



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^a Teresa Sorrosal i Forradellas

2005

Capítol 1. MEMÒRIA: DEFINICIONS I TIPOLOGIA

"Yo sólo soy memoria y la memoria que de mí se tenga."

Elena Garro (1963:9)

1.1. Introducció.

El fi d'aquest capítol és fer comprensible l'ús del terme 'memòria' en cadascun dels contextos emprats en la present tesi doctoral. Començarem amb un breu repàs sobre l'evolució històrica de la noció de memòria, que es completarà amb un conjunt de definicions de termes relacionats. Tot seguit, abordarem les principals classificacions i finalitzarem amb una breu anàlisi sobre l'aprenentatge, degut al lligam que representa entre la memòria i el comportament dels individus, i per la seva relació amb el funcionament d'una xarxa neural artificial.

Cal precisar que ni està al nostre abast ni pretenem fer un estudi de biologia, psicologia o neurofisiologia, encara que d'aquestes ciències n'extraurem profitosa informació. L'entorn que envolta la memòria objecte del nostre estudi és el financer, així que ens limitarem a cercar tot allò que ens faciliti el seu coneixement en el seu àmbit, obviant o minvant el nostre interès en altres aspectes de la mateixa. Malgrat aquesta puntualització, en el que resta del capítol prevaldrà una referència a la memòria individual i biològica humana més que a la pròpia dels mercats financers, que es deixa per a una anàlisi posterior. La raó per la que introduïm ara aquests aspectes és perquè són bàsics per a la fonamentació de la memòria col·lectiva. Primer, per un motiu purament instrumental i és que tot i les seves limitacions, ha hagut nombroses

investigacions sobre la memòria dels éssers humans i gràcies a elles s'ha avançat molt en el seu coneixement, nodrint alhora d'informació a altres ciències afins, com ara la Intel·ligència Artificial i, en concret, el desenvolupament de les xarxes neurals artificials. D'altra banda, perquè no podem oblidar que els subjectes que prenen les decisions en un mercat financer són éssers humans i la memòria biològica és el suport dels seus records.

1.2. El concepte de memòria.

1.2.1. Origen i evolució.

Cal remuntar-nos, com tantes altres vegades, a l'antiga Grècia per a trobar les primeres referències al concepte de memòria. Com a capacitat per reproduir de forma completa i exacta una narració, la Memòria era una de les parts en què es dividia la Retòrica. Mnemosina, d'on es deriven les paraules *amnèsia* - pèrdua de memòria - o *mnemònic* - relacionat amb la memòria – era la musa de la memòria, mare de la resta de les muses i una de les esposes de Zeus, com a símbol de la seva importància a la cultura hel·lènica. Tradicionalment s'acceptava l'existència de dues classes de memòria, distingint entre la *mneme* i l'*anamnesi*. Mentre la primera fa referència a la propietat de retenir les impressions que han deixat les experiències sensorials, la segona es defineix com la facultat per a traduir la informació que es rep dels sentits en informació intel·ligible, gràcies a l'existència d'un coneixement previ. Del treball dels molts filòsofs grecs que tractaren de la memòria destaquem les dues següents metàfores.

Sócrates (470 a 399 a.C.) i Plató (429 a 348 a.C.) pensaven en la memòria com en l'habitació d'un ocellaire, on una au en una gàbia representa una informació emmagatzemada, que resta allà fins que es va a buscar perquè es necessita, i un cop emprada es torna al seu lloc. Aquesta idea que pot semblar molt ingènua, és però de gran rellevància ja que per primera vegada es contempla la memòria com un procés que s'organitza sistemàticament, on hi ha un ordre (cada ocell va a la seva gàbia) i on es poden establir classes i categories per als records. És des d'aquesta concepció organitzativa que s'han desenvolupat els mapes de Kohonen, que nosaltres apliquem per a l'anàlisi de la memòria col·lectiva als mercats financers.

Una segona metàfora comparava la memòria amb una taula de cera on cada record en queda imprès. D'aquí l'expressió *tabula rasa*, ja que quan naixem no tenim cap petjada a la nostra taula i de mica en mica anem imprimint i desant les nostres experiències, que és el que ens dóna la nostra individualitat. També es deia que la memòria depenia de la textura de la cera, podent els records quedar impresos per més o menys temps i amb més o menys detall. Dins el context de les xarxes neurals artificials, la comparació amb la textura de la cera no la podem establir amb un model concret de xarxa sinó amb un paràmetre que sol incloure's en l'estructura funcional del sistema, anomenat *coeficient d'aprenentatge*. Aquest paràmetre, el valor del qual disminueix quan augmenta el temps d'aprenentatge, mesura el ritme de modificació dels pesos, la velocitat amb la que es van apropant als valors definitius que s'emmagatzemaran a la memòria. Un coeficient d'aprenentatge elevat representa una textura tova, on els records s'imprimeixen amb facilitat però no perduren. Si el coeficient disminueix, la cera es refreda i s'endureix, de manera que les modificacions en els records són més costoses però també més duradores.

A Aristòtil (384 a 322 a.C.) en devem la concepció més antiga de la memòria com a representació interna d'un esdeveniment. L'experiència, segons Aristòtil (1995:437 [Traduït al català]), és el final d'un procés que transcorre per 4 etapes, la primera de les quals és la de la sensació, que compartim amb la resta d'organismes vius:

"Doncs tenen [tots els éssers vius] una facultat innata per distingir, que s'anomena sentit;"

La segona fase és la de la persistència, entesa com a constància, de les sensacions en l'ànima, característica pròpia ja dels éssers humans.

"però, estant el sentit en tots, en alguns animals es produeix una persistència de la sensació i en altres, no. Així, doncs, tots aquells en els que aquesta persistència no es produeix (en general o per a aquelles coses respecte de les quals no es produeix), no tenen cap coneixement fora del sentir; en canvi, aquells en els que es dóna aquella persistència tenen encara, després de sentir, la sensació en l'ànima."

A continuació, Aristòtil al·ludeix a dos fenòmens propis de la memòria, als que nosaltres ens referirem en més detall en el capítol quart: els de *ressonància* i *autoassociació*. En la tercera etapa apareix la memòria com a capacitat per a recordar sensacions experimentades amb anterioritat. La ressonància és el fenomen que es

produeix quan davant una sensació nova, aquesta és capaç d'evocar una percepció passada que presenti similitud amb la primera.

"I al sobrevenir moltes sensacions d'aquest tipus, sorgeix ja una distinció, de manera que en alguns sorgeix un concepte a partir de la persistència de tals coses, i en altres, no."

