



UNIVERSITAT DE BARCELONA



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<sup>a</sup> Teresa Sorrosal i Forradellas

2005

## CONCLUSIONS I FUTURES LÍNIES D'INVESTIGACIÓ

A la història, la memòria i l'oblit.  
A la memòria i l'oblit, la vida.  
Però escriure la vida és una altra història.  
Inconclusió.  
(Paul Ricoeur)

En la introducció fèiem referència a l'origen de la tesi, el qual es troba en la pregunta sobre l'existència de memòria als mercats financers. Conseqüentment, l'objectiu general que ens vàrem plantejar fou obtenir una resposta a aquesta qüestió i en cas de resultar afirmativa, analitzar els tipus de memòria que poden distingir-se i la metodologia més adient a aplicar en cada cas.

Per tal de poder desenvolupar adequadament la nostra recerca, ha calgut fer un desglossament en tres categories d'objectius particulars:

- *Objectius de conceptualització.* Per arribar a una conclusió sobre l'existència o no de memòria als mercats financers, és necessari un pas previ on s'expliciti el significat del mot 'memòria'. És possible que degut a la complexitat del terme quan s'aplica als mercats financers, no puguem incloure en una única definició tots els matisos que abasta el concepte. En aquestes circumstàncies s'han de delimitar diferents accepcions i analitzar-les tan aïlladament com conjunta.
- *Objectius metodològics.* Un cop diferenciades les classes de memòria que es troben en un mercat, i amb la finalitat d'incorporar el coneixement del passat als models d'explicació i predicció financers, cal examinar els instruments que s'empren per a la seva anàlisi. Primer és necessari realitzar un estudi sobre els mètodes ja existents per a la seva detecció i modelització. En segon lloc, cal

proposar una metodologia adient per a tractar els efectes del passat que no quedin recollits pels models econòmics i les eines de l'anàlisi tècnica, les disciplines que tradicionalment els han analitzat. Finalment, la comparació entre tots aquests instruments permet contemplar la possibilitat d'homogeneïtzar l'estudi de la memòria mitjançant una única metodologia.

- *Objectius empírics.* En aquesta darrera categoria d'objectius ens proposarem exemplificar l'ús, tant del concepte com de la metodologia, de cada acceptió de memòria en l'anàlisi de diversos fenòmens financers. L'evolució dels índexs borsaris en funció de les seves cotitzacions històriques, l'efecte produït pel record dels esdeveniments negatius succeïts en els mesos d'octubre de diferents anys, i les conseqüències del resultat de les eleccions generals sobre el futur comportament d'alguns dels actius que formen l'Ibex-35 han estat els casos estudiats en la tesi.

Aquests objectius s'han desenvolupat successivament al llarg de cinc capítols. El primer amb la finalitat de recolzar l'anàlisi que dóna cobertura als objectius de conceptualització; el segon, dedicat íntegrament als objectius metodològics i en els tres darrers s'han succeït els elements conceptuals, d'aproximació metodològica i d'aplicació empírica.

Ja en la introducció apuntàvem una triple divisió de la noció de memòria en els mercats financers: la *memòria-dependència*, com a relació funcional entre observacions retardades d'una variable; la *memòria-patró*, com a repetició de patrons formats per l'evolució de la rendibilitat d'un actiu financer; i la *memòria col·lectiva*, com a conjunt de coneixements i regles de comportament que són emmagatzemats en forma de record d'un col·lectiu i són evocats amb posterioritat, afectant les decisions futures preses pel grup.

