

Cómo reducir la incertidumbre en las finanzas

Yolanda Daniel Chichil*

Sin riesgo no hay negocio; sin embargo, todas las decisiones empresariales persiguen medirlo, controlarlo y administrarlo. El cambio continuo y acelerado en la economía y en las finanzas, principalmente, ha propiciado la aplicación de métodos y modelos estadísticos de mayor sofisticación matemática en la toma de decisiones en ambientes de riesgo e incertidumbre. La Estadística proporciona un enfoque que considera el concepto elemental de probabilidad subjetiva para incorporar el conocimiento, experiencia e intuición en un modelo de toma de decisiones; en este documento se muestra cómo se reduce la incertidumbre en la amortización de una deuda en un ambiente de alta inflación con uno de tales modelos.

Si se considera que uno de los objetivos del administrador es incrementar la riqueza de la compañía, éste debe ser capaz de determinar el valor actual de las obligaciones y de los beneficios futuros esperados: para las primeras, el valor de bonos y acciones (fuentes principales de deuda a largo plazo), presupuestación de capital -especialmente en la determinación de los costos de capital-; para los segundos, los rendimientos requeridos en un proyecto, en la selección de las mejores fuen-

* Profesora del Departamento de Producción Económica, UAM-X

tes de financiamiento a largo plazo, entre otros. Los enfoques de valuación que se utilizan para ello tienen en común, independientemente de si se evalúan en un ambiente de certeza o riesgo, la técnica del *valor presente de los flujos de efectivo*; la teoría ortodoxa del valor presente, es decir, el valor descontado en un punto presente de flujos de efectivo proyectados, sigue siendo muy utilizada y estudiada en todas las escuelas de negocios del mundo; sin embargo esta teoría no considera elementos tales como el riesgo y la incertidumbre, por eso hay actualmente una clara tendencia a generar nuevas técnicas de evaluación de proyectos y crear instrumentos y estrategias financieras que los disminuyan.

La toma de decisiones en las finanzas en presencia de riesgo e incertidumbre está incorporando cada vez con mejores resultados a la estadística y a la probabilidad, por lo que el administrador (de riesgos) debe incursionar cada vez más en esta área que le permitirá maximizar beneficios con el mínimo de riesgo.

La incertidumbre acerca del comportamiento de la economía, en lo que se refiere a tasas de interés e inflación, se incrementó en los últimos años originando que las instituciones financieras se vieran menos dispuestas a efectuar operaciones a tasas fijas en el largo plazo, apareciendo así las deudas con tasa de interés flotante.¹

El objetivo del presente artículo es aplicar la estadística y la probabilidad en la toma de decisiones financieras, en un ambiente de incertidumbre inflacionaria cuando se desea amortizar una deuda. En la primera parte del documento se presentan los conceptos fundamentales sobre riesgo e incertidumbre y la manera en que se obtiene el pago periódico que amortiza a una deuda; estos pagos se calculan para tres escenarios esperados de variación en las tasas nominales de interés y de inflación; tales pagos se calculan con tasas reales. En la segunda parte se presenta la teoría estadística para la toma de decisiones cuando se carece de información adicional o, teniéndola, se incorpora al proceso de decisión por medio del enfoque bayesiano; finalmente, se presentan las conclusiones.

Recuérdese que con motivo de la devaluación de diciembre de 1994, la inflación resurgió elevando considerablemente las tasas de interés; operaciones contratadas a tasas alrededor del 20% anual se dispararon a tasas superiores del 100%, provocando con ello que las deudas fueran impagables y se elevara considerablemente la cartera vencida de los instrumentos de crédito, al grado de poner en peligro la estabilidad de todo el sistema financiero mexicano.