Finalment, Aristòtil entén l'experiència com la memòria repetida del mateix. En altres paraules, quan les semblances en les sensacions traspassen un cert llindar, té lloc el procés d'autoassociació mitjançant el qual s'obté un únic concepte o una única experiència.

"Així, doncs, del sentit sorgeix la memòria, com estem dient, i de la memòria repetida del mateix, l'experiència: doncs els records múltiples en nombre són una única experiència."

L'explicació que donava diferia molt del que se'n sap avui dia, i com a gran diferència situava el cor com a òrgan clau en el procés de memorització. Segons Aristòtil, els estímuls sensorials que un individu experimentava produïen moviments d'esperits dins el cos, que es traslladaven fins a arribar al cor. Un cop allà, si hi havia informació passada amb la qual trobar una connexió constituïen memòria, en cas contrari, es podia parlar només de fantasia o imaginació¹.

Una altra contribució important d'Aristòtil (1993) fou l'enunciat de les tres *Lleis de l'Associació*, que intentaven explicar com es relacionen els records per tal de que un esdeveniment sigui capaç d'evocar un altre diferent al primer. Són: (1) la *llei de la similitud*, segons la qual un objecte ens pot fer recordar un altre si aquests dos presenten certa semblança, (2) la *llei del contrast*, segons la qual, i contraposada a l'anterior, un objecte ens pot fer recordar un de diferents si els dos divergeixen en un punt específic determinat, i (3) la *llei de la contigüitat*, segons la qual si dos esdeveniments tenen lloc de forma reiterada l'un després de l'altre, es produeix una associació entre ambdós, de manera que quan l'individu percep el primer, experimentarà també el segon com a conseqüència del condicionament adquirit².

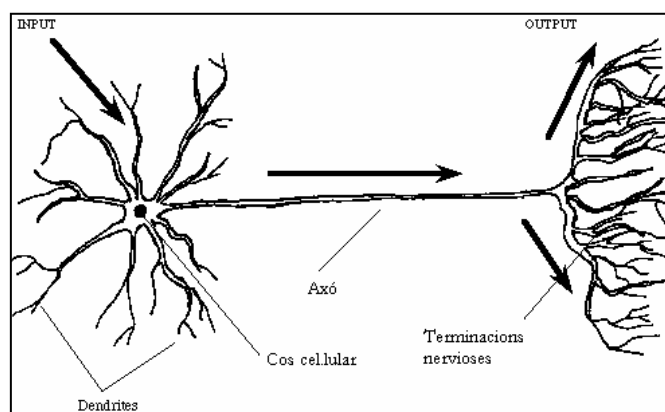
Continuant amb el repàs de la història dels avenços en el coneixement sobre la memòria, els següents passos es centrarien en la localització de la mateixa. Passem

¹ Encara ara, queden restes d'aquesta creença en el lèxic. Així ho demostra el mot 'record' que ve de *recordare*, és a dir, tornar a afermar en el cor, o les expressions anglesa *'by heart'* i francesa *'par coeur'* per a designar el coneixement après de memòria.

² Aquesta tercera llei és la precursora del condicionament clàssic o de Pavlov.

d'Aristòtil que la situava en el cor, a Galeno (130 a 200 d.C.), un dels pares de la Medicina, que ja apunta al cervell com a contenidor dels records. Al Renaixement, A. Vesalio (1514 a 1564) trasllada la memòria cap al cerebel i T. Willis (1621 a 1675) la torna altre cop al cervell. D. Hartley (1705 a 1757) reprèn de nou les idees aristotèliques³ dels moviments que connexionen amb informació passada i es converteix en el líder de l'escola dels associacionistes, modificant però l'antiga creença i introduint el sistema nerviós com a responsable de la transmissió dels moviments, que convertits en vibracions donen nom a la *teoria vibratòria de la memòria*, vigent fins a finals del segle XIX. També en aquesta època, W. James (1842 a 1910) formalitza la principal divisió de la memòria en el seu llibre *Principles of Psychology* (1890) on distingeix la *memòria primària*, o a curt termini, de la *memòria secundària*, o a llarg termini.

Sense abandonar la idea i teories associacionistes, D. Hebb (1904 a 1985) relaciona a *The Organization of Behavior: a Neuropsychological Theory* (1949) la memòria amb canvis morfològics neurals. Anuncià que quan una neurona A estimula reiteradament a una neurona B, la connexió entre ambdues és reforçada, de manera que en el futur la neurona B serà més sensible als impulsos provinents de la neurona A, incrementant així l'eficiència de la sinapsi entre elles. Amb Donald Hebb trobem un altre punt de connexió entre l'evolució del coneixement sobre la memòria i les xarxes neurals artificials. Els seus descobriments formen la base de l'aprenentatge hebbià, propi de les XNA no supervisades.



Gràfic 1.1. Estructura d'una neurona biològica.

³ L'origen de la ciència moderna al S. XVII està molt relacionat amb l'aplicació del mètode experimental, una evolució de la primària cadena "sensació-memòria-experiència" d'Aristòtil.

Les neurones, una d'elles representada en el gràfic 1.1., són les cèl·lules que formen el sistema nerviós dels éssers vius i com a característica principal que les diferencia de la resta de cèl·lules vives presenten la capacitat de processar informació i comunicarla. La informació d'entrada o *input* és recollida per les dendrites i el cos cel·lular, format pel nucli i el soma. El cos cel·lular combina les entrades que rep de les dendrites i genera una senyal de tipus elèctric que arriba a l'axó. L'axó és l'encarregat de transportar aquest impuls elèctric cap als terminals axònics, que es troben en contacte amb les dendrites d'altres neurones. La connexió que s'estableix rep el nom de *sinapsi*. És en aquest punt, i quan arriba la senyal elèctrica, que es produeix l'alliberament de neurotransmissors per part dels terminals axònics per a que siguin recollits per les dendrites de la següent neurona, una senyal química que permet que la informació flueixi a través del sistema nerviós.

Les neurones, i en particular les connexions entre elles, experimenten canvis funcionals derivats del seu ús, procés anomenat *plasticitat sinàptica*. Tots aquests estudis han servit per a que Eric R. Kandel (1929 -), premi Nobel compartit de Fisiologia i Medicina del 2000, hagi pogut demostrar com l'eficiència de les sinapsis pot modificar-se i com els canvis produïts expliquen l'aprenentatge i la memòria. Hom ha descobert així, després de més de 2000 anys d'investigació, com es formen els records en el cervell⁴.

