



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS

**CURSO DE POST-GRADO: "Reflexiones sobre post-modernidad, ciencia y
sociedad"**

Disertante: Dr. Ángel Luis Platino

**"La condición postmoderna de la lógica borrosa aplicada a modelos de
decisión de inversiones"**



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

"La filosofía está escrita en éste vasto libro que continuamente se abre ante nuestros ojos, me refiero al Universo, el cual sin embargo no se puede entender si antes no se ha aprendido a entender su lengua y a conocer el alfabeto en el que está escrito. Y está escrito en el lenguaje de las matemáticas, siendo sus caracteres, triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible comprender una sola palabra, sin ellos, solo se conseguirá vagar por un oscuro laberinto"
(Galileo Galilei)



Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración

I.- Presentación:

El cambio de paradigma que surgió a finales del S. XX, el descubrimiento de las ciencias del caos y la totalidad, la lógica borrosa y la filosofía de la post-modernidad, sugieren que el mundo, tal como lo hemos conocido hasta entonces, ha sido "re-inventado", sin que esto signifique, de mi parte, un juicio de valor favorable a tal circunstancia.

Hoy pareciera necesario desaprender el viejo esquema de acercarse al conocimiento a partir del modelo de los compartimientos estancos (separar la realidad en partes para aprenderla mejor) y emprender / aprender una nueva manera de conocer la ciencia desde la totalidad (unir los componentes sistémicos de la realidad para entenderla).

En nuestro curso de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de La Plata, que se denomina "Matemática Para Decisiones Empresarias". intentamos ubicarnos en la necesidad de las organizaciones de tomar decisiones racionales, haciendo uso de aquellos elementos que provee tanto el Cálculo Financiero como la Investigación de Operaciones (o Métodos Operativos, previo a cualquier desarrollo entonces, debemos establecer que entendemos por **decisión**: *la selección de un curso de acción dentro de una gama de alternativas posibles, que resulta de un proceso continuo, basado en el "principio de racionalidad limitada", y atravesado por tres etapas típicas:*

- **Inteligencia**: Detección de problemas o fallas para establecer la necesidad de una decisión, bien sea frente a adversidades u oportunidades.
- **Análisis** (planeamiento): Búsqueda de soluciones a problemas para formular las reglas de decisión que se habrán de aplicar en adelante, de carácter creativo. (H. Simon la bautizó como solución heurística de problemas).
- **Selección**: Adopción de un curso de acción previamente definido y analizado como medio tentativo para la resolución de un problema detectado.

Ahora bien, sabido es que la evolución vivida por las sociedades en los últimos años, y de la cual las Ciencias Económicas, y dentro de ella los sistemas



Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración

financieros, han sido protagonistas y testigos, especialmente en las décadas de los ochenta y noventa, ha sido de tal intensidad que hace prácticamente irreconocibles las situaciones y problemáticas existentes hace medio siglo. Como el proceso, lejos de detenerse, es de prever que siga intensificándose, resulta imprescindible dedicarse al estudio de nuevas herramientas que nos ayuden a un cabal entendimiento de la situación actual y de las tendencias que pueden seguir en el futuro.

El entorno en que están inmersas las organizaciones ha venido experimentado continuos avances y mutaciones, y por ello, decidir en condiciones presuntamente conocidas (certeza) es, a esta altura, una utopía. Desaparece entonces toda posibilidad de dejar fuera del análisis de inversiones, por ejemplo, el riesgo asociado a un proyecto y, especialmente, la incertidumbre respecto del futuro que deberá enfrentar el emprendimiento. En este punto, la *matemática difusa* ofrece un complemento al análisis clásico para mejorar el valor de la información disponible y, mediante la extensión de la misma a los métodos tradicionales, bajo sus principios, veremos que nos permitirá determinar rangos factibles para variables relevantes, que se ajustarán más a las características de su incierto comportamiento, a tal efecto en el final de éste trabajo se ofrece un ejemplo de aplicación concreto a proyectos de inversión, obviamente éste breve trabajo no pretende explicar toda la complejidad de la lógica borrosa aplicada, sino simplemente introducir al lector en la inquietud de profundizar la investigación de un tema que puede resultar importante en diversas disciplinas.

