

V Reunión de Economía Mundial (Sevilla 2003)

Crisis y valoración de instrumentos financieros

Federico Fuentes Martín (Universidad Politécnica de Cartagena)

M^o del Carmen Lozano Gutiérrez (Universidad Politécnica de Cartagena)

federico.fuentes@upct.es Tl.- 968325414 Fax: 968325781

El presente trabajo trata de poner de relieve algunas enseñanzas que podemos entresacar de las últimas crisis financieras, a fin de hacer algunas propuestas en lo que a la actuación de los agentes se refiere, tomando como ejemplo las explicaciones que se dan sobre la quiebra de una institución tan importante como el Long Term Credit Management. Como quiera que la consecución de un posible orden financiero tomará su tiempo, traemos a colación nuevos métodos, que ya se están empleando puntualmente, sobre todo por los agentes profesionales, que pueden ayudarnos a una mayor aproximación a la realidad. Nos referimos a la aplicación de la Inteligencia Artificial a la economía y, en concreto, a tres de sus ramas: la lógica borrosa, las redes neuronales y los algoritmos genéticos.

INTRODUCCION

La frecuencia con la que desde los años 80 se han dado diversas crisis financieras es, sin duda, achacable a la globalización financiera. La innovación y la liberalización financiera, factores imprescindibles para el crecimiento económico, junto a la velocidad y sofisticación de los sistemas informáticos han formado una trama muy compleja en los mercados financieros. Esta complejidad, no hay que olvidarlo, significa dos cosas que han sido puestas en relieve con las crisis financieras: una gran complicación y una gran interconexión entre numerosas variables que escapan a nuestra capacidad de comprensión.

Si nos remitimos a la experiencia vemos que la liberalización de los movimientos de capital y la innovación financiera han ocasionado graves problemas propiciando que las crisis sean más frecuentes. Hubo una en 1987, en Wall Street; otra en 1992, en el Sistema Monetario Europeo pero que, por definición, ya no se repetirá; otra en 1994, que empezando por Méjico contagió a toda Sudamérica ; y la última en 1997, que empezó en Tailandia y contagió a la mayor parte de Asia, Rusia, países del Este y Brasil.

En lo que a innovación financiera se refiere se ha pasado de los préstamos, obligaciones y acciones a, entre otros, productos derivados de un activo subyacente como futuros, opciones y

swaps. Y aquí hemos de señalar dos características importantes: la innovación ha permitido un gran apalancamiento de las entidades financieras, con lo que ha crecido el riesgo, y la tecnología que permite que el inversor pueda entrar y salir de los mercados con asombrosa rapidez ha aumentado la volatilidad. Añadamos a lo dicho la componente irracional del inversor en situaciones de incertidumbre, la cual propicia un contagio cada vez mayor de la crisis.

1. LOS “HEDGE FUNDS”

El proceso de innovación financiera fundado sobre la liberalización provocó la aparición de nuevos mercados y de nuevas instituciones, lo que multiplicó las oportunidades de arbitraje permitiendo así a los inversores el poder elegir la forma más ventajosa en lo que a colocación o especulación se refiere.

Entre esos nuevos mercados es, sin duda, el de productos derivados el que ha experimentado un mayor crecimiento ya que con un volumen de 135 billones de dólares en 2001 se colocan en primer lugar. Entre 1990 y 2001 crecen un 225% destacando sobre todos el crecimiento de los mercados no organizados.

Es notorio el importante papel que en los últimos años desempeñaron los *hedge funds*, instituciones financieras que pueden acceder a un alto nivel de apalancamiento, es decir, asumir temporalmente el control de activos que en total son muy superiores a su patrimonio.

En principio, el *hedging* trata de asegurar que las fluctuaciones del mercado no le produzcan pérdidas, pero lo que hacen los *hedge funds* es provocar la mayor fluctuación posible en el mercado que es la que posibilita mayores beneficios. Como dice Krugman, la forma de hacerlo es “ ir corto en algunos activos – esto es, prometer entregarlos a un precio fijado en alguna fecha futura – e ir largo en otros. Los beneficios se obtienen si cae el precio de los activos cortos (de manera que pueden entregarse a un precio barato) o aumenta el de los activos adquiridos, o ambas cosas a la vez.”¹

Hasta la crisis de uno de estos fondos, el Long Term Credit Management (LTCM), la mayoría de la gente no había oído hablar de los *hedge funds*, y, sin embargo, estos han sido los que más han actuado en todas las crisis de la década de los 90. Naturalmente no nos estamos refiriendo a todos los *hedge funds*, sino a un pequeño grupo que actúa en los mercados internacionales y que tienen un acceso casi ilimitado al crédito de los mayores bancos

¹ Ir largo es estar en posición de ganar si el precio aumenta, que es lo que hace un inversionista que compra un acción, e ir corto es situarse en posición de ganar si el precio baja. Para vender un valor corto hay que tomar en

americanos; son fondos que apenas están regulados, que en alguno la inversión mínima para entrar en él es de 10 millones de dólares y con domicilios legales en paraísos fiscales que entorpecen el poder interferir en sus negocios.