1.2.2. Definicions.

La memòria d'un individu pot ser contemplada des de tres perspectives diferents: a nivell de microorganisme, de macroorganisme i a nivell col·lectiu. En funció de quin punt de vista adoptem, ens trobarem amb diferents definicions.

A nivell cel·lular o de microorganisme, les cèl·lules d'un ésser humà tenen la capacitat per a reconèixer altres cèl·lules del mateix organisme i refusar les que li són alienes. A més, mantenen un record de les malalties sofertes en el passat, informació que aprofitaran per a la millora dels mecanismes de defensa cara a futures agressions. La memòria en aquest nivell està encaminada a preservar la individualitat, però també és necessària per a l'aprenentatge, per adaptar-se al medi, per a la supervivència; esdevenint les dues funcions bàsiques que desenvolupa en els organismes vius.

Des de la perspectiva macroorgànica, la memòria es materialitza en el sistema nerviós humà i novament té un doble objectiu. D'un costat, mantenir la individualitat de la persona mitjançant la informació que forma els records, facilitant un argument coherent i cohesionat de la seva història, i en segon lloc, el de garantir la possibilitat d'aprenentatge mitjançant l'experiència. Altres funcions que se li reconeixen són la d'establir un ordre, una orientació cronològica en la vida d'una persona i la d'abastir de continuïtat temporal a la mateixa.

Finalment, el tercer estadi és el de la memòria col·lectiva. La persona és un ésser social, immers en un entorn determinat i formant part alhora de diferents grups, amb els que comparteix temps, experiències, valors i objectius comuns, que gradualment donen lloc a nou coneixement i configuren la memòria del col·lectiu. Si des del punt de vista de macroorganisme la memòria és la base de la individualitat del "jo", el "nosaltres" s'assegura una identitat a través de la memòria col·lectiva. Tot i tractar-se de nivells diferents, és fàcil adonar-se de l'analogia entre ambdues. En paraules d'en David Jou (2001:79):

"Hem vist que la memòria neuronal s'emmagatzema en les sinapsis de les xarxes de grans nombres de neurones. Això ens pot servir de metàfora social: també en la societat hi ha molts individus, i les relacions entre ells contribueixen no tan sols al present sinó al teixit de la memòria".

Quan aquest col·lectiu sigui representatiu d'un mercat financer, ens trobarem davant de la memòria per la que ens demanàvem en la introducció. La seva complexitat no es limita només al fet de tractar-se d'una pluralitat d'individus, sinó que també deriva de que l'hem responsabilitzat dels efectes del passat no recollits per altres accepcions. De tots aquests aspectes, però, en tractarem en el capítol cinquè. Aquest està concebut des de la segona perspectiva, des d'un nivell de macroorganisme. No obstant, introduïrem a nivell molt intuïtiu algun exemple extret del món financer que ens servirà per a analitzar els lligams entre la memòria de l'individu i la d'un mercat.

*

⁴ Malgrat la quantitat de coneixement que hom té, el propi E. Kandel ha reconegut que encara s'està molt lluny de tenir una idea completa del funcionament del cervell. [*La Vanguardia*, 27/07/03: "¿El Cerebro está cerca de explicarse a sí mismo?", per Óscar Vilarroya].

Una primera aproximació a la definició de memòria la podem extreure dels treballs realitzats per Kandel (1993 i 1997) com a conjunt de canvis en la capacitat de transmissió sinàptica conseqüència d'activitat nerviosa prèvia⁵.

Si deixem de costat les causes i contemplem les conseqüències derivades de la memòria en el conjunt de l'organisme, aquesta es defineix [López, J.C. (2000:184)] com "la capacitat d'emmagatzemar i evocar el coneixement adquirit mitjançant l'experiència", o dit amb altres paraules, és la capacitat d'evocar en el present quelcom passat⁶. La importància de la memòria per a un ésser humà rau en la influència que exerceix sobre el seu comportament present i futur, ja que els records són capaços de modificar les actuacions dels individus temps després de que hagin tingut lloc els esdeveniments que originaren tals records.

Per a comprendre el funcionament de la memòria biològica, cal conèixer el significat d'un seguit de termes que hi estan relacionats. Començarem amb l'efecte contrari, és a dir, definint l'*amnèsia* com la pèrdua de la memòria. Hi ha dos tipus bàsics, l'*amnèsia retrògrada* i l'*anterògrada* [Kandel E., et al. (1997:710)]. En la primera podem dir que es torna a fer '*tabula rasa*', ja que desapareix tota la informació que es mantenia en la memòria però conservem la capacitat per a guardar els records en el futur. Contràriament, en l'*amnèsia anterògrada* es perd la capacitat de recordar nous esdeveniments però es mantenen els que ja estaven emmagatzemats prèviament.

La distinció entre l'*amnèsia* i l'*oblit* cal buscar-la en la diferència entre *memòria* i *engrama*. Mentre la primera és una capacitat de l'individu, l'*engrama*⁷ és el resultat o efecte d'aquesta capacitat. L'*oblit* [Ponz, F. i Barber, A. (1993:318)] és la pèrdua de l'*engrama*, que no de la capacitat de memòria.

⁵ La memòria, com es veu en la definició, no es troba localitzada en un espai concret del sistema nerviós sinó que està distribuïda en el conjunt de sinapsis entre la xarxa que formen les neurones, a l'igual que succeeix en les XNA. Un fet que permet que encara que algunes d'elles es destrueixin, el coneixement emmagatzemat es pugui conservar amb el reforçament de la resta de connexions. Tot i així, s'ha de reconèixer l'important paper que juga l'hipocampus en aquesta capacitat humana. Lesions produïdes en aquesta zona causen importants greuges en la memòria de l'individu, sobre tot pel que fa a la memòria explícita.

⁶ Podem utilitzar dos fragments de la premsa diària com a exemples en el camp financer. Així, "'la memòria històrica dels espanyols", que aprengueren la lliçó de la última crisi, provocarà un creixement de les despeses de les famílies però sense que caigui l'estalvi" [El País, 10 de gener de 1999, Traduït al català], o bé, "Wall Street també va escollir recordar que l'economia d'Estats Units segueix estant en bona forma." [El País, 14 d'octubre de 2000: "El tirón de Wall Street salva de una caïda generalizada al resto de Bolsas", per Isabel Piquer. Traduït al català] entre molts d'altres. Mentre en el primer fragment la memòria s'atribueix a individus, en el segon és un sistema interpersonal, Wall Street, qui "vol recordar" uns fets.

