

# TÉCNICAS DE PREDICCIÓN BOLSISTA. DENDE A TEORÍA DE DOW ATA AS REDES NEURONAIAS ARTIFICIAIS

MARCOS MAILLOC LÓPEZ DE PRADO Y LÓPEZ  
Departamento de Fundamentos da Análise Económica  
Facultade de Ciencias Económicas e Empresariais  
Universidade de Santiago de Compostela

*Recibido:* 13 febreiro 1998

*Aceptado:* 3 abril 1998

---

**Resumo:** A finalidade deste traballo é a exposición comparativa das diversas técnicas de predicción de rendementos bolsistas que foron deseñadas nos dous últimos séculos. Así mesmo, descríbese a súa estrutura e funcionamento básico dun xeito conciso. O principio, estes métodos evolucionaron mediante "proba e erro", reaxustándose á vista dos problemas que foron xurdindo. Con todo, a medida que a realidade se torna máis complexa e inestable, a un ritmo crecente, as construcións teóricas que permiten ou axudan á toma de decisións racionais describen, cada vez con máis dificultade, ese comportamento real. De feito, a súa efectividade aínda está en cuestión. A bibliografía recolle as referencias concretas nas que o lector interesado pode atopar un maior desenvolvemento.

**Palabras Clave:** Análise fundamental / Análise técnica / Especulación / Inversión / Mercados eficientes / Paseo aleatorio / Predicción / Rendemento / Valor intrínseco / Volatilidade.

## TECHNIQUES FOR STOCK MARKET PREDICTION. FROM THE DOW THEORY TO THE ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

**Summary:** Our purpose in this paper is to achieve a comparative exposition of the several forecasting techniques of Stock Market returns that were designed during the last two centuries. In every case, the structure and the basic performance are pointing out briefly. At the beginning, these methods evolved by way of "trial and error", being readjusted according to the problems arisen. However, as reality becomes more and more complex and unstable, at a growing rate, theoretical constructions that permit or help to take rational decisions describe, every time with more difficulty, that real behaviour. In fact, its effectiveness still remains to be seen. In the bibliography are resumed the concrete references where the reader can find a deeper development.

**Keywords:** Fundamental analysis / Technical Analysis / Speculation / Investment / Efficient markets / Random walk / Prediction / Returns / Intrinsic value / Volatility.

---

## O MUNDO DOS MERCADOS FINANCEIROS

Non será mester lembrarlle ó lector a crecente importancia que están adquirindo os mercados de valores nas economías capitalistas. Esta tendencia non é nin moito menos nova. Dende a aparición das primeiras bolsas en Flandes, alá polos albores do século XVII, estas prazas desempeñaron un papel central para o correcto funcionamento dos sistemas financeiros. A historia referenda esta opinión cando nos describe as devastadoras consecuencias dos sucesivos *crashes* bolsistas.

Moitos son os atractivos que presentan estes mercados, aínda que poderíamos reducilos a tres. O primeiro, por suposto, a posibilidade de obter riqueza sen xera-

la, isto é, detraéndoa da *economía real* ou *non especulativa*<sup>1</sup>. O segundo, o risco implícito a este xogo, que para algúns constitúe unha parte máis dos seus dividendos. Por último, os seus arcanos, dotados dunha complexidade capaz de degradar, nunha soa sesión, os máis doutos ó rango de leigos. Así nolo advertiu Joseph de la Vega, ese mítico xudeu cordobés que á idade de 38 anos publicou en Amsterdam, polo 1688, un libro titulado "*Confusión de confusiones. Diálogos entre un Philósopho agudo, un Mercader discreto y un Accionista erudito. Describiendo el negocio de las acciones, su origen, su etimología, su realidad, su juego y su enredo*".

A literatura escrita acerca deste tema, dende o século XVII ata agora, foi tan copiosa coma variada e desconcertante: recolle as máis complexas formulacións teóricas, sen menospreza-las simples sentencias a modo de consello (ou advertencia). O propósito deste artigo é facer un breve repaso das metodoloxías máis coñecidas en materia de análise bolsista, así como estudia-los avances máis recentes no campo da análise financeira.

## TAXONOMÍA DAS TÉCNICAS DE PREDICCIÓN BOLSISTA

Podemos clasificar estas metodoloxías en función da aplicación conxunta de dous criterios: o grao de coñecemento do mercado que se lle esixe ó seu usuario e a súa afinidade respecto da *teoría do paseo aleatorio*. De menor a maior, son como seguen:

- Análise técnica bolsista ou chartista (ATB).
- Análise fundamental de series estatísticas (AFSE) ou análise cuantitativa.
- Análise fundamental de estados financeiros (AFEF), económico-financiera, de balances ou valoración intrínseca de activos.

Debemos matizar que, realmente, estes dous criterios son en certa medida *substitutivos*. A teoría do paseo aleatorio afirma que a secuencia dos cambios na cotización dun título se comporta coma unha variable aleatoria independente e idénticamente distribuída. Isto sería tanto coma afirmar que, a falta de información adicional, a mellor predicción do prezo dunha acción para mañá é exactamente o prezo de hoxe. Esta teoría, intimamente vinculada á hipótese de eficiencia dos mercados financeiros, postula que os prezos recollen *en cada momento* toda a información dispoñible e, por conseguinte, resulta imposible obter resultados extraordinarios a partir da observación de datos que son *xa coñecidos*. De ser certo isto, carecerá de sentido tentar predici-los rendementos futuros dunha serie finan-

<sup>1</sup> Se o lector o desexa, pode pór esta última aseveración en corentena. Está fortemente asentado no imaxinario colectivo que o *especulador* é un axente egoísta que se dedica á rapina. Aínda que isto pode ser parcialmente correcto nalgúns casos contados, a verdade é que o *trader* cumpre co importante labor social de ofrecerlle liquidez ó mercado, así como contrarresta-los excesos irracionais do mercado en movemento. Ó igual que calquera outro axente do mercado, o especulador é un axente egoísta que persegue mover unha serie de recursos coa esperanza de obter un lucro individual. Como xa sabemos, a *man invisible* fai o resto: *privata vitia, publicae virtutes*.

ceira a partir das súas cotizacións pasadas. En consecuencia, deberemos recorrer a outro tipo de información distinta da que ofrece o propio mercado. De aí que digamos que a maior afinidade coa teoría do paseo aleatorio/hipótese de eficiencia, maior deberá se-la cantidade de información que debe manexa-lo analista financeiro<sup>2</sup>.

A AFEF esixe dispor de moitos datos, ferramentas, tempo e coñecementos, factores estes que en moitas ocasións o fan inviable. Ademais, presupón a existencia dun *valor intrínseco* para cada título que se pretende estimar para decidir se este se atopa infra ou sobrevalorado. Non obstante, debemos admitir que non sempre una acción cotiza ó seu valor real, isto é, que as leis da oferta e da demanda poden goberna-lo prezo dun xeito totalmente diferente ó proxectado pola AFEF. A ollos dun analista un título pode "merecer" cotizar a un determinado prezo, pero a verdade é que na cotización non só inflúen razóns obxectivas, senón tamén subxectivas<sup>3</sup>.

Por outra banda, os modelos chartistas son moi imprecisos, descansan nunhas hipóteses de partida moi restrictivas, son exclusivamente de curto prazo e carecen de soporte teórico.

A filosofía que inspira á AFSE é de índole conciliadora: Trátase de emprega-lo positivo da ATB (a súa capacidade para integra-la evolución inmediata do mercado) e da AFEF (a obxectividade do seu soporte científico), eludindo no posible os seus defectos (respectivamente, subxectividade e anquilosamento). Como resultado, obtense unha síntese válida tanto no curto coma no longo prazo, caracterizada pola versatilidade e rigorosidade das súas construcións.

Como podemos comprobar, non hai ningún método definitivo, o cal non fai senón introducir aínda máis incerteza no mercado máis volátil de cantos existen. Vexamos por qué.

## A TEORÍA DO PASEO ALEATORIO E A HIPÓTESE DE EFICIENCIA NOS MERCADOS FINANCIEROS

Segundo a hipótese de eficiencia nos mercados financeiros, o estudio da información subministrada polo propio mercado no pasado non permite obter benefi-

<sup>2</sup> A discusión respecto da eficiencia dos mercados financeiros e da factibilidade da teoría do paseo aleatorio merecería un tratamento moi profundo e extenso que, en todo caso, excede a extensión e complexidade previstas para este artigo. Polo de agora, só cómpre apuntar que, a pesar de existir moitos estudos que semellan darlle a razón á teoría do paseo aleatorio, ultimamente están sendo rebatidos segundo a evidencia empírica acerca de certas anomalías nos mercados que poden ser aproveitadas (en virtude da análise técnica e cuantitativa das series de datos históricos) para conseguir beneficios extraordinarios.