Partint del fet que la memòria biològica humana ha estat àmpliament examinada i degut als vincles que presenta amb la memòria col·lectiva, a ella hem dedicat el primer capítol de la tesi. Després de fer un breu repàs històric sobre el coneixement entorn d'aquesta capacitat, des de les metàfores gregues fins als estudis neurològics actuals, ens hem centrat en la seva definició i tipologia. Sense oblidar que el nostre interès es troba en el context dels mercats financers, hem llistat els criteris més emprats per a classificar la memòria:

- en funció del període de temps que es manté la informació i de si aquesta accedeix o no a la fase de consolidació: memòria a *llarg* i a *curt termini*
- en funció de si es guarda la informació juntament amb la seva referència temporal o no: *memòria episòdica* i *semàntica*
- en funció del grau de consciència en l'adquisició de coneixement: *memòria explícita* i *implícita*
- en funció de la capacitat per augmentar o disminuir l'adhesió del record en la memòria: *memòria positiva* i *negativa*
- en funció de si la informació s'associa a una acció passada o a una que encara està produint efectes: *memòria activa* i *ressonància*
- en funció de l'ens que recorda: *memòria individual* i *col·lectiva*

No tots els criteris són igualment útils per a classificar les diverses accepcions de memòria que hi ha en un mercat financer, però sí permeten entreveure les primeres diferències entre elles, que s'han matisat en capítols posteriors. El darrer apartat s'ha centrat en l'aprenentatge, com a nexa en comú entre la memòria – sense ella no pot haver-hi aprenentatge – i les xarxes neurals artificials – la nostra proposta metodològica per a l'anàlisi de la memòria col·lectiva.

És a aquesta metodologia a la que hem dedicat el segon capítol. L'aproximació connexionista és l'entorn adient per a modelitzar els efectes de la memòria ja que, a l'igual que el funcionament del cervell, està basada en un elevat nombre d'elements simples però altament connexionats entre sí. La unitat mínima del nostre sistema cognitiu, la neurona, és també la peça fonamental que compon una xarxa neural artificial (XNA). En el capítol hem presentat les nocions i el funcionament bàsics d'una XNA, explicitant més detalladament l'estructura i els algorismes matemàtics d'aprenentatge de les tres emprades en la tesi. D'entre elles, les *back-propagation* són xarxes supervisades. Les altres dues, les ART (*Adaptive Resonance Theory*) i els mapes de Kohonen, són no supervisades o autoorganitzatives, ja que utilitzen la informació administrada per formar de manera autònoma els grups o *clusters* que ofereixen com a resposta.

La memòria-dependència ha estat l'objecte d'anàlisi del capítol tercer, essent la primera accepció, per antiguitat i extensió, de memòria als mercats financers. Els seus orígens es troben en l'incompliment de la hipòtesi d'independència entre observacions d'una sèrie temporal, trencament que invalida el passeig aleatori com a model d'ajust adequat per a la sèrie. Malgrat la quantitat d'estudis realitzats, tant la definició formal

com els instruments que permeten la seva detecció i anàlisi són una qüestió no solucionada. Aquest fet l'hem posat de relleu en el capítol, on hi consta una petita mostra de la quantitat de propietats matemàtiques que poden utilitzar-se com a criteris per a definir la naturalesa d'una sèrie temporal en referència a la presència o no de memòria i a la seva classificació, així com en la varietat de models aportats des de l'econometria per obtenir millors prediccions en sèries on les observacions estan relacionades amb valors passats de la pròpia variable. Nosaltres examinem els efectes del passat des de la perspectiva de l'aproximació connexionista. Aplicant les xarxes *back-propagation* i mitjançant la interpretació dels pesos de les connexions entre neurones hem analitzat la influència de les dades passades en la formació dels valors futurs de l'índex *Dow Jones Industrial Average* (DJIA), posant especial atenció en els records que puguin afectar a l'índex en el mes d'octubre.

