



Facultat de Ciències Econòmiques i Empresariales
Departament de Matemàtica Econòmica, Financera i Actuarial

LA MEMÒRIA ALS MERCATS FINANCERS: UNA ANÀLISI MITJANÇANT XARXES NEURALS ARTIFICIALS

M^a Teresa Sorrosal i Forradellas

2005

Capítol 4. LA MEMÒRIA-PATRÓ

"Una generación pasa, y otra generación llega, pero la tierra siempre permanece. El sol también sale, y se pone, y se apresura a marchar al lugar del que salió. (...) Lo que ha sido, es lo que será; lo que se ha hecho es lo que se hará; y no hay nada nuevo bajo el sol."

Anònim¹.

4.1. Introducció.

La segona accepció de memòria a la que ens referirem la trobem en el context de l'anàlisi tècnica. L'hem anomenada *memòria-patró*, perquè a diferència de la tractada al capítol anterior, es basa en la repetició de la història, i en concret, en la repetició de figures o patrons en els gràfics que recullen l'evolució de la cotització d'un actiu financer.

L'anàlisi tècnica és prou coneguda. Pot definir-se com l'estudi de l'acció de mercat, entenent sota aquesta denominació tant el preu d'un actiu financer com el seu volum de negociació o contractació², mitjançant l'ajut de gràfics i indicadors, amb l'objectiu de predir futures tendències. Sovint es prenen com a sinònims el concepte d'anàlisi tècnica i l'associat a l'anglicisme '*chartisme*'. La confusió és causada perquè en ambdós mètodes d'investigació es persegueix el mateix objectiu, el de facilitar les decisions de l'inversor en el sentit d'escollir tant el moment com el preu més adequat

¹ Citat a Frost i Prechter (1989).

² S'inclou també l'interès obert en el cas d'anàlisi de futurs financers.

per a prendre posicions sobre un determinat actiu. Però mentre el *chartisme* únicament s'ajuda de l'observació i estudi de les figures que es formen en el gràfic (*chart*) de les cotitzacions o preus de l'actiu, els seguidors de l'anàlisi tècnica, a més, realitzen tot un seguit d'operacions matemàtiques i estadístiques emprant com a base variables representatives de l'actiu financer o del conjunt del mercat per tal d'obtenir la tendència que seguirà en el futur.

Malgrat aquestes diferències, el concepte de memòria en què ambdós enfocaments es basen és el mateix, el de memòria-patró. Això ens permet que d'aquí en endavant ens referim al tractament del passat des de la perspectiva de l'anàlisi tècnica, entenent que la seva interpretació inclou també el marc *chartista*.

Tot seguit aportem la nostra definició de memòria-patró, destacant després les relacions de semblança i les principals diferències que la distingeixen de la memòria-dependència. A continuació, presentem les bases teòriques sobre les que s'assenta el record del passat dins de l'anàlisi tècnica, juntament amb els principals instruments que aquesta utilitza. Per a finalitzar, proposem l'ús de les xarxes ART, especialitzades en el reconeixement de patrons, com a eina complementària per a l'estudi de la memòria-patró, aplicant-les en el cas particular de les cotitzacions històriques del *Dow Jones Industrial Average*. Els resultats obtinguts tanquen el capítol.

4.2. Definició de memòria-patró.

Definim la memòria-patró com la *constància en la repetició dels patrons gràfics que dibuixa l'evolució del preu d'un actiu financer, basada en el conjunt de mecanismes mitjançant els quals els inversors mantenen inalterables les seves pautes d'actuació quan la situació a la que s'enfronten els hi recorda una d'esdevinguda en el passat*. La ressonància, de la que vàrem parlar al capítol primer, i l'autoassociació són dos aspectes claus per a entendre tant el comportament repetitiu dels inversors, com la utilitat de les xarxes ART en l'anàlisi dels mercats financers.

La *ressonància* és el procés que permet que un conjunt de característiques que tenen lloc en el present entri en contacte amb una informació emmagatzemada en la memòria i, degut a les similituds, provoqui una associació entre ambdues. Quan les semblances són suficientment grans, es conclou que ambdues situacions són la

mateixa, donant lloc a l'*autoassociació* i extrapolant els resultats obtinguts en el passat als que esdevindran en el futur.

Aquests dos processos, que afecten a qualsevol ésser humà en general, afecten en particular als inversors d'un mercat financer. En funció de la resta de variables que l'individu contempli en la presa de decisions, tendirà a repetir en més o menys grau les seves actuacions passades. La noció de memòria-patró té el seu equivalent, incloses les nocions de ressonància i autoassociació, en les xarxes ART que aquí apliquem al reconeixement de patrons en el mercat nord-americà. Abans, però, i seguint l'estructura establerta per a la memòria-dependència, descrivim breument l'anàlisi dut a terme des de l'anàlisi tècnica. Com a pas previ, acararem les dues accepcions que fins ara hem distingit.

4.3. Memòria-patró versus memòria-dependència.

El fet que la memòria-patró també sorgeixi de l'observació i anàlisi de sèries temporals explica que trobem similituds amb la memòria-dependència. Tot i amb això, les discrepàncies són prou importants com per a discernir clarament entre les dues nocions.

Pel que fa a les semblances, en ambdues accepcions únicament es desenvolupa el subsistema que hem anomenat d'arrel, que té com a finalitat mantenir la constància en determinats trets característics d'un objecte o d'un individu. Així, tant l'una com l'altra es fonamenten en la constància d'unes propietats associades als preus d'un actiu financer. En cap d'elles, per hipòtesi, hi cap la possibilitat de modificar les seves regularitats per mitjà de l'aprenentatge. No es considera l'existència de memòria d'adaptació, conseqüent amb el subjecte del què es predica la memòria, el preu d'un actiu. Com altres fenòmens socials o propis de la naturalesa, una cotització pot presentar memòria d'arrel però no pot modificar, a voluntat, el seu comportament en el futur.

Una altra característica en comú entre aquests dos tipus de memòria es troba en el seu origen, en la hipòtesi que contradiuen: la hipòtesi dels mercats eficients (HME). Trencant amb la independència entre els preus passats d'un actiu, pròpia de l'ús del *random walk* com a model idoni per a explicar el comportament dels preus en un

mercat que compleix amb la HME, sorgeix tal com s'ha descrit en el capítol anterior, la memòria-dependència. El *random walk* afirma que els moviments en els preus no segueixen cap patró o tendència i que el coneixement de dades del passat no pot ser emprat per a predir futurs moviments en els preus. La memòria-patró és l'oposició a aquesta afirmació. La cerca d'anomalies és efectivament la cerca de patrons que puguin ser emprats per batre estratègies passives o de "comprar i mantenir".

Si un mercat compleix la HME, entesa en la versió semi-forta (vegi's pàg. 69), en aquell mercat no pot haver-hi, per definició i tal com vàrem raonar en el passat capítol, memòria-dependència. Però per les mateixes raons, la HME tampoc admet l'existència de memòria-patró, ja que la independència entre observacions és incompatible amb una estructura temporal concreta que dóna lloc a la formació de patrons.

Un cop apuntats els trets en comú entre ambdues, també cal destacar quines són les seves principals diferències. La substancialitat en la distinció entre una i altra es troba en allò que consideren constant o permanent en el preu d'un actiu financer. Pel que fa a la memòria-dependència, cerca una relació funcional entre els preus passats i els presents d'un mateix actiu, relació que es suposa estacionària, de manera que manté constants els paràmetres que la defineixen davant translacions en el temps. En altre cas, no tindria sentit la realització de prediccions en base a dades històriques. Aquesta característica formal s'interpreta, en termes de comportament de l'individu, com la influència que exercirà la informació passada cara a la formació de noves cotitzacions.

La memòria-patró es manifesta en la repetició de figures en el gràfic de les cotitzacions d'un actiu financer. La constància fa referència a la formació dels mateixos patrons sempre i quan es doni una situació al mercat semblant a la que es donà quan es produïren en el passat. Traduït en l'actuació de l'inversor al mercat, l'anàlisi tècnica parteix del supòsit que l'individu manté constant una manera de fer pròpia, l'anomenada *cultura de l'inversor*, que el porta a actuar repetidament de la mateixa manera. Donat que els preus reflecteixen completament el comportament de l'inversor, també en els preus s'observaran aquestes regularitats. Com explicarem més endavant, la constància en la memòria-patró té dos grans suports, la repetició de les mateixes figures i la proporcionalitat dels cicles superposats que tenen lloc en la història d'un mercat.

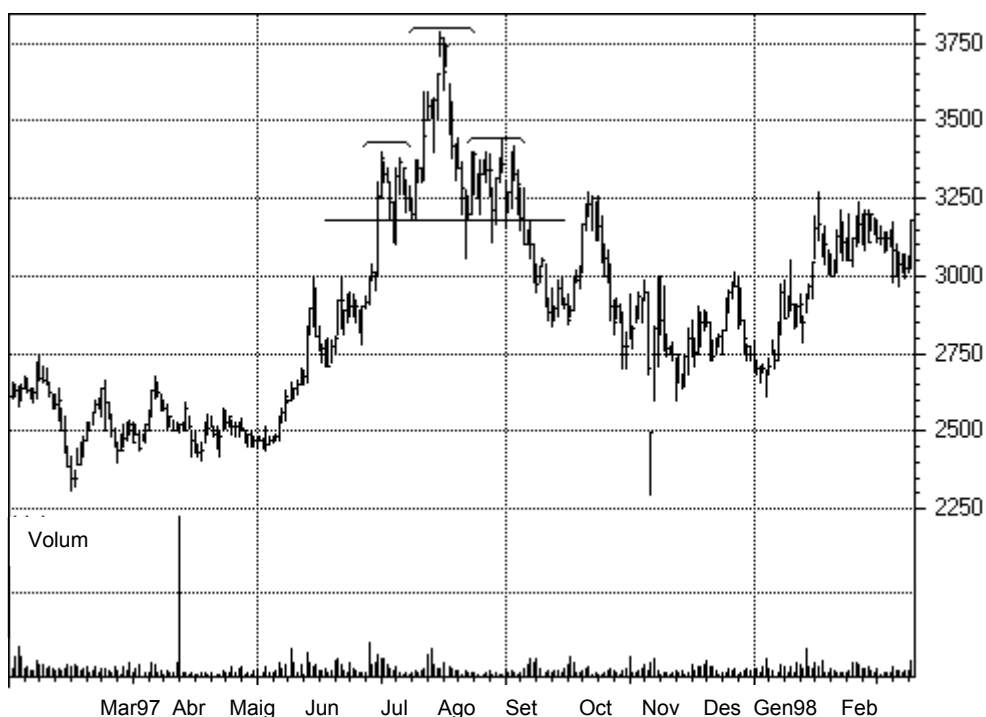
La taula 4.1. resumeix les principals relacions entre les dues classes de memòria que estem comparant:

<i>Tipus de memòria</i> <i>Característica</i>	<i>Memòria-dependència</i>	<i>Memòria-patró</i>
Incompatible amb...	HME	HME
Memòria com a subsistema d'arrel	Sí en presenta	Sí en presenta
Memòria com a subsistema d'adaptació	No hi ha aprenentatge	No hi ha aprenentatge
Constància...	En la forma funcional entre observacions passades	En la repetició de figures gràfiques
Basada en...	La reacció dels inversors a noves circumstàncies no és immediata sinó que roman durant un temps amb efectes	La constància en certes pautes de comportament de l'inversor
Finalitat	Predicció	Predicció
Mitjançant...	Modelització de sèries temporals	Detecció de tendències
Implicació	L'existència de memòria-dependència no implica l'existència de memòria-patró	L'existència de memòria-patró implica existència de memòria-dependència, però només dins l'interval que marqui un patró

Taula 4.1. Memòria-dependència versus memòria-patró.