En la teoría de las finanzas modernas uno de los temas más estudiados es el riesgo: la volatilidad observada en los precios de los productos, las tasas de interés, el tipo de cambio, los flujos de efectivo, los precios de títulos accionarios, los rendimientos nominales y reales, afectan tanto los gastos como las ganancias de las empresas y de las personas físicas e incluso determina la sobrevivencia de las primeras. Por esta razón es necesario crear instrumentos y estrategias financieras para disminuir e impedir el creciente rango de riesgos de exposición de mercado y así elegir la mejor alternativa.

¿Cómo identificar el riesgo presente en una transacción financiera? Si en la acepción pura de riesgo, éste significa la posibilidad de desviaciones desfavorables con respecto a una posición central, para el tomador de decisiones una desviación desfavorable significa variabilidad en los rendimientos esperados; la posición central en este caso es el valor esperado —*esperanza matemática*— de la ganancias.

La esperanza matemática implica el uso de la probabilidad: su aplicación hace que el riesgo sea un fenómeno objetivo y medible: asigna posibilidades a la verosimilitud de la ocurrencia de un evento en particular. Si un evento tuviera probabilidad de ocurrencia cero o uno, se deduce que no hay riesgo porque está presente la certidumbre; luego entonces, si la probabilidad p se encuentra en el intervalo $0 < p < 1$, ¿significaría que la probabilidad es incertidumbre? La respuesta es no; la incertidumbre es un fenómeno subjetivo que existe en la mente de las personas y por eso no es medible; la incertidumbre experimentada por cada persona ante la misma situación puede ser diferente aunque el riesgo sea el mismo.

La incertidumbre se define como la incapacidad para asignar probabilidades objetivas (o frecuencias relativas basadas en el mejor conocimiento científico del que se disponga) a la posibilidad de ocurrencia de un evento.² La habilidad, capacidad y conocimientos que posea el tomador de decisiones para considerar riesgo e incertidumbre presentes en su administración financiera, le permitirá optimizar su función dentro de la empresa.

² Para conocer otro sentido que se le asigna al concepto de incertidumbre, véase D. J. White. *Teoría de la decisión*: Madrid, 1972. En particular véase el capítulo 2 "Teoría de la elección, el valor y la incertidumbre", pp. 75-105.

Variación en las tasas de interés e inflación

La acción que ejercen las tasas de interés en las operaciones de inversión y crédito son objeto de gran atención en el sistema financiero; más aún, se considera al crédito como el punto más vulnerable. Si bien las tasas de interés provocan directamente el incremento del capital, existen variables macroeconómicas que inciden fuertemente en ellas; la inflación, principalmente, ocasiona una gran incertidumbre con respecto a los rendimientos, en términos reales, de algunas inversiones: el inversionista colocará sus recursos en los instrumentos financieros sólo si las tasas pueden ser lo suficientemente altas para compensar el riesgo de que el rendimiento real de la operación resulte menor que el esperado; la inflación provoca que las tasas de interés incorporen una prima llamada de riesgo -además del obligado premio para los ahorradores- que las eleva considerablemente. Esta prima también afecta a los usuarios del crédito, porque se incorpora forzosamente a las tasas que ellos deben pagar en virtud de que el acreedor también espera verse compensado de la pérdida que la inflación causa en el valor, en términos reales, del capital que ha prestado. Esto provoca -la incorporación de la inflación en las tasas de interés- que la amortización o liquidación de los créditos se efectúe aceleradamente, originando con ello flujos de pagos cada vez mayores a cargo de los deudores y una reducción en términos reales del capital devuelto al acreedor.³

La sensibilidad del valor presente de un instrumento de deuda ante cambios en la tasa de interés ya no representa por sí misma un apoyo para toma de decisiones.⁴ Para el caso de una amortización, ¿cuál sería entonces el valor esperado del adeudo ante la presencia de incertidumbre inflacionaria? La aplicación de la Teoría Estadística de Decisiones en condiciones de incertidumbre ayuda en este sentido. En ella se

³ Aquí debe señalarse que los parámetros de la economía que se utilizan en los esquemas de pagos son: tasas de interés nominal ($j^{(m)}$), tasa de interés real (r) y tasa de inflación (IT). La identidad económica que se utiliza es $(1 + j^{(m)}) = (1 + r)(1 + IT)$.