El capítol quart repeteix l'estructura de l'anterior, però enfocat en la memòria-patró. La seva existència es postula com hipòtesi dins de la teoria de Dow, base de l'anàlisi tècnica, en el tercer dels seus supòsits bàsics: el preu ho recull tot, els preus es mouen per tendències i la història es repeteix. La materialització del comportament reiteratiu dels agents econòmics és un conjunt de patrons gràfics detectables a través dels *charts* que mostren les rendibilitats dels actius financers. Per tal de detectar aquestes figures, l'anàlisi tècnica disposa d'un conjunt d'indicadors que juntament amb la teoria d'ones d'Elliott i la informació extreta de les cotitzacions i volums de negociació faciliten la previsió de la formació de noves figures, predient l'evolució futura de l'actiu i determinant així punts de venda i de compra eficients. La nostra proposta és completar l'anàlisi mitjançant l'ús de les xarxes ART. Novament, l'evolució del DJIA és el fenomen triat per estudiar el seu comportament i comparar els resultats obtinguts amb els extrems de l'estudi de la memòria-dependència.

En el capítol cinquè introduïm la memòria col·lectiva d'un mercat financer, un nou concepte adoptat de la sociologia que ens permet ampliar les accepcions anteriors per tal d'incloure tots els efectes del passat, provinguin del record del valor històric d'una variable o de l'esdeveniment del succés en sí. El temps ens apareix en aquest capítol de forma explícita, fent menció a les diferents relacions que s'estableixen entre ell i la memòria. També establim una anàlisi comparativa entre les tres categories de memòria distingides a la tesi, destacant les principals semblances i diferències que s'aprecien en elles. Finalment, la metodologia que cal aplicar s'ha d'ajustar a la naturalesa de les dades que incorpora la memòria col·lectiva i a la capacitat d'aprenentatge a rel de l'experiència, proposant com a possible instrument el que

conformen els mapes autoorganitzatius de Kohonen. Els hem aplicat en dos exemples, obtenint resultats molt dispars pel que fa a la influència del record d'esdeveniments històrics.

\*

Les conclusions extretes després de l'elaboració de la tesi poden agrupar-se sota les mateixes etiquetes que donaven nom a les categories d'objectius.

#### 1. *Conclusions de caràcter conceptual:*

- a) *En el context financer, el terme 'memòria' admet diferents significats.* No podem parlar de la memòria d'un mercat financer sense caure en confusions terminològiques si abans no hem explicat el significat que se li confereix. Dues són les accepcions que tradicionalment s'han emprat. En primer lloc, cal destacar la que hem anomenat *memòria-dependència*, entesa com a relació funcional entre les observacions d'una sèrie temporal d'una variable concreta. De diferent naturalesa és la memòria postulada per l'anàlisi tècnica, la *memòria-patró*. Des d'aquesta perspectiva s'interpreta com la repetició de patrons en el gràfic de cotitzacions o, dit amb altres paraules, s'afirma que la història es repeteix, en el sentit de que es reproduïxen els mateixos esquemes evolutius en el preu d'un actiu financer que quan es donaren circumstàncies molt similars en el passat. La primera redueix els efectes del passat a la influència dels valors històrics d'una variable en la formació dels valors futurs, mentre que la segona els incorpora en forma d'estructura cronològica que podem reconèixer com a una unitat, el patró, i que es repetirà en períodes esdevenidors.
  
- b) *Cal una nova accepció de memòria: la memòria col·lectiva.* Hi ha altres aspectes del passat que tot i afectant a les decisions que prenen els agents econòmics, i per tant, amb influència en el comportament dels mercats financers, no queden recollits per cap de les dues anteriors interpretacions de la memòria. Per tal d'abastar també aquests efectes, aportem una nova definició. La *memòria col·lectiva als mercats financers* és el conjunt de coneixements, incloent característiques del grup, esdeveniments del passat, valors i patrons de comportament, que són emmagatzemats col·lectivament i que s'empren per a millorar les situacions i preses de decisions futures.

L'esmentat conjunt de coneixements engloba tant les variables quantitatives amb les que treballen la memòria-dependència i la memòria-patró, com factors de caràcter qualitatiu que reflecteixen el record de fets històrics del mercat financer.