⁷ Col·loquialment a l'*engrama* també se l'anomena 'memòria', i d'aquí que a la introducció hàgim distingit entre memòria i capacitat de memòria.

També els mercats financers es diu que obliden⁸. Aturem-nos-hi breument. Una de les característiques que se li atribueixen als mercats financers és la facilitat amb la que el conjunt d'agents que hi participen obliden el passat. Es diu que en una de les activitats en les que es mou més quantitat de diners, tecnologia i informació, la memòria és un element extremadament fràgil. Aquesta consideració ja la posà de manifest John K. Galbraith (1993) en una denúncia constant de la repetició dels errors comesos i desencadenants de les diferents crisis borsàries que s'han succeït en la història de les finances.

Galbraith exemplifica la seva crítica mitjançant un seguit de crisis financeres que, provocades per bombolles especulatives, podrien, si no haver-se evitat, com a mínim minorat si hom hagués fet una mirada enrera en el temps. D'acord amb la seva argumentació, el cúmul de circumstàncies que precipiten en una crisi són sempre les mateixes: una extrema confiança en la intel·ligència de les persones que prenen les decisions, una innovació que empeny a l'alça els preus en el mercat i que inicia la fase alcista del cicle, la por dels inversors de no participar en els guanys que reporta el mercat en aquell moment, i després, l'esclat de la bombolla quan hom vol recollir els beneficis obtinguts. El pitjor de tot és, argumenta Galbraith, que en la propera crisi tots aquests elements es tornaran a repetir, i els agents econòmics actuaran de la mateixa manera a com ho varen fer en el passat⁹.

Les advertències de Galbraith, vista l'evolució dels mercats en els darrers deu anys, sembla que tampoc han calat fons. A punt de finalitzar el mil·lenni passat, els productes i serveis oferts per les empreses tecnològiques vinculades a Internet eren la innovació que inflava la bombolla de les "dot com". Que les empreses estaven sobrevalorades era un fet conegut¹⁰, que les expectatives de futurs beneficis havien de reduir-se era *vox populi*, el fi de la bombolla també era previsible. Tot ho era a excepció del moment en el que es produiria. Però el mercat semblava haver oblidat el coneixement que dóna l'experiència del passat.

⁸ Per exemple: "L'operadora [Telefònica] actuà de motor en un mercat que s'oblidà de les males notícies i es dedicà a cotitzar les bones." [La Vanguardia, 25/10/00: "Fuerte alza con empuje telefónico", per Joan Jordi Cliville. Traduït al català].

⁹ Columnistes especialitzats en temes econòmics també remarquen aquests oblits. Joaquín Estefanía, coneixedor de l'obra de John K. Galbraith, comença el seu article "Nunca pasa nada" [El País, 10 de gener de 1999. Traduït al català] amb la següent pregunta: "¿Què fou de la crisi financera que va tenir el seu epicentre en el sud-est asiàtic?", i respon "Aparentment mai existí. (...) El record dels problemes de l'últim any i mig sembla haver passat a millor vida."

¹⁰ Mesures com el PER (Price Earning Ratio) que compara la capitalització borsària d'una empresa amb els beneficis anuals que obté, donaven valors extremadament inusuals per a les empreses tecnològiques. El fet de voler prolongar la fase alcista va induir a ignorar aquestes mesures i buscar altres paràmetres de valoració.

Tornant a l'anàlisi prenent com a base l'individu, hi ha la creença comú de que l'oblit és causat pel pas del temps, i si bé efectivament és un dels factors principals que intervenen, no és pas l'únic. *L'efecte de proximitat temporal* recull la relació de la memòria amb l'interval temporal existent entre succés i record, de manera que com més petit sigui l'interval, més record se'n tindrà. Hi ha millor retentiva dels successos recents que dels antics. *L'efecte de preeminència* sembla contradir l'anterior, ja que quan es tracta de recordar una llista d'elements o successos que han esdevingut cronològicament un darrera l'altre, dels primers en tenim més record que dels centrals, degut a la major atenció posada, ja sigui per la novetat que aquests fets representen, perquè encara no actua el cansament, etc. Tot i que pugui semblar que els elements intermitjos s'obliden completament, el fenomen de *l'estalvi* ens assegura que una informació que ha produït un engrama en el cervell i posteriorment s'ha esborrat, resta present d'alguna forma en el sistema neural, de tal manera que costarà menys esforç d'emmagatzemar-la en un futur que una informació que es presenti de nou a l'individu. En l'oblit també és important la *interferència*. L'adquisició de coneixement posterior a un conjunt de dades ja emmagatzemada a la memòria pot obstaculitzar o interferir en la capacitat de retenir més records. En la *inhibició retroactiva*, la incorporació de nova informació esborra parcialment l'engrama de l'anterior. Mentre que en la *inhibició proactiva*, la memòria prèvia satura la capacitat de l'individu per a adquirir nou coneixement.

Ser incapaços d'aprendre res nou és un problema, a l'igual que ho és oblidar-ho tot. Però, contràriament al que es podria pensar, tenir la capacitat de no oblidar res també representaria un gran inconvenient. En aquesta situació es troba el personatge protagonista de *Funes el Memoriosos*, relatant Jorge Luis Borges l'agonia que representaria en la nostra vida quotidiana retenir fins el més petit detall de les experiències viscudes. A més de sobresaturar el nostre cervell amb informació irrellevant (degut a que la memòria negativa, l'encarregada d'alliberar dels nostres records aquells dels que en podem prescindir, no es donaria) no seria possible modificar els records per la presència d'un context diferent. La memòria deixaria de ser dinàmica i adaptativa per convertir-se en informació estàtica. La limitada capacitat de l'ésser humà per emmagatzemar coneixements té com a avantatge la necessitat de mantenir només les generalitzacions, abstraient la informació important i permetent utilitzar-la, amb petites alteracions, en diferents situacions del futur. Això vol dir que tan sols una part dels nostres records reproduïx exactament el succés o sensació experimentada en el passat, mentre que la resta és reconstrucció des del present. A través de la memòria, abstraiem generalitzacions i emmagatzemem records en forma

d'estructura que s'acabarà d'omplir amb detalls, obviats en el seu moment, i que són coherents amb el conjunt de la situació actual¹¹.