⁴ Un instrumento de deuda sube de precio cuando las tasas de interés bajan, y viceversa, por lo que la sensibilidad del valor presente ante cambios en la tasa de interés no es más que una medida de elasticidad: la variación porcentual en el precio de la deuda con respecto a un aumento del 1% en la tasa de interés.

combinan las probabilidades subjetivas (*a priori*) que se desprenden del conocimiento, experiencia, el buen juicio y la intuición de la *unidad decisoria*⁵ y la información adicional acerca del problema que mejora el proceso de toma de decisiones. Sin embargo esta información adicional supone un esfuerzo económico para obtenerla: bien por medio de encuestas por muestreo; bien por la contratación de firmas consultoras, por ejemplo. El Teorema de Bayes incorpora esta información adicional junto con las probabilidades *a priori* y obtiene las nuevas probabilidades mejoradas (*aposteriori*) con las cuales se obtiene el valor esperado de, en este caso, el adeudo contratado. De manera muy breve se explica el procedimiento para calcular el importe del pago periódico o renta con el cual se extingue un pasivo de largo plazo; el cálculo de los intereses totales devengados no aparece en el documento.⁶

Amortización de una deuda (esquema tradicional)

El esquema tradicional para liquidar un crédito considera:

- i* La frecuencia de pagos se efectúa a intervalos regulares de tiempo (pagos mensuales, semestrales, etc.)
- ii* El importe del pago (o renta) es fijo e igual en cada periodo de pago
- iii* La tasa de interés es fija
- iv* El pago periódico (o renta) contiene una parte del capital prestado y una parte de interés
- v* Los intereses devengados se calculan sobre saldos insolutos

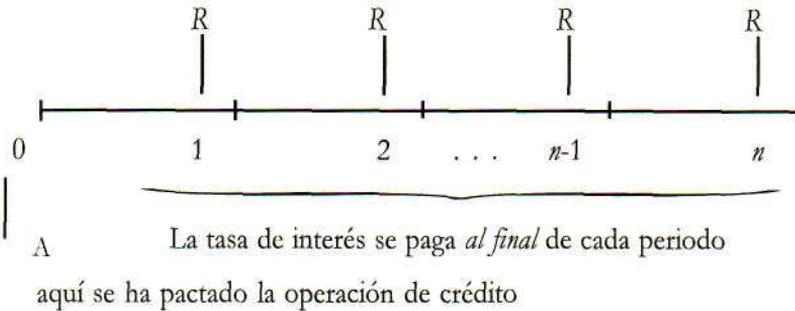
Lo anterior se puede ilustrar en el siguiente diagrama de tiempo:

Sea: A el importe del capital prestado.

⁵ También se le denomina decisor o tomador de decisiones a la persona o entidad encargada de la toma de decisiones.

⁶ Para mayor información respecto a la metodología para la amortización de pasivos, véase Benjamín de la Cueva. *Matemáticas Financieras*: Textos Universitarios, UNAM, México, 1971 y Stephen G Kellison. *Theoty of Interest* Irwing, Illinois, 1991.

- R el importe del pago periódico o renta.
 i la tasa de interés efectiva por periodo.
 n el número de periodos en que se efectúan los pagos R
(plazo de la operación)



Cabe hacer notar que el primer pago se efectúa al final del primer periodo, por lo cual estamos hablando de una serie de pagos vencidos para amortizar el crédito (también llamados anualidades vencidas u ordinarias); asimismo la única variable que se desconoce es el importe del pago periódico R ; para encontrarlo se recurre a la formulación de una ecuación de valor en la que se cumple el principio de equitatividad que debe regir toda operación financiera: "la obligación del deudor es igual a la obligación del acreedor," es decir, el flujo de ingresos debe ser igual al flujo de egresos valuados en una misma fecha y a una misma tasa de interés.