- c) *Les diferents accepcions de memòria estan relacionades entre sí.* Les tres classes distingides a la tesi tenen un clar punt en comú: són memòria, si l'entendem genèricament com un conjunt de coneixements que s'han adquirit mitjançant l'experiència. No obstant, hi ha trets que permeten distingir-les i identificar-les. En el capítol 1 llistarem un seguit de classificacions amb l'objectiu de traslladar els criteris seguits en l'àmbit biològic a l'àmbit financer. Així, hem conclòs que la memòria-dependència és una memòria exclusivament episòdica, amb caràcter de ressonància, que pot ser a llarg i a curt termini i que recull tant la memòria positiva com la negativa. D'altra banda, la memòria-patró que també és susceptible de les diferenciacions entre memòria positiva i negativa, té sentit mentre és considerada memòria a llarg termini, i és una memòria activa i episòdica. La resta d'efectes del passat, englobats sota l'etiqueta de memòria col·lectiva dels mercats financers, és l'única accepció que admet totes les distincions entre les categories de la memòria humana, fins i tot les que fan referència a la memòria explícita i implícita que no són possibles en els casos anteriors. La memòria col·lectiva també seria l'única que a l'igual que la biològica compleix amb la característica de ser un conjunt dinàmic, un sistema obert i flexible i capaç d'admetre modificacions, ja que en la memòria-dependència la relació entre un conjunt de dades, donat l'interval temporal i l'instrument de mesura està determinada, i en la memòria-patró, tot i que s'admeti que les figures poden variar en el temps, la base d'aquesta memòria la forma la repetició dels mateixos patrons. Des del punt de vista específicament financer, també podem establir una comparativa entre les tres classes de memòria. D'una banda trobem els punts en comú, començant amb el fet de que la hipòtesi dels mercats eficients és incompatible amb l'existència de qualsevol d'elles. Les tres incorporen el subsistema d'arrel, o capacitat de la memòria per a mantenir constants certs paràmetres. Les primeres diferències però es troben ja en allò que es manté fix, essent la forma funcional de les observacions passades d'una variable en el cas de la memòria-dependència, la formació de patrons evolutius en el cas de la memòria-patró i el conjunt de coneixements que s'emmagatzemen en la memòria col·lectiva en el tercer cas. La constància és utilitzada per totes elles amb finalitat predictiva, tot i que tan sols la darrera

pot ser emprada també amb objectius explicatius. El fet de que la memòria col·lectiva incorpori en el seu funcionament el subsistema d'adaptació, que permeti l'aprenentatge, implica que les necessitats metodològiques siguin diferents, requerint d'un instrument apte per a entorns oberts i dinàmics i amb flexibilitat per a tractar diferents problemes. Finalment, remarcarem que l'existència de memòria-patró implica l'existència, en un interval limitat, de memòria-dependència, tot i que la relació no és recíproca, i que ambdues són compatibles amb l'existència de la memòria col·lectiva.

## 2. Conclusions de caràcter metodològic:

- d) *Els mapes de Kohonen són una metodologia apropiada per a l'anàlisi de la memòria col·lectiva.* L'analogia entre el funcionament del cervell humà i el de les XNA fou un primer indicatiu per a plantejar-nos la idoneïtat d'aquest instrument per al tractament de la memòria col·lectiva, la més propera a l'ésser humà de les tres estudiades. Partint de que els records en el cervell no s'emmagatzemen aleatòriament sinó que s'estructuren per similituds, de manera que dos records semblants s'ubiquen en zones properes geogràficament, Teuvo Kohonen desenvolupà els mapes autoorganitzatius que porten el seu nom i que nosaltres hem aplicat a la detecció de memòria col·lectiva en el context financer. La informació es distribueix en un mapa bidimensional en el que es poden interpretar diferents zones de comportament dels patrons que allà s'hi troben, i on es pot observar la seva evolució en funció del recorregut traçat sobre el mapa al llarg del temps. La memòria, pròpiament dita, es troba en els pesos de les connexions entre la capa d'entrada i les neurones que formen el mapa o capa de sortida. L'aprenentatge es reflexa en el moviment dels patrons en el mapa.
- e) *L'aproximació connexionista permet l'homogeneïtzació metodològica amb la qual analitzar tots els efectes del passat.* Esmentàvem en una conclusió anterior que les diferents accepcions de memòria estaven relacionades entre sí. La comparació a nivell quantitatiu dels efectes deguts a una i altra és difícil establir-la si no és possible analitzar-les amb una mateixa metodologia comuna. Les eines de l'anàlisi economètrica s'adapten a la informació recollida per la memòria-dependència, i els instruments desenvolupats per l'anàlisi tècnica fan el propi amb la memòria-patró. Ambdós mètodes, però, són difícilment comparables amb els pesos que s'extrauen de les XNA. És per