Els records es veuen alterats amb el pas del temps, no únicament per l'efecte de l'oblit, sinó perquè els canvis que afectin la nostra percepció actual de l'entorn, també modificaran el revestiment dels records. Aquesta propietat reestructuradora de la memòria és positiva ja que permet un menor nombre en la quantitat d'informació a emmagatzemar i a més converteix la memòria en un sistema obert i dinàmic, però cal dir que no tot són avantatges. La memòria pot ser de vegades extremadament poc fiable, pot deixar-se influir i arribar a confondre'ns. Ja se'n va fer ressò Nietzsche [(1984:96) Traduït al català]:

" "Jo vaig fer això" - diu la meua memòria -. "Això no ho he pogut fer jo" - diu el meu orgull i roman inflexible -. Al final és la memòria la que cedeix".

Aquest fet és sovint observable en el context dels mercats financers i està relacionat tant amb el fenomen de manca de memòria criticat per Galbraith com en la propagació i conseqüències dels rumors, fins i tot falsos, en els mercats.

1.3. Classificacions de la memòria.

Ja hem vist en l'apartat anterior com des de l'època clàssica grega s'ha subdividit la memòria per desxifrar els funcionaments i els diferents aspectes que la mateixa presenta. A continuació oferim les classificacions que usualment podem trobar sobre ella, afegint la vinculació de cada tipologia amb la memòria-dependència, memòria-patró i memòria col·lectiva, presentades en la introducció.

Cal una puntualització. El neuròleg Norasc Acarín (2003) distingeix entre la *memòria fisiològica*, que permet que l'organisme conegui i desenvolupi les seves funcions; la *memòria filètica*, que conté tota la informació pròpia de l'espècie humana, com ara la capacitat per utilitzar un llenguatge oral; i la *memòria de l'experiència*, la que

¹¹ Exemples d'aquest fenomen poden trobar-se a *El cerebro nos engaña* (2000) de F.J. Rubia. De la mateixa manera que no ens adonem de la manca d'imatge en l'espai de la retina que ocupa la sortida del nervi òptic perquè el cervell la completa amb imatge que no prové directament de la visió, també els nostres records són farcits de dades que no foren experimentades directament pels nostres sentits.

s'emmagatzema en el cervell com a conseqüència de l'aprenentatge¹². Nosaltres únicament ens referirem a les classificacions que afecten a aquesta darrera.

Donat que hi ha tot un ventall de criteris, ens sorgeix la següent pregunta: què fa que una classificació de la memòria ens sigui útil? En termes biològics, Juan C. López (2000, c.2) respon que el que s'ha de tenir en compte és que permeti explicar observacions futures i que es pugui experimentar en un laboratori, i que per tal d'eliminar arbitrietat, estigui basada en fonaments biològics. Des del punt de vista de la seva aplicació als mercats financers, el raonament ha de ser diferent. Són útils en la mateixa mesura totes les classificacions de memòria? Intentarem raonar-ho en cadascun dels subapartats.

- Memòria a curt termini i memòria a llarg termini.

Tot i ésser la classificació més coneguda, és la que més dubtes planteja i sobre la que es tenen els límits més borrosos. Encara que la seva denominació pugui indicar que la diferència es deu a la duració dels records, no és només aquest el tret distintiu entre ambdós. També intervenen altres factors, com ara el grau de consciència del processament de la informació o la capacitat d'emmagatzematge. De fet, hi ha autors [Guyton, A.C. (1994:293)] que completen la classificació amb una *memòria immediata* anterior a la memòria a curt termini i hi ha qui [Ponz Piedrafita, F. (1993:320)] a més a més realitza subgrups dintre de cada divisió, distingint en la memòria a curt termini una *memòria sensorial*¹³ i una de *primària*, i en la de llarg termini entre una *secundària* i una altra de *terciària*.

Amb tots aquests matisos avenim que la *memòria a curt termini o de treball* és el conjunt de canvis físics i/o químics que es produeixen als terminals presinàptics o a la membrana postsinàptica, i que emmagatzemen el coneixement que no cal evocar perquè pertany al mateix temps present. Dura un període de temps breu i té una capacitat d'emmagatzematge molt limitada, variant la duració i la capacitat en funció de l'organisme al que ens estem referint. La *memòria a llarg termini o permanent* és deguda a canvis estructurals en les sinapsis, i permet emmagatzemar una gran

¹² No hem de confondre aquesta classificació amb la divisió establerta entre el subsistema de memòria d'arrel i el subsistema de memòria d'adaptació, doncs ambdós segueixen criteris diferents. Dins de la memòria d'experiència trobarem records destinats a preservar la identitat de l'individu i per tant formaran part del subsistema d'arrel, mentre que altres que modifiquin el nostre comportament formaran part del subsistema d'aprenentatge.

¹³ Dins aquest tipus de memòria hi trobaríem la memòria icònica (en anglès, *iconic memory*), de la paraula grega icona, és a dir, imatge. És la memòria visual, fotogràfica.

quantitat d'informació durant un període de temps ampli. Malgrat les seves diferències, ambdues formen part d'un mateix procés i la distinció és únicament de grau.

Abans de que una informació formi part de la memòria passa per un procés de tres etapes¹⁴. La primera és la fase de *selecció*. No tota la informació associada a un esdeveniment és retinguda, sinó que es seleccionen alguns aspectes que seran els candidats a recordar-se. D'esma solem guardar les generalitzacions que podrem necessitar en el futur i sacrificar els detalls que poden ser reconstruïts amb posterioritat per tal d'optimitzar la capacitat d'emmagatzematge. La següent fase és la de *codificació*, o la conversió de les nostres experiències sensorials en canvis assumibles per les neurones. Pot ser de dos tipus, *elaborada* o *superficial*. La primera integra la informació que s'associa a coneixement ja adquirit, reforçant aquests records i permetent que es puguin evocar sense necessitat d'ajudes externes, a la vegada que s'obliden amb més dificultat. En la codificació superficial la nova informació no entra en relació amb coneixement previ i la seva duració a la memòria és molt més limitada. La tercera fase és la pròpia de l'*emmagatzematge* i és on es produeix la distinció entre els records que formaran part de la memòria a curt i a llarg termini, en funció del *procés de consolidació*. Fins el moment de l'emmagatzematge tota la informació segueix el mateix procés. És el fet que les dades es consolidin o no el que determina que es recordin per més o menys temps. La consolidació no es coneix amb exactitud, però sí algunes de les seves característiques. Després d'experimentar una sensació o un succés, hom pateix un període de temps crític on la informació pot oblidar-se fàcilment. Superat aquest interval, el record s'ha consolidat i passa a formar part de la memòria a llarg termini. En aquesta tercera fase, els records s'organitzen estructuralment, hi ha un ordre, es forma un mapa topològic¹⁵ on les informacions similars produeixen canvis en llocs propers del cervell. A més sabem que la repetició d'una mateixa sensació o esdeveniment afavoreix el procés de consolidació, de manera que si el coneixement que tenim en la memòria a curt l'experimentem una i altra vegada, pot acabar formant part de la memòria a llarg termini.