<sup>3</sup> Lémbrese a este respecto que, segundo J.M. Keynes, "*as fluctuacións nos beneficios dos investimentos existentes, que son obviamente de carácter efémero e non significativo, tenden a ter unha influencia no mercado excesiva e incluso absurda [...]*", en parte debido a que "*[...] alcanzamos un terceiro grao no que dedicámo-la nosa intelixencia a anticipa-lo que a opinión pública xeral espera que sexa a opinión xeral*". En J.M. Keynes (1936): *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*, pp. 153-155. México: Fondo de Cultura Económica. A *sobrerreacción* e o *leverage* dos mercados financeiros son tan *sui generis* que escapan a toda tentativa de predicción das AFEF.

cios extraordinarios, é dicir, superiores ós esperados de non contar coa dita información. Deste xeito, calquera tentativa de predición da futura evolución do mercado non dará resultado.

Neste contexto dicimos que un mercado é eficiente se:

- A información é transparente, gratuíta, simétrica e perfecta.
- Non existen custos inherentes á transacción.
- Os axentes do mercado son racionais e actúan en competencia perfecta.

Baixo estes supostos estableceuse un modelo de equilibrio no que existe un único prezo para cada activo, e que coincide co seu valor intrínseco. Se acontecen oscilacións arredor deste prezo de mercado, o modelo postula que deben obedecer a compoñentes residuais e asistemáticas (ergo, non anticipables). Nótese que, a pesar de que o beneficio extraordinario esperado para un investimento é nulo, o modelo admite a posibilidade de variacións temporais entre o prezo e o valor intrínseco, aínda que estas variacións son totalmente imprevisibles por construción.

Á vista dos requisitos de eficiencia enumerados, é paradoxal atoparse coa existencia de innumerables traballos, xa citados a pé de páxina, que non rexeitan a hipótese de eficiencia nos mercados financeiros. Busquemos unha xustificación.

A hipótese de eficiencia é formalizable, en termos de logaritmo dos prezos, coma un paseo aleatorio<sup>4</sup>:

$$\text{Log } P_t = \text{Log } P_{t-1} + \varepsilon_t$$

onde  $\varepsilon_t$  é unha variable aleatoria ruído branco, xa que  $E\varepsilon_t = 0$ :

$$\begin{aligned} R_t &= \text{Log } P_t - \text{Log } P_{t-1} = \varepsilon_t \\ ER_t &= E\text{Log } P_t - E\text{Log } P_{t-1} = E\varepsilon_t = 0 \end{aligned}$$

Obtemos que o rendemento extraordinario esperado é cero<sup>5</sup>. É máis, como acontece que normalmente existen custos de transacción, de acceso á información, etc., a actividade especulativa debería producir perdas sistemáticas. Esta conclu-

<sup>4</sup> A identificación entre Random Walk Theory e hipótese de eficiencia vén, precisamente, desta formalización. Para un maior tratamento véxase Granger e Morgenstern (1970).

<sup>5</sup> Nótese que falamos en todo momento de rendemento ou beneficio *extraordinario*: aquel que se obtén por un diferencial positivo na cotización, pero que non vén apoiado por un crecemento do Valor Intrínseco. Non pretendemos afirmar que a hipótese de eficiencia mantéña que as cotizacións oscilan en torno a un prezo constante no tempo, senón que, de non cambia-lo valor intrínseco do activo subxacente, a esperanza do prezo deberá coincidir con este valor. Por suposto, se se eleva o valor intrínseco, medrará a media da cotización e producirase un rendemento. Pero este rendemento é *ordinario*, xa que debería ser previsible pola propia construción da hipótese (é dicir, non é resultado dunha actividade netamente especulativa).

Así mesmo, cando nos referimos a rendemento esperado nulo ou esperanza matemática do beneficio nula, non negámo-la existencia de plusvalías a curto prazo. Tan só afirmamos que, como media, o rendemento é nulo ou, tamén chamado, *beneficio normal*.

sión é inaceptable á vista da cifra de negocio que tramitan diariamente as bolsas mundiais con móbiles puramente especulativos.

¿Onde podemos atopalo paso en falso? Ignacio Olmeda sostén que as técnicas empregadas tradicionalmente e que permitiron valida-la hipótese de eficiencia son de carácter lineal e incapaces de detectar estruturas non lineais na serie, a pesar de que estas existan. De feito, recentes estudos econométricos (Olmeda, 1997) demostran que a hipótese de paseo aleatorio é claramente insostible (sobre todo empregando ferramentas máis potentes cás técnicas habituais de Box-Jenkins)". Este autor propón unha aplicación denominada *función tenda* (V invertida), que non é máis ca un proceso autorregresivo dependente dun límite que ten sido proposto para modela-los cambios producidos nos sistemas de contratación, nos réximes de intervención en mercados de tipos de cambio ou nas relacións de arbitraje, e que son susceptibles de xerar series de observacións cun comportamento aparentemente aleatorio. A súa formulación é como segue:

$$\text{Log } P_t = 1 - |2\text{Log } P_{t-1} - 1|, \text{Log } P_0 \in [0,1]$$

O resultado é, cando menos, interesante: aínda que os coeficientes de correlación non son significativamente distintos de cero, as observacións non son en absoluto independentes, o cal conculca a hipótese de eficiencia. Este sinxelo exemplo demostra que as conclusións dalgúns estudiosos que conclúen a eficiencia dos mercados resultan, cando menos, precipitadas.

Por se fora pouco, súmase outra circunstancia de máis sinxela verificación cuantitativa: a presenza de continuas anomalías no mercado que permiten predicir-lo comportamento dos prezos. Entre os identificados, podemos comenta-los seguintes por ser especialmente salientables: *efectos xaneiro, tamaño, sobre-reacción, cambio de mes, intradía, fin de día, fin de semana, día festivo, composed leverage, cualificacións de value line, anuncios cuatrimestrais de beneficios, efecto per, valor de mercado/valor en libros*. Todas estas situacións, tan comúns nos mercados financeiros, xeran escenarios nos que a evolución recente das cotizacións permite prever a curto e medio prazo a súa tendencia futura e incluso establecer obxectivos mínimos para cumprir. Este tipo de dependencias das cotizacións poden ser explotadas con fins predictivos, derivándose deste comportamento estratéxico o perseguido *beneficio extraordinario* que a teoría *Random Walk* lle denegaba ó especulador.

Pero aínda admitindo a hipótese de eficiencia nun mercado nacional, quedaría outro aspecto pendente de analizar: a internacionalización dos mercados. En efecto, é posible que un mercado sexa eficiente dende un punto de vista nacional, pero resulta incuestionable que certos mercados, tomados nun contexto transnacional, perden tal hipótese. Detrás desta matización atopámo-lo argumento do *efecto do-*

*minó*, segundo o cal existen mercados periféricos dependentes da evolución inmediata dos centrais. Neste escenario, quizais sexa certo que a evolución dun mercado non depende da súa situación inmediatamente anterior, pero si da tendencia pasada do mercado de maior peso.

## ANÁLISE TÉCNICA BOLSISTA

Robert D. Edwards e John Magee, os máis sobresalientes estudiosos da ATB, definírona en 1948 coma "*a ciencia que se encarga de rexistrar, normalmente en forma de gráficos, a historia real das transaccións (cambios de cotizacións, volumes de negociación, etc.) para un certo valor ou índice de valores, deducindo despois a partir desta evolución gráfica a tendencia futura máis probable*" (Edwards e Magee, 1948). Polo tanto, a súa finalidade non é tanto predici-lo valor futuro dos títulos coma a súa tendencia máis inmediata.