Se dice que las matemáticas se ocupan de estudiar todas las estructuras (conjunto de elementos relacionados de determinadas maneras) posibles y sus propiedades.

Quienes deseen comprender la naturaleza y la sociedad, pero también saber como se puede actuar sobre ellas para modificarlas, no puede prescindir de la matemática. Por lo cual, tanto desde un punto de vista filosófico, cognoscitivo y lógico, pero también estético y tecnológico, la discusión sobre esas extrañas entidades llamadas estructuras y en general los resultados de la matemática como ciencia abstracta y aplicada, es asunto que la civilización contemporánea no puede desechar. Aunque ciertos intelectuales o humanistas tradicionales puedan tener dudas ante esta afirmación, es necesario entender que la



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

matemática es un aspecto del pensamiento que, si no lo poseemos, nos llevará a una visión mutilada de la cultura humana. (3)

De tal suerte, la casi totalidad de las teorías que aceptamos comúnmente en las ciencias sociales son plausibles, admisibles; en ningún caso pueden calificarse de verdaderas, las aceptamos porque simplifican nuestro conocimiento del mundo reduciéndolo a un esquema manejable que nos permite hacer previsiones de futuro. Pero si buceamos en lo profundo de nuestras estructuras sociales, aparecen algunos rasgos que permiten diferenciar las distintas realidades en grupos (1) con una cierta homogeneidad, en vistas a una formalización previa a su tratamiento:

- a) Los fenómenos, objeto de estudio, así como su evolución, son conocidos, en términos de certeza.
- b) Se conocen los fenómenos, y su evolución se puede explicar mediante leyes probabilistas, emanadas de la axiomática de Borel-Kolmogorov.
- c) Se conocen los fenómenos posibles y su posible evolución, aunque ambos se hallan ligados a leyes probabilísticas.
- d) Se conocen los fenómenos, pero su evolución sólo puede ser estimada numéricamente, de manera subjetiva.
- e) Conocemos los fenómenos posibles mediante leyes de probabilidad, pero su evolución sólo puede ser estimada, numéricamente, de manera subjetiva.
- f) Tanto los fenómenos como su evolución, sólo pueden ser estimados numéricamente de manera subjetiva.
- g) No es posible estimar numéricamente, sea objetiva, sea subjetivamente, los fenómenos, su evolución o ambas cosas a la vez.

Esta enumeración, que no pretende ser exhaustiva, tiene como único objetivo poner en evidencia la variedad de objetos materiales susceptibles de ser



Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración

tratados mediante las herramientas que tenemos disponibles y darnos cuenta de cuanto ignoramos, de hecho, somos capaces de abordar la certeza, disponemos de medios para actuar ante fenómenos contingentes, pero nos encontramos impotentes cuando la subjetividad es el único recurso para avanzar en nuestros cálculos.

Quizá, ésta circunstancia nos exija un replanteo de nuestros conceptos clásicos de verdad y falsedad, sustituyéndolos por el concepto de vaguedad o borrosidad, dentro de los cuales la verdad y/o falsedad no son más que casos extremos.

Entendemos por "borrosidad" el hecho de que una proposición pueda ser parcialmente verdadera y parcialmente falsa de forma simultánea a condición de asignar un grado a su verdad y un grado a su falsedad (*principio de la simultaneidad gradual*)(2).