Para encontrar el importe del pago periódico R se puede establecer la ecuación de valor en cualquier momento (o periodo) n , pero normalmente se elige el momento en que se pacta la operación, el momento presente, de ahí que se diga que se ha obtenido el valor presente de la serie de pagos (o flujos) periódicos.

∴ la ecuación de valor es:

$$A = R (1+i)^{-1} + R(1+i)^{-2} + \dots + R(1+i)^{-n}$$

$$A = R [(1+i)^{-1} + (1+i)^{-2} + \dots + (1+i)^{-n}]$$

Si se utiliza el concepto de series geométricas para reducir esta suma:⁷

$$A = R \left[\frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \right]$$

La anterior expresión revela la fuerte influencia de la tasa de interés en un crédito; la tasa de interés i utilizada en los cálculos corresponde a una tasa real.

Para reducir la incertidumbre acerca del comportamiento de la inflación y, por lo tanto, de la tasa de interés, se calculan las amortizaciones por medio de una simulación basada en las expectativas de inflación. El ejercicio que se presenta muestra el saldo real de un crédito de \$100 000 que se liquida a un plazo de 10 años mediante pagos mensuales. Los cálculos para amortizar el crédito se realizaron considerando tres escenarios posibles, en los que se esperan tasas de inflación del 20%, 40% y 60% consideradas como baja, moderada y alta, respectivamente.⁸ Asimismo se supone una tasa una tasa real de la economía del 7% en cada caso. Las tasas nominales se obtienen al usar la identidad que aparece en la nota de pie de página número tres.

Inflación (escenarios)

<i>Tasas</i>	<i>Baja</i>	<i>Moderada</i>	<i>Alta</i>
Inflación	20.0%	40.0%	60.0%
Interés (nominal)	28.9%	49.8%	71.2%

⁷ La expresión dentro del corchete es una serie en progresión geométrica de razón $(1 + i)$ con n términos por lo que su suma S_n está dada por $\frac{a(1-r)^n}{1-r}$; donde: a es el primer término de la serie en progresión geométrica; r es la razón común de la serie y n es el número de términos de la serie.

⁸ Actualmente estas tasas de inflación no son factibles en México, pero se emplean en este documento con el objeto de mostrar diferencias significativas en las alternativas de pago.

Importe total de la deuda

<i>Inflación</i>	<i>Interés</i>	<i>Capital</i>
Baja	\$302 258	\$100 000
Moderada	501 805	100 000
Alta	712 693	100 000

Aplicación de la Teoría Estadística de Decisiones

Sea: *B* (Baja) el evento (o estado de la naturaleza E_i)
inflación baja

M (Moderada) el evento (o estado de la naturaleza E)
inflación moderada

A (alta) el evento (o estado de la naturaleza E^j)
inflación alta

Supóngase que quien decide cree, con base en su experiencia personal, que la probabilidad (subjetiva) de la ocurrencia de cada nivel de inflación es:

$$P(\text{Baja}) = 0.10$$

$$P(\text{Moderada}) = 0.60$$

$$P(\text{Alta}) = 0.30$$

∴ el valor promedio esperado del importe total del adeudo es

$$\sum_1^3 P(\text{Nivel de Inflación}) \text{Importe total adeudado} = .10 (\$302\,258) + .60 (\$501\,805) + .30 (\$712\,693) = \$545\,117$$

Se espera desembolsar en promedio \$545 117 por concepto del adeudo contratado ante un nivel bajo, moderado o alto de inflación que pudiera presentarse. Véase la primera rama superior del diagrama de árbol número 2.

Si quien decide considera revisar (o mejorar) las probabilidades *a priori*, podría recurrir, por ejemplo, a una firma de consultoría profesional quien generalmente le ha dado los pronósticos de inflación pero, ¿qué tanta credibilidad o confianza les asigna el tomador de decisiones?, es decir, ¿cuál es la ponderación en términos *probabilísticos puramente subjetivos* que refleja la confianza de éste en la firma?