### REPRESENTACIÓNS GRÁFICAS

Como se ten dito, a ATB precisa case que exclusivamente de catro tipos de datos das cotizacións para unha unidade temporal concreta (hora, sesión, semana, mes, etc.): valor de apertura (ou inicial), valor de peche (ou final), máximo, mínimo e volume de contratación expresado en número de títulos efectivamente intercambiados. Así poderemos construí-los gráficos de punto e figura, liñas, barras e velas. Cada un deles deberá ir acompañado por un estudio dos volumes de contratación que ratifique a fortaleza ou fragilidade dunha determinada tendencia. As abscisas poden ser de referencia intradía, diaria, semanal ou, como máximo, mensual<sup>6</sup>. As ordenadas poden ser de escala absoluta (subdivisións simétricas) ou de escala logarítmica (tamén coñecido como *Tekniplat*, ratio ou proporción que representa reversiones proporcionalmente equivalentes).

### PRINCIPIOS BÁSICOS

As premisas sobre as que descansa a ATB presupoñen que o mercado ofrece a suficiente información para poder predici-las súas tendencias<sup>7</sup>, que os prezos se moven seguindo unhas determinadas pautas máis ou menos alleas á situación económico-financeira do activo subxacente<sup>8</sup>, que estas pautas son basicamente invariables no tempo e, finalmente, que a secuencia dos cambios na cotización dun tí-

<sup>6</sup> A análise técnica bolsista non é aplicable a longo prazo, xa que nela imperan os factores reais sobre os especulativos. En consecuencia, canto menor sexa a amplitude das subdivisións do eixe das abscisas, maior será a representatividade dos prognósticos.

<sup>7</sup> Nun mercado libre e eficiente, case todo está descontado.

<sup>8</sup> A incidencia das anomalías do mercado bolsista son de tal magnitude que, no curto prazo, a cotización non se corresponde co valor intrínseco do activo.

tulo non segue a *Random Walk Theory*<sup>9</sup> (variable aleatoria independente e identicamente distribuída). Destes axiomas deriváanse tres principios básicos.

### A teoría de Dow<sup>10</sup>

Foi Charles H. Dow, creador do famoso índice Dow-Jones, o primeiro en facer unha notable contribución no campo da ATB. A teoría de Dow estudia a evolución das cotizacións en función de tres evolucións: a primaria, composta por ciclos de varios anos de duración; a secundaria, con ciclos de un a catro meses; a terciaria, cunha evolución intradía ou de varias sesións como máximo. Estes ciclos desenvólvense nun marco de tendencia alcista ou baixista, configurando liñas de resistencia e de soporte, figuras e relacións prezo-volume contratado. Os cambios de tendencia prodúcense cando a evolución *penetra* entre un 3-5% por debaixo do soporte ou por riba da resistencia (*tests de filtros*). Este fenómeno adóitase ver confirmado por movementos concordantes nos volumes de contratación, e na evolución media dos valores industriais e das empresas de transportes.

### O principio das ondas de Elliot

Baséase na serie de M. Fibonacci, matemático do século XIII. Esta serie é  $X_i = X_{i-2} + X_{i-1}$ , onde  $X_1 = X_2 = 1$ . Segundo R.N. Elliot, nas fases alcistas o mercado bolsista sobe nunha serie de tres ondas, á que lle segue unha serie descendente de dúas. Así pois, un ciclo completo vén configurado por cinco ondas, o cal configura tres cimas e dous vales. Á súa vez, cada un destes ciclos de cinco ondas (da serie alcista e baixista), pode estar composto por outros máis breves que tamén teñan cinco ondas. Elliot comprobou que o habitual era atoparse con ciclos alcistas completos de 144 movementos, dos cales 89 seguían a tendencia alcista e 55 eran correctivos. Nótese que 2, 3, 5, ..., 55, 89 e 144 son todos valores da serie de Fibonacci. Este procedemento recibe a crítica de non permitir investigar en qué fase do percorrido completo das ondas nos atopamos. (Frost e Prechter, 1983).

### A teoría da opinión contraria

Tamén chamada Odd-Lot Theory, débelle o seu nome ó estudio das transaccións de paquetes inferiores a 100 accións (Odd-lots). Presúmese que estes paquetes son propiedade de pequenos investidores, os cales cometen erros sistemáticos na xestión da súa carteira. Polo tanto, o correcto será facer todo o contrario que eles ou, o que vén a se-lo mesmo, o máis desaconsellable segundo os medios de comunicación.

<sup>9</sup> O mercado ten memoria e, polo tanto, estudando o pasado poderase preve-lo futuro. O activo reacciona dun xeito semellante ante as mesmas formacións gráficas.

<sup>10</sup> M.J. Pring, na páxina 21 da súa obra *Technical Analysis Explained*, expón os resultados dun estudio segundo o cal, actuando de conformidade cos sinais de compra e venda indicados pola teoría de Dow en *Wall Street*, un axente que investise 44\$ a principios de século tería acumulado 18.000\$ en 80 anos.

## A teoría do perfil do mercado

Esta nova teoría presenta un tratamento gráfico cada vez máis específico, polo que en moitas ocasións se fala de que a ATB se subdivide na escola chartista e na escola do *Market Profile*. Non obstante, recentemente atopouse unha ponte que comunica ámbalas escolas, xa que permite aplicar tódolos procedementos do Chartismo sobre os datos manipulados pola *Market Profile*. Consiste na descrición gráfica do grao de aceptación que presenta un prezo nun determinado mercado ó longo do tempo. Ademais, realízase unha análise dos volumes negociados, *Liquidity Data Bank*, co cal xa témo-los elementos indiscutiblemente caracterizadores da ATB: prezos e volumes. A operativa é, basicamente, a seguinte: Nun gráfico que ordena a información do mercado en atención ós prezos (ordenadas) e o momento no que a recibimos (abscisas), dividímo-la sesión bolsista en períodos idénticos (de aproximadamente 30 minutos), asignándolle de forma consecutiva e en sentido ascendente unha letra do abecedario. A medida que se desenvolve a sesión, confórmase o perfil de mercado do produto analizado para ese día. Como consecuencia, obteremos unha representación semellante a unha distribución normal, na cal se determina, ademais do prezo de apertura, máximo, mínimo e peche, cál é o prezo no que o mercado se mantivo por máis tempo (tamén chamado *prezo xusto*). Esta información adicional recibe un tratamento moi particular, tralo cal son aplicables tódalas técnicas chartistas sobre os datos finais do *Market Profile*. O referido tratamento consiste en considera-las distribucións cuasinormais do *Market Profile* coma gráficas de velas. (Steidlmayer, 1989).

## AS FIGURAS GRÁFICAS<sup>11</sup>

Divídense en dúas: figuras de tendencia e formacións.

### Figuras de tendencia

Son as liñas de tendencia, soporte e resistencia. Isto configura os chamados canais.

### Formacións

Subdivídense en sinais de cambio de tendencia, sinais de continuación de tendencia e sinais confusos. Caracterízanse porque durante a súa formación o volume debilítase, pero estala cando rompe coa liña de soporte ou resistencia.

#### *Sinais de cambio de tendencia*

- Dobre crista ou dobre val.
- Triple crista ou triple val.

<sup>11</sup> A bibliografía a este respecto é sorprendentemente extensa en inglés, mais a penas traducida ó castelán. Exponemos un exemplo dos títulos máis relevantes a modo enunciativo e non limitativo: Colburn (1984), Murphy (1987), Pring (1991) e Stewart (1988).

- Pratos ou fondos redondeados.
- Crista circular.
- Cabeza e ombreiros xeral e invertido.
- Buratos de rotura.
- Buratos de esgotamento.
- Inversión de illa.

#### Sinais de continuación de tendencia

- Triángulos rectos ascendentes e rectos descendentes.
- Bandeiras: danse coas tomas de beneficios. Inclínanse contra a tendencia.
- Bandeirolas, bandeiriñas ou gallardetes: O único xeito de distinguir un triángulo isósceles dunha bandeirola é que esta última se produce por tomas de beneficio. Por este motivo, adoitan vir acompañadas de notables descensos de volume.
- Cuñas: Inclínanse contra a tendencia.
- Buratos de continuación.

#### Sinais confusos

Son sinais confusos aqueles que non nos permiten distinguir a tendencia futura pero, unha vez confirmada esta, permítennos medi-lo obxectivo mínimo.

- Diamante: aínda que normalmente se considera unha figura de continuación de tendencia, ás veces anticipa un cambio de tendencia (especialmente o derrubamento).
- Ensanche: adóitanse considerar continuación de tendencia, pero na práctica totalidade vaticinan consecuencias baixistas.
- Triángulo isósceles: normalmente este tipo de formación implica continuación de tendencia, pero nalgúns casos implica un cambio de tendencia.

