in the Third World*, The John Hopkins Press, Londres.
- 193) STIGLITZ, J. (1974): "On the irrelevance of corporate financial policy", *American Economic Review*, vol. 74, pp.292-298.
- 194) STIGLITZ, J. y WEISS, A. (1981): "Credit rationing in markets with imperfect information", *American Economic Review*, vol. 71, pp. 393-410.
- 195) TAGLIAFICHI, R. (2004): *Métodos y Modelos para el Cálculo del VaR y la Administración de Portafolio*, Ediciones Cooperativas, Buenos Aires.
- 196) TANAKA, K. (1997): *An introduction to Fuzzy Logic for practical applications*, Sprienger-Verlag, Nueva York.
- 197) TANAKA, H. y PEIJUN, G. (1999): *Possibilistic Data Analysis for Operations Research*- Physica-Verlag, Heidelberg.

- 198) TEUBAL, M. y RODRIGUEZ, J. (2002): *Agro y alimentos en la globalización*, Editorial La Colmena, Buenos Aires.
- 199) TRILLAS, E. (1993): "Apunte sobre la indistinguibilidad", *Theoria*, Universidad del País Vasco, San Sebastián, núm.19, pp. 23-49.
- 200) TRILLAS, E., DELGADO M. et al (1994): *Fundamentos e introducción a la Ingeniería Fuzzy*, Omron Electronics, Madrid.
- 201) VAGA, T. (1994): *Profiting from chaos*, McGraw-Hill, Nueva York.
- 202) VANDAELE, W. (1983): *Applied Time Series and Box-Jenkins Models*, Academic Press Inc, Nueva York.
- 203) VAN HORNE, J.C. (1978): *Financial management and policy*, Basic Books, Inc., Nueva York.
- 204) VAN HORNE, J. C. y WACHOWITZ, J. M. Jr. (2001): *Fundamentals of Financial Management*, Pearson Education Inc., Nueva York.
- 205) VARIAN, H. (1992): *Microeconomics Analysis*, W. W. Norton & Co., Nueva York.
- 206) WALKER, E.W. (1972): *Essentials of Financial Management*, Prentice Hall, Inc, Nueva Jersey.
- 207) WALKER, E.W. y PETTY, J.W. (1978): *Financial Management of the Small Firm*-Prentice-Hall, Nueva Jersey.
- 208) WARNER, J. (1977): "Bankruptcy costs: some evidence", *Journal of Finance*, vol.32, pp. 85-99.
- 209) WRIGHT, G., AYTON, P. et al (1994): *Subjective Probability*, John Wiley & Son, West Sussex.
- 210) ZADEH, L.A. (1965): "Fuzzy Sets", *Information and Control*, California University, Berkeley, vol. 8, pp. 338-353.
- 211) ZADEH, L.A. (2002): *Probability Theory and Fuzzy Logic*, mimeo (9-diciembre), Berkeley Initiative in Soft Computing (BISC), University of California, Berkeley, zadeh@cs.berkeley.edu
- 212) ZALDUENDO, E. A. (1977): *Glosario de la balanza de pagos y de finanzas internacionales*, Editorial El Coloquio, Buenos Aires.

- 213) ZIMMERMANN, H. (1991): *Fuzzy set theory and its applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
- 214) ZINGALES, L. y RAJAN, R. (1995): "What do we know about Capital Structure?" *Journal of Finance*, vol. 50, pp. 1421-1460.