Una manera de reflejar esa confianza consiste en valorar las siguientes seis probabilidades condicionales subjetivas:

Probabilidades que reflejan la confianza en los pronósticos de la firma consultora

<i>Estado de la naturaleza E_i</i>	<i>Respuesta R_j</i>	
	<i>La firma ha acertado en sus pronósticos</i>	<i>La firma no ha acertado en sus pronósticos</i>
Baja	0.40	0.60
Moderada	0.80	0.20
Alta	0.70	0.30

donde: $P(R|E_i)$ — Probabilidad de que la respuesta de la firma haya sido R ya que realmente ocurrió el evento E_i

Por ejemplo, 0.80 es la probabilidad de que la firma de consultoría haya pronosticado inflación moderada, puesto que realmente ocurrió ese nivel de inflación.

La probabilidad *a posteriori* que se busca es

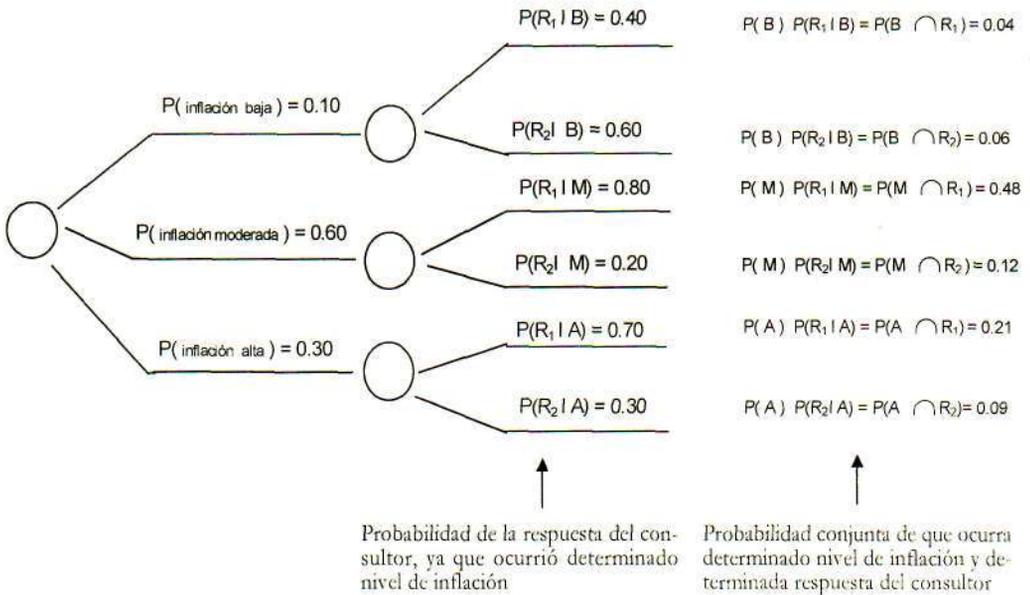
$$P(E_i | R_j) = \frac{P(E_j) P(R_j | E_i)}{\sum P(E_i) P(R_j | E_i)} \quad (\text{Teorema de Bayes})$$

Como no se poseen

- $P(E_j)$ Probabilidad de que ocurra determinado nivel de inflación
- ni $P(E_i | R_j)$ Probabilidad de que ocurra determinado nivel de inflación dado que los consultores dieron la respuesta R-

se deben calcular; para ello se utilizará un diagrama de árbol que permite recorrer el camino probabilístico para los niveles de inflación y respuesta de la firma consultora. Véase el diagrama número 1.