### INDICADORES TÉCNICO-ESTADÍSTICOS<sup>12</sup>

Constrúense cos mesmos datos cós gráficos, e serven para ratificar as tendencias e avisos anunciados polos charts. Cada un destes métodos é aplicable sobre datos *suavizados* en función dun factor corrector que, progresivamente, lles outorgue maior importancia ós últimos datos fronte ós primeiros.

#### Medias móbiles

Poden ser simples, ponderadas e exponenciais. En todo caso, o máis conveniente é empregar polo menos tres medias de distinta amplitude (curto, medio e longo prazo), para os efectos de ratificar os sinais de compra ou venda.

<sup>12</sup> Existe unha infinidade de indicadores técnicos de natureza moi diferente. Neste apartado limitáronos a mencionar algúns, sen describilos polo miúdo. Para unha maior aproximación, consúltense Achelis (1995), Brock, Lakonishok e LeBaron (1992), Curcio e Goodhart (1992), Levich e Thomas (1993), e Sweeney (1987).

## Regresións mínimo-cadráticas

Os MC son ordinarios ou xeneralizados.

## Osciladores

Avisan dos cambios de tendencia antes das medias e as liñas de resistencia e soporte. Tratan de identificar se un título está sobrevalorado ou infravalorado.

*RSI*, índice Welles Wilder ou de forza relativa

Cando está por riba do 70% indica venda. Por baixo do 30% indica compra. Entre o 30%-70%, está na zona neutra. A diverxencia entre a evolución do *RSI* e a do título mostra un sinal de cambio de tendencia. Exprésase como:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + \frac{AU}{AD}}$$

onde *AU* é a media de incremento de prezos de peche ó longo de 10 ou 15 sesións e *AD* é a media de decrecemento de prezos de peche ó longo de 10 ou 15 sesións.

*%R* ou oscilador de Williams

Se é maior do 80%, indica compra. Se é menor do 20%, venda. Recollémo-la súa expresión como:

$$\%R = 100 \frac{(A - U)}{(A - B)}$$

onde *A* é o prezo máis alto dos últimos 5 ou 20 días; *B* é o prezo máis baixo dos últimos 5 ou 20 días e *U* é o último prezo de peche.

Oscilador estocástico, G. Lane ou oscilador *%K*

Se é maior do 80%, mostra sinal de venda. Se menor do 20%, compra. Baséase en que, cando os prezos aumentan, o prezo de peche está cerca do máximo do día e viceversa. Coas mesmas notacións có oscilador de Williams, a súa expresión é a seguinte:

$$\%K = 100 \frac{(U - B)}{(A - B)}$$

## Momentum

Indica as velocidades das subidas ou baixadas na cotización. Serve para detectar sobrevaloracións ou infravaloracións e, polo tanto, tamén proporciona sinais de

venda ou de compra. Se o momento aumenta, é sinal de compra. Se o momento se reduce, é sinal de venda. Se o momento permanece constante, significa que a tendencia perde vigor e, polo tanto, pode haber cambio nela. Calcúlase:

$$M_5 = U - P_{N-5}$$

onde  $U$  é o último prezo de peche e  $P_{N-5}$  é o prezo de peche da sesión que tivo lugar cinco días antes.

## Volumes

O volume indica a fortaleza/fraxilidade do mercado.

### Balance de volumes

Suma os volumes cando os prezos soben e vai restando os volumes negociados a medida que os prezos van baixando. Se sobe, é sinal de compra. Se baixa, é sinal de venda.

### NVI, índice de volumes negativos

Baséase en que o diñeiro dos máis informados compra ou vende cando o mercado decrece e, polo tanto, o volume de transaccións redúcese. Este indicador só varía cando o volume de transaccións dun título nunha sesión é inferior ó da sesión anterior. Deste xeito, é un indicador de fraxilidade do mercado e, por conseguinte, anticipa a chegada dun extremo relativo ó que seguirá un cambio de tendencia. Cando o *NVI* se move sistematicamente, cara arriba ou cara abaixo, mostra a fin da tendencia vixente. A súa expresión é:

$$IVN = \frac{P_N - P_{N-1}}{P_{N-1}} 100 K IVN_{N-1}$$

onde  $P_N$  é o prezo de peche da última sesión;  $P_{N-1}$  é o prezo de peche da penúltima sesión;  $K = 0$  se o volume sobe;  $K = 1$  se o volume baixa e  $IVN_{N-1} = IVN$  da sesión anterior. Cando se inicia o cálculo, tómase igual a 100.

## Anchura

Divídese o número de valores que presentaron unha volatilidade superior ó  $\pm 3$  ou 5% ó longo dunha semana entre o número de valores que se mantiveron nesa banda do  $\pm 3$  ou 5% nese mesmo período. Acostúmase ponderar cada título polo seu peso no índice. Usualmente emprégase para predici-la fin dunha fase baixista. Cando o seu ratio é pequeno (arredor do 1 ou 0,9), avisa do cambio de tendencia no mercado.

## A ANÁLISE FUNDAMENTAL DE ESTADOS FINANCEIROS

Aínda que non imos refuta-la capacidade explicativa desta técnica á hora de predici-las variacións bolsistas, si está fortemente asentada a idea de que este potencial só é aplicable sobre o longo ou moi longo prazo. A análise das potencialidades económicas e financeiras dunha empresa ou sector no prazo dun ou varios anos é previsible mediante o estudio dos balances, custos e, en xeral, contas anuais. Sen embargo, nun contorno económico cambiante e caracterizado pola volatilidade e pola incerteza dos valores xa non a longo, senón a medio e curto prazo, xunto coa necesidade de inxente información e custos de proceso, limitan a aplicación destas técnicas ós investimentos reais (por contraposición ó *investimento bolsista* ou *ficticio*).

Por outra banda, estas análises non son capaces de recolle-la incidencia que ten o comportamento do propio mercado sobre o activo obxecto de estudio. Os xa enunciados *efectos xaneiro*, *tamaño*, *sobrerreacción*, *cambio de mes*, *intradía*, *fin de día*, *fin de semana*, *día festivo*, *composed leverage*, *cualificacións de value line*, por citar tan só os máis afamados, son totalmente ignorados por esta metodoloxía.

Posto que a AFEF pretende preve-la cotización futura segundo o cálculo dun *valor intrínseco* ou real dos activos, é evidentemente inadecuado aplicalo no curto ou medio prazo, onde predominan as *burbullas* e outras fluctuacións de orixe especulativo. Este Valor Intrínseco ten entidade só en climas bolsistas de gran certeza, nos cales a actividade especulativa se atopa desconxestionada.

Vexamos qué aspectos económico-empresariais estudia a AFEF co fin último de facer unha valoración da empresa da que se desprenda o valor intrínseco das accións.

### ASPECTOS EMPRESARIAIS:

- Análise de custos.
- Situación de liquidez.
- Endebedamento.
- Independencia financeira e fondo de manobra.
- Garantías.
- Capitalización.
- Xestión dos activos.
- Equilibrio financeiro.
- Evolución da cifra de vendas.
- Evolución da marxe bruta de explotación.
- Evolución dos gastos de estrutura e financiamento.
- Movemento operativo e financeiro.
- Punto morto ou de equilibrio.
- Análise microeconómica con datos sectoriais.
- Análise de estados financeiros consolidados.

### ASPECTOS ECONÓMICOS:

- Análise macroeconómica nacional e internacional.
- Análise da conxuntura sectorial (xestión, estratexias para seguir, *trial and error*,...)
- Análise da estrutura sectorial (produto, diversificación, competencia, grao de apertura, oportunidades de crecemento, ...)
- Análise xurídica e institucional.
- Clima político, social e bolsista.
- Elementos relevantes da Análise Técnica.

Unha vez procesados todos estes datos, procédese ó establecemento de ratios bolsistas (*Price Earnings Ratio*, *Dividend Yield Ratio*, *Price-to-Book*, etc.), os cales deben ser comparados coa valoración por desconto de fluxos. A continuación aplícanse técnicas como as *participacións en negocios diferentes*, *análise de Dupont e do circulante*, *magnitude directriz*, *previsións de activo, pasivo, amortizacións e xuros*, etc. Entre os métodos de valoración empresarial, debemos destacala importancia do *valor contable*, *valor de liquidación*, *capitalización bolsista*, *expectativas descontadas*, etc. Resultan de grande axuda os informes de conxuntura nacional e internacional, os informes trimestrais e memorias anuais editadas pola Bolsa sobre as súas empresas, análises emitidas polas propias empresas, asociacións de empresarios, Cámaras de Comercio, etc.