Como expresara Galileo Galilei, "se trata de medir lo que es mensurable e intentar hacer mensurable lo que todavía no lo es", convirtiendo esto en un objetivo ineludible de las técnicas de gestión, dado que la toma de decisiones se realiza en un ambiente en que los objetivos a alcanzar, las limitaciones a que se ven sometidos e incluso las consecuencias para cada alternativa planteada, aparecen de manera imprecisa, y donde las técnicas propias de la teoría de las probabilidades no resultan apropiadas, ya que ellas suponen aceptar que los fenómenos imprecisos son equivalentes a los aleatorios.

La formulación de la incertidumbre a través de los conceptos borrosos, ha dado lugar a una distinta manera de pensar que reúne el rigor del razonamiento secuencial y la riqueza de la imaginación, imprescindibles para el conocimiento matemático, que según Alfred Whitehead, es la creación más original del espíritu humano.

Veamos por ejemplo, una persona no será simplemente alta o baja, sino que participará de ambas características parcialmente, de tal forma que sólo por encima y debajo de determinadas alturas la calificaremos de forzosamente alta o baja, mientras que en la zona intermedia de ambas alturas existirá una graduación por la que va dejando de ser alta.



Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración

El concepto de borrosidad está enraizado en la mayor parte de nuestros modos de pensar y hablar, distinta es la valoración que cada individuo otorgue a tal borrosidad que dependerá de cuestiones psicológicas del que decide, siempre de difícil evaluación.

Claro que la introducción del concepto de borrosidad no soluciona el problema de las proposiciones indeterminadas (los futuros contingentes, por ejemplo), es decir, las carentes de valor veritativo, y que serán excluidas de éste trabajo. El principio borroso afirma que todo es cuestión de grado. Todas las proposiciones adquieren un valor veritativo comprendido entre el uno (verdad) y el cero (falsedad), ambos incluidos. La asignación de estos valores extremos sólo se dará en el caso de verdades o falsedades lógicas o de inducciones fuertes : "Todos los hombres son mortales" puede ser un ejemplo de inducción fuerte (puesto que hasta hoy, no existe ningún ejemplo en contrario)

Muy sucintamente analizaremos los argumentos para la introducción del concepto de borrosidad en lógica y de ellos:

1. Los antecedentes históricos y metodológicos del concepto
2. La posibilidad de construcción de un lenguaje formal multievaluado y, en su caso, definir sus propiedades y leyes
3. Las consecuencias filosóficas y prácticas de tal introducción.

1. ANTECEDENTES HISTORICOS Y METODOLOGICOS DEL CONCEPTO

Bart Kosko , licenciado en filosofía, economía, matemática y profesor de ingeniería electrónica en la Universidad del Sur de California, a los veintiún años descubrió la cita de Albert Einstein acerca de la discordancia entre las matemáticas y la realidad: *"En la medida en que las leyes de las matemáticas se refieren a la realidad, no son ciertas. Y en la medida en que son ciertas, no se refieren a la realidad"*, y a esa altura el tema de la borrosidad ya perforaba el mundo bivalente de la ciencia, y entonces resalta las diferencias entre las filosofías orientales y occidentales respecto al concepto de verdad resumiéndolo en la oposición de Buda frente a Aristóteles.

Barth Kosko afirma que la filosofía occidental, heredera de Aristóteles, ha aceptado la bivalencia de forma a-crítica como sistema simplificador de una realidad excesivamente compleja; lo que ha ganado en sencillez lo ha perdido en precisión. En cambio, las filosofías orientales (Buda, Lao Tse, Confucio, etc.)



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

han aceptado desde la antigüedad la estricta unidad de los opuestos, del yin y el yang

La matemática tradicional es invaluable cuando se trata de decisiones tomadas en condiciones de certeza, pero en condiciones de incertidumbre necesitamos aplicar una lógica capaz de captar los matices del mundo real, donde nada es absolutamente blanco o negro; así lo hace el cerebro en la vida cotidiana, pero no la ciencia occidental.