Per a una millor comprensió dels conceptes de memòria-dependència i memòria-patró, vegem la diferent interpretació que cadascun d'ells dona a unes mateixes dades, les representades en el gràfic 4.1. corresponents a cotitzacions de Contingent. La memòria-dependència cerca la relació entre les observacions passades, distingint entre maig i setembre tres períodes diferents. De maig a mitjans de juny (inici de la primera espatlla), la relació entre les observacions és positiva, increments del valor donen lloc a increments futurs, resultant en una memòria-dependència persistent. La relació canvia i entre mitjans de juny i finals d'agost, es detecta una reversió a la mitjana propera al valor 3400, modificant-se novament a partir de setembre on disminucions en la cotització estan seguides per altres disminucions. Per a obtenir una visió conjunta caldria aplicar algun dels instruments analitzats en el capítol anterior per a afirmar si del coneixement de les dades passades podem predir futurs valors.

La memòria-patró dóna una informació molt més directa. Un cop detectada la figura, una “cap i espatlles” formada ja gairebé completament a principis de setembre, es dedueix que a partir d'aquest moment el mercat canviarà cap a una tendència baixista. La predicció està basada en l'experiència, en el fet de que aquest patró ha anat acompanyat en el passat per un canvi de tendència, provocat perquè els agents econòmics sempre han actuat de la mateixa manera: venent l'actiu quan es penetra la línia de suport marcada per l'anomenada *línia de coll (neckline)*.



Gràfic 4.1. Cotitzacions de Contingent.

Les interpretacions són clarament diferents. La memòria-dependència es basa en una anàlisi purament matemàtica, en la detecció d'una relació funcional, mentre que la memòria-patró centra l'anàlisi en l'experiència, en allò que han fet els inversors en el passat. Aquesta diferència també influeix i es manifesta en la manera de realitzar prediccions en base a una memòria o altra. En el primer cas, ens aproximem al futur mitjançant el resultat obtingut d'introduir unes dades actuals a la forma funcional que ajusta el valor de la variable a partir d'observacions passades. En el segon cas, pressuposem que el futur esdevenidor, reconegut el patró actual, serà idèntic o molt similar al que tingué lloc immediatament després de donar-se la mateixa situació amb anterioritat. Constància en els paràmetres d'una relació funcional o constància en la forma d'actuació dels agents econòmics. Constància al cap i a la fi, però amb grans diferències entre elles.

4.4. La hipòtesi de memòria-patró en l'anàlisi tècnica. Supòsits bàsics.

Si deixem de costat la Hipòtesi dels Mercats Eficients, segons la qual no es poden obtenir millors rendiments del coneixement de dades històriques ni de la informació actual sobre l'entorn, ens resten dues grans perspectives per a analitzar un mercat financer: l'anàlisi fonamental i l'anàlisi tècnica. Segons els fonamentalistes³, no tota la informació pública disponible està reflectida en els preus dels actius financers. Per aquest motiu és possible trobar actius sobrevalorats i altres d'infravalorats amb els que augmentar el rendiment de la inversió. El mètode que s'aplica per a la seva detecció és l'anàlisi en profunditat de l'entorn del mercat (informació macroeconòmica, de sectors econòmics), així com l'oferta i la demanda dels actius (la situació comptable actual, possibilitat de futurs guanys, etc.). L'anàlisi tècnica parteix de la base que els preus i volums de negociació històrics contenen prou informació per a realitzar prediccions sobre el moment en què és convenient prendre una posició llarga (comprar) o curta (vendre) en el mercat. A aquesta conclusió s'hi arriba després d'analitzar tendències, les figures que es formen als *charts*, i d'aplicar altres instruments com ara la sèrie de nombres de Fibonacci, la teoria de les ones d'Elliott, les línies de Gann, indicadors, oscil·ladors, ... La memòria-patró és l'element comú que permet que aquestes eines siguin útils per a la presa de decisions.

Els fonaments principals de l'anàlisi tècnica poden trobar-se gairebé en tota obra dedicada al seu estudi (vegi's per exemple Murphy, 2000:28) i es resumeixen en tres aspectes: el preu ho recull tot, els preus es mouen per tendències i la història es repeteix.

1- El preu ho recull tot. La cotització d'un actiu financer reflecteix qualsevol factor que pugui influir en el preu, ja sigui una característica de les anomenades fonamentals (beneficis de la companyia, evolució dels tipus d'interès, etcètera) o de l'entorn del sistema econòmic, com ara aspectes polítics, psicològics o de qualsevol altre caire.

³ En la visió íntegrament fonamentalista, el passat queda recollit per variables del mercat i macroeconòmiques, i forma la base del coneixement del gestor de l'empresa [Perramon, J. (2002)]. Però en l'evolució futura d'un mercat hi intervenen també les expectatives i la psicologia dels inversors, factors que s'han de considerar per tal d'aprofitar oportunitats de negoci. El record del passat continua influïnt en el futur, i aquest fet no és totalment recollit per l'anàlisi fonamental. Warren Buffett, defensor d'aquesta anàlisi, reconeix les seves limitacions degut a la influència de la memòria en la psicologia del mercat: "*La "mirada al retrovisor" és la predisposició que tenen els inversors de fixar-se en el que ha succeït en el passat, sobre tot en el passat recent, a l'hora de pronosticar l'evolució futura i invertir*". (Citat per Boki i Baer (2002)).

Tots aquests elements són determinants per a la formació de preus en un mercat financer. La filosofia de l'anàlisi tècnica, però, és que no cal conèixer-los tots per a assolir una bona predicció sinó tan sols els seus efectes, que ja estan inclosos en el preu i volum de cotització de l'actiu considerat. Així, els defensors de l'anàlisi tècnica defensen que engloba l'anàlisi fonamental, donat que en cada moment el preu recull tant el coneixement de les variables fonamentals passades com les expectatives i la psicologia del mercat present i futura, ja descomptada i reflectida en els preus actuals.

Pot semblar que s'estigui contradient l'afirmació de que sota la HME no és possible l'existència de memòria-patró en un mercat financer. Però no és així. Ambdues, anàlisi tècnica i HME, consideren que els preus reflecteixen en cada moment tota la informació disponible en el mercat. Però la gran diferència rau en que segons la HME, un cop conegut el preu d'avui, de la informació anterior no es pot deduir cap dada que ajudi a la presa de decisions de l'inversor, mentre que l'anàlisi tècnica s'assenta en la hipòtesi contrària, en que és possible obtenir informació útil de les dades del passat, ja sigui en forma de patrons o indicadors, que millorin el coneixement sobre la incerta evolució futura de les cotitzacions dels actius financers. Per les eines que utilitza l'anàlisi tècnica, però, és necessari que els preus siguin un reflex fidel de tota informació sobre l'actiu financer.

2- Els preus es mouen per tendències. És el segon gran pilar sobre el que s'assenta l'anàlisi tècnica. Conseqüència d'una adaptació de la llei de la inèrcia, es diu que és més probable que una tendència en moviment continuï en el mateix sentit que no pas que adopti la tendència contrària. Relacionant aquest fet amb alguna característica de la memòria-dependència, hauríem de dir que és més probable que la dependència entre valors observats d'una sèrie temporal tingui signe positiu que no negatiu. En altres paraules, per a ser consistents ambdós enfocaments, de l'aplicació dels models descrits en el capítol anterior hauríem de trobar paràmetres que ens portessin a concloure que les sèries temporals analitzades són de memòria a llarg termini persistents.

Comença a veure's ja plasmada la contraposició de l'anàlisi tècnica a l'acceptació del model de camí aleatori com a model adequat per a recollir l'evolució del preu d'un actiu. Si l'evolució segueix una trajectòria aleatòria, no es pot parlar de tendències positives o negatives, ja que l'alternança entre elles seria tan ràpida que no hi hauria possibilitats d'aprofitar els beneficis de la seva detecció. El fet de que a la pràctica les tendències es donin i de que analistes tècnics amb la suficient experiència obtinguin

beneficis i superin la tradicional estratègia de “comprar i mantenir” és una primera senyal empírica de que els preus dels actius financers no segueixen un camí aleatori.

Deixant de costat la justificació empírica de l'existència de tendències, hi ha raons de caire financer que expliquen aquest fenomen. En primer lloc, podem citar els costos de transacció. Davant informació que indica actuar per a corregir una posició en el mercat, l'inversor no materialitzarà la compra o venda fins que els beneficis de la correcció no superin les comissions de l'operació. Això permet que la tendència, a curt termini, es mantingui. També podem incloure aquí les pressions fiscals, que actuen a favor de la tendència. Un segon factor el trobem en la diferent accessibilitat i capacitat per a tractar la informació que es desprèn del mercat. Les institucions i inversors millor preparats per a valorar fenòmens financers seran els que actuïn primer, provocant rera seu una estela d'actuacions en el mateix sentit dutes a terme pels inversors que han accedit amb retard a la informació o que estan a l'aguait del comportament d'altres participants més qualificats. Aquesta actuació en cadena propaga els efectes del passat. El tercer fet que destacarem és l'heterogeneïtat dels inversors, sobre tot en aspectes com l'horitzó temporal marcat per a la inversió, la necessitat de liquiditat i l'aversion al risc que fan que un percentatge del mercat esperi l'existència d'una tendència clara abans de prendre decisions.

Novament, de la crítica als models de *random walk* per a recollir el comportament de l'evolució d'un mercat financer obtenim un concepte de memòria. Una memòria que a l'igual que la memòria-dependència està basada en les relacions entre valors passats, però que a diferència d'ella, també hi té importància la constància en l'ordre cronològic de les dades analitzades.