Especial mención merece o *ratio q*, como variable de xestión que desenvolveu unha técnica especialmente depurada. Este ratio é o cociente entre o valor dos títulos financeiros, bonos e accións dunha empresa no mercado e o valor dos seus activos a prezo de reposición. O seu interese radica en permitir orientala xestión a longo prazo da empresa no mercado bolsista, á vez que ofrece suxestións para unha mellor análise externa da dita empresa. En consecuencia, orienta a planificación e o control no ámbito directivo. É unha información relevante para o analista porque lle permite establecer comparacións bastante fiables entre as empresas. Empregado como instrumento de diagnóstico, consegue situar cada empresa fronte ós seus competidores en termos de resultados económico-financeiros e aproximalo valor da empresa.

## A ANÁLISE FUNDAMENTAL DE SERIES ESTADÍSTICAS

Consiste na aplicación de métodos estatísticos/econométricos e modelos matemáticos que permitan obter resultados cuantitativos factibles a partir dos razoamentos cualitativos proporcionados pola teoría económica. Para isto, constrúense representacións da realidade formalizadas en termos matemáticos e inspiradas na Teoría Económica ou na aparente relación empírica que pode darse entre diversas variables.

A principal vantaxe da AFSE fronte á ATB e á AFEF é a súa versatilidade. É capaz de establecer, mediante modelos uniecuacionais ou multiecuacionais, con ou sen especificación *a priori*, relacións estruturais entre as máis diversas variables temporais ou atemporais. O abano de posibilidades é inmenso, xa que pode incluso combina-los razoamentos das outras análises. Así, por exemplo, pode introducir no modelo como variable esóxena a variable endóxena retardada ou a serie histórica de variables parellas (cosa habitual na ATB), xunto con outras variables esóxenas con incidencia sobre a endóxena (que ben poden se-las determinadas pola AFEF, a teoría económica ou a evidencia empírica). Desta conciliación de puntos de vista xorde unha arma realmente potente, que é capaz de sintetizar toda a información proveniente do propio mercado (ATB, tanto da propia variable coma doutras relevantes) xunto coa proveniente do contorno económico-financieiro (AFEF, en virtude da estimación indirecta do valor intrínseco).

Hai algúns parágrafos comentámo-la relevancia que ten á teoría do paseo aleatorio á hora de discriminar qué tipo de procedementos son os axeitados para establecer unha estimación futura coherente coa estrutura do mercado. Simplificando, poderíamos afirmar que, de ser certa a teoría do paseo aleatorio, só a AFEF sería válida como método de predicción, mentres que de ser falsa tódalas metodoloxías descritas serían válidas, se ben as óptimas a curto e medio prazo corresponderían á ATB e á AFSE. Pois ben, a verdade é que hai estudos cuantitativos para tódolos gustos:

- Os que lle dan toda a razón á teoría do paseo aleatorio e á hipótese de eficiencia dos mercados<sup>13</sup>.
- Aqueles que refutan a anterior aseveración denunciando o erro que supón afirmar que un mercado é eficiente soamente porque é extremadamente difícil predici-los rendementos dos activos (Shiller, 1981). Outros argumentan contra a debilidade dos contrastes estatísticos empregados para testa-la eficiencia, así como a dificultade de extraer conclusións definitivas a partir da evidencia empírica dispoñible (Granger, 1980; Lawrence, 1988; Nelson, 1973).
- Os que eluden o problema ó afirmar que en todo caso, sexa ou non certa a teoría do paseo aleatorio no referente á estimación dos rendementos, semella indubidable que os *momentos de segunda orde* (medidas de volatilidade, varianzas, covarianzas, etc.) respecto dos rendementos dos activos son perfectamente modelables. No peor dos casos, estaríamos deixando fóra de xogo a ATB e boa parte da AFSE (no que atinxe á predicción de rendementos), pero por contrapartida esta-

<sup>13</sup> Esta opinión foi a máis defendida dende o punto de vista empírico, lográndose un gran consenso nos anos 70. Sen embargo, caeu no ostracismo científico nos anos 90, por mor das críticas xurdidas debido á súa metodoloxía de contraste. Pódense consulta-los principais estudos en Berenguer (1973), Casanovas (1978), Cootner (1964), Osborne (1959), Roberts (1959) e Solnik (1973).

riamos recoñecendo a fiabilidade da AFSE á hora de modela-la *volatilidade* das cotizacións, parámetro de especial importancia para a valoración das *opcións*<sup>14</sup>.

- Finalmente, os que esgrimen a favor da AFSE que os seus modelos non só son útiles á hora de predicir cotizacións das que se deriven beneficios extraordinarios, senón que tamén resultan excepcionalmente axeitados para atopar relacións entre diversas variables económicas e empresariais con relevancia financeira (enfoque indirecto)<sup>15</sup>.

Como sabemos, os modelos econométricos empregados na análise financeira son basicamente multivariantes. Os univariantes (v. gr. ARIMA), baseados na idea de que a historia pasada dunha variable é máis ca suficiente para coñece-lo seu comportamento no futuro, non empregan ningunha variable esóxena na modelación. No canto diso, supoñen que a serie temporal por estudar non é máis ca unha realización dun proceso estocástico. Os resultados de aplicar modelos univariantes tiveron relativamente éxito sobre variables monetarias. Os multivariantes, polo contrario, explican as variacións da variable en función dun conxunto de variables esóxenas e predeterminadas. Isto aproxímanos ós modelos CAPM<sup>16</sup> (*Capital Asset Pricing Model*) por un lado, e ARCH e GARCH por outro. Comeza a ser habitual atoparse con axustes MV (máxima verosimilitude), ademais dos habituais MCO e MCX. Sempre na análise lineal, vanse introducindo nos modelos outros refinamentos, como son a análise espectral, de intervención, de variables instrumentais, dummy, etc.

## OS MODELOS PARAMÉTRICOS

Os modelos paramétricos establecen unha estrutura funcional predeterminada entre as variables que hai que explicar e as explicativas. O problema redúcese a atopar unha estimación dos parámetros que permita realiza-las prediccións máis exactas posibles. A especificación máis empregada é a lineal, dada a dificultade e a particularidade das non lineais<sup>17</sup>. Os modelos paramétricos lineais poden ser de dous tipos:

<sup>14</sup> Referímonos ós modelos ARCH (Autorregresive Conditional Heteroskedasticity) e GARCH (Generalized Autorregresive Conditional Heteroskedasticity). O modelo GARCH( $p,q$ ) por excelencia, na práctica, adoita se-lo GARCH(1,1), e pódese demostrar que é equivalente a un modelo ARCH con infinitos desfasamentos. Coa aplicación destes modelos somos capaces de establecer patróns autorregresivos na varianza, e así obter prediccións da varianza futura dun activo financeiro de forma máis aproximada có mero cálculo da desviación típica histórica.

<sup>15</sup> Neste punto, aconsellámo-la lectura de calquera texto de econometría, v. gr. Novales (1996).

<sup>16</sup> Estes modelos foron estudados por W. Sharpe uns anos despois de que Harry Markowitz enunciase a súa Teoría da Elección Óptima de Activos Financeiros (ou da Relación Positiva entre Rendibilidade Esperada e Risco Derivado). A súa contribución máis coñecida é que "*na medida en que a diversificación nos facilite o deseño de carteiras de valores nas que sexa unicamente o movemento do mercado no seu conxunto o único factor de risco para considerar, entón a rendibilidade esperada da carteira dependerá do mercado ou risco sistemático*".

<sup>17</sup> V. gr., a varianza condicional dos modelos non ten por qué seguir unha función lineal. De feito, os axentes valoran asimetricamente as boas e as malas noticias (pánicos bolsistas): Goldfeld e Quandt (1972), Hamilton e Susmel (1994).