Por otra parte, si bien es cierto que Aristóteles fue el gran introductor de la bivalencia absoluta, no le resultaron tan indiferentes los aspectos borrosos que pueden tener las proposiciones, por ejemplo cuando enuncia: "En cualquier caso, lo que se dice de acuerdo con estas (cualidades) admite, indiscutiblemente, el más y el menos", o como hace en el pasaje en que define la retroducción o abducción en que nos indica que podemos acercarnos al conocimiento aunque sin tener la certeza del mismo. Hay quienes sostienen que si Aristóteles no estudió esta concepción, es posible que fuese por carecer del conocimiento matemático necesario para su desarrollo (cálculo infinitesimal, combinatoria y teoría de la probabilidad, teoría de conjuntos, estadística y cálculo matricial).

La génesis de este aparato algebraico se inicia con Isaac Newton y Gotfried Leibniz que desarrollan el cálculo infinitesimal en el siglo XVII. La explicación del movimiento aristotélico es sustituida por la newtoniana gracias al cálculo infinitesimal, sin el cual no sería posible, a pesar de ello, sólo se usó en el estudio de la física durante los siglos siguientes, experimentando un desarrollo espectacular (Euler, Laplace, etc.), en tanto hoy participa de todas las ciencias tanto humanas como naturales: El cálculo infinitesimal introduce en la matemática la cuestión del grado: ¿en qué grado se modifica A al modificar de forma imperceptible B, siendo A una variable dependiente de B?. En el mismo siglo XVII, Pierre de Fermat y Blas Pascal, seguidos posteriormente por Jacob Bernoulli, realizan los primeros aportes sobre combinatoria y cálculo de probabilidades. Sus trabajos no van mucho más allá de la definición de los conceptos de frecuencia y esperanza matemática ya que sus motivaciones se derivaban de los juegos de azar, y la naturaleza de tales definiciones era más empírica que axiomática.

Pero en el siglo XX se realizan las primeras aproximaciones axiomáticas al concepto de probabilidad a cargo de Andrei Kolmogorov, John von Neumann, Oskar Morgenstern y Ludwig von Mises, estrechamente vinculadas a la naciente ciencia de la estadística y la econometría, para las cuales era, además,



Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración

imprescindible el cálculo matricial. La complejidad de cálculo en estas disciplinas las hacía imposibles sin contar con las modernas computadoras.-

La matematización de la lógica, que se inicia a mediados del XIX con Augustus de Morgan y George Boole, tiene su punto de inflexión en la iniciación de la teoría de conjuntos a finales del siglo (George Cantor y Gottlob Frege) aunque de forma casi inmediata aparecen las primeras paradojas de la teoría, con Bertrand Russell y su paradoja de las clases. En definitiva, el concepto de inclusión, no es más que una forma de bivalencia: los elementos están incluidos o no están incluidos en el conjunto, sin términos medios. Habrá que esperar hasta 1937 en que Max Black escriba un primer artículo sobre los conjuntos vagos, que tuvo escasa o nula influencia.

La formalización definitiva de la lógica borrosa. se debe a Lofti Zadeh (1965) quien combinando las teorías axiomáticas de la probabilidad, la teoría estadística y la teoría de conjuntos clásica, crea un sistema, también axiomático, que trasciende el marco de todas ellas. Así, el conjunto de los números naturales no primos, queda perfectamente descrito en términos conjuntistas y de teoría de números; el suceso 'salir un número par al tirar un dado' queda bien descrito probabilísticamente; el conjunto de platenses que han votado en alguna elección municipal puede ser globalmente evaluado por técnicas estadísticas de muestreo; pero 'el conjunto de personas honradas' no es directamente describible, ni tan siquiera considerado por las teorías aludidas.