aquest motiu que ens hem plantejat utilitzar, com ja s'ha fet en altres ocasions, xarxes en les dues altres classes de memòria. Degut a una diferent naturalesa, ha calgut aplicar altres tipologies de XNA, recollint la influència de la memòria-dependència mitjançant els pesos d'un perceptró multicapa amb algorisme d'aprenentatge *back-propagation*, i aplicant les ART (*Adaptive Resonance Theory*) a l'anàlisi de la memòria-patró, degut a la seva capacitat per reconèixer patrons i a que presenta conjuntament les propietats de flexibilitat i estabilitat o aprendre sense oblidar. A més de disposar d'una metodologia única que ens facilita la comparació a través de les matrius de pesos de tots els efectes del passat, les XNA tenen un valor afegit en el seu ús en l'estudi de la memòria-dependència i memòria-patró. En el primer cas, destaca el fet que no es necessiti emprar una relació funcional determinada per a la modelització d'una sèrie temporal i que sigui fàcilment detectable la relació entre observacions passades, encara que aquesta sigui no lineal. Pel que respecta al segon cas, la detecció de figures no conegudes, el reconeixement de patrons a partir d'informació amb soroll o la possibilitat d'analitzar múltiples variables de diferent naturalesa en la formació dels patrons són algunes de les avantatges que presenten sobre altres instruments d'anàlisi.

### 3. *Conclusions de caràcter empíric:*

- f) *No s'ha detectat "efecte octubre" dins la memòria-dependència.* Sent més exactes, hem de dir que no n'hem trobat en les rendibilitats mensuals del *Dow Jones Industrial Average* en el període comprès entre 1945 i 2004. Sota la denominació d'"efecte octubre" englobem el conjunt d'influències negatives produïdes en l'evolució del mercat, com a conseqüència del record dels esdeveniments succeïts en les davallades borsàries d'anys anteriors en aquest mes. Per tal d'esbrinar si l'esmentada rememoració produeix o no efectes reals en l'evolució de les rendibilitats futures, hem entrenat dues xarxes *back-propagation* incorporant en una d'elles una variable qualitativa binària que representa el mes d'octubre. El pes relatiu d'aquesta variable mesura la importància de la seva inclusió en la xarxa i per tant, del benefici de particularitzar l'anàlisi en cas de trobar-nos en el desè mes de l'any. Davant els resultats de no rellevància de la variable, tant a partir de la quantificació de l'error comès com a partir de les matrius de pesos, hem conclòs que l'"efecte octubre" no té presència en el mercat borsari nord-americà, representat pel DJIA, des del punt de vista de la memòria-dependència.