- a) Os modelos paramétricos lineais para a media condicional: tratan de modelar os rendementos bolsistas coa intención de calculalo seu valor esperado. A metodoloxía empregada para a súa construción é a Box-Jenkins, para identificar e estimar modelos do tipo ARMA ( $p,q$ ). Este tipo de modelos non son, sen embargo, consistentes con moitos dos comportamentos observados nos mercados, e as prediccións obtidas xeralmente non manifestan maior bondade cás dun simple paseo aleatorio (coeficiente  $U_{66}$  e principio do *statu quo*).
- b) Os modelos paramétricos lineais para a varianza condicional: a evidencia empírica manifesta que, a pesar de que os rendementos non adoitan amosar autocorrelación significativa, os rendementos cadrados si o fan<sup>18</sup>. A volatilidade do mercado, medida coma a varianza ou desviación típica dos rendementos futuros do activo, segue esta conducta. Por outra banda, a teoría do paseo aleatorio postula que a distribución de probabilidade dos rendementos debe seguir unha normal. Con todo, as distribucións reais adoitan amosar elevada curtose e colas anchas. Todas estas anomalías atopan explicación se, en vez de considerala dependencia cara ós valores pasados da media (momento de primeira orde), prestamos atención ó condicionamento respecto das varianzas pasadas (momento de segunda orde). Estas observacións podémolas recoller formalmente:

$$\begin{aligned} E[R_t | R_{t-1}, \dots, R_{t-n}] &= 0 \\ E[R_t^2 | R_{t-1}^2, \dots, R_{t-n}^2] &\neq E[R_t^2] \end{aligned}$$

É dicir, a observación das varianzas recentes do pasado (a que permite predicir con maior exactitude a varianza esperada) é distinta da simple media das varianzas do pasado. Nótese que, novamente, os rendementos resultan impredicibles.

Este é o fundamento dos modelos heterocedásticos condicionalmente autorregresivos [ARCH( $p$ )], nos que a varianza actual é unha función lineal das innovacións pasadas (Engle, 1982). A xeneralización veu ó facer que a varianza fose tamén unha función lineal das varianzas pasadas [GARCH( $p,q$ )] (Bollerslev, 1986). Aínda que estes modelos non permiten predicir prezos nin rendementos futuros, son de grande utilidade á hora de estimar a volatilidade futura dun valor. O éxito destes modelos vén porque, en mercados de instrumentos derivados, como as opcións, é máis importante estimar a volatilidade do activo subxacente có seu prezo. Isto permite establecer con anterioridade o valor do instrumento derivado e determinar a posición ou cobertura óptima (*Stop Loss*).

<sup>18</sup> A hipótese de eficiencia esixe tanto a incorrelación dos rendementos coma dos seus cadrados. Por conseguinte, esta evidencia vén a refutar esa hipótese.

## REDES NEURONAIS ARTIFICIAIS<sup>19</sup>

Como sabemos, neste contexto a estimación de modelos paramétricos redúcese a calcula-lo valor dos parámetros que minimiza os erros de predicción para unha determinada función establecida a priori. Pero se esta forma funcional non é a máis correcta para as series de variables consideradas, dicimos que temos un problema de especificación que invalida as nosas prediccións.

Os modelos non paramétricos tentan aproximar ós datos de orixe unha familia de funcións  $f$ . No campo da predicción bolsista teñen especial relevancia as chamadas redes neuronais artificiais (RNA), que presentan como novidade a súa capacidade de *aproximación universal*. Se existe algunha forma funcional que relacione as variables de interese coas observadas entón, dado un número suficiente de exemplos de tal relación, unha RNA será capaz de atopala forma funcional óptima, calquera que sexa esta (Lawrence, 1988).

As RNA son modelos de predicción que, ó igual cós indicadores técnicos, os osciladores, etc., empregan datos dun pasado máis ou menos recente, pero coa vantaxe de permitir incorpora-la información de múltiples indicadores xunto coa información fundamental, explotando as virtudes dos modelos non paramétricos. Así pois, as RNA gozan dunha flexibilidade interna que permite aproximar practicamente calquera relación entre variables de entrada e saída. Unha RNA pode aproximar, por exemplo, calquera indicador técnico, de forma que o seu potencial de predicción é necesariamente igual ó superior ó de calquera indicador técnico.

O modelo de redes neuronais artificiais está constituído por unidades análogas ás neuronas, chamadas *elementos de proceso*, as cales incorporan canais de entrada e saída (equivalentes ás dendritas e axóns, respectivamente). Estes elementos de proceso están dotados dun sistema funcional a modo de sumador que integra as entradas e produce unha saída (potencial de acción) se certas condicións se cumpren (limiar).

Estes elementos de proceso interconéctanse formando redes de elementos de proceso. As conexións (sinapses) entre os distintos elementos de proceso estarán ponderadas con certos valores (*eficiencia sináptica*), os cales varían a medida que a rede aprende, polo que é imprescindible contar cun algoritmo que permita dicir cómo e canto deben variar estes (cuestión resolta satisfactoriamente polos algoritmos xenéticos), que denominaremos *algoritmo de aprendizaxe da rede*.

O seu diagrama de fluxo consta das seguintes estacións fundamentais: obtención, selección e preprocesado dos datos, selección e adestramento axeitado da rede e avaliación de resultados.

A RNA máis habitual é a do tipo *multicapa* (*capa de entrada, capa oculta e capa de saída, dotadas de varios elementos de proceso por capa*) alimentada cara

<sup>19</sup> A bibliografía sobre este tema é inmensa, quizais pola curiosidade que suscita un enfoque tan innovador. Pódese atopar unha aplicación ó campo financeiro en Hilera e Martínez (1995).

adiante (*feedforward*, con conexións entre os elementos de proceso establecidas nun só sentido) adestrada co algoritmo de retroprogramación de erros (*backpropagation*<sup>20</sup>). Son arquitecturas que, proporcionando bos resultados, son de sinxela construción, adestramento e aplicación. O seu éxito débese a que manifestan un equilibrio máis que razoable entre complexidade e comportamento.

## OS MODELOS FRACTAIS

A evidencia empírica infórmanos de que as series de rendementos bolsistas exhiben un espectro de banda ancha, inconsistente cun comportamento cíclico regular xerado por un proceso subxacente de tipo lineal que, sen embargo, si é consistente cun proceso estocástico ou caótico. Ademais, os modelos lineais non xeran distribucións con colas anchas e elevada curtose, moi propias destas series (Blasco e Santamaría, 1994).

Tradicionalmente, a literatura financeira mantivo que os rendementos bolsistas exhibían unha dependencia de observacións inmediatamente anteriores (*memoria de curto prazo*). Recentemente postulouse que os rendementos presentes están fortemente influenciados non só polo seu pasado próximo, senón pola súa historia ó completo (*memoria de longo prazo*). Este feito sería consistente cun lento decaemento da función de autocorrelación, o cal se ten observado repetidamente nas series bolsistas. Polo contrario, a memoria de curto prazo xeraría un decaemento exponencial da función de autocorrelación, que non se produce na práctica.

En consecuencia, este enfoque invalida a hipótese de eficiencia e réstalles credibilidade ós modelos tradicionais de valoración de activos, coma o CAPM (traballos de Markowitz e Sharpe) e o APT. Por outra banda, a existencia de memoria de longo prazo implica a imposibilidade de realizar unha arbitrase perfecta.

A hipótese de memoria de longo prazo atopa xustificación teórica no paradoxo de Heiner, segundo o cal existe unha brecha entre a dificultade dunha decisión e o nivel de competencia do decisor. Cando esta brecha se amplía, os investidores tenderán a seguir unhas regras predeterminadas que se traducirán en certas regularidades nos prezos (memoria de longo prazo). Cando esta é pequena, tal comportamento desaparecerá, resultando un comportamento impredecible nos prezos.

Os modelos deseñados para inserir a memoria de longo prazo son os ARFIMA e os movementos fraccionais brownianos, que aproveitan a súa característica fundamental, a *autosimilitude*, para recolle-lo comportamento fractal. Un fractal pode ser definido coma un obxecto orixinado pola iteración infinita dunha función simple que, a pesar da súa sinxeleza, xera unha estrutura xeométrica extraordinaria-

<sup>20</sup> O algoritmo de retroprogramación de erros debe calcula-lo erro de predicción asociado a un vector de entrada á rede como o sumatorio de cadrados de diferencias entre a predicción feita e o valor real. O peso das conexións cambiará co obxecto de reduci-lo erro. Posteriormente, repetirase o proceso para tódolos vectores de entrada ata obter un conxunto de pesos óptimo. A magnitude da modificación de cada peso debe ser proporcional á taxa relativa de variación do erro con respecto á variación do peso. Esta cantidade é chamada *erro de peso*.

mente complexa e autosimilar. En efecto, a memoria de longo prazo comparte moitas das características dun fractal, polo que estas figuras poden describir formalmente o seu comportamento. Aínda que o proceso de construción dun fractal é simple (dada a súa autosimilitude), o obxecto resultante é extremadamente complexo. ¿Será posible que o complexo comportamento dos rendementos bolsistas sexa modelable a partir de procesos tan simples coma os fractais? Isto é o que se pretende mediante os movementos fraccionais brownianos, que presentan unha estrutura estatística fractal con parámetro de autosimilitude  $H=1/2$  e con magnitude e dirección no movemento dos prezos aleatorio. Un resultado desagradable para a predicción é que, se os prezos dos activos seguen un movemento browniano, os rendementos serán ruído branco.