Podemos discutir si existen indicios de lógica trivalente en Aristóteles (futuros contingentes) o en Guillermo de Ockham (conocimiento distinto / conocimiento confuso), pero el hecho cierto es que la primera lógica trivalente fue desarrollada por Vasilev en 1909 eliminando el principio del tercero excluido de la lógica aristotélica. No obstante se reconoce como primer creador de la lógica trivalente a Luckasiewicz, quien en 1920 propuso tres valores veritativos para las proposiciones: *verdadero, falso e indeterminado*. La confección de las tablas de verdad, aparte de ser más extensa (3^n resultados en lugar de 2^n), debía definirse con precisión, sobre todo por lo que respecta a las intersecciones con el indeterminado, en el que caben varias soluciones, todas ellas razonables

El propio Lukasiewicz y Alfred Tarski elaboran lógicas multievaluadas con posterioridad, pero la lógica difusa no ha podido ser plenamente axiomatizada



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

hasta que no se contó con el concepto de conjunto borroso formulado como ya se mencionara por Zadeh en 1965: para cualquier elemento de un conjunto, su condición de pertenencia está dada por una función $F(x)$, que puede tomar cualquier valor dentro del intervalo discreto $(1,0)$

2. LA POSIBILIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE UN LENGUAJE FORMAL MULTIEVALUADO Y, EN SU CASO, DEFINIR SUS PROPIEDADES Y LEYES

Intuitivamente un conjunto es un grupo de objetos de diversa naturaleza debidamente especificados., de tal manera que de allí y definiendo la proposición pertinente, se pueden establecer sub-conjuntos, por ejemplo los estudiantes de postgrado, son integrantes de un conjunto referencial, y los estudiantes del postgrado "Reflexiones sobre posmodernidad, ciencia y sociedad, son un subconjunto de él.

Sea U el conjunto, posiblemente infinito, de todas las proposiciones. Sean p, q, r, s, \dots sus elementos (es decir, proposiciones atómicas). En lógica clásica presuponemos una aplicación v del conjunto U en el conjunto $\{0,1\}$ tal que $v(p)=0$ cuando p es falsa y $v(p)=1$ cuando p es verdadera.

La relación existente entre los subconjuntos ordinarios y los borrosos, es simple: la pertenencia o no, ya no es estricta, sino relativa, de tal manera que en nuestras ciencias, un subconjunto borroso sería un descriptor de las cualidades referenciales.

Gracias a ello establecemos una clasificación de las proposiciones mediante la relación de equivalencia, tal que: p es equivalente a q , si $v(p) = v(q)$, o sea que cuando nos referimos a lógica multievaluada, una proposición es aceptada con un "nivel de verdad"

Por ende se hace necesario establecer una correspondencia semántica entre los valores en $(0, 1)$ y los términos del lenguaje que representa nuestro pensamiento, a tal fin se han desarrollado diversas escalas, entre ellas la que utiliza el sistema endecadario, con los siguientes grados de verdad, por ejemplo:



Valores	Significación
0	Falso
0.1	Prácticamente Falso
0.2	Muy Falso
0.3	Bastante Falso
0.4	Más Falso que verdadero
0.5	Tan verdadero como falso
0.6	Más verdadero que falso
0.7	Bastante verdadero
0.8	Muy verdadero
0.9	Prácticamente Verdadero
1	Verdadero

3.- LAS CONSECUENCIAS FILOSÓFICAS Y PRÁCTICAS DE TAL INTRODUCCIÓN

Si bien se conoce que se ha avanzado mucho en la utilización de sistemas de memoria asociativa borrosa (FAM) en numerosos instrumentos, es cierto también, que las computadoras en que se basan dichos sistemas siguen siendo, estructuralmente binarios. Parece existir una contradicción entre el principio borroso, intuitivamente acertado, y los sistemas de procesamiento de información y de reglas que siguen basados en el 0 y el 1. El propio funcionamiento de los sistemas borrosos aditivos (FAT), la FAM y la memoria



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

asociativa bidireccional (BAM), no es más que un proceso de entrada de información, aplicación de reglas de actuación y obtención de resultados. El input de información puede ser borrosa, incluso la aplicación de las reglas podemos considerarla borrosa (se activan todas simultáneamente en distinto grado), pero la obtención del resultado sólo puede obtenerse por eliminación de la borrosidad mediante un sistema centroidal.