Diagrama de árbol 1
Camino probabilístico para los niveles de inflación y respuesta de la firma consultora



Del diagrama se puede extraer el siguiente cuadro de probabilidades conjuntas:

**Distribución conjunta de probabilidad
de que la firma haya acertado
en sus pronósticos sobre el nivel de inflación**

$P(E_i \cap R_j) = P(E_i) P(R_j E_i)$		
E_i Nivel de inflación	<i>La firma consultora ha acertado</i>	<i>La firma consultora no ha acertado</i>
Baja	0.04	0.06
Moderada	0.48	0.12
Alta	0.21	0.09
Σ	$P(R_1) = 0.73$ Probabilidad de que la firma consultora haya acertado	$P(R_2) = 0.27$ Probabilidad de que la firma consultora no haya acertado

A partir de estas probabilidades y de las que aparecen en el diagrama de árbol, se obtienen las $P(E_i | R)$ *a posteriori*: probabilidades de que ocurra realmente determinado nivel de inflación, ya que la firma consultora lo pronosticó. Estas se aplican finalmente para calcular el valor esperado del importe total a pagar por el crédito.

Estas probabilidades *a posteriori* son

**Distribución de probabilidades *a posteriori*:
probabilidades de que los pronósticos de la firma consultora
sean correctos**

$P(E_i R_j) = \frac{P(E_i \cap R_j)}{P(R_j)}$		
E_i Nivel de inflación	La firma ha acertado	La firma no ha acertado
Baja	0.05	0.22
Moderada	0.66	0.45
Alta	0.29	0.33

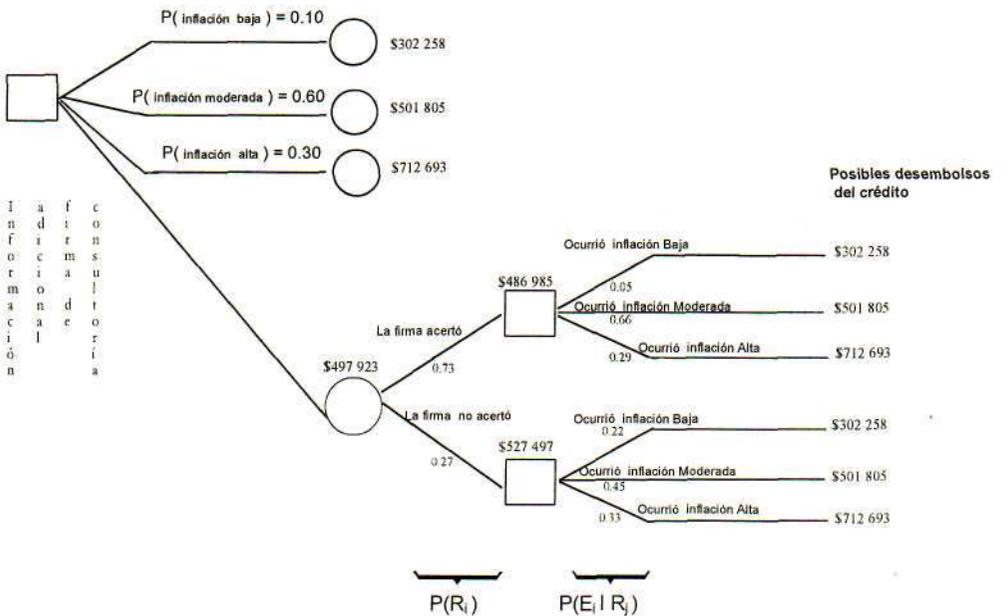
Debe recordarse que $P(E_i | R)$ también se puede expresar como:

$$P(E_i | R_j) = \frac{P(E_i) P(R_j | E_i)}{\sum P(E_j) P(R_j | E_j)}$$

La solución del problema se presenta en el diagrama de árbol que aparece en la siguiente página; en éste se incorporan las nuevas probabilidades $P(E_i^-)$ y $P(E_i^- | R)$; aquí se calculan directamente los valores esperados para cada escenario de inflación ante la alternativa de que la firma consultora pudiera acertar o no en sus pronósticos ("resolución marcha atrás"); se espera desembolsar en promedio \$497 923 por el adeudo contratado (véase diagrama de árbol número 2); si se compara este desembolso probable con el que se obtendría cuando no hay información adicional, resulta que se sobrestima este desembolso en casi un 9.4%. Aquí se puede observar que el uso de información oportuna y relevante forma parte de un ciclo de aprendizaje que conduce a una mejor toma de decisiones. Con este valor se pueden presupuestar los