Este tipo de análises adoita completarse co concepto de *densidade espectral* (transformada de Fourier da función de autocorrelación): No caso de ruído branco, a densidade espectral é cero para tódalas frecuencias, o cal é tanto como dicir que non existe ningún comportamento cíclico (autosimilar).

A aplicación dos estatísticos R/S, estatístico modificado de Lo e o estatístico GP-H conducen a pensar que resulta extremadamente improbable que os modelos de memoria de longo prazo presenten vantaxes de predicción no campo dos prezos e rendementos bolsistas, pero si proporcionarán solucións noutras variables tan interesantes coma as volatilidades e volumes.

## TEORÍA DO CAOS

Trata de modela-lo proceso dinámico de evolución dos rendementos a partir de estruturas non lineais afectadas por procesos caóticos (por oposición ás estruturas lineais afectadas por perturbacións estocásticas esóxenas). Os procesos caóticos caracterízanse por ser *non lineais* e de natureza puramente *determinista*, a pesar do cal son aparentemente *aleatorios*. En consecuencia, unha modelación lineal con perturbacións aleatorias resultará de todo ineficaz (Bajo, Fernández e Sosvilla-Rivero, 1992).

En epígrafes anteriores xa foi resaltada a importancia outorgada á hipótese de eficiencia, que sostén que os rendementos son Ruído Branco (é dicir, son variables aleatorias independentes e identicamente distribuídas). De ser certa, esta circunstancia converteríaa en impredecibles. Pero se o proceso subxacente fose caótico, a impredecibilidade sería tan só aparente e os rendementos serían estimables, cando menos a curto prazo. Un exemplo simple de proceso caótico ofréceno a *función loxística*: presenta *ergodicidade* e *sensibilidade ante variacións nas condicións iniciais*. Estas dúas circunstancias ocasionan que as series dos procesos caóticos se confundan coas de traxectoria aleatoria. En consecuencia, existe a posibilidade de que a aleatoriedade dos rendementos bolsistas sexa tan só aparente, de forma que poidamos estimar certo tipo de estrutura dinámica non lineal afectada por un proceso caótico con gran poder de predicción.

O contraste BDS, proposto por Brock, Dechert e Scheinkman presenta como hipótese nula que as observacións dunha serie temporal sexan ruído branco. Emprégase para detecta-lo incumprimento desta hipótese causado pola non estacionariedade, non linearidade ou a existencia de caos, á vez que establece unha medida de dependencia baseada na integral de correlación (Brock, Dechert e Scheinkman, 1987). De rexeitarse a hipótese nula, e se se exclúe a non estacionariedade como causa do dito rexeitamento, evidénciase a existencia de dependencia nos datos, que podería atribuírse a tres causas mutuamente excluíntes: I) Un proceso non lineal puramente determinista (v. gr., o caótico), II) un proceso aleatorio non lineal en varianza (v. gr., tipo ARCH) ou con dependencia en momentos condicionais superiores, ou III) un proceso non lineal determinista afectado por perturbacións aleatorias. O cálculo dos expoñentes de Lyapunov e da entropía de Kolmogorov aseguran, no caso de ser positivos, a existencia de caos.

Un resultado moi importante desta formulación é que, no caso de darse un proceso caótico, o uso de técnicas independentes de predicción, como as baseadas en redes neuronais artificiais, darían un bo resultado a curto prazo, o cal desvía toda a atención orixinariamente creada en torno á teoría do caos cara ás redes neuronais artificiais.

### ALGORITMOS XENÉTICOS

Consiste nun método heurístico que permite atopar as solucións para un gran número de problemas mediante a simulación do proceso de evolución natural. Pártese dun conxunto de posibles solucións a un problema en cuestión. Denomínase *individuo* a cada unha das posibles solucións, e *poboación* ó conxunto de individuos. A continuación aplícanse ideas similares ó mecanismo de evolución natural sobre estas poboacións, de xeito que o proceso xere sucesivamente poboacións de individuos que resolvan máis axeitadamente o problema existente (Olmeda, 1993).

Empréganse versións codificadas das posibles solucións ó problema, da mesma forma que as características fisiolóxicas dun ser humano se atopan codificadas na súa estrutura xenética. Polo tanto, os algoritmos xenéticos actúan sobre a estrutura codificada de poboacións de individuos e non sobre os individuos mesmos. A codificación, que adoita se-la binaria, consiste na representación dunha solución dun problema nun certo alfabeto, coa circunstancia de que esta codificación debe ser única; isto é, que a solución a un problema *ambiental* é *xenética* se e só se existe unha e só unha codificación posible para ese individuo-solución.

Defínese *esquema* coma un subconxunto de cadeas con identidades (elementos indiferentes) en certas posicións das súas cadeas. A diferenza doutros métodos de optimización deterministas, nos algoritmos xenéticos é imposible asegurar que as solucións xeradas nunha determinada iteración sexan necesariamente superiores ás

atopadas con anterioridade. Esta limitación resólvese parcialmente coa axuda do *teorema do esquema*, que xustifica que o feito de que os esquemas con función de adaptación por riba da media, baixo orde e reducida lonxitude definidora (é dicir, aqueles que obteñan mellores resultados a pesar de se-los máis sinxelos), son os que guiarán a traxectoria de busca do algoritmo xenético.

As aplicacións á predicción bolsista son teoricamente inmensas: Ademais de ser un sistema perfectamente compatible coas redes neuronais artificiais<sup>21</sup>, ten aplicación na selección de parámetros en indicadores técnicos (bandas que determinan sinais de compra ou venda), permite a combinación de indicadores técnicos e regras (optimizando a ponderación de cada cal no conxunto) ou optimización de carteiras<sup>22</sup> (diversificación ou cantidade óptima para investir en distintos activos en cada instante de tempo, de forma que se minimize o risco para un rendemento mínimo pre-establecido), etc.

## TÉCNICAS DE CRECEMENTO ÓPTIMO DE INVESTIMENTOS

Pretende recolle-la idea de que a relación entre a ganancia potencial dun investimento e a cantidade arriscada non é unha función lineal, senón unha curva na que o máximo nos indica cómo maximiza-la ganancia potencial dada unha cantidade para arriscar. Polo tanto, responde á segunda das decisións fundamentais que debe toma-lo investidor: decidi-la cantidade para investir ou desinvestir nun activo, que non é menos primordial que decidir se situarse a longo ou a curto prazo (Vince, 1995).

Redúcese todo a un problema de programación matemática: atopar unha *fracción óptima*, ou porcentaxe relativa para investir nun proceso secuencial, de xeito que maximice a nosa riqueza final. Para isto, constrúese unha función de varias variables: capital total, o que o investidor considera perda máxima, a velocidade á que queremos que aumente a conta e a dependencia respecto de operacións pasadas. Aborda situacións como a do investimento secuencial ou reinvestimento, concluíndo que reinvesti-los beneficios nos pode permitir pasar dun sistema de ganancias a un de perdas, pero non viceversa; ou que cambia-la secuencia de perdas e ganancias non cambia o resultado.

Como dicíamos, o método céntrase na estimación da *fracción óptima*, xa que este é o parámetro que xera o crecemento máis rápido da riqueza relativa final. Por iso, aplícase o modelo de Markowitz, así como técnicas paramétricas ou non paramétricas<sup>23</sup> (empíricas).

<sup>21</sup> Gracias ós algoritmos xenéticos é posible atopar os pesos sinápticos en redes neuronais artificiais, polo que a combinación dos AX coas RNA configura un programa optimizador composto (tamén chamado sistema híbrido) especialmente eficiente.