En este sentido Bart Kosko opone al concepto de inteligencia artificial (creación de sistemas informáticos expertos, que aprendan de sí mismos) el de redes neuronales (creación de sistemas informáticos que simulen el funcionamiento del cerebro humano), concepto que también ha sido cuestionado desde la neurobiología, por considerar que son demasiado simples su se las compara con la complejidad del cerebro, por lo que pareciera que es necesario un algoritmo de aprendizaje masivamente paralelo.

Como se ve, queda mucho por avanzar en éste terreno.



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

Aplicación a la Evaluación de proyectos de Inversión (4)

Al realizar análisis y selección de inversiones aplicando métodos cuantitativos conocidos, por ejemplo el denominado Valor Actual Neto, se puede arribar a conclusiones relevantes y útiles frente a determinados problemas y escenarios que la presupuestación de capital ofrece, dado que proporciona a las organizaciones una herramienta importante que les permite madurar decisiones de inversión en condiciones de certeza. Así, podríamos encontrar una diversidad de elementos que hacen atractivo el análisis; entre ellos, la posibilidad de determinar con alto grado de precisión cuál de todas las alternativas de inversión (presentes y futuras, simples o no) resulta más conveniente.

I: Análisis tradicional por utilización del criterio Valor Actual Neto

El objeto del presupuesto de capital es encontrar proyectos de inversión cuya rentabilidad supere el costo de llevarlos a cabo, pero el principal problema que se presenta, dejando de lado el de la determinación del costo de oportunidad del capital, es el de la valuación del activo que se creará al realizar la inversión. De esta forma, cuando se evalúa la conveniencia de un proyecto de inversión, se realiza una previsión de los flujos netos de fondos que promete generar en el futuro, y se procede a calcular su valor actual. Ello con la finalidad de poder comparar en un momento determinado de tiempo (el momento actual), el valor global de dichos flujos de caja con respecto al desembolso inicial que implica la realización de dicho proyecto.

En este sentido uno de los métodos más utilizados es el VALOR ACTUAL NETO (VAN), que puede ser definido como el valor presente de todos los rendimientos netos esperados; es decir es la diferencia entre el valor actualizado de los cobros esperados y los pagos previstos a lo largo de la vida del proyecto.

$$VAN = -I_0 + \frac{C_1}{(1+k)} + \frac{C_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{C_n}{(1+k)^n}$$



Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración

Siendo:

I_0 : Inversión inicial

C_i : Flujo neto de caja correspondiente al período i

k : Costo de oportunidad del capital

Bajo la óptica del VAN, se realizan una serie de supuestos que deben tenerse en cuenta, ya que afectan el resultado obtenido, cuyo conocimiento es necesario para una adecuada interpretación del mismo. Se pueden resumir de la siguiente manera:

1. Los flujos de fondos que el proyecto promete generar en todo el período que dure la inversión, pueden tratarse como valores razonablemente conocidos desde el inicio del análisis.
2. La tasa de descuento es conocida, dependiendo únicamente del riesgo asociado al proyecto y de la estructura temporal prevista de las tasas de interés.
3. Reinversión de los flujos de fondos en cada momento del tiempo, a la misma tasa de costo de capital y hasta la finalización de la vida del proyecto.
4. Perfección del mercado financiero; inexistencia de costos de intermediación.

La **regla de decisión** de este método consiste en: *"Aceptar aquellos proyectos de inversión cuyo VAN sea mayor que cero, es decir aquellos cuya contribución al valor global de la empresa sea positivo"*.