- g) *És possible establir 'climes' utilitzant la memòria-patró.* De la comparació entre els gràfics emprats per l'anàlisi tècnica i els patrons que hem obtingut en utilitzar una ART hem observat que no només és possible detectar les mateixes figures que reconeix el *chartisme* sinó que també podem establir noves categories de patrons. La generalització a altres formes no reconegudes directament per l'analista tècnic ens permet interpretar la naturalesa o "clima" financer, entès com l'evolució de les variables considerades en l'anàlisi, ja siguin únicament rendibilitats històriques o bé una combinació entre rendibilitats i indicadors tècnics, amb la finalitat d'extrapolar l'evolució futura que segueix a aquest clima i realitzar prediccions. En l'exemple que hem presentat, utilitzant les mateixes dades que en l'aplicació de les XNA a la memòria-dependència, els anys s'agrupen en funció de l'evolució mensual del DJIA seguida al llarg de l'any, distingint per exemple un grup en el que els seus elements han tingut un comportament clarament estable al voltant de la mitjana (anys 1947, 1949 i 1970) d'altres que han sofert variacions característiques com ara el 2001 i 2002, presentant elevades rendibilitats als mesos d'octubre i novembre.
- h) *Tampoc hem trobat "efecte octubre" dins la memòria col·lectiva.* Anteriorment hem mencionat que no hi ha evidències per afirmar que existeix una relació funcional entre les rendibilitats històriques de l'índex DJIA particularitzant per als mesos d'octubre. A partir de la noció de memòria col·lectiva i mitjançant l'ús dels mapes autoorganitzatius de Kohonen, hem replantejat el problema per tal d'estudiar l'existència d'un record col·lectiu en el mercat pels successos esdevinguts en aquest mes. Després d'analitzar el comportament de l'Íbex-35 espanyol, el CAC-40 francès i el Dow Jones americà durant els mesos compresos entre setembre de 1991 i agost de 1998, el primer que s'observa és que el resultat obtingut a partir dels diferents mapes de Kohonen corrobora l'afirmació de que el record de les davallades produïdes de forma global en les borses mundials en els mesos d'octubre (amb especial severitat als anys 1929 i 1987) pot intervenir a nivell psicològic en la memòria dels agents econòmics, però no arriba a plasmar-se en les seves decisions, així que no produeix efectes reals en els preus dels actius, i per tant no és una variable a considerar en l'evolució dels mercats financers. A rel de la nostra anàlisi, però, sí hem pogut comprovar com els mapes de Kohonen detecten la similitud en el comportament de les borses, amb més grau l'espanyola i la francesa per tractar-se de dos mercats europeus, però també poden observar-se els efectes

de la globalització, amb un comportament dels diferents índexs molt similar, i ocupant ubicacions molt semblants en els mapes dels tres països.

- i) *L'efecte eleccions generals i l'aprenentatge emergeixen en la memòria col·lectiva.* El segon efecte analitzat des de la memòria col·lectiva i emprant les xarxes de Kohonen és l'efecte eleccions generals, és a dir, les conseqüències que sobre l'evolució de la rendibilitat dels actius financers té la celebració d'unes eleccions generals. Partint de les dades de les darreres quatre eleccions al Govern central espanyol i centrant-nos en les accions de les empreses que han format part de l'Íbex-35 en aquelles dates, s'observen dos trets importants. En primer lloc, el fet que en el mapa els patrons corresponents a cadascuna de les accions en els quatre períodes electorals s'agrupen en dues zones ben diferenciades, en una es troben els patrons que recullen els anys de canvi en el govern, i l'altra a la resta de patrons corresponents als anys en el que el partit guanyador ha estat el que ja atresorava el poder. El segon fet remarcable és la distribució dels patrons dins de cada zona, en una clara subdivisió en funció de cada comici, ja que l'experiència anterior, tant en una circumstància de canvi com continuïsta, atenua els efectes a curt termini dels resultats de les eleccions.

\*            \*  
\*  
\*  
\*

Som conscients de que en l'elaboració de la tesi han quedat molts punts a tractar, alguns dels quals assenyalem a continuació com a futures línies d'investigació que ens agradaria emprendre:

- *Formalització sistèmica de la definició de memòria col·lectiva als mercats financers.* La definició de memòria col·lectiva que hem aportat en el capítol cinquè ens és útil per començar el seu tractament quantitatiu recolzat en les XNA. Però per tal de prosseguir amb la seva inserció en l'anàlisi financera, caldria matisar el conjunt dels elements que en formen part i les relacions que s'estableixen entre ells i amb la resta de components del sistema financer. La teoria matemàtica de conjunts pot representar una primera aproximació a aquesta modelització.