3- *La història es repeteix*. El tercer axioma de l'anàlisi tècnica és el que més directament lliga amb el concepte de memòria com a repetició de patrons. Una de les vessants estudiades per aquest enfocament és el de la psicologia⁴ dels participants en el mercat. Tot i que cada inversor té una forma pròpia d'actuar, certs autors⁵ han posat de manifest la seva preocupació pel fet de que els éssers humans tendim a repetir les

⁴ L'anàlisi dels gràfics s'ha d'interpretar, en aquest sentit, com un estudi sobre la psicologia dels inversors que es suposa es reflecteix en l'evolució de les cotitzacions. Les seves reaccions es veuen influïdes per aspectes molt diversos, prenent cada cop més importància els factors emocionals. Una nova disciplina que tracta sobre la relació entre els preus dels actius financers i la psicologia dels éssers humans és la coneguda amb el nom de Finances Conductistes o *Behavioral Finance*, que malgrat no desenvolupem en la tesi seria interessant d'estudiar les seves relacions amb els conceptes de memòria que hem distingit.

⁵Entre aquells que han criticat aquest comportament repetitiu o s'han referit a ell per a intentar superar-lo podem citar a John Galbraith (1991), Guillermo Ortiz (2000) o el ministre d'economia argentí Roberto Lavagna.

actuacions i errors de generacions passades. Encara que els participants en un mercat es renovin cada cert temps, la “cultura financera” s'hereta i acaba provocant comportaments que es repeteixen una i altra vegada. A aquest fet és al que es fa referència quan hom diu que la història es repeteix. Una repetició que tan pot ser explicada per l'oblit com per l'efecte contrari, el record, ambdós entesos però sota la perspectiva de la memòria col·lectiva, que analitzarem en el següent capítol. En uns casos serà l'oblit de les experiències passades el que porti a repetir els mateixos errors històrics, mentre que en altres ocasions seran els records els que empenyin als agents econòmics a actuar de forma mimètica a com ho feren en el passat. I encara, d'altres vegades serà l'obligació per evitar pèrdues majors, per exemple, la que durà a repetir un cert comportament. La materialització d'aquestes decisions és novament la cotització de l'actiu financer, que dibuixarà figures similars quan una determinada circumstància reproduïx una situació passada semblant i els agents actuïn de forma idèntica a la dels seus predecessors.

A Teweles i Jones (1987:170) i a Murphy (2000:42) trobem una crítica a l'anàlisi tècnica derivada de l'axioma que acabem d'esmentar, anomenada *profecia d'autocompliment o gràfics autoprofètics*, més coneguda en l'àmbit de la psicologia amb el nom d'“efecte Pigmalíó”. Segons aquesta, la creença de que els gràfics es repetiran és el que fa que es repeteixin ja que empeny als inversors a actuar en base a ella i no en funció de criteris objectius del mercat. La defensa prové de la vessant psicològica, a la que ja hem fet esment. En primer lloc, hi ha una gran diversitat de participants⁶ als mercats, amb característiques divergents entre ells. Hi ha inversors a curt i a llarg termini, n'hi ha d'agressius, financerament parlant, mentre que altres presenten comportaments més conservadors. Encara que tots ells apreciïn la mateixa figura en el gràfic, la seva actuació divergirà en el mercat, impossibilitant la profecia autocomplerta. D'altra banda, i continuant amb les crítiques, ressalta la impossibilitat que encara ara existeix per a detectar patrons gràfics en termes científics infal·libles, restant en l'àmbit de la subjectivitat i de la intuïció i capacitats pròpies de l'experiència de l'analista. En conseqüència, és improbable que tots els participants del mercat detectin la mateixa figura a la mateixa vegada. Ambdues crítiques es contradiuen, donat que la darrera impedeix que es produeixin les causes de la primera, que els gràfics siguin autoprofètics.

⁶ A Tvede-Jensen, Lars (1989) en trobem una possible tipologia: grans accionistes, membres de la Borsa, grans operadors al comptat amb cobertura a termini, grans especuladors, petits operadors del mercat.

Una possibilitat per a resoldre la dificultat en detectar patrons es recolza en el propi concepte de memòria-patró, i en l'ús de les XNA dissenyades amb aquesta finalitat. Des de l'anàlisi tècnica, però, també s'han desenvolupat instruments que ajuden al seu reconeixement, d'entre els quals destaquem els més usuals i comentem el seu vincle amb l'esmentada noció de memòria.

4.5. Eines de l'anàlisi tècnica.

Hi ha gran consens en l'entorn financer sobre els dos grans elements que formen la cotització d'un actiu. Per un costat, és l'expressió de l'equilibri entre l'oferta i la demanda, però per altra banda, intervenen fortament elements psicològics dels inversors que actuen en el mercat, base de les seves expectatives sobre l'esdevenir en dates futures. Els instruments que utilitza l'anàlisi tècnica pretenen mesurar les dues vessants: la posició relativa entre compradors i venedors, però també una estimació de les expectatives del conjunt d'inversors sobre un actiu o mercat concret.

Existeixen un gran nombre d'instruments a l'abast de l'anàlisi tècnica⁷. D'entre els més emprats podem destacar: els *charts* (on poden recollir-se els preus màxim, mínim, de tancament i d'obertura, volum i posicions obertes d'un mateix actiu), nivells de suport i resistència, línies i canals de tendència, mitjanes mòbils (simples, exponencials, ponderades,...), mitjana mòbil convergent-divergent (MACD, *Moving Average Convergence Divergence*), ones d'Elliott, arcs, ventalls, zones i retrocessos de Fibonacci, angles de Gann, índex de força relativa (*RSI, Relative Strength Index*), indicador de taxa de canvi (ITC, o bé *Rate of Change, ROC*), índex d'Arms, proporció *bull/bear*, els gràfics d'espelmes japoneses, proporció *puts/calls*, indicador zig-zag, bandes de Bollinger, indicador de moment, balanç de volum, oscil·lador de McClellan, Williams %R, TICK, TRIN, i un llarg etcètera.

Des del punt de vista dels nostres objectius, no hem cregut necessari detallar la interpretació i ús de cadascun dels instruments⁸. En la seva substitució oferirem algunes observacions dels que es mostren especialment interessants per la seva relació amb la memòria-patró.

⁷ Vegi's per exemple: Achelis, Steven B. (2003), Murphy, John J. (2000).

⁸ Els emprats posteriorment com a *inputs* de la xarxa ART es detallen en l'apartat 4.5.2.

4.5.1. Les ones d'Elliott.

Aquest mètode de l'anàlisi tècnica fou desenvolupat per Ralph Nelson Elliott (1938) als anys 30 del segle passat, basant-se en treballs d'investigació sobre els valors del *Dow Jones Industrial Average*. Elliott detectà que els canvis que a diferents escales afecten les cotitzacions de l'índex americà segueixen una estructura harmònica, relacionada amb la proporció àuria o mitjana daurada que tan present es troba en diferents fenòmens naturals, en concret,

“es troba a les estructures atòmiques, a la construcció de l'ADN, a la descripció de les òrbites planetàries i a les espirals dels cargols”⁹.

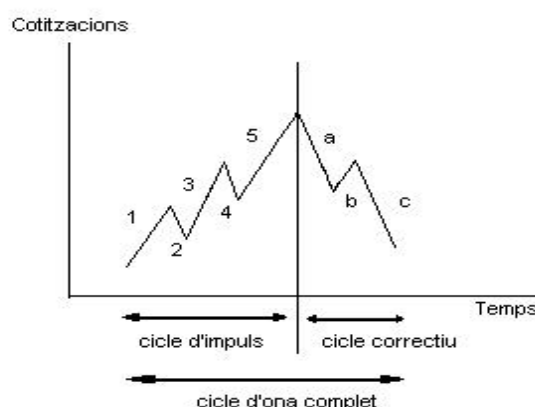
Novament, sorgeix la constatació de que la memòria-patró és una memòria d'arrel, que a l'igual que l'aplicada en la física (vegi's pàg. 3) o l'astronomia, està relacionada amb la constància en els valors dels que depèn una estructura, ja sigui la que descriu una òrbita planetària o la que defineix un cicle en la vida d'un actiu financer.

Elliott no només va tenir en compte els cicles de la naturalesa, sinó que també introduí elements psicològics, propis de l'ésser humà, en l'explicació de la presència d'aquestes ones en la dinàmica financera. Suposà que una part dels agents econòmics prenen decisions en base a informació nova que arriba al mercat, però les mateixes es converteixen en nova informació, sovint molt significativa, per a la resta d'inversors. La cadena de coneixement en base a fenòmens financers i comportaments dels agents, genera la formació de figures característiques. Quan es repeteixen i són identificables, es converteixen en una eina susceptible de ser emprada en predicció.

De la unió de les dues idees, constància en l'estructura i repetició de figures, obtenim el lligam entre la teoria de les ones d'Elliott i la memòria-patró. Per un costat perquè la teoria d'Elliott contempla la repetició de figures gràfiques pròpia d'aquest concepte de memòria; i d'altra banda perquè la constància en uns coeficients, relacionats amb el nivell i temporalitat del preu d'un actiu financer, ens remet a la idea de memòria d'arrel, també característica de l'accepció que estem tractant.

⁹Tvede-Jensen, Lars (1989). [Traduït al català].

Els tres aspectes més importants de la teoria de les ones s'agrupen sota els títols de: patrons¹⁰, anàlisi de coeficients (per a determinar punts de retrocés en tendències, per exemple) i relacions temporals (que s'empren en l'obtenció de la longitud dels intervals entre òptims). Tots tres punts es basen en que, segons la teoria desenvolupada per Elliott¹¹, el mercat es mou seguint un ritme que es concreta en ones formades per 5 moviments que segueixen la tendència, l'anomenat *cicle d'impuls* i que representem amb nombres al gràfic, seguit de 3 moviments que van en contra de la tendència formant el *cicle correctiu*, que assenyalarem amb lletres. Els 8 moviments formen un *cicle d'ona complet*. En el gràfic 4.2., es mostra un típic exemple d'ona immersa en una tendència alcista.



Gràfic 4.2. Cicle d'ona en una tendència alcista.

Les ones configuren un sistema, de manera que dins d'elles poden observar-se altres ones de periodicitat inferior, o és possible que formin part d'una de periodicitat superior. Aquest esquema recorda la propietat d'autosimilitud pròpia de la teoria del caos, on les peces que configuren una unitat segueixen la mateixa forma o estructura que el "tot" que componen.