Se pueden utilizar los derivados en divisas para protegerse del tipo de cambio y también para especular. Tomemos el ejemplo que nos ofrece Gowan. Un agente inglés puede tener negocios en Francia por algún tiempo. Si la cotización de la libra es de 10 francos por libra podría ocurrir que en tres meses la libra cayese a 5 francos. Comprar productos franceses en ese momento le costaría el doble al agente inglés de lo que le costaba antes de la devaluación de la libra. Sin embargo, en el mercado de derivados el agente pagando una comisión al banco firma un contrato de opciones que le den derecho, y no la obligación, de comprar francos a 9,5 francos la libra. Si la cotización se mantiene en 10 francos la libra el agente perderá la comisión pagada y se deshace la operación, pero si la libra desciende a 6 francos el agente ejercita la opción y compra 9,5 francos por libra. De esta forma el mercado de derivados asegura al agente de alguna forma y, por lo menos, sus pérdidas son mínimas.

El especulador de los *hedge funds* se puede aprovechar de estos mercados si los fondos que pueda pedir prestados son grandes en relación con el tamaño del mercado, ya que entonces puede influir alterando los precios de mercado y conseguirá que otros especuladores sigan su ejemplo, con lo que la alteración de los precios es mayor que la debida a la actuación del primer especulador. Posteriormente éste último puede abandonar su posición y recoger beneficios.

El procedimiento es el mismo que en el primer caso excepto que el especulador firma contratos a plazo de gran volumen para vender libras a 9,5 francos en el plazo de un mes: el montante es de 10.000 millones de libras y por estas paga una comisión al banco. Nuestro especulador espera que se acerque el fin de mes y, rápidamente, pide prestadas libras en cantidad y empieza a venderlas al tipo de cambio vigente. Ante esa cantidad de venta la libra cae un 3% frente al franco. En ese momento otros especuladores hacen lo mismo y la libra cae otro 3%. Entonces nuestro especulador vuelve a pedir más libras y las vende. Todos se dejan llevar y la libra cae otro 10%. Cuando vence el contrato a plazo, el especulador ejecuta su opción y vende 10.000 millones de libras a 9,5 francos por libra, luego compra libras al tipo de cambio actual de 5 francos por libra, devuelve las libras que pidió prestadas y se lucra con la diferencia. La consecuencia mala es la crisis de la libra en el mercado financiero, lo cual tendrá luego repercusiones en la economía real.

préstamo el valor del que lo tiene de forma que pueda venderse y luego recomprarse más barato, a fin de poder devolverlo al que lo prestó.

No es ninguna exageración el ejemplo que acabamos de exponer. Aunque la operativa de fondos tales como el LTCM, el Quantum Fund de G. Soros o el Tiger Fund de J. Robertson están rodeadas de gran secreto, el FMI aventuró que estos fondos pueden pedir prestado veinte veces su capital, mientras que Soros admitió que podía darse una relación de 1 a 50 y el LTCM confesó haber pedido prestado 250 veces sus fondos propios.

Nos dice Gowan que se supone que los fondos más importantes disponían de 300.000 millones de dólares, si pidieron 100 veces su capital estamos en un apalancamiento de 30 billones de dólares. Si, como es el caso, cinco o seis de estos fondos suelen actuar conjuntamente resulta que entre ellos son capaces de mover recursos por un valor superior al PIB de los países ricos de tamaño medio pertenecientes a la OCDE.

2. EL LONG TERM CREDIT MANAGEMENT

En 1998 Rusia ya se había contagiado con la crisis asiática, y las oportunidades de hacer buenos beneficios en los mercados se habían restringido hasta el punto de que algunos *hedge funds* empezaron a devolver dinero a sus inversionistas alegando que no podían ofrecer la rentabilidad esperada. Sin embargo otros intentaron obtener la rentabilidad deseada a base de ampliar aún más su base de actuación, tomando posiciones arriesgadas pero que se supone bien estudiadas para minimizar las posibles pérdidas.