Traspassant el llindar biològic, el curt i el llarg termini és un criteri que també s'utilitza en finances, malgrat no sempre aplicat a la memòria. Així, en els règims financers de tipus d'interès és usual la convenció d'utilitzar períodes inferiors o iguals a un any per a

¹⁴ Vegi's per exemple: Guyton, A.C. (1994:291-297) o López García, J.C. (2000:104-109).

¹⁵ Com veurem en el següent capítol (apartat 2.3.2), hi ha un gran paral·lelisme entre aquesta distribució i la dels mapes de Kohonen.

definir el curt termini i períodes superiors a l'any per al llarg termini, aplicant diferents règims a operacions financeres de diferent durada. Parlar en els mateixos termes de la memòria en els mercats financers és més complex. En la memòria-dependència és on més s'ha fet menció a aquesta classificació i com veurem en el capítol tercer, la seva distinció depèn de diferents propietats matemàtiques d'una sèrie temporal. En la memòria-patró, encara que no s'expliciti, s'entén que és a llarg termini i en conseqüència que els patrons són figures que s'han consolidat. En cas contrari, el coneixement de les reiteracions gràfiques només seria útil en un context delimitat en el temps. Per últim, en la memòria col·lectiva sí que afecta el procés de consolidació descrit ja que estem parlant dels records dels agents que participen en el mercat, i com a individus, experimenten tots els tipus de memòria aquí detallats.

- Memòria episòdica i memòria semàntica.

La memòria i el temps són conceptes que inevitablement estan lligats, així no és estrany que parlant de l'un, l'altre hi surti com a element relacionat. Si en la classificació anterior apareix el temps com a duració, ara, la principal diferència entre la memòria episòdica i la semàntica estriba en si contempen un ordre cronològic o no en els seus records. La *memòria episòdica* està estructurada en el temps, fruit d'experiències passades que es desen juntament amb referències temporals. Gràcies a ella es pot establir un ordre de successos en la història d'un individu o d'una entitat. La *memòria semàntica* no disposa d'aquesta estructura temporal, s'emmagatzemen coneixements i es poden recordar i evocar però es desconeix el moment puntual en el qual varen adquirir-se. Acostuma a ser informació de l'entorn o del context en el que s'actua. La diferència entre la memòria que requereix estructura temporal de la que no, és tan important que el seu funcionament està governat per àrees separades del sistema nerviós humà.

La memòria-dependència i la memòria-patró s'inclouen dins l'apartat de memòria episòdica. D'una banda, en una sèrie temporal tan important és el valor de l'observació com la posició que ocupa, materialitzant-se en el nombre de retards existent entre successos; i de l'altra, cadascun dels patrons no és més que una particular seqüència ordenada temporalment de valors de la cotització d'un actiu financer, i per tant, amb estructura cronològica.

La memòria col·lectiva d'un mercat financer engloba tant la memòria semàntica com l'episòdica. Per exemple, el comportament negatiu dels mercats de capitals davant un

augment dels tipus d'interès és una informació que forma part de la primera, mentre que el record de l'evolució dels mercats davant una catàstrofe s'emmagatzema juntament amb la corresponent referència temporal, com ara la prompta recuperació borsària després dels atemptats de l'11 de setembre de 2001 a Nova York.

- Memòria explícita i memòria implícita.

Amb brevetat, és la diferència entre la memòria del *què* i la del *com*. La *memòria explícita*, també denominada *declarativa* ja que normalment s'expressa per mitjà del llenguatge, és la que es forma mitjançant la integració de fragments d'informació que coincideixen en el temps i que s'han d'emmagatzemar com un únic fet. Cal realitzar un conjunt de processos previs, tals com la comparació, avaluació, inferència, i acostuma a ser suficient amb que l'esdeveniment tingui lloc en una ocasió per a que l'individu pugui recordar-lo. L'ésser és conscient de que està adquirint nou coneixement. La memòria explícita inclou l'episòdica i la semàntica. La *memòria implícita*, de *procediment o reflexa*, és la responsable de les habilitats motores i del condicionament, és a dir, d'aquell aprenentatge que no requereix d'una participació conscient de l'individu, sinó que la repetició d'una acció de forma automàtica s'acaba convertint en una qualitat per la qual es millora en la realització d'una operació o en una habilitat de percepció. A l'igual que en el cas anterior, trobem diferents zones del sistema nerviós que controlen de forma separada ambdues memòries.

El criteri que distingeix entre memòria explícita i implícita s'assenta sobre el procés per a incorporar nou coneixement al conjunt de records ja emmagatzemats. Aquesta capacitat és pròpia dels éssers humans, així que ni en les sèries temporals –memòria-dependència– ni en els gràfics de cotitzacions –memòria-patró– podem fer aquesta distinció. Però en la mesura que pot aplicar-se a un inversor individual, també podrà aplicar-se al conjunt de participants d'un mercat. On, per exemple, la informació sobre una normativa reguladora d'una activitat del mercat formarà part de la memòria explícita, mentre que en la capacitat i experiència d'un bon gestor financer per a decidir la millor combinació d'actius en una cartera, o en la capacitat de reacció d'un mercat a una determinada notícia, també hi intervindrà la memòria implícita.

- Memòria positiva i memòria negativa.

Hem esmentat que hi ha una selecció relativa a la informació candidata a formar part de la memòria a llarg termini. És destria la informació primordial de la que pot ésser

substituïda amb el coneixement d'experiències passades similars sense que el resultat variï substancialment. En aquesta selecció és on intervé la *memòria positiva* i la *negativa*. La primera és la capacitat automàtica de l'encèfal per a incrementar les traces de memòria, mitjançant la facilitació de les vies sinàptiques, de la informació rellevant. La memòria negativa inhibeix les vies sinàptiques per tal d'ignorar les dades que no aporten res d'especial interès per a recordar. La facilitació i la inhibició donen lloc als aprenentatges per sensibilització i habituació que veurem en el següent apartat.