Així, una mateixa ona pot comprendre 5 ones de nivell inferior, aquesta 21 de menors, o 89 de més petites,... El conjunt de valors 1, 5, 21, 89... són els elements de la sèrie de nombres de Fibonacci¹², base matemàtica de la teoria de les ones d'Elliott.

¹⁰ Per motius d'estructura del capítol, reservem l'anàlisi dels patrons gràfics a l'apartat 4.5.3.

¹¹ Vegi's Frost i Prechter (1989).

¹² La sèrie de nombres de Fibonacci comença amb la unitat i es forma mitjançant la suma dels dos nombres que immediatament el precedeixen. Els primers components de la sèrie són, 1, 1 (1+0), 2 (1+1), 3 (2+1), 5 (3+2), 8 (5+3), 13 (8+5), 21 (13+8), 34 (21+13), 55 (34+21), 89 (55+34), ... Entre diferents propietats que compleixen els valors d'aquesta sèrie, està la de que el quocient entre dos nombres consecutius tendeix a un valor constant, 0'618, anomenat *proporció àuria*.

La sèrie de Fibonacci és emprada per al càlcul de la magnitud dels retrocessos en una tendència¹³. Davant una tendència dèbil, el retrocés percentual màxim és del 61'8%, coincidint amb la proporció àuria, mentre que si la tendència és forta el retrocés mínim sol situar-se al voltant del 38%, aproximadament l'invers del percentatge anterior. La constància en els coeficients també està relacionada amb la formació de patrons. Per posar un exemple, en la formació d'un triangle simètric perfecte, cada ona té una dimensió proporcional a 0'618 respecte de l'ona que l'ha precedit.

També s'estableix una relació entre la teoria de les ones, en concret la seva constància en els coeficients, i la temporalitat de les cotitzacions dels actius financers. La teoria fa coincidir el nombre de períodes que separen màxims i mínims significatius amb nombres de la sèrie de Fibonacci; tot i que aquest és l'aspecte de més dèbil suport empíric i difícilment analitzable *ex-ante*.

El problema principal, però, amb el que es troben els inversors que volen emprar les ones d'Elliott com a instrument de l'anàlisi tècnica és situar-se adequadament en un dels moviments del cicle, donat l'inconvenient que suposa l'existència de cicles superposats. Segons la teoria de Dow es distingeixen tres tipus de cicles d'ona: les ones primàries o principals amb durada superior a 1 any, les ones secundàries o intermèdies amb durades que oscil·len entre les 3 setmanes i els 3 mesos, i les ones menors amb una periodicitat inferior a les 3 setmanes¹⁴.

Les dificultats en l'ús de la teoria de les ones es llimen mitjançant la seva combinació amb altres instruments de l'anàlisi tècnica, com ara els indicadors.

4.5.2. Indicadors.

En el context que ens ocupa, un indicador es defineix com:

*"(...) un càlcul matemàtic que pot ser aplicat al camp dels preus i/o volums dels actius. El resultat és un valor que és usat per anticipar futurs canvis en preus."*¹⁵

¹³ Vegi's Murphy (2000:358).

¹⁴ Per a una millor comprensió de la superposició dels tres cicles, es solen comparar els seus efectes amb els fenòmens de les mareas (ones primàries), les pròpies ones (ones secundàries) i els rínxols de les ones (ones menors). Murphy (2000).

¹⁵ Achelis (2003). [Traduït al català]

Si bé per a que la detecció de patrons sigui una eina útil per a l'anàlisi tècnica cal recórrer a la hipòtesi de que la història es repeteix, hem de considerar si també és estrictament necessària l'existència de memòria-patró per a garantir la bondat de l'ús dels indicadors en la presa de decisions dels inversors.

Quan un indicador no es refereix a un actiu en concret, sinó que fa referència al conjunt del mercat, se'n poden distingir tres categories (Achelis, 2003): monetaris, emocionals i de moment. Els *indicadors monetaris* tenen l'objectiu de recollir informació sobre l'entorn econòmic i estan basats en variables econòmiques com ara els tipus d'interès, oferta monetària, deute pública o inflació. Els *indicadors emocionals* es centren en les expectatives dels inversors amb la finalitat de detectar la percepció dels inversors sobre la futura evolució dels preus, utilitzant proporcions com ara el nombre d'agents que compren opcions *put* respecte els que compren opcions *call*, els moviments en els mercats de futurs, etc. Per últim, els *indicadors de moment* reflecteixen la situació actual del mercat, mitjançant operacions matemàtiques amb preus i volums de negociació, relacions entre actius en alça i actius en fase descendent, etc.

Dels tres tipus d'indicadors assenyalats, és en la segona categoria, la que recull els sentiments dels inversors, on intervé de forma més directa la memòria-patró. Els indicadors de moment són descriptius de la situació actual i els indicadors monetaris ens informen de les característiques de l'entorn. Si hom prengués les seves decisions deixant a un costat les seves emocions i es basés únicament en la raó, amb aquestes dues categories d'indicadors seria suficient per a determinar un equilibri en el mercat financer. Però els analistes tècnics són conscients de que intervé també el factor humà expressat en expectatives que es veuen afectades per les relacions familiars, pel nivell de renda, per les experiències passades de fracassos i èxits, per l'opinió d'altres agents, en resum, pel conjunt de trets que nosaltres hem anomenat memòria col·lectiva d'un mercat financer. En l'anàlisi tècnica aquesta memòria es retalla, es restringeix, fins a convertir-la en memòria-patró, on es suposa que els inversors repeteixen la forma d'actuar quan estan davant circumstàncies similars a les que es trobaren en el passat.

La distinció que acabem d'esmentar és un aspecte clau en la distinció entre memòria-dependència i memòria-patró, per un costat, i memòria col·lectiva d'un mercat financer, per l'altre. En les dues primeres, no hi modificació en els paràmetres que els descriuen, la capacitat d'adaptació està reservada al cas de la memòria col·lectiva, on

els agents econòmics utilitzen el coneixement del passat per a modificar el seu comportament en el futur.

Però a més, el fet de que en la memòria-patró no hi hagi possibilitat d'aprenentatge també és primordial per a la seva pròpia existència. Per definició, la memòria-patró es basa en la repetició de les mateixes figures en un gràfic, degut a que l'inversor manté constant el seu comportament al llarg del temps. Si s'acceptés la possibilitat d'aprendre, l'actuació individual dels agents econòmics es modificaria amb l'experiència, i en conseqüència també ho faria el del conjunt del mercat. Un cop alterat el conjunt de regles amb el que es prenen les decisions, no es reproduirien les mateixes figures. Amb aprenentatge, els patrons s'anticiparien i una conducta diferent no duria a una mateixa evolució posterior. La constància en la repetició de patrons s'anul·laria, desapareixent amb ella la noció de memòria-patró.

Abans de concloure la nostra referència als indicadors de l'anàlisi tècnica, apuntem una petita descripció i el procediment matemàtic de càlcul dels tres que han estat emprats en el disseny de la xarxa ART2 aplicada en l'apartat 4.7.2: l'indicador RSI, el *momentum* i el VHF. L'elecció ha estat deguda a motius d'estructura de la xarxa, tot i que la decisió final resta en mans dels propis autors de la recerca. Volem deixar indicat, però, que no hem considerat altres indicadors per a no augmentar la complexitat de l'exemple que analitzem posteriorment, però que podrien incorporar-se en futures anàlisis. D'ells, alguns són puntuals mentre que altres estan formats per bandes de fluctuació o sèries, resultant necessari, si les apliquéssim en una investigació futura, reduir-les a un conjunt representatiu de valors per tal d'incorporar-les com a *input* en una XNA. El balanç de volums, el MACD (*Moving Averages Convergence Divergence*), les bandes de Bollinger, el R.O.C (*Price Rate-Of-Change*), l'oscil·lador estocàstic, el CCI (*Commodity Channel Index*), o l'indicador Williams %R són alguns exemples alternatius o complementaris als que hem utilitzat.

Els indicadors utilitzats en la nostra anàlisi són:

- ▶ Índex de Força Relativa (RSI(h): *Relative Strength Index*).

Desenvolupat per J. Welles Wilder (1978), és un dels indicadors més emprats en l'anàlisi tècnica. Mesura la força relativa dels increments respecte de les disminucions en el preu d'un actiu financer, obtenint així la velocitat a la que es mouen els preus. A més de la seva utilitat per a detectar actius sobrevalorats i infravalorats, també s'aplica

en la detecció de patrons gràfics (com ara triangles, rectangles, i nivells de suport i resistència) comparant l'evolució de l'indicador amb la del preu de l'actiu i inferint canvis de tendència quan ambdues divergeixen. El seu valor es calcula com¹⁶:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + \frac{\text{mitjana dels increments (h)}}{\text{mitjana de les disminucions (h)}}}$$

on les mitjanes dels augments i disminucions en els preus dels actius són les variacions en el preu dels darrers h dies, enteses com a diferència entre el preu de tancament del dia n i el dia n+1, amb $n \in [0, h-1]$.

Quan, en terme mig, els increments siguin iguals a les disminucions en el període considerat, $RSI=50\%$. Si l'índex arriba a nivells propers al 70-80% es considera que l'actiu està sobrevalorat i és senyal de venda. Si l'índex pren valors entre el 20-30%, l'RSI indica una sotsvaloració de l'actiu i és senyal de compra.

► Moment (*momentum*).

Indicador que mesura la velocitat del moviment del preu d'un actiu des de fa n períodes en comparació amb el valor actual. La seva expressió matemàtica és:

$$M(n) = C(t) - C(t-n),$$

on n és l'amplitud de l'interval considerat, M(n) el moment d'ordre n, C(t) el preu en el darrer dia del període i C(t-n) és el preu de l'actiu n períodes abans¹⁷.

Si la velocitat en el canvi del preu incrementa (augment en el valor absolut del moment) és senyal d'enfortiment de la tendència actual, mentre que una desacceleració en l'indicador és indicatiu d'un proper canvi en la tendència de l'actiu.

¹⁶ Wilder proposa un valor h=14 dies però nosaltres hem fet servir h=12 mesos, unitat temporal de la nostra aplicació.

¹⁷ El paràmetre n és variable, tot i que acostuma a oscil·lar entre 5 i 10 dies si els períodes s'expressen en aquesta unitat.

► Filtre Vertical-Horitzontal (o *Vertical Horizontal Filter, VHF*).

Una tasca difícil per a l'analista tècnic, amb la que també ens trobem nosaltres, és la de determinar quins indicadors són útils per a predir la tendència en l'evolució dels preus d'un actiu. La bondat d'un indicador es veu afectada pel fet de que els preus es trobin en un període de relativa estabilitat o bé estiguin immersos en una tendència. La finalitat del VHF, desenvolupat per Adam White (1991) és determinar en quina de les dues situacions es troba l'actiu¹⁸.