Algún fondo apostó por la deuda rusa y cuando este país decidió no pagar las pérdidas fueron importantes. En las posiciones cortas del fondo los prestamistas exigen la devolución de los activos, pero el fondo no los tiene por lo que debe recomprarlos y para ello debe vender otros activos. Al tratarse de un gran especulador sus ventas generan una baja en los precios de los activos que está vendiendo. Entonces otro fondo, que también tiene activos de ese tipo, está perdiendo dinero. Este último también se ve obligado a vender activos para cubrir sus cortos, lo cual afectará a un tercero, y así sucesivamente. El LTCM se vio ante una situación de falta de liquidez y de no poder pagar lo que debía. Ante la importancia de esta entidad, y el riesgo sistémico que podía ocasionar, el FED de Nueva York consiguió que un grupo de inversores privados tomara el control del fondo.

Para darse cuenta de la importancia del LTCM subrayemos que la confianza de los inversores hacía que no preguntaran si la empresa tenía capital suficiente para ser solvente. Este fondo pudo movilizar 650.000 millones de dólares, es decir 250 veces su capital de 2600 millones. También contaba con los principales bancos de inversión americanos y con la *Union de*

Banques Suisses, además de con dos Premios Nobel que garantizaban los adecuados estudios económicos.

El LTCM nació como consecuencia de la unión de tres personas:

- M. Scholes, que aportó la famosa fórmula de Black-Scholes (Black ya había muerto),
- R. Merton, que aportó su teorema según el cual el precio de una opción es una función creciente del riesgo (la volatilidad de una acción, su capacidad de cambiar mucho alrededor de un precio medio, acrecienta el precio de la opción ante los ojos del especulador, como nos dice Maris) y
- D. Mullins, ex vicepresidente del Banco de Reserva Federal, que aportó su experiencia bancaria.

3. EL MODELO BLACK-SCHOLES

En 1973 se dio a conocer una fórmula que desde entonces se convirtió en la base de la teoría y la práctica de las opciones financieras. Esta fórmula es importante porque permite una valoración racional de las opciones y lleva el nombre de los dos profesores que la propusieron: F. Black y M. Scholes.

Dicha fórmula fue muy bienvenida y oportuna porque en ese mismo año se empezaron a negociar las opciones y futuros en el Chicago Board of Trade de productos agrícolas. Una opción *call* europea, por ejemplo, es un contrato que permite a su poseedor comprar una acción (activo subyacente) a un precio de ejercicio (*strike price*) en una fecha futura determinada (vencimiento). El problema está en cuanto estaría dispuesto a pagar el comprador por esa opción *call*.

Merton, también en 1973, publicaría su conocido artículo “*The Theory of Rational Option Pricing*” en el *Bell Journal of Economics and Management Science*, donde desarrolla un modelo que permite valorar opciones de venta americanas (las que se pueden ejecutar sin esperar el vencimiento).

Black, Scholes y Merton tuvieron en cuenta sus conocimientos de Física y Economía para la valoración de opciones. La investigación empírica había puesto de relieve que era matemáticamente muy difícil de predecir el cambio de los precios en el futuro, de modo que se acogió con calor la “hipótesis del paseo aleatorio” (*random walk*). Esta teoría, que se empleaba en estadística desde principios del siglo XX, decía que la secuencia de los cambios en la cotización de un título se comporta como una variable aleatoria independiente e idénticamente distribuida. Ya en la definición tenemos el primer inconveniente, pues si los

cambios en las cotizaciones son independientes unos de otros, de poco nos sirve la acumulación de datos históricos a la hora de predecir la evolución futura de un título.

En los años sesenta se publicó un estudio donde se mostraba la gran semejanza entre los cambios de las cotizaciones bursátiles y la ley física que rige los movimientos de pequeñas partículas en suspensión (movimiento browniano).

Para la obtención de su modelo, Black-Scholes-Merton utilizaron el movimiento browniano geométrico (la exponencial de un movimiento browniano) y la teoría avanzada del cálculo estocástico de Ito (la integral estocástica se construye con la ayuda de sumas aleatorias auxiliares igual que una integral ordinaria se construye con la ayuda de sumas auxiliares). De ésta manera se construye una hipotética cartera de valores en la que los riesgos de los activos, acciones y opciones, se neutralizan, con lo que se tiene una cartera exenta de riesgo. En otras palabras, el vendedor (asume la obligación de entregar el número especificado de acciones al precio establecido cuando se ejerza la opción) de una opción *call* europea (un banco) no esperaba pasivamente la fecha de vencimiento, sino que obrando racionalmente invertiría la misma cantidad en un título sin riesgo, de forma que el valor de la cartera al vencimiento fuera el mismo que el de la opción al vencimiento (cobertura). Si este último precio fuera superior el que tomó la opción ganará dinero, es por lo que la cantidad que el vendedor invirtió en un título de cobertura se presenta como el precio lógico de la opción. El modelo de Black-Scholes-Merton permite que comprador y vendedor (emisor de la opción) de un derivado adecuadamente valorado, cubran riesgos futuros debido a la incertidumbre del movimientos de los precios.