Aquesta classificació és aplicable als tres tipus de memòria analitzats en la tesi. El grau de dependència entre observacions propi de la memòria-dependència mesura els efectes d'ambdós tipologies, de manera que la memòria positiva dóna lloc a un valor de la funció d'autocorrelació alt¹⁶, fent que la influència d'un esdeveniment en el passat es mantingui en el present, mentre que la memòria negativa empeny la funció d'autocorrelació cap a l'asíptota a l'eix d'abscisses. La memòria-patró és paradigmàtica en aquest sentit. Si s'accepta la seva existència, quants més cops es repeteixi la mateixa figura en el gràfic de cotitzacions de l'actiu, més fàcil serà que els agents del mercat la reconeixin i que la reproduïxin en el futur, tot i que llavors es podria donar un avançament temporal del patró. Al contrari, les figures menys usuals s'extingiran. En la memòria col·lectiva trobem memòria positiva i negativa per la seva generalització a un grup. Les xarxes neurals artificials també permeten l'aprenentatge utilitzant els processos d'habituació i sensibilització, mitjançant la modificació dels pesos que formen l'estructura del sistema.

- Memòria activa i ressonància.

Malgrat els noms siguin nous, la classificació recull la distinció entre la *mneme* i l'*anamnesi* de la filosofia grega. La *memòria activa* es defineix com la capacitat per a recordar o reconèixer un objecte o esdeveniment, quan les accions del mateix formen part del passat i per tant les hem deixades d'experimentar. És la que necessita la memòria-patró per a reconèixer figures gràfiques, i en la memòria col·lectiva, un exemple el configura el temor a una crisi quan es detecta un conjunt de factors similars als que es donaren en el passat abans de precipitar en un *crack* borsari. La *ressonància* és l'acció retardada que un objecte o un fet continua exercint en un

¹⁶ Les mesures de la memòria-dependència són tractades en el capítol tercer. La funció d'autocorrelació es pren aquí com a exemple d'una possible mesura per a quantificar el grau de dependència entre els retards d'una variable.

organisme a pesar de que un determinat interval temporal el separi del moment present. La ressonància, plasmada en la funció d'autocorrelació, és pròpia de la memòria-dependència, i en la memòria col·lectiva, un exemple el configuren els efectes del comportament dels anomenats "seguidors" que allarguen amb la seva imitació les conseqüències inicials d'uns esdeveniments que ja no influeixen en el mercat.

De forma esquemàtica, el quadre 1.1. recull les relacions que hem establert entre les classificacions de memòria des del punt de vista biològic amb les accepcions que hem distingit en el context financer. Amb el símbol \emptyset denotem les interseccions que són incompatibles. Volem ressaltar el fet que la memòria col·lectiva és l'única que admet qualsevol distinció de les fetes emprant criteris biològics.

		Memòria biològica								
Criteri		duració record - consolidació		consciència en l'adquisició de coneixements			facilitació-inhibició del record		fi-permanència efectes del passat	
		A llarg termini	A curt termini	Explícita		Implícita	Positiva	Negativa	Memòria activa	Ressonància
				Episòdica (amb ref.temp.)	Semàntica (sense referència t.)					
Memòria Mercats i Financers	Memòria-dependència (m-d)	m-d a llarg termini	m-d a curt termini	Dades amb ordre cronològic	\emptyset	\emptyset	Δ grau de depend.	∇ grau de depend.	\emptyset	Efectes valors retardats
	Memòria-patró	Cada patró	\emptyset	Patró: seqüència cronològica de valors	\emptyset	\emptyset	Repetició de patrons	Extinció de patrons	Reconeixement patrons	\emptyset
	Memòria col·lectiva (MC)	MC a llarg termini	MC a curt termini	Coneixem. amb ref. temporal	Coneix. sense ref. temporal, valors	Regles de comportament	Δ record fets rellevants	∇ record dades supèrfu.	Record història	Imitació

Quadre 1.1. Relacions entre la tipologia de memòria als mercats financers i les classificacions establertes en termes biològics.

1.4. L'aprenentatge.

L'aprenentatge és un concepte clau dins de la present tesi doctoral pel seu lligam amb la memòria. Tant és així que no és possible aprendre sense un procés d'emmagatzematge de records que incorpori l'experiència del passat i que pugui influir en les decisions futures. Si acceptem que els mercats financers s'adaptin a les circumstàncies perquè aprenen, hem d'acceptar també la hipòtesi de l'existència de memòria als mercats financers, i no una de qualsevol, sinó una capaç d'incloure tant el

subsistema d'arrel com el d'adaptació. Aquest fet comporta l'existència d'efectes que modifiquen el comportament dels individus en base a coneixement del passat, recollits per la memòria col·lectiva. És a partir d'aquesta hipòtesi que desenvolupem la nostra recerca.

Entenem l'*aprenentatge* com un procés pel qual un organisme adopta noves formes o canvis estables en el seu comportament com a conseqüència de l'experiència que té acumulada. La gran divisió de l'aprenentatge distingeix entre l'*associatiu* i el *no associatiu*.

1.4.1. Aprenentatge no associatiu.

És degut a canvis en les connexions sinàptiques en funció del resultat de repetides experiències. En ell poden distingir-se els processos d'*habitució* i de *sensibilització*.

L'habitució és l'efecte de la inhibició de les vies sinàptiques per a conjunts d'informació sense interès per a l'organisme, produint una disminució en la resposta associada a un estímul repetit sota condicions de comportament normal. L'habitució és un tipus d'aprenentatge adaptatiu; sense ell, es perdria molt temps responant a tot tipus d'estímuls irrelevantes. Un exemple en el context dels mercats financers el trobem en la disminució dels efectes de l'aplicació reiterada d'una mateixa política monetària.

La sensibilització és la situació contrària a l'habitució. Causada per la facilitació de les vies sinàptiques, produeix un increment en la resposta a un estímul per part d'un individu sota condicions normals. Un exemple de sensibilització produïda en l'àmbit financer és l'"efecte octubre"¹⁷. En aquest cas, la memòria d'un esdeveniment del passat provoca una sobreacció o un comportament sensible a certes condicions, que difereixen de l'actuació esperada sense aprenentatge.