<sup>22</sup> Véxase, polo que respecta ó cálculo da *fracción óptima*, a súa conexión coas técnicas de crecemento óptimo de investimentos.

<sup>23</sup> Entre as que destacámo-los *algoritmos xenéticos*.

## OUTROS SISTEMAS DE PREDICCIÓN BOLSISTA: SISTEMAS BORROSOS E EXPERTOS

Denomínanse sistemas borrosos aqueles que ofrecen un mecanismo inferencial que permite extraer e xerar respostas baseadas en información vaga, ambigua e imprecisa, simulando a forma de razoamento do ser humano. Normalmente os sistemas que empregan lóxica borrosa serven para tarefas de clasificación, control e toma de decisións (Kohonen, 1984).

Os sistemas expertos fan uso dun conxunto de regras e feitos, xunto cun procedemento (motor de inferencia) para extraer conclusións co obxectivo de imitar as capacidades de resolución de problemas dun experto humano. Realizan tarefas de clasificación, control, selección de datos, test, mantemento e toma de decisións. Non son aplicables a situacións nas que as regras non sexan consistentes ou cambien constantemente co tempo, razón pola que o seu uso é bastante limitado no campo financeiro.

## COMENTARIO FINAL

Sen dúbida ningunha, o paciente lector deste artigo desexa coñecer cál destas técnicas é a óptima, ou cando menos cál ofrece mellores resultados para unha determinada complexidade de uso. Esperamos non defraudar as súas expectativas ó lembrarlle que as panaceas non existen, e moito menos en economía. Á parte diso, pódese argumentar que, de existir algún procedemento rotundo, o autor preferiría beneficiarse del antes de facelo público.

A saída máis aceptable semella ser a combinación dalgúns dos sistemas previamente tratados. Xa temos apuntado a complementariedade existente entre as RNA e os AX, que agora ampliaremos ó par sistemas expertos-sistemas difusos. En efecto, os *sistemas híbridos* (combinación de sistemas) móstranse coma unha alternativa fronte ós *sistemas individuais*, co obxectivo de obter mellores resultados ca estes (Fernández, 1995). Do deseño dun sistema híbrido que combine tecnoloxías recentes e tradicionais, outorgándolle a cada unha delas un factor de ponderación na solución final en función do tipo de problema, pode derivarse un sistema que en termos de corrección supere os empregados ata a actualidade.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACHELIS, S.B. (1995): *Technical Analysis*. Chicago, IL: Irwin.
- BAJO, O.; FERNÁNDEZ, F.; SOSVILLA-RIVERO, S. (1992): "Volatilidad y predecibilidad en las series del tipo de cambio peseta-dólar: un enfoque basado en el caos determinista", *Revista Española de Economía*, pp. 91-109.
- BERENQUER, J.F. (1973): *The Spanish Stock Exchange: An Empirical Test of its Efficiency*. Stanford University, Graduate School of Business.

- BLASCO, N.; SANTAMARÍA, R. (1994): "¿Son las rentabilidades de las acciones series fraccionalmente integradas? Resultados en el mercado de valores español", *Revista de Economía Aplicada*, 6, pp. 5-28.
- BOLLERSLEV, T. (1986): "Generalized Autorregresive Conditional Heteroskedasticity", *Journal of Econometrics*, 31, pp. 307-327.
- BROCK, W.A.; DECHERT; SCHEINKMAN (1987): *A Test for Independence Based on the Correlation Dimension*. [Working Paper]. University of Chicago.
- BROCK, W.A.; LAKONISHOK, J.; LEBARON, B. (1992): "Simple Technical Trading Rules and the Stochastic Properties of Stock Returns", *Journal of Finance*, 47, pp. 1731-1764.
- CASANOVAS, M. (1978): *La teoría del Random Walk y su contrastación en el mercado bursátil español*. Barcelona: Colegio de Agentes de Cambio y Bolsa de Barcelona, Servicio de Estudios.
- COLBURN, J.T. (1984): *Trading in Options on Futures*. New York: Larchmont.
- COOTNER, P.H. (1964): *Some Characteristics of Changes in Common Stock Prices*. Cambridge, MA: The M.I.T. Press.
- CURCIO, R.; GOODHART, C.A.E. (1992): "When Support/Resistance Levels are Broken, can Profits be Made", en: *Evidence from the Foreign Exchange Market*. [Technical Report]. London School of Economics.
- EDWARDS, R.D.; MAGEE, J. (1948): *Technical Analysis of Stock Trends*, p. 5. Springfield, MA.
- ENGLE, R.F. (1982): "Autorregresive Conditional Heteroskedasticity with Estimates of Variance in the United Kingdom", *Econometrica*, 50, pp. 987-1007.
- FERNÁNDEZ, E. (1995): "Optimal Mixtures of Classifiers for Financial Distress Prediction", *Third International Conference on AI on Wall Street*. New York.
- FROST; PRECHTER (1983): *El principio de la onda de Elliot*. Madrid: Gesmovasa.
- GOLDFELD, S.M.; QUANDT, R.E. (1972): *Nonlinear Methods in Econometrics*. Amsterdam: North-Holland.
- GRANGER, C.E.O.; MORGENSTERN (1970): *Predictability of Stock Market Prices*. Lexington: Heath.
- GRANGER, C.W.J. (1980): *Forecasting in Business and Economics*. New York: Academic Press.
- HAMILTON, J.D.; SUSMEL, R. (1994): "Autorregresive Conditional Heteroskedasticity and Changes in Regime", *Journal of Econometrics*, 64, pp. 307-333.
- HILERA, J.; MARTÍNEZ, V. (1995): *Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones*. RA-MA.
- KEYNES, J.M. (1936): *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*, pp. 153-155. México: Fondo de Cultura Económica.
- KOHONEN, T. (1984): *Self-Organization and Associative Memory*. Berlin: Springer Verlag.
- LAWRENCE, J. (1988): *Introduction to Neural Networks*. California Sc: Software Press.
- LEVICH, R.M.; THOMAS, L.R. (1993): "The Significance of Technical Trading-Rule Profits in the Foreign Exchange Market: A Bootstrap Approach", *Journal of International Money and Finance*, 12, pp. 451-474.
- MURPHY, J.J. (1987): *Technical Analysis of the Future Markets*. New York: New York Institute of Finance.

- NELSON, C.R. (1973): *Applied Time Series Analysis for Managerial Forecasting*. San Francisco: Holden-Day.
- NOVALES, A. (1996): *Econometría*. Madrid: Mc.Graw-Hill.
- OLMEDA, I. (1993): "Redes borrosas y evolutivas", en I. Olmeda e S. Barba-Romero [ed.]: *Redes neuronales artificiales: fundamentos y aplicaciones*. Universidad de Alcalá de Henares, Servicio de Publicaciones.
- OLMEDA, I. [ed.] (1997): *Avances recientes en predicción bursátil*. [Colección de Economía]. Universidad de Alcalá de Henares.
- OSBORNE, M.F.M. (1959): "Brownian Motion and the Stock Market", *Operation Research*, vol. 7, (marzo-abril).
- PRING, M.J. (1991): *Technical Analysis Explained*. New York: Mc.Graw-Hill
- ROBERTS, H.V. (1959): "Stock Market Patterns and Financial Analysis: Methodological Suggestions", *Journal of Finance*, vol. 14, núm. 1, (marzo).
- SHILLER, R. (1981): "Do Stock Market Prices Move too Much to be Justified by Subsequent Changes in Dividends?", *American Economic Review*, 79, pp. 421-436.
- SOLNIK, B.H. (1973): "Not on the Validity of the Random Walk for European Stock Prices", *Journal of Finance*, (diciembre).
- STEIDLMEYER, J.P. (1989): *Steidlmayer on Markets - A New Approach to Trading*. New York: John Wiley & Sons.
- STEWART, T.H. (1988): *Cómo pueden proporcionarle dinero los gráficos*. Madrid: Gesmovasa.
- SWEENEY (1987): "Beating the Foreign Exchange Market", *Journal of Finance*, 41, pp. 163-182.
- VEGA, J. DE LA (1688): *Confusión de confusiones. Diálogos entre un Filósofo agudo, un Mercader discreto y un Accionista erudito. Describiendo el negocio de las acciones, su origen, su etimología, su realidad, su juego y su enredo*. Amsterdam.
- VINCE, R. (1995): *The New Money Management. A Framework for Asset Allocation*. New York: John Wiley and Sons.