Este modelo se presenta como una fórmula analítica, según Fontecha y De Cristobal, para el valor de hoy (t) de una opción de compra europea, c , con strike K y fecha de expiración T , emitida sobre un activo de precio S :

$$c = SN(x) - \frac{K}{(1+r)^{T-t}} N(x - s\sqrt{T-t})$$

$$x = \frac{\ln\left(\frac{S}{K/(1+r)^{T-t}}\right)}{s\sqrt{T-t}} + \frac{s\sqrt{T-t}}{2}$$

Donde r es el tipo de interés al que se puede prestar o tomar hasta el vencimiento y sigma es la volatilidad de los rendimientos del activo durante la vida de la opción. Si todas las variables son conocidas excepto la volatilidad, el mercado de opciones es un mercado donde lo que se negocia es la volatilidad futura del activo subyacente.

Una vez conocida la fórmula exacta para la prima de la opción se pueden calcular los valores de las letras griegas (delta, gamma, kappa, rho, theta), que no se refieren sino a diversos riesgos que pueden darse ante el cambio de alguna variable. El riesgo delta, por ejemplo, tiene que ver con la sensibilidad de la prima de la opción ante cambios en el precio del activo subyacente. Matemáticamente, como dice Durán, sería la primera derivada del precio de la opción con respecto al precio del subyacente.

Si lo expresamos en un ratio, que estaría comprendido entre cero y uno, tendríamos:

$$\text{Delta} = \frac{\% \text{ de variación en la prima}}{\% \text{ de variación en el tipo de cambio spot}}$$

Si consideramos la derivada, el valor de Delta sería el número de unidades del activo subyacente que deberíamos tener en cartera para responder a la variación de la opción.

Las principales hipótesis en las que se basa el modelo son:

1. El comportamiento del precio de las opciones corresponde al modelo log-normal.
2. No hay costes de transacción o impuestos.
3. Todos los activos financieros son perfectamente divisibles.
4. No hay dividendos sobre las acciones durante la vida de la opción.
5. El mercado es de negociación continua.
6. Los inversores pueden pedir o prestar al mismo tipo de interés libre de riesgo.
7. El tipo de interés libre de riesgo es conocido y constante durante la vida de la opción.

El mundo que se ha construido con este modelo es, evidentemente, una idealización del mundo financiero real. Existen algunas características de los datos financieros, por ejemplo, que no están de acuerdo con las características del movimiento browniano (citamos a Valderas, Alba y Olmedo):

- Las variaciones de los precios de los activos no parecen tener una distribución estacionaria, sino que se dan períodos de mucha variación seguidos de períodos más estables. En el movimiento browniano la variación de los precios en intervalos de duración constante está equidistribuida.
- La variabilidad no sólo no es constante sino que cuando ésta es alta los precios no se encuentran aislados, sino concentrados temporalmente.
- La característica anterior de los precios financieros está muy relacionada con el hecho, visto anteriormente, de que las variaciones de los precios presentan cierta dependencia que no desaparece sino muy lentamente. El movimiento browniano tiene incrementos independientes, lo que significa que la variación de un período no está relacionada con la del período anterior.
- Empíricamente se constata que variaciones grandes de los precios aparecen con más frecuencia de la esperada, por lo que habría que utilizar modelos con mayor variabilidad en los precios que la que proporciona la distribución gaussiana que define el movimiento browniano.
- En los mercados financieros se dan grandes discontinuidades a tenor de lo que ocurra, por ejemplo, con la política económica o con los rumores. Son mercados muy sensibles que presentan discontinuidad en el comportamiento, lo que los hace muy volátiles, mientras que las trayectorias en el movimiento browniano son continuas.