Las principales limitaciones del VAN surgen de los supuestos implícitos en el mismo. El resultado al que se arriba con este método, es una medida sólida si el contexto en el que se desarrolla el análisis es aproximadamente cierto, y consecuencia de ello, la decisión adoptada será la **más adecuada** a los fines de incrementar el valor de la empresa. Pero cuando la incertidumbre es incorporada al análisis, el criterio del VAN a pesar de seguir siendo quizás el **más adecuado** de los métodos de evaluación, arroja resultados menos consistentes y requiere una interpretación más depurada.

Éste criterio de decisión supone, o bien que el proyecto es totalmente reversible (en el sentido de poder abandonarlo anticipadamente recuperando



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

toda la inversión afectada) o es irreversible (en el sentido que si el proyecto no se acomete ahora no se podrá realizar en el futuro)

Que un proyecto tenga un VAN positivo no significa que la mejor alternativa sea realizarlo ahora, dado que podría tener un valor superior si se lleva a cabo en otro momento del tiempo. Asimismo, un proyecto con un VAN negativo puede resultar valioso, por ejemplo, si se pospone la inversión, bajo ciertas condiciones.

El análisis convencional del VAN tiene, entonces, dos importantes falencias:

- Por un lado no permite tener en cuenta las oportunidades operativas futuras como aplazar, reducir o ampliar un proyecto;
- Por el otro, ignora el valor de la interdependencia de este proyecto con futuras inversiones.

II. 1. Aplicación de la Matemática Borrosa

Gran parte de las decisiones pertinentes a la gestión financiera, en función de su premura, complejidad y la calidad de la información disponible, deben ser tomadas en un contexto de incertidumbre, por lo que se presenta la imposibilidad de asignar coherentemente probabilidades a los distintos sucesos o estados de la naturaleza, asociados a un problema en particular. Su evaluación requiere de técnicas especiales.

El empleo de números borrosos nos permite arribar a valoraciones múltiples de un mismo suceso, de manera de poder acceder a soluciones pragmáticas y no necesariamente extremas o dicotómicas, como en el caso de la Lógica Tradicional.

De la lógica difusa se pueden derivar conclusiones y respuestas basadas en información ambigua, incompleta e imprecisa. Esto le brinda a los sistemas difusos una capacidad de razonamiento similar a la humana, que trata de aproximar una realidad determinada, a partir de la ponderación de las manifestaciones extremas que esa realidad puede llegar a ofrecer.

En el marco de la lógica difusa, el concepto de probabilidad es redefinido como una medida del grado de confianza que una persona tiene en la veracidad de un planteo dado. Sin embargo, ese nivel de significación no es tan riguroso



matemáticamente como en el caso de la probabilidad, dadas las limitaciones informativas que se atraviesan.

II.2. Redefiniendo el criterio del Valor Actual Neto

A los efectos de perfeccionar el método, y consecuentemente, la interpretación de los resultados a los que arribemos en condiciones distintas a las originariamente previstas, supondremos una situación de incertidumbre respecto de la estructura temporal de las tasas de interés a lo largo de la vida del proyecto.

Para ello, la fórmula que permitirá el cálculo del VAN dentro del conjunto de los números reales positivos, será redefinida de la siguiente manera:

$$VAN = -A + \sum_{j=1}^n Q_j \left[\frac{1}{(1+a_j)^j}, \frac{1}{(1+m_j)^j}, \frac{1}{(1+b_j)^j} \right], \text{ donde:}$$

- La tasa de descuento estará dada por un número borroso triangular (NBT), en el cual:
 - a_j representa el valor más alto del costo de capital,
 - b_j su valor más bajo y,
 - m_j el valor más posible de todos, correspondiéndole un valor de $\alpha = 1$, siendo α el nivel de confianza asignado al estado de la naturaleza. respectivo.
Es decir que un valor de $\alpha = 1$, asigna el mayor nivel de confianza para el decidor.
- Q_j es el flujo de fondos neto asociado al período j , que se considera realizado al final del mismo.