El VHF es calcula mitjançant el quocient:

$$VHF = \frac{|HCP - LCP|}{\sum_{j=1}^n |C(t) - C(t-1)|}$$

on el numerador és el valor absolut de la diferència entre el preu de tancament més alt (HCP) i el preu de tancament més baix (LCP) que hi ha hagut al llarg d'un període de temps especificat, normalment 28 dies. El denominador és el valor absolut de la diferència entre cada preu de tancament i el preu de tancament immediatament anterior, durant el mateix període de temps usat en el numerador.

Hi ha 3 possibles interpretacions per a l'indicador:

- Els valors del VHF expressen el grau amb el que els preus segueixen una tendència. A majors valors de VHF, més alta és la tendència que reflecteixen.
- La direcció de l'indicador és útil per a determinar l'orientació dels preus. Si l'evolució del VHF és creixent, s'està gestant una tendència, mentre que si és decreixent es pot estar establint una fase lateral d'evolució de les cotitzacions.
- Per alternança, s'espera que després de valors elevats de VHF es produeixin períodes de congestió en l'actiu, i contràriament, que després de valors petits de l'indicador, els preus entrin en una tendència.

Els canvis o la permanència en una tendència es preveuen mitjançant els valors dels indicadors i també per la interpretació dels patrons que, un cop detectats, indiquen la

¹⁸ D'aquesta manera, s'utilitzaran mitjanes mòbils o MACD com a seguidors de tendència, o bé el RSI o l'indicador estocàstic si els preus es mouen lateralment.

futura evolució en el preu d'un actiu financer. Els més estesos s'enumeren a continuació.

4.5.3. Els patrons gràfics.

És l'instrument per antonomàsia de l'anàlisi tècnica. Basant-se en que la història i l'actuació dels agents econòmics es repeteix, i en que les cotitzacions dels actius reflecteixen completament aquest comportament, l'anàlisi tècnica cerca períodes de temps en els que l'evolució del preu de l'actiu ha estat idèntica a la d'un període anterior.

De les cotitzacions històriques també és possible extreure, com un tret addicional de la memòria-patró, mostres de simetria en les seves formacions. La simetria (pàg. 3) és una manifestació de la memòria pròpia de la física, basada en la invariància d'un procés quan és sotmès a un conjunt de transformacions físiques o analítiques. En concret, en els patrons gràfics que formen els elements unitaris de la memòria-patró podem observar tot sovint la presència de simetria espacial. En les descripcions d'algunes figures hi trobem múltiples referències:

“Hem mencionat ja la tendència a la simetria en la formació de cap i espatlles. Les pautes del tipus múltiple o complex mostren un impuls fins i tot més gran cap a la simetria (...) Si hi ha dues espatlles a l'esquerra, hi ha gairebé sempre dues a la dreta de gairebé igual mida i duració (...), la meitat dreta de la pauta és, en la majoria dels casos, una imatge recíproca aproximada de l'esquerra”¹⁹.

O bé,

“El gir arrodonit (...) mostra, simplement i planera, un canvi gradual, progressiu i bastant simètric en la direcció de la tendència”²⁰.

I encara una altra,

¹⁹ Edwards, R.D. i J. Magee (1989:73) [Traduït al català]

²⁰ Edwards, R.D. i J. Magee (1989:80) [Traduït al català]

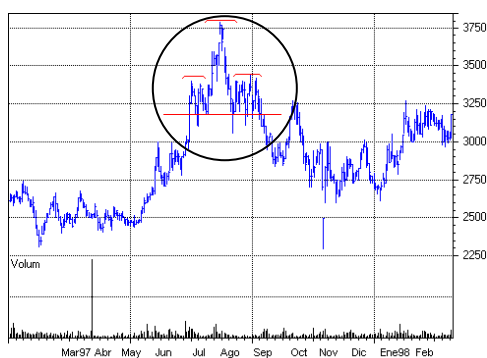
“Aquest tipus de triangle s’anomena Simètric. Si volem fer un ús més exacte del llenguatge geomètric, hauríem de denominar-lo Agut, ja que no és necessari que els seus límits inferior i superior tinguin la mateixa longitud o, el que és el mateix, que formi el mateix angle amb l’eix horitzontal. Tanmateix, hi ha una tendència molt forta en aquestes formacions a apropar-se a la forma simètrica (...)”²¹.

Tornant a la identificació de patrons gràfics, aquests poden subdividir-se en patrons *de canvi* i *de continuïtat*. En els primers, el final de la figura està marcant la fi de la tendència actual i l’inici d’una en sentit contrari. Entre els més importants destaquen el conegut patró de cap i espatlles (i la mateixa figura invertida), cap i espatlles múltiples (o complexes), els sostres i sòls arrodonits, els sostres dobles i triples (dobles i triples màxims), els sòls dobles i triples (dobles i triples mínims) i les formacions en V. Els patrons de continuïtat es donen entremig d’una mateixa tendència, i entre ells podem trobar els triangles diagonals (ascendents i descendents), els triangles horitzontals (ascendents, descendents, simètrics i expansius), banderes, banderoles i rectangles.

La identificació de figures permet a l’analista tècnic realitzar prediccions, ja sigui d’un canvi de tendència o del manteniment de la mateixa. Però com ja hem esmentat, no sempre és fàcil detectar-les a temps per a obtenir beneficis. Tot seguit detallem la representació gràfica d’alguns d’aquests patrons en casos on, a simple vista i a posteriori, és possible reconèixer les figures que marquen una tendència.

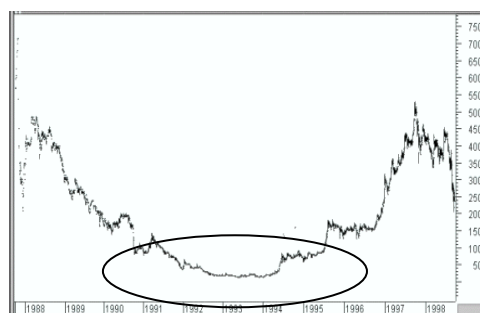
1- Cap i espatlles en Contiente.

Font: MegaBolsa.com



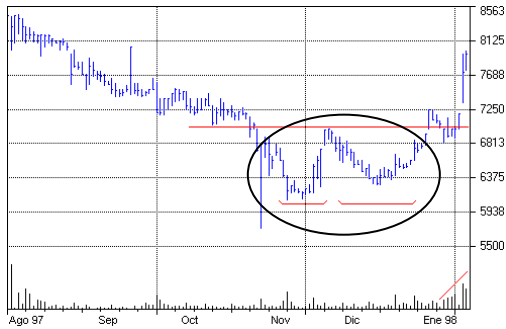
2- Sòl arrodonit en Amper.

Font: Ciberconta.unizar.es

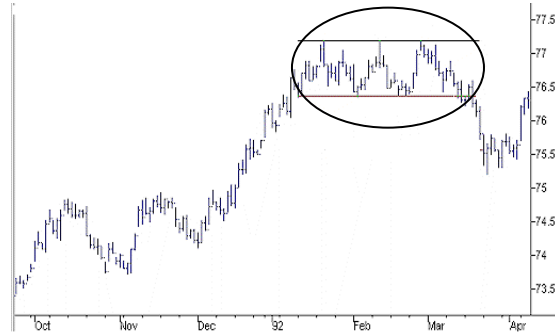


²¹ Edwards, R.D. i J. Magee (1989:93) [Traduït al català]

3- Doble sòl en Faes.
Font: MegaBolsa.com



4- Triple sostre al Bo alemany a 10 anys.
Font: Basefinanciera.com



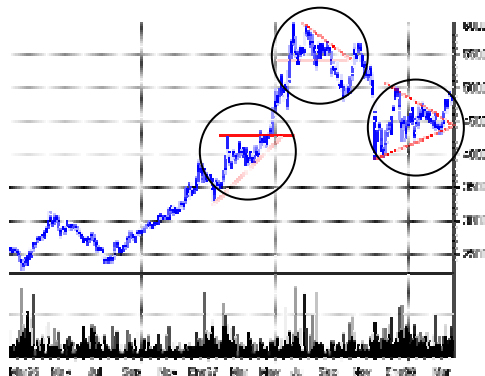
5- Formació en V a Biotech Holders Trust.
Font: IntradayTrader.com



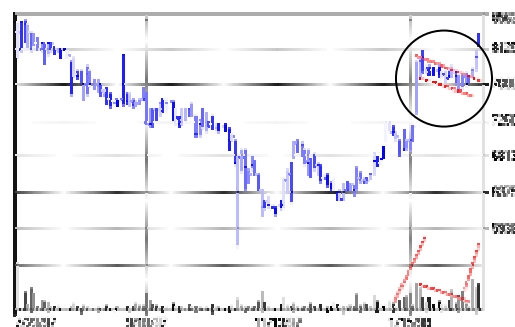
6- Rectangle al DJIA.
Font: Ciberconta.unizar.es



7- Triangles a Acerinox.
Font: Ciberconta.unizar.es



8- Bandera a Faes
Font: Ciberconta.unizar.es



Per als casos on no sigui tan evident el patró davant el qual ens trobem, proposem l'ús de l'aproximació connexionista, i en concret de les xarxes ART. Les característiques d'aquesta XNA permeten no només reconèixer patrons amb soroll i dades distorsionades i associar-les a una de les figures reconegudes per l'anàlisi tècnica, sinó fins i tot, contemplar la possibilitat de descobrir noves categories de patrons no detectades fins aleshores i grups de figures amb un comportament similar.

4.6. Anàlisi de la memòria-patró amb XNA.

Detectar un patró en un gràfic és una de les eines més importants i emprades en l'anàlisi tècnica. La dificultat en reconèixer a temps una evolució coneguda en el *chart* fa que, sovint, sigui l'experiència o la perícia de l'analista la determinant de la qualitat de les decisions preses en base a la interpretació d'una figura, que en moltes ocasions es troba deformatada, incompleta o superposada amb altres patrons. Si afegim que l'anàlisi tècnica considera també el valor d'indicadors per a determinar la futura evolució de la cotització d'un actiu, les capacitats de l'inversor poden veure's superades per la quantitat d'informació a processar.

Les XNA poden solucionar la limitació en el tractament de variables pròpia de l'ésser humà. Mitjançant una estructura adequada i convenientment entrenada, una xarxa pot arribar a reconèixer figures o patrons, i conjuntament amb el valor dels índexs i proporcions facilitats ajudar a un inversor a prendre les decisions més adequades en cada moment, per tal d'obtenir el major rendiment amb el mínim risc assumit.