El modelo de mercado que consideran Black-Scholes-Merton es eficiente, se da la competencia perfecta, o sea, que hay información perfecta. Pero sabemos que en un mercado financiero subsiste siempre un riesgo irreductible, sistémico, incalculable e imprevisible. Como nos dice Merton, Merton y Scholes construyeron un modelo sin riesgo a partir de un mercado con riesgo irreductible. Apostaron a que las cotizaciones, como en todo mercado perfecto, volverían espontáneamente al equilibrio que propone la ley de la oferta y la demanda. El hecho de sostener que una emisión de acciones podía hacerse con riesgo nulo parece una contradicción, cuando estamos hablando de un mercado especulativo donde la ganancia no existe sin riesgo; sin incertidumbre no habría mercado ya que, por definición, para que haya mercado se necesita que comprador y vendedor tengan expectativas contradictorias.

Las fórmulas matemáticas pueden ayudar a tomar decisiones financieras, pero demasiada confianza en ellas puede llevar a decisiones erróneas que tengan graves consecuencias, no sólo para la empresa sino para las economías nacionales. Siempre hay que tener presente el “riesgo de modelo” ya que al tratarse de una simplificación de la realidad, su utilización

conlleva asumir ciertas desviaciones (Navarro y Nave) respecto del comportamiento real de las variables financieras.

Las variables financieras son, particularmente, muy dinámicas, así como sus relaciones, lo que provoca la obsolescencia de modelos que necesitarán ser cuestionados constantemente. Todo esto invita a preguntarse si nos encontramos ante un contexto de frecuentes cambios en los fundamentos estudiados o si la situación se debe a un déficit teórico que nos lleva a una utilización intensiva de los métodos cuantitativos para intentar capturar la fenomenología cambiante de los comportamientos de las variables financieras o ambas cosas a la vez.

4. ENSEÑANZAS DE LAS CRISIS

La relación entre el proceso de innovación y la inestabilidad financiera fue abordado por Merton y Bodie en el artículo “*A Conceptual Framework for Analyzing the Financial Environment*”, publicado en 1995 y citado por Ontiveros, donde no sólo se habla de la desestabilización que la innovación financiera ocasiona sino que se le atribuye un efecto amortiguador. No son de extrañar, pues, los errores que cometió el LTCM durante su gestión inmerso en la crisis del sudeste asiático y su quiebra con el contagio de Rusia. Adoptó grandes riesgos de apalancamiento pensando que los precios del mercado volverían a su patrón histórico a lo largo del tiempo, de forma que su caída es el mejor ejemplo de las implicaciones adversas que tiene ese nuevo contorno, al permitir esa toma de posiciones así como a dificultar la valoración financiera de los instrumentos que se intercambian en ese mercado.

El alcance de las crisis sorprendió a los agentes involucrados en ellas ya que, como dice Soros, varios desequilibrios latentes y aparentemente no relacionados se activaron y su interacción desencadenó un proceso lejos del equilibrio con unos resultados muy exagerados en relación con las causas que los motivaron. El funcionamiento del sistema económico capitalista, según la teoría económica, se basa en el equilibrio de los mercados financieros (como en los demás mercados) en el sentido de que si se los deja en libertad tienden al equilibrio; a pesar de que puedan alterarse por conmociones exógenas intentarán volver a la posición de equilibrio. La experiencia reciente lo que nos muestra es que se dan constantes desequilibrios los cuales, merced al contagio, han ido alcanzando una economía tras otra. Es más, el hecho de que la crisis asiática no se circunscribiera a Asia, sino que alcanzara a Rusia y Brasil, parece probar que la fuente principal de inestabilidad está en el propio sistema financiero mundial.

Tanto las autoridades como los agentes que actúan en los mercados son incapaces de evaluar la complejidad de los riesgos que la innovación y las nuevas tecnologías producen, lo que crea una gran incertidumbre en el sistema. Esto propicia el comportamiento seguidista o de rebaño que tienen los inversores no informados respecto de los que ellos consideran que sí están informados, lo que supone la ineficiencia de los mercados desde el punto de vista de la información. Es evidente que los prestatarios tienen ventaja de información con respecto a los prestamistas porque ellos saben lo que realmente piensan hacer con los recursos obtenidos, pero este tipo de información asimétrica puede tener consecuencias que afectan negativamente a la eficiencia del mercado, como puede ser el problema de la selección adversa.²

Esta situación de incertidumbre en los mercados provoca un comportamiento irracional por parte del inversor. El caso de la burbuja especulativa es clarificador: puede que se considere racional el comprar activos financieros, aunque todos piensen que están muy caros, si se cree que seguirán subiendo. Y dos ejemplos los tenemos en a) la subida de la bolsa de Nueva York a pesar de la advertencia de A. Greenspan, presidente del FED, en 1996 advirtiéndole sobre su exuberancia irracional, pero que siguió subiendo unos años más, y b) cuando a pesar de la creencia de que las acciones de las empresas relacionadas con Internet estaban caras muchos siguieron comprando con la esperanza de que la burbuja continuara.