De lo expuesto, apreciamos que la lógica borrosa nos permite obtener un rango de valores factibles en función de la variabilidad presunta de las tasas de interés, a lo largo de la vida del proyecto de inversión. Este desarrollo, al brindar un espectro de resultados posibles, permite mejorar la evaluación del mismo y decidir en base a un razonamiento más depurado. Dejando además en evidencia, que media tanto un área de pérdidas como de ganancias potenciales.



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

El mismo razonamiento puede hacerse considerando incertidumbre en la efectiva realización de los flujos de fondos estimados, una combinación de las dos alternativas o bien un análisis más detallado, que se base en una desagregación múltiple en los niveles de significación establecidos.



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

III. Ejemplo de aplicación

Una empresa está interesada en adquirir una planta para desarrollar nuevas líneas de productos. La inversión inicial que debería llevar adelante es de 1.000.000 u.m., considerando que la fecha del desembolso es en el año 2005, el Flujo de Fondos esperado es el siguiente:

	2006	2007	2008	2009	2010
Flujo de Fondos	250.000	250.000	350.000	275.000	390.000

A su vez la tasa de descuento (k_e) considerada adecuada para medir el costo de capital es del 15%.

Para la resolución del caso planteado precedentemente, en función de la metodología conceptualmente enunciada, en primer lugar debe efectuarse una estimación del proyecto, en línea con la técnica tradicional del VAN determinando así el flujo de fondos disponibles para el ente de que se trate y luego se considerará la utilización de la metodología que nos plantea la matemática difusa, aplicando para éste caso, grados de posibilidad a la tasa de descuento, siendo del 7,5% para el límite inferior, 15% el caso más posible y 22,5% el límite superior del número triangular borroso.

Resolución:

Inversión Inicial \$ 1.000.000.-

K_e
 Extremo Inferior 7,50%
Costo más probable 15,00%
 Extremo Superior 22,50%

			Años			
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Flujo de Fondos	-1.000.000	250.000	250.000	350.000	275.000	390.000



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

Aplicando las fórmulas mencionadas precedentemente, a la tasa considerada adecuada de costo del capital (k_e) vemos que por aplicación del criterio tradicional de decisión bajo el método Valor Actual Neto, el proyecto debería rechazarse, dado que el resultado que arroja su cálculo es negativo y como vimos, esto contradice la regla de decisión que debe aplicarse:

Valor Actual Neto (Tradicional) **-\$ 12.311,03**

Ahora bien, si utilizamos el concepto de borrosidad y determinamos el valor actual neto, tendremos que:

	Valor Actual Neto (Borroso)	
Ke Inferior	Ke Más Posible	Ke Superior
\$ 208.250,50	-\$ 12.311,03	-\$175.425,07

De lo expuesto, apreciamos que la lógica borrosa nos permite obtener un rango de valores factibles en función de la variabilidad presunta de las tasas de interés, a lo largo de la vida del proyecto de inversión. Este desarrollo, al brindar un espectro de resultados posibles, permite mejorar la evaluación del mismo y decidir en base a un razonamiento más depurado, dejando además en evidencia, que media tanto un área de pérdidas como de ganancias potenciales.



*Dra. CP Ana María Buzzi
Contador Público
Licenciado en Administración*

Referencias

- (1) Tomado de Kaufmann, A.: *Modeles mathématiques pour la stimulation inventive*. Ed. Albin Michel. París 1979
- (2) Gil Aluja, J.: *Lances y desventuras del nuevo paradigma de la teoría de la decisión*. Actas del III Congreso Internacional SIGEF. Buenos Aires 10-13 Noviembre 1996.
- (3) Gregorio Klimosky: *Desventuras del conocimiento matemático*
- (4) Tomado del trabajo presentado a las XX JORNADAS DE CONTABILIDAD, ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN (FCE-UNLP) por Ana María Buzzi, Gonzalo Sánchez y Damián Camacho.-