La diferència entre el reconeixement de patrons per l'inversor o per una XNA no només és una diferència quantitativa, en relació al nombre de variables que un i altra poden incloure en el procés d'identificació de figures, sinó també a nivell qualitatiu. L'instrument, l'aproximació connexionista, ens permet una noció de memòria operativa. En el sentit de que una XNA no només és útil en el reconeixement de patrons, sinó que com a coneixement addicional en podem extreure la seva representació mitjançant un vector numèric, característic del patró; la detecció d'altres patrons gràfics desconeguts fins al moment, i altres diferències molt més subtils com petites modificacions en els patrons que passen desapercibudes per a l'inversor però que poden ser indicadores de possibles transformacions o aparicions de noves figures que captaran una nova realitat.

L'ús d'aquesta metodologia en l'anàlisi tècnica no és cap novetat²². Sí que ho és la finalitat amb la que es presenten en la tesi. A l'igual que les xarxes *back-propagation* del capítol anterior són emprades per a ajustar una sèrie temporal i això permet la predicció, tot i que nosaltres les dissenyem per a analitzar la memòria-dependència; les xarxes que detallem a continuació també poden usar-se per a predir tendències, malgrat el nostre propòsit no sigui tan aquest sinó la interpretació dels resultats obtinguts per mesurar la memòria-patró en un mercat financer.

Les xarxes ART (*Adaptive Resonance Theory*, o Teoria de la Ressonància Adaptativa), comentades en el capítol segon, tenen un funcionament basat en els processos de ressonància i d'autoassociació que caracteritzen a la memòria-patró i que l'anàlisi tècnica no destaca.

Pel que fa a la ressonància, S. Grossberg aconsegueix introduir-la mitjançant una retroalimentació entre les capes d'entrada i sortida mitjançant pesos que les uneixen en ambdós sentits. Així, s'obté una aproximació a un estat ressonant en el qual la informació d'entrada (la que recolliria en el nostre cas un patró concret), viatja repetidament a través de les connexions a la cerca d'informació semblant que ja estigui emmagatzemada dins de l'estructura de la xarxa. Si la semblança és suficient (recordem que la suficiència està determinada per un paràmetre de vigilància escollit per l'usuari), s'obté com a resultat el patró reconegut, l'autoassociació, mitjançant un vector de pesos associat que dins de les xarxes ART configura l'anomenada *memòria a llarg termini*, però que per a nosaltres seria la representació d'un patró o figura de l'anàlisi tècnica, i la conservació dels pesos en la xarxa ART seria la materialització de la memòria-patró.

En aquest punt sorgeix però, la dificultat més remarcable que se li pot atribuir a les xarxes ART. La seva utilitat rau en la idoneïtat de les característiques que s'emprin per a la representació del patró. Si les variables utilitzades per a introduir un patró "cap i espatlles", posem per cas, no són les adequades per a recollir aquesta formació, és possible que amb l'ús de la xarxa s'associïn, s'agrupin, altres evolucions del preu d'un actiu sota la mateixa figura sense que realment pertanyin a una única categoria. Les ART realitzen un procés d'autoassociació entre les característiques amb les què hem

²² El propi John Murphy escriu en el prefaci de Louis Mendelsohn (2000) el següent: "*Mendelsohn (...) mostra com una xarxa neural pot prendre en consideració qualsevol nombre de factors relacionats, analitzar-los, i extreure'n conclusions pràctiques.*" [Traduït al català]

descriu el patró, per tant, hem de procurar que cada patró introduït pugui ser correctament identificat.

Contra aquest inconvenient, les XNA en general i les ART en particular, presenten com a avantatges la seva flexibilitat a l'hora d'estructurar la funció a la que l'assignem i la possibilitat de dissenyar instruments molt específics per a problemes molt concrets.

4.7. Ús de les xarxes ART en l'anàlisi de la memòria-patró. Una aplicació.

Acabem de fer al·lusió al problema de l'elecció de les variables més adequades per a transformar un patró gràfic en un vector susceptible de poder ser tractat informàticament mitjançant una xarxa neural artificial. Tenint en compte que hi ha, dins l'anàlisi tècnica, detectades en torn a una trentena de figures i més d'un centenar d'indicadors de diferent naturalesa, és difícil la tria de les variables que hauran de considerar-se en el nostre estudi.

Reprement l'eix central del capítol, la memòria-patró, hem optat per incidir en aquelles característiques en les que l'anàlisi tècnica es fonamenta per a argumentar que la història es repeteix, més que cenyir-nos en el reconeixement de figures detectades pel *chartisme*, com tampoc ho hem fet sobre paràmetres propis de l'econometria en les xarxes *back-propagation* emprades en la memòria-dependència. Considerarem dues situacions:

- 1- La història es repeteix, i aquest fet queda reflectit íntegrament per la dinàmica de canvis en la cotització d'un actiu financer. En una primera aplicació, emprarem com a úniques variables de definició dels patrons els valors històrics dels preus de l'actiu.
- 2- Els indicadors són una mesura del clima financer pel qual està travessant un mercat financer o un actiu concret, una sinopsi de la seva història, de manera que cada cop que es reproduïx un patró es repetiran els mateixos valors dels indicadors. Donat que la memòria-patró es basa en els fonaments de l'anàlisi tècnica i aquesta utilitza els valors dels indicadors per detectar els punts de compra i venda, complementarem els resultats obtinguts en la situació anterior

amb els que resultin d'una nova XNA que serà entrenada amb vectors formats per cotitzacions històriques a les que afegirem els valors d'alguns indicadors.

L'estructura de les dues xarxes ART emprades i els resultats obtinguts en cada cas es concreten a continuació.

4.7.1. Ús de l'ART amb cotitzacions històriques.

Plantegem l'anàlisi de la memòria-patró en el mateix context tractat en el capítol anterior, centrant-nos en el mercat nord-americà i en el període comprès entre 1946 i 2003. Malgrat l'analista tècnic construeixi els gràfics a partir de les cotitzacions diàries, nosaltres adaptarem les dades per tal d'obtenir patrons anuals fàcilment interpretables. Per aquest motiu, en lloc d'utilitzar directament els valors diaris de l'índex *Dow Jones Industrial Average*, els hem transformat en rendibilitats mensuals.

En primer lloc treballarem únicament amb dades històriques, construint patrons representatius del comportament de l'índex durant un any, mitjançant un vector de 12 components que reculli cadascuna d'elles la rendibilitat corresponent a un mes. La nostra base de dades, doncs, es redueix a un conjunt de 58 patrons de 12 variables.

L'objectiu de la xarxa ART serà agrupar els 58 patrons en diferents grups, de manera que cadascun d'ells estigui format pels anys que han evolucionat de forma més homogènia entre sí, a l'igual que les figures de l'anàlisi tècnica recullen els comportaments de les cotitzacions dels actius financers que segueixen una mateixa evolució.

Introduïdes totes les dades en un software informàtic²³ que implementa una ART2, amb 12 neurones d'entrada i un paràmetre de vigilància de valor 0'75 obtenim la formació dels 15 grups següents:

Grup 1: 1974.

Grup 2: 1960, 1966.

Grup 3: 1969, 2002.

Grup 4: 1962, 1973.

Grup 5: 1946, 2000, 2001.

Grup 6: 1948.

Grup 7: 1978, 1984, 1990.

Grup 8: 1947, 1956, 1979.

Grup 9: 1970, 1987.

Grup 10: 1957, 1968, 1977.

Grup 11: 1952, 1981.

Grup 12: 1950, 1951, 1965, 1967, 1971, 1980, 1988, 1994.

Grup 13: 1998.

Grup 14: 1949, 1953, 1961, 1963, 1972, 1976, 1982, 1983, 1986, 1991, 1992.

Grup 15: 1954, 1955, 1958, 1964, 1975, 1985, 1989, 1993, 1995, 1996, 1997, 1999, 2003.

Hem de tenir en compte, com ja vàrem anunciar en el capítol segon on explicàvem les propietats de les ART, que ofereixen una agrupació sensible a l'ordre en que s'han introduït les dades al sistema. Per tal de comprovar si la formació dels grups anteriors és resistent a un canvi en l'ordre de presentació dels patrons, tornem a entrenar la mateixa xarxa, però introduint ara els patrons a la inversa, és a dir, començant amb el corresponent al 2003 i acabant pel que defineix l'any 1946. Amb el mateix valor del paràmetre de vigilància, s'obtenen ara 18 grups:

Grup 1: 1973, 1974.

Grup 2: 2000.

Grup 3: 1969, 2002.

Grup 4: 1946, 1960.

Grup 5: 1962.

Grup 6: 1957, 1966, 2001.

Grup 7: 1978, 1984.

Grup 8: 1956, 1968.

Grup 9: 1948.

Grup 10: 1971.

Grup 11: 1979, 1987, 1994.

Grup 12: 1970, 1977, 1990.

Grup 13: 1951, 1967, 1980, 1981, 1988.

Grup 14: 1947, 1952.

Grup 15: 1950, 1965, 1998.

²³ *The ART Gallery*, desenvolupat per Lars Liden.

Grup 16: 1949, 1961, 1963, 1972, 1976, 1982, 1983, 1991, 1992.

Grup 17: 1953, 1955, 1958, 1959, 1964, 1985, 1986, 1989, 1993, 1995, 1996, 1997, 1999, 2003.

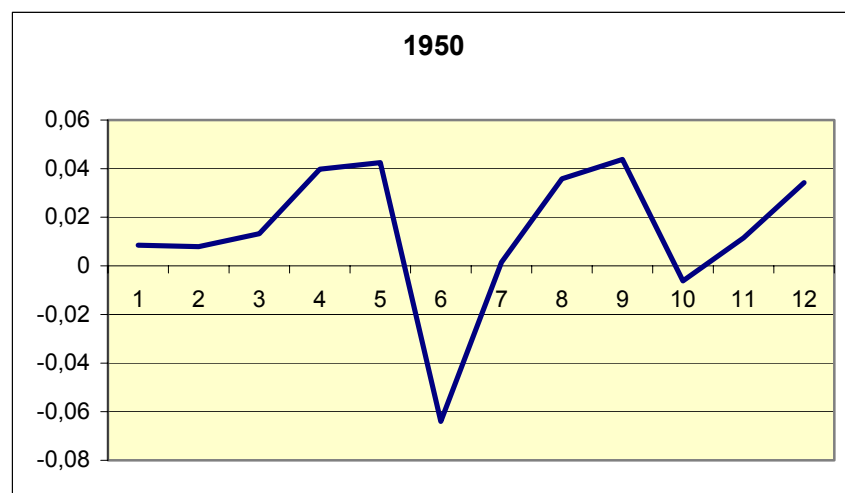
Grup 18: 1954, 1975.

