Bases neurocientífiques de l'aprenentatge

Dra Rosa Casafont i Vilar. Llicenciada en Medicina i Cirurgia per la Universitat Autònoma de Barcelona i màster en Neurociències i en Salut Laboral per la Universitat de Barcelona.

Traducció: Iolanda Corella Llopis i Marta Malet Carol

Introducció

L'aprenentatge és el procés mitjançant el qual adquirim coneixement. Adquirim habilitats, hàbits, comportaments, valors... Els éssers vius en general han utilitzat la capacitat d'aprendre per adaptar-se i sobreviure en un món de canvis constants, per tant, parlar d'aprenentatge necessàriament suposa fer-ho també de la memòria, ja que el fet d'adquirir coneixement no haguera sigut suficient per a la nostra permanència com a espècie si no haguera estat acompanyat de la capacitat per recordar allò aprés, consolidar-ho i mantindre de forma persistent la informació en la memòria. La memòria, per tant, són els canvis que realitzem en el nostre cervell quan emmagatzemem la informació que hem aprés i la retenim allí, per tindre-la a disposició quan necessitem rememorar-la. L'aprenentatge i la memòria són adaptacions dels nostres circuits cerebrals al nostre entorn canviant. Podem aprendre de forma conscient, de forma inconscient, per imitació, de forma lenta per repetició o de forma tremendament ràpida, quan entra en joc un impacte emocional. Creem aprenentatge associatiu entre successos i podem també habituar-nos a estímuls i deixar de parar-los atenció quan la nostra ment desestima la seua rellevància.

Com a humans, una de les característiques importants a tindre en compte, és que la nostra memòria és molt especial. Tenim una memòria de treball (MT), que ens permet ser conscients d'un "sentit continu de vida"; tenim capacitat per recordar l'experiència i capacitat per fer ús d'una memòria prospectiva del nostre futur. Altre aspecte a tindre present és que "cos i cervell són tot un", funcionen com una unitat interdependent i per tant, afavorir la capacitat d'aprenentatge i maduració del nostre cervell des de la primera infància, requereix cuidar també el cos i de la presència o absència de condicions diverses. Condicions que influeixen en la salut i determinen uns o altres canvis neurobiològics, estructurals, funcionals i de capacitat per a les funcions mentals i, entre aquestes, l'aprenentatge i la memòria.

Aprendre és una capacitat que tenim gràcies a les característiques del nostre cervell i de la nostra ment que, a la vegada, formen part, com evidencia el Dr. Joaquim Fuster, de