egresos (o ingresos, según el caso) del deudor, con la confianza que se ha basado en un método que en general proporciona buena orientación al tomador de decisiones en ambientes de incertidumbre y riesgo.

Diagrama de Árbol 2
Árbol de decisión cuando se incorpora información
de una firma de consultoría para pronosticar la inflación
con objeto de mejorar la toma de decisiones



Conclusiones

Las debacles financieras ocurridas en el pasado reciente han hecho más evidente la necesidad de disponer de instrumentos científicos de análisis que permitan controlar el riesgo y reducir la incertidumbre. No se busca eliminarlo, ya que un negocio implica siempre tomar riesgos, sino representa grandes oportunidades para quienes saben

administrarlo. Actualmente el uso de la estadística clásica y la probabilidad para la selección y valuación de portafolios óptimos; para la determinación de la frontera eficiente, entre otros, es de incuestionable valor para el proceso de toma de decisiones. Estas técnicas, relativamente nuevas, hicieron su aparición al final de la década de los setenta y principios de los ochenta; actualmente se observa un auge de técnicas cada vez más sofisticadas en la administración de los riesgos que pudieran afectar los resultados financieros de una institución o, incluso, su viabilidad. La exitosa aparición de los mercados de derivados va acompañada de la aplicación de modelos de alta complejidad para medir el riesgo, pero las decisiones se toman considerando el juicio y el sentido común, y se desea que así continúe. En este documento se destaca el empleo de una técnica estadística en particular, sin embargo debe quedar claro que el manejo del riesgo es más que números, técnicas y tecnologías; representa una combinación armoniosa de la ciencia y el arte al incluir el desarrollado juicio personal en la toma de decisiones.

Bibliografía

- Banco de México. *Esquemas de reestructuración de pasivos ante diversos escenarios de tasas de interés e inflación*: Serie Documentos de Investigación, núm. 9503: Dirección General de Investigación Económica, 1995.
- Beard, R. E., T. Pentikainen y E. Pesonen. *Risk Theory*: Methuen & Co., Londres, 1969.
- Brealey, Richard y Stewart C. Myers. *Principios de finanzas corporativas*: McGraw Hill, 4a. Ed., España, 1994.
- Cueva, Benjamín de la. *Matemáticas financieras*: Textos Universitarios, UNAM, México, 1971.
- Feller, William. *Introducción a la teoría de probabilidades y sus aplicaciones. Vol I*: Limusa-Wiley, México, 1973.
- Francis, Jack Clark y Avner Simón Wolf. *The Handbook of Interest Rate Risk Management*. Irving Professional Publishing, Nueva York, 1994.
- Gitman, Lawrence J. *Fundamentos de administración financiera*: Haría, 3a. Ed., México, 1986.
- Kellison, Stephen G. *The Theory of Interest*. Richard D. Irwing, Homewood, Illinois, 1991.

- Parzen, Emanuel. *Teoría moderna de probabilidades y sus aplicaciones*: Limusa, México, 1973.
- Smithson, Charles; Clifford W. Smith. *Managing Financial Risk*. "A guide to derivate Products, Financial Engineering, and Valué Maximization": Irwing Professional Publishmg, Chicago, 1995.
- Spurr, William A.; Charles P. Bonini. *Statistical Analysis for Business Decisionr*. Richard D. Irwing, Homewood, Illinois, 1976.
- White, D. J. *Teoría de la decisión*: Alianza Editorial, Madrid, 1972.