El mismo Greenspan comentó, ante la caída de la bolsa en Octubre de 1987, que no existe ningún escenario racional que pudiera explicar el bajón de la bolsa en un 20% en un solo día. Por tanto, como dice De la Dehesa, “lo que queda claro es que, incluso en los mercados supuestamente más eficientes como la bolsa norteamericana, la dinámica de las grandes y abruptas variaciones de los precios no puede ser explicada por los modelos racionales de eficiencia de los mercados financieros”.

Todo lo anterior nos lleva a concluir diciendo que los mercados financieros son inherentemente inestables, porque se basan en expectativas, y que la nueva arquitectura financiera mundial tardará en instaurarse, lo que significa que pueden haber más crisis financieras. No se trata de ir contra la globalización financiera sino de construir un mercado mundial en orden.

En este sentido, y mientras tanto, nuevas herramientas metodológicas nos pueden ayudar a conocer un poco más nuestra realidad a fin de intentar evitar los grandes errores cometidos, y

² Es el problema que se da cuando el prestamista tiene dificultades para saber si el riesgo del prestatario es bueno o tiene un riesgo elevado, entonces dará el préstamo según una calidad de riesgo media entre el bueno y el malo,

no por cualquiera sino por una institución, que hemos tomado como ejemplo, que mereció la absoluta confianza del inversor.

5. LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

A finales del siglo XIX y principios del XX empezó a desarrollarse el tratamiento de la información siguiendo la lógica booleana-máquina de Turing lo cual es la base de lo que hoy conocemos como sistema de proceso digital. Es evidente que este esquema ha significado un enorme progreso en este campo, sin embargo no deja de presentar problemas a la hora de tratar el mundo real, es decir un mundo donde la información es masiva, imprecisa y distorsionada.

En este sentido, y con el fin de acercarse un poco más a la realidad, se han diseñado modelos alternativos como los algoritmos genéticos, las redes neuronales y la lógica borrosa. De ellos, son los dos últimos los más utilizados y los más conocidos. Estos modelos se engloban en lo que se conoce como “inteligencia artificial”, es decir, el intento por descubrir y describir aspectos de la inteligencia humana que pueden ser simulados mediante máquinas.

Lo que tienen en común estas nuevas técnicas es la inspiración que obtienen de las soluciones que la naturaleza ha encontrado en el tratamiento de ese tipo de información al que nos estamos refiriendo, una vez copiadas estas soluciones en sistemas artificiales esperamos que contribuyan a la solución de grandes problemas tecnológicos (como ya lo han demostrado) y también de problemas económicos, entre otros, sobre todo en los financieros.

El algoritmo genético permite obtener soluciones a un problema que no tiene ningún método de resolución descrito de forma precisa o cuya solución exacta es demasiado complicada para ser obtenida en un tiempo aceptable. Es el caso particular de cuando se encuentran restricciones múltiples y complejas, e incluso contradictorias, que deben ser satisfechas simultáneamente. Esta técnica es interesante porque, aunque necesita un gran poder de cálculo, posee la inmensa ventaja de proporcionar soluciones no muy lejos del óptimo incluso sin conocer métodos de soluciones. El algoritmo genético no exige ningún conocimiento acerca de la manera más idónea de resolver un problema, lo que si es necesario es la capacidad de evaluar la calidad de una solución.

Los algoritmos genéticos se han utilizado, por ejemplo, para predecir la bancarrota de una empresa, de forma que se pueda decidir si la empresa tiene suficiente capacidad financiera

con lo que el bueno paga más interés del que debiera. Este podría abandonar el mercado, quedándose sin financiar los buenos proyectos.

como para absorber un préstamo a fin de concedérselo o no concedérselo; los resultados fueron un 15% mejores que los logrados aplicando los métodos tradicionales. También se utilizó el algoritmo genético para determinar la asignación del presupuesto gubernamental de un estado, en el sentido de inferir reglas que indicaran cuales eran las mejores decisiones sobre la asignación de recursos sobre la base de varios años de información histórica.

Las redes neuronales son una forma de emular una característica propia del ser humano: la capacidad de memorizar y asociar hechos. No son más que un modelo artificial y simplificado del cerebro humano, que es el ejemplo más perfecto del que disponemos de un sistema capaz de adquirir conocimiento a través de la experiencia. La red neuronal es diferente de una máquina algorítmica clásica ya que la primera no se programa, se “educa”. La red es capaz de retener y asociar el conocimiento siguiendo una regla de aprendizaje, esto la hace ideal para encontrar relaciones entre variables, incluso las que nosotros no vemos ni sospechamos, con la ventaja de que deshecha aquellas relaciones que no sigan el patrón, es decir que sigue siendo útil aún con la presencia de “ruido” en los datos.