- *Mesura del grau d'influència dels elements de la memòria col·lectiva en un esdeveniment financer.* Un dels problemes amb els que ens hem trobat durant l'elaboració de la tesi ha estat mesurar el grau d'influència d'un *input* en la formació de l'*output* d'una XNA. El fet de que existeixin múltiples capes en una xarxa i de que les funcions de transferència siguin no lineals dificulta la interpretació de la influència de cada variable segons els pesos de les connexions entre neurones. Aquesta problemàtica també afecta a la memòria col·lectiva, i en concret, a la mesura de la influència de cada record que la compona en el comportament futur d'un mercat o en l'esdeveniment d'un determinat succés.
  
- *Introducció de la lògica borrosa en les xarxes neurals artificials emprades per a l'anàlisi de la memòria en els mercats financers.* La naturalesa de la pròpia accepció i de les dades que són necessàries per a l'anàlisi ens planteja la necessitat d'introduir la lògica borrosa en l'estudi de dos dels tres tipus de memòria distingits. La definició de memòria-dependència s'assenta sobre observacions històriques, i per tant conegudes amb certesa, motiu pel qual és suficient utilitzar dades quantitatives precises en una xarxa *back-propagation* per a modelitzar la sèrie temporal. Pel que fa a la memòria-patró, per tal de poder establir comparacions amb les figures detectades per l'anàlisi tècnica, es restringeixen les variables utilitzades a cotitzacions i volums de negociació del passat, així que en un principi podríem considerar que tampoc és necessària la presència de nombres borrosos. Però si volem ampliar l'anàlisi considerant els indicadors com a components dels patrons, i tenint en compte que no sempre està determinat el valor d'algun dels paràmetres que intervenen en la formulació matemàtica dels mateixos, podríem afegir la possibilitat d'utilitzar xarxes ART borroses (*Fuzzy ART*). Finalment, és en l'anàlisi de la memòria col·lectiva on és més prioritària la introducció de la borrositat en la metodologia emprada, els mapes de Kohonen. Les variables que recull aquesta accepció no tenen per què ser quantitatives, sinó que podem trobar-nos amb trets qualitius que calgui quantificar abans de presentar-los com a *input* en la xarxa. L'equivalent lingüístic que permet el sistema endecadari per a assignar graus de pertinença d'un element a un conjunt borrós pot ser un primer pas per a considerar dins la memòria col·lectiva variables qualitatives com ara el grau de record de certs esdeveniments del passat o la pròpia importància de la història per a l'evolució de diferents mercats financers.

- *Comparació empírica entre les eines tradicionals i l'aproximació connexionista per a l'anàlisi de la memòria.* Un aspecte concret que ens ha quedat pendent després d'elaborar la tesi és establir una comparativa empírica entre els models econòmètrics i les xarxes *back-propagation* per a modelar la memòria-dependència, per un costat, i la detecció de figures en el *chart* de cotitzacions mitjançant els indicadors de l'anàlisi tècnica i les ART, per un altre.
- *Memòria, temps i incertesa financera.* Aquesta tesi s'ubica dins la línia d'investigació anomenada 'Memòria, temps i incertesa financera' del grup de recerca *Investigació en Anàlisi Financera i de la Incertesa (IAFI)* de la Universitat de Barcelona. Malgrat hàgim fet algunes referències al concepte de temps i a la seva relació amb la memòria, hi ha un lligam molt estret entre ambdós conceptes i seria molt profitós abordar una anàlisi més àmplia que englobés conjuntament la memòria col·lectiva d'un mercat amb una noció de temps més idònia per al seu tractament que la tradicional d'ordre cronològic, en concret, la ja esmentada de temps històric-financer. Degut al context d'incertesa que regeix l'actual sistema financer, no podem obviar aquest tercer aspecte, la incertesa, en la nostra investigació i les conseqüències metodològiques que això comporta.