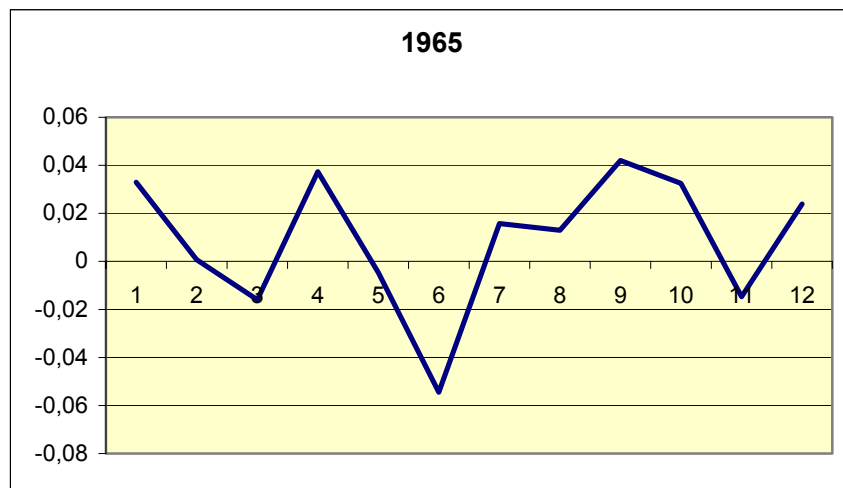
Si comparem els resultats obtinguts en les dues XNA, observem que hi ha sis conjunts de patrons que resten agrupats tant en un cas com en l'altre:

- 1969 i 2002.
- 1978 i 1984.
- 1950 i 1965.
- 1949, 1961, 1963, 1972, 1976, 1982, 1983, 1991 i 1992.
- 1954 i 1975.
- 1955, 1958, 1959, 1964, 1985, 1989, 1993, 1995, 1996, 1997, 1999 i 2003.

És a partir d'aquests grups, els que s'han mantingut estables a pesar de l'alteració en l'ordre d'entrada dels patrons, que exemplificarem les relacions entre els resultats obtinguts per l'ART2 i els patrons gràfics que utilitza l'anàlisi tècnica. És possible que en l'agrupació realitzada per la xarxa, es detectin figures conegudes pel *chartisme*, però també podem trobar-nos amb grups que no responguin a cap forma establerta.

Si representem gràficament els patrons que corresponen a l'evolució de la rendibilitat mensual del DJIA en els anys 1950 i 1965, obtenim:

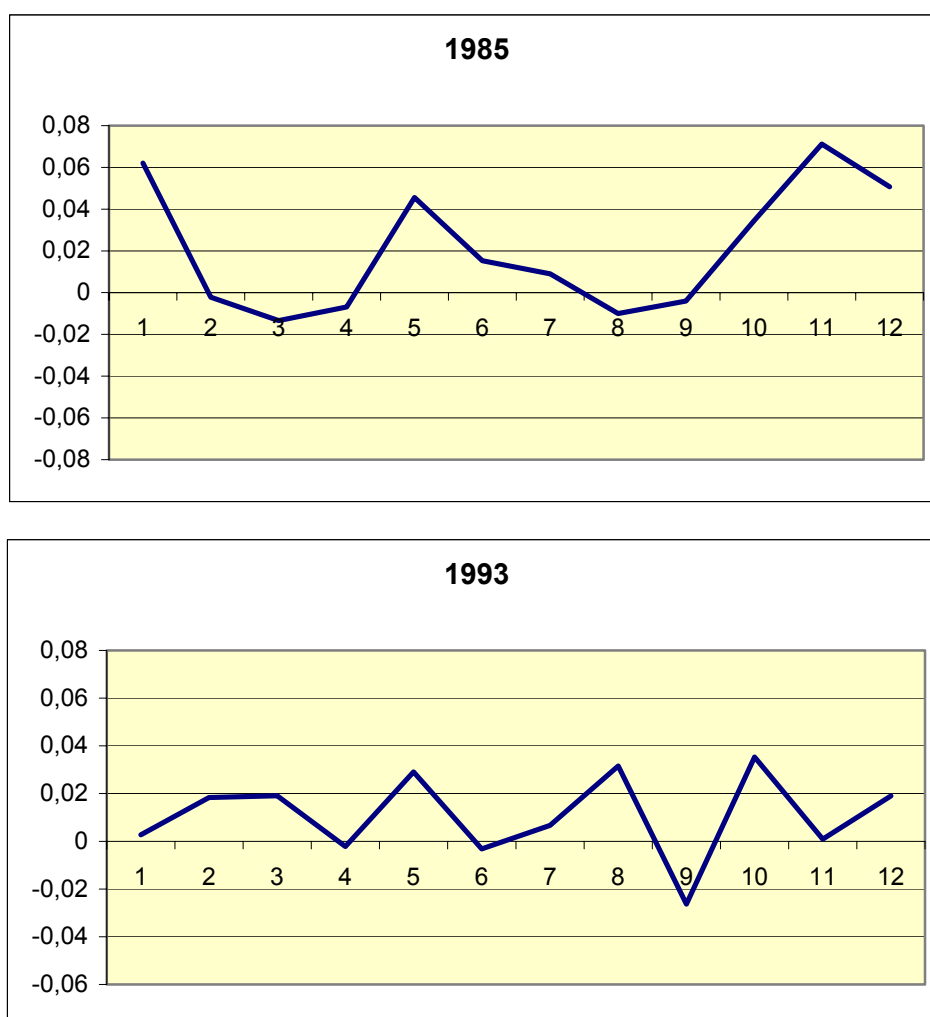




El primer que cal destacar és la semblança entre l'evolució dels dos anys, fenomen que podríem anticipar per la pertinença d'ambdós patrons a un mateix grup. No podia ser d'una altra manera ja que les xarxes ART categoritzen els vectors d'entrada en funció de la similitud entre ells, mesurada en termes de la mínima distància entre les components que els formen.

Una segona circumstància que mereix la pena ressaltar és que aquest grup pot associar-se amb una de les figures característiques de l'anàlisi tècnica, en concret amb una figura de cap i espatlles (vegi's figura 1 de la pàg. 126), però invertit, essent el mes de juny el vèrtex del cap.

No sempre ens trobarem amb una directa identificació entre un grup format per la XNA i una figura de l'anàlisi tècnica. Precisament, una ART2 utilitza els processos de ressonància i autoassociació per a posar de relleu similituds entre patrons que no són coneguts en l'entorn *chartista*. La retroalimentació necessària per a dur a terme la ressonància i el procediment d'emmagatzematge i evocació dels patrons desats a la memòria de la xarxa, formen el lligam entre aquest instrument de l'aproximació connexionista i la memòria-patró. Com a exemple de la generalització en l'agrupació de patrons, i de com les xarxes ART poden ajudar a detectar figures no conegudes per l'anàlisi tècnica, podem fixar-nos en un altre dels grups, i representar gràficament alguns dels seus membres. El comportament del DJIA en els anys 1985 i 1993, inclosos en una mateixa categoria, dibuixa les següents figures:



Si bé la línia que formen les rendibilitats mensuals del DJIA en l'any 1985 recorda un doble sòl (figura 3 en la pàg. 127), l'any 1993 no pot classificar-se en cap de les figures reconegudes. No obstant, ambdós patrons formen part d'un mateix grup que clarament es diferencia del comportament de l'anterior, format pels anys 1950 i 1965. En aquest cas, no trobem una davallada pronunciada de la rendibilitat mensual a mitjans d'any, sinó que 1985 i 1993 es caracteritzen per ser períodes d'una certa estabilitat.

De manera similar continuariem analitzant cadascun dels grups per extreure quines són les peculiaritats que homogeneïtzen els patrons pertanyents a cada *cluster*. Mentre en termes generals el comportament dels mesos estiuencs de 1969 i 2002 fou molt pobre, en el grup format per 1978 i 1984, les rendibilitats negatives es centren en els mesos de gener i de febrer. Examinant cadascun dels conjunts formats, trobaríem les característiques comunes als seus membres i que els separen de la resta de grups.

4.7.2. Ús de l'ART amb cotitzacions històriques i indicadors.

Les agrupacions obtingudes en l'apartat anterior han estat realitzades per una xarxa ART2 emprant únicament rendibilitats històriques de l'índex DJIA. Per tal de detectar patrons que incorporin algun valor dels indicadors propis de l'anàlisi tècnica hem tornat a repetir la mateixa anàlisi però a més de les 12 rendibilitats mensuals que defineixen el comportament anual de l'índex, hi hem afegit tres noves variables. La primera d'elles és l'Índex de Força Relativa (RSI), per a un valor d'h=12 mesos. En segon lloc, hem calculat el *momentum* mensual amb n=12 mesos i hem pres com a variable la mitjana dels 12 indicadors referents al mateix any. Finalment, la quinzena component del vector que defineix cada patró és el valor del Filtre Vertical-Horitzontal (VHF) per a un període de 12 mesos.

L'elecció d'aquests tres estadístics respon a una doble finalitat. Per un costat, per prioritzar una arquitectura senzilla en la xarxa ART utilitzada en l'anàlisi, hem descartat la inclusió dels que estiguin formats per sèries temporals, com ara les bandes de Bollinger o l'oscil·lador estocàstic. D'altra banda, del conjunt d'indicadors puntuals hem optat per aquells que de forma més representativa quantifiquen l'evolució de la rendibilitat d'un període. L'Índex de Força Relativa com a mesura de la velocitat en les variacions de la rendibilitat, el *momentum* com a mesura de la seva acceleració, i el VHF per tal de situar el patró dins una tendència. Els procediments de càlcul dels diferents indicadors estan detallats en l'apartat 4.5.2.

Un cop modificats els patrons per tal d'incorporar les noves components, hem tornat a entrenar una ART2 amb 15 neurones en la capa d'entrada i amb un valor del paràmetre de vigilància de $\rho=0.7$. Els resultats obtinguts han estat²⁴:

Grup 1: 1969 i 1977.

Grup 2: 1960 i 1974.

Grup 3: 1962.

Grup 4: 2000.

Grup 5: 1994, 2001 i 2002.

Grup 6: 1946, 1957, 1966 i 1990.

Grup 7: 1948 i 1973.

²⁴ En aquest segon cas hem disminuït lleugerament el valor del paràmetre de vigilància per homogeneïtzar el nombre de grups en ambdues situacions. Amb els patrons de 15 variables i $\rho=0.75$, obtenim 23 grups, mentre que reduïm el nombre de grups a 16 amb un valor de $\rho=0.7$.