La red neuronal está siendo empleada por Visa International para la detección de fraudes, cubriendo unos 40 millones de tarjetas emitidas por 5 bancos canadienses y 10 norteamericanos. Este sistema, el *Cardholder Risk Identification Service*, le ahorró a Visa International 40 millones de dólares durante los primeros 6 meses de operación.

También se ha usado la red neuronal para predecir la clasificación de bonos de una empresa, es decir, para estimar la capacidad de una compañía de poder reembolsar estos bonos con el interés correspondiente. La red fue capaz de efectuar predicciones con una precisión del 82%.

La lógica borrosa o difusa es una forma de razonamiento que incorpora criterios múltiples para tomar decisiones y valores múltiples para evaluar posibilidades. En lógica dicotómica se espera derivar una solución decidiendo por un si o un no si cada una de las restricciones o parámetros es verdadero o es falso, mientras que en lógica borrosa es admisible usar una escala de condiciones (restricciones) y matices (flexibilidad) en los valores numéricos. En el intervalo $[0..1]$ puede haber cualquier valor de verdad, sin necesitar ser un número entero. Por ello está menos interesada en la verdad que en la aproximación a la verdad, en la facilidad práctica. Por ejemplo, el agua no presenta tan sólo dos estados, caliente o fría, como diría la lógica booleana, sino más bien gélida, fría, templada, caliente o quemando. Como generalización de las reglas de la lógica booleana, base de nuestros sistemas digitales, los sistemas borrosos utilizan un razonamiento aproximado similar al desarrollado por el cerebro.

La lógica borrosa es utilizada por el Fuji Bank para efectuar transacciones con bonos a corto plazo, estimándose en 770.000 dólares mensuales la ganancia del banco con esta técnica.

También se utiliza en la detección de fraudes en el sector de salud de los Estados Unidos, el cual tiene unas pérdidas estimadas en un 10% de los 650.000 millones de dólares que éste país gasta anualmente en servicios médicos.

La lógica borrosa es particularmente aplicable en situaciones de incertidumbre (cálculo del tipo de interés a futuro) y cuando se manejan variables cualitativas (comportamiento del consumidor o inversor).

De hecho los sistemas neuronales o borrosos pueden predecir pautas borrosas del mercado de valores. Estos producen gran cantidad de datos que se pueden introducir en una red neuronal o en un sistema neuro-borroso o geno-borroso de forma que las pautas aprendidas pueden formar reglas y éstas formar un sistema borroso. Estas herramientas han conducido a nuevos modos de protegerse del riesgo en los mercados globales, porque indican cómo valorar el precio de los derivados (lo que pretendían Black, Scholes y Merton) o contratos de compraventa basados en diversos activos.

La economía mundial depende en gran manera de los derivados. De hecho han sustituido ampliamente al oro como forma de protegerse contra la inflación, y pueden ser útiles (como dice Kosko) para aminorar las fluctuaciones de los tipos de interés y de los tipos de cambio de las divisas cuando intentamos vender en el extranjero. Pueden producir también grandes beneficios o aniquilarnos a la velocidad de la luz. Es tanto lo que está en juego, que existe una demanda constante de nuevos instrumentos inteligentes y de ayuda para la toma de decisiones.

Las redes neuronales fueron las primeras en utilizarse en finanzas por ser más estadísticas, sólo había que pasar los datos de series temporales por la red neuronal y dejar que ésta captase los valores de un contrato.

Los analistas también han comenzado a utilizar sistemas borrosos y algoritmos genéticos para valorar el precio de los instrumentos financieros con riesgo. Estas aplicaciones van desde ayudar al inversor en la toma de decisiones hasta la búsqueda de valores óptimos, mediante los algoritmos genéticos, en contratos de futuros y opciones.

CONCLUSIONES

Del trabajo expuesto podemos sacar algunas conclusiones:

1ª. La teoría del equilibrio en economía viene de la analogía con la Física, el problema es que los objetos que ésta última contempla se mueven independientemente de nuestros pensamientos. Sin embargo los mercados financieros tratan de predecir un futuro que depende

de las decisiones de unos agentes que actúan en el presente. No hay reflejo pasivo de la realidad, sino que los mercados crean una realidad que a su vez actúa sobre el agente. Este mecanismo de retroalimentación hay que tenerlo muy presente a la hora de aplicar cualquier modelo.