1.4.2. Aprenentatge associatiu.

L'*aprenentatge associatiu*, també anomenat *condicionament*, es dona quan establim una relació o associació entre successos que esdevenen en un mateix moment del

¹⁷ "Els mercats de valors continuen sense aixecar cap a les vigílies de l'aniversari del crash d'octubre de 1987, una data que sol provocar reaccions incontrolades entre els inversors." [El País, 19/10/99: "De mal en peor", per Rafael Vidal].

temps¹⁸. La *contigüïtat* és necessària però no suficient per a que hi hagi condicionament, ja que aquest pot empitjorar quan l'estímul es presenta un determinat nombre de vegades sense obtenir la resposta esperada. L'efecte del condicionament es mesura a través de la *contingència*, o probabilitat de que els dos esdeveniments, estímul i resposta, tinguin lloc conjuntament. L'aprenentatge també dependrà del període de temps transcorregut entre els dos successos. Hi ha un interval crític on la memòria que recull l'associació és més intensa, i l'aprenentatge és màxim. A partir d'aquest interval, el nivell d'aprenentatge disminueix a mesura que augmenta la distància temporal entre estímul i resposta.

El *condicionament clàssic* o *de Pavlov* és un aprenentatge a través de relacions causals. En ell, s'aconsegueix una resposta, anomenada *resposta condicionada*, com a resultat de la presentació d'un estímul que inicialment no provocava aquesta reacció, l'*estímul condicionat*, degut a la seva reiterada associació a un que per ell mateix sí produeix la resposta esperada, l'*estímul incondicionat*. Cada cop que es presenten conjuntament l'estímul condicionat i l'incondicionat es diu que s'ha produït un *assaig*. Per a que hi hagi condicionament cal un *temps d'aprenentatge* i un nombre mínim d'assais. Pot reforçar-se el condicionament augmentant aquest nombre, a la vegada que pot arribar a extingir-se si s'aplica l'estímul condicionat sense la presència de l'incondicionat. Hi ha *generalització* quan estímuls de la mateixa naturalesa del condicionat, però diferents a ell, també arriben a provocar la resposta condicionada, i es pot *discriminar* entre dos estímuls condicionats mitjançant el reforçament d'un i l'extinció de l'altre.

Una de les característiques del condicionament clàssic és que l'individu no pot actuar sobre els estímuls condicionat i incondicionat per a modificar la resposta. En canvi, en el *condicionament instrumental, operatiu, o per prova i error*, l'actuació de l'individu respecte a un estímul inicialment neutre provoca un resultat diferent, o un premi o un càstig. D'aquesta manera, encara que en un principi l'agent experimenti comportaments de manera aleatòria per a conèixer quina resposta n'obté, acaba aprenent¹⁹ a actuar d'una determinada manera, de la que se segueix la conseqüència més beneficiosa per als seus interessos. També hi ha reforçament i extinció en les mateixes condicions del cas anterior.

¹⁸ Prové de la llei de la contigüïtat d'Aristòtil, enunciatada en la pàgina 22.

¹⁹ Experiments en laboratori demostren aquest aprenentatge. Situem un individu davant dues fonts d'estímuls, una de les quals ofereix un 65% de les vegades un estímul positiu i el 35% restant un de negatiu, amb proporcions inverses la segona. L'individu (que desconeix inicialment les proporcions) acabarà, després d'un període d'aprenentatge en que l'elecció és aleatòria, escollint la primera amb probabilitat també del 65%.

La predicció està relacionada tant amb el condicionament clàssic com amb l'instrumental. En el primer cas, l'individu aprèn que l'estímul condicionat prediu l'estímul incondicionat, mentre que en el segon aprèn a preveure les conseqüències derivades de les seves pròpies accions.

En l'*aprenentatge per aversió* s'associa un esdeveniment a un altre d'efectes molt negatius. Tot i que aquest darrer no sigui conseqüència de l'anterior, l'individu l'evitarà, aprenent quin ha de ser el seu comportament per a que el primer esdeveniment no es produeixi. Donada la profunditat amb la que s'experimenta l'assaig, acostuma a haver-ne prou amb una sola presentació per a que s'adquireixi tal coneixement.

L'*aprenentatge observacional* està basat en l'observació de les tasques realitzades per altres individus, i la imitació d'aquestes quan es reproduïxen situacions semblants. Dins el context dels mercats financers, és característic dels seguidors, que sense gaudir de coneixements avançats en la matèria aprenen les regles que hi intervenen de l'anàlisi del comportament d'agents més experimentats.

A mode de resum, el quadre 1.2. recull els diferents tipus d'aprenentatge presentats en aquest apartat.

Aprentatge	
No Associatiu	Associatiu
<ul style="list-style-type: none"> ○ Habitució ○ Sensibilització 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Condicionament clàssic ○ Condicionament instrumental ○ Aprentatge per aversió ○ Aprentatge observacional

Quadre 1.2. Tipus d'aprenentatge.

1.5. Consideracions finals.

Donada la importància cabdal del concepte de memòria per al desenvolupament d'aquesta tesi doctoral, hem cregut oportú dedicar un capítol a la que ha estat més analitzada i que forma la base de la memòria col·lectiva en els mercats financers, la de l'ésser humà. Dos motius principals justifiquen l'esforç: la necessitat d'incloure l'element personal, els agents econòmics, en l'explicació del comportament dels mercats com a conseqüència dels efectes del record del passat, i en segon lloc, l'estudi de les possibles analogies entre el funcionament de la memòria d'un individu amb la d'un col·lectiu. Ens hem basat principalment en disciplines com la història, la biologia, la neurociència o la filosofia, sense oblidar però el nostre marc de referència financer.

Després d'un breu repàs sobre l'origen i evolució de la memòria i d'introduir altres termes relacionats, com ara l'oblit, ens hem aturat detalladament en l'estudi d'algunes de les classificacions que s'estableixen relatives a la memòria. De la comparativa entre aquesta tipologia i les accepcions que hem distingit en la introducció per a un mercat financer – memòria-dependència, memòria-patró i memòria col·lectiva – hem arribat a la conclusió de que només la darrera pot adaptar-se a qualsevol dels criteris descrits.

Finalment, hem dedicat un apartat a la distinció de diferents formes d'aprenentatge. Aquest procés intervé en la nostra recerca des d'una doble perspectiva. Per un costat, partim de que no és possible l'aprenentatge sense memòria, així que si els mercats financers són sistemes oberts i adaptatius, amb capacitat per aprendre, hem d'acceptar com a hipòtesi de treball la que venim emprant d'existència de memòria als mercats. D'altra banda, les xarxes neurals artificials són la nostra proposta metodològica i, a l'igual que les biològiques, modifiquen el valor de les seves connexions a rel de l'experiència. L'algorisme d'aprenentatge que utilitzin estarà en funció de l'activitat concreta per a la que es dissenya el sistema.