Grup 8: 1956, 1981 i 1984.

Grup 9: 1978 i 1979.

Grup 10: 1992 i 1997.

Grup 11: 1950, 1965 i 1987.

Grup 12: 1968, 1971 i 1986.

Grup 13: 1947, 1949, 1952, 1953, 1963, 1970, 1988 i 1993.

Grup 14: 1951, 1955 i 1967.

Grup 15: 1959, 1961, 1972, 1980, 1991 i 1998.

Grup 16: 1954, 1958, 1964, 1975, 1976, 1982, 1983, 1985, 1989, 1995, 1996, 1999 i 2003.

A l'igual que en el cas anterior, veiem l'agrupació resultant si introduïm les dades en la XNA en sentit invers, començant amb l'any 2003 i acabant per 1946, també amb un paràmetre de vigilància de 0'7:

Grup 1: 1960, 1969, 1974 i 1977.

Grup 2: 1962.

Grup 3: 1946, 1966 i 2000.

Grup 4: 1990.

Grup 5: 1978 i 1984.

Grup 6: 1948, 1956 i 1973.

Grup 7: 1952, 1957, 2001 i 2002.

Grup 8: 1981.

Grup 9: 1953, 1965, 1971, 1986, 1994 i 1997.

Grup 10: 1947, 1949, 1955, 1968, 1970 i 1979.

Grup 11: 1950 i 1987.

Grup 12: 1951, 1963, 1967, 1988, 1992 i 1993.

Grup 13: 1961, 1972, 1980 i 1991.

Grup 14: 1958, 1959, 1964, 1976, 1982, 1983, 1989, 1995, 1996, 1998, 1999 i 2003.

Grup 15: 1954, 1975 i 1985.

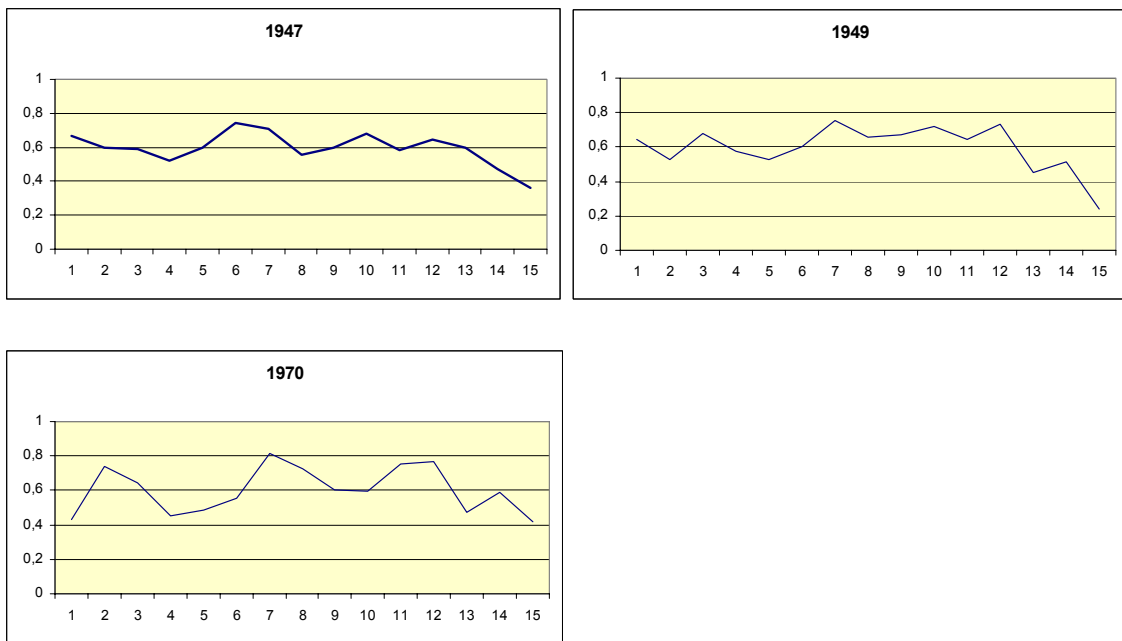
I finalment, comparant les dues agrupacions obtenim els patrons que romanen compartint grup:

- 1969 i 1977.
- 1960 i 1974.
- 1962.
- 2001 i 2002.
- 1946 i 1966.
- 1948 i 1973.
- 1950 i 1987.
- 1971 i 1986.
- 1947, 1949 i 1970.
- 1988 i 1993.
- 1951 i 1967.
- 1961, 1972, 1980 i 1991.
- 1954 i 1985.
- 1958, 1964, 1976, 1982, 1983, 1989, 1995, 1996, 1999 i 2003.

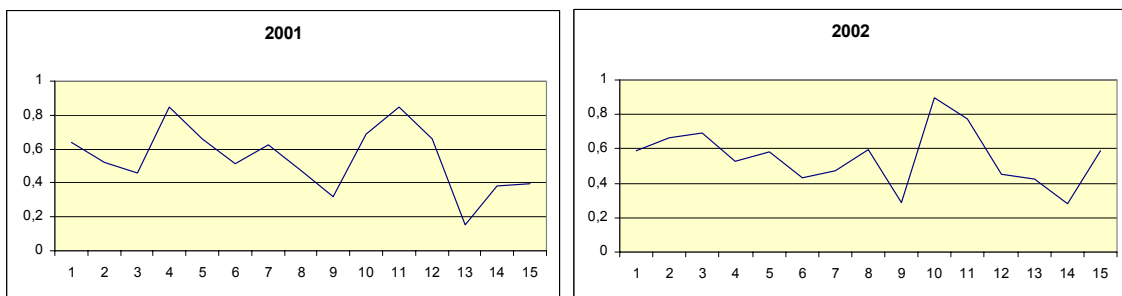
En aquest segon cas, en el que hem entrenat la xarxa amb rendibilitats històriques juntament amb el valor d'indicadors, hi ha més patrons suficientment homogenis com per formar part d'un mateix grup però, d'altra banda, es troben repartits en un nombre major d'agrupacions.

La presència d'indicadors com a components dels patrons invalida la possibilitat de trobar equivalències entre un grup format per la xarxa i un patró gràfic de l'anàlisi tècnica, ja que aquests últims es dibuixen únicament amb cotitzacions històriques, malgrat que per a la seva interpretació s'utilitzin també altre instrumental matemàtic. El que sí podem mostrar és la representació de l'evolució de patrons pertanyents a diferents categories tot veient la semblança permanent entre els seus elements i les diferències vers la resta de grups.

Agafant com a exemples el grup format pels patrons corresponents a 1947, 1949 i 1970 i el que engloba a 2001 i 2002, s'observa:



i d'altra banda,



És fàcil observar el diferent comportament de la rendibilitat del DJIA en ambdues situacions. El fet de que les dades siguin rendibilitats i no directament cotitzacions, i que s'hagin normalitzat en l'interval tancat $[0, 1]$ assegura que les diferències entre els patrons no siguin degudes al pas del temps (inflació, cicles a llarg termini, etcètera), sinó que siguin diferències que s'expliquen tan sols per la diferent evolució dins el període considerat, dins d'un any.

En aquest cas particular, podem caracteritzar el grup de 1947, 1949 i 1970 per l'estabilitat al voltant de la mitjana de la rendibilitat de l'índex, mentre que el tret distintiu que uneix el grup format per 2001 i 2002 és l'accentuat increment en la rendibilitat en els mesos d'octubre i novembre.

4.8. Consideracions finals.

En aquest capítol hem tractat sobre la memòria-patró. Una accepció de memòria que cal entendre dins el context de l'anàlisi tècnica i que té el seu origen en la teoria de Dow. En especial, en l'apartat que fa referència a que la història es repeteix, fet que es visualitza en la iteració de patrons gràfics en els *charts* que recullen l'evolució d'un actiu financer. Tant la memòria-dependència com la memòria-patró sorgeixen de l'anàlisi d'una sèrie temporal i contradiuen la hipòtesi dels mercats eficients, però mentre que la primera cerca una relació funcional entre observacions, la segona, basada en el comportament dels inversors, es centra en la detecció de figures amb les que comparar els mateixos patrons esdevinguts en el passat i extrapolar una evolució futura. Congruentment amb la diferent manera d'interpretar la influència del passat per una i altra, s'obtidran també formes de predicció diferents.

La constància com a tret característic del subsistema de memòria d'arrel és present de diverses maneres en la memòria-patró. La manifestació més important la trobem en el propi comportament dels individus. Els inversors comparteixen una estructura decisional comú, de manera que les actuacions que es deriven d'aquest procés acostumen a donar-se reiteradament, a excepció de que es produeixin modificacions importants en el sistema, com ara una alteració significativa dels percentatges de participació dels grups heterogenis que actuen al mercat (entrada massiva de petits inversors), canvis de gran magnitud en l'entorn polític, fiscal o monetari, etcètera. Donat que el preu d'un actiu recull completament el comportament de l'inversor, segons la hipòtesi de la que es nodreix la memòria-patró, la constància d'actuació es reflectirà en la repetició de formacions en el gràfic de rendibilitats, que poden ser detectades, identificades i emprades per a la millora en la presa de decisions futures. Encara en un nivell de concreció superior, la formació de patrons pot relacionar-se amb constants de proporcionalitat que donen suport a la concepció de la memòria-patró.

En darrer terme, hem proposat i aplicat les xarxes ART. El seu disseny especial per donar resposta al dilema entre plasticitat i estabilitat, mitjançant l'establiment d'un estat de ressonància que conclou amb l'associació dels patrons a grups ja existents o de nova creació, facilita el reconeixement de patrons. Per tal de comprovar l'aplicabilitat d'aquest instrument, ens hem ajudat dels resultats de dos exemples en els que els vectors d'entrada a la xarxa eren construïts a partir dels valors històrics de la

rendibilitat mensual del *Dow Jones Industrial Average* en el primer cas, i d'un segon en el que a més de les rendibilitats històriques també incorporàvem algun dels indicadors de l'anàlisi tècnica.

Al tractar-se de XNA molt sensibles a l'ordre d'introducció dels patrons, hem reproduït els anàlisis dues vegades invertint la seva posició. Encara que s'han detectat variacions en la composició d'alguns grups, podem concloure que existeixen combinacions estables d'anys amb un comportament de l'evolució de l'índex molt semblant, recollits pels grups que la mateixa xarxa ha format. L'avantatge d'emprar xarxes neurals artificials per a reconèixer patrons rau en una major capacitat per a tractar la informació, en la seva flexibilitat per a definir els patrons (dades històriques, indicadors tècnics, variables qualitatives, etc.) i en la seva estructura recolzada pels processos de ressonància i autoassociació.