2ª. La esencia de la inversión es prever o descontar el futuro y eso depende de unas expectativas que pueden ser irracionales, que pueden cambiar en cualquier momento alterando el resultado.

3ª. La experiencia de las crisis financieras nos enseña hasta que punto sería deseable una mayor compenetración entre la teoría y la práctica de los que actúan en los mercados.

4ª. La aplicación de un modelo que se considere suficiente debe someterse a revisión cada vez que la dinámica del mercado así lo aconseje.

5ª. Deben desarrollarse todas las técnicas que puedan prestar ayuda en la gestión de los instrumentos financieros como son los algoritmos genéticos, la lógica borrosa y las redes neuronales las cuales, por otro lado, pueden aplicarse conjuntamente dependiendo del problema a resolver. No son técnicas que suplanten a las tradicionales sino que son un complemento para ellas.

Y terminamos nuestras conclusiones con unos párrafos de Krugman tomados del libro “El retorno a la economía de la depresión”: “El análisis económico no es, o por lo menos se supone que no lo es, un conjunto de reglas que deban seguirse en toda ocasión; más bien se supone que es una manera de pensar, algo que permite ingeniar nuevas respuestas ante un mundo siempre cambiante. Lo que lo mantiene útil es precisamente el hecho de que los viejos modelos pueden servir para aprender nuevas estratagemas; que una comprensión básica de cómo, digamos, se producen las recesiones mostrará cómo salir de una depresión que no responde al tratamiento habitual.....no llegaremos a la comprensión de lo que necesitamos a menos que estemos dispuestos a pensar con claridad sobre nuestros problemas y a seguir esos pensamientos dondequiera que nos lleven. Algunas personas dicen que los problemas de Japón, del Asia emergente, de Brasil, son estructurales, y que no existe un remedio rápido; pero creo que los únicos obstáculos estructurales importantes para la prosperidad del mundo son las doctrinas obsoletas de las que están atiborradas las mentes de los hombres”.

BIBLIOGRAFIA

- Kosko, B. (2000): *El futuro borroso o el cielo en un chip*. Crítica, Barcelona.
- Coello, C. y Castillo, G. (1998): Uso de técnicas de inteligencia artificial para aplicaciones financieras. <http://www.lania.mx/spanish/actividades/newsletters/1988-otono-invierno/tecnicas.html> [Consulta 12 de Marzo de 2002]
- De Juan, O. y Febrero, E. (coor.) (2002): *La fragilidad financiera del capitalismo*. Ediciones de la Universidad Castilla-La Mancha
- De la Dehesa, G. (2000): *Comprender la globalización*. Alianza, Madrid.
- Durán, J. J. (1997): *Mercado de divisas y riesgo de cambio*. Pirámide, Madrid.
- Fontecha, E. y De Cristóbal, L. (1998): “Los mercados de opciones” en Sánchez, J. L. (dir): *Curso de bolsa y mercados financieros*. Ariel, Barcelona.
- Gowan, P. (2000): *La apuesta por la globalización*. Akal, Madrid.
- Guitián, M. y Varela, F. (coor) (2000): *Sistemas financieros ante la globalización*. Pirámide, Madrid
- Krugman, P. (1999): *El retorno de la economía de la depresión*. Crítica, Barcelona.
- Martín , B. y Sanz, A. (2001): *Redes neuronales y sistemas borrosos*. Ra-Ma, Madrid
- Maris, B. (2001): *Carta abierta a los gurúes de la economía que nos toman por imbéciles*. Granica, Barcelona.
- Ontiveros, E. (2000): Globalización financiera y soberanía económica. *Moneda y Credito*, nº 210, Madrid.
- Palacios, J. A. (1998): “Introducción al análisis técnico o gráfico. La teoría del paseo aleatorio” en Sánchez, J. L. (dir): *Curso de bolsa y mercados financieros*. Ariel, Barcelona.
- Soros, G. (1999): *La crisis del capitalismo global*. Debate, Madrid.
- Valderas, J. M., Alba, J. M. y Olmedo, E. (2002): Modelización estocástica en los mercados financieros: un puente entre lo simple y lo complejo. *Encuentros Multidisciplinares*, nº 12, vol 4, Madrid.
- Valero, F. (1988): *Opciones en instrumentos financieros*. Ariel, Barcelona.
- Villalón, J. y Martínez, J. (1998): Métodos modernos de valoración de instrumentos financieros. *Documento de trabajo, Universidades de Valladolid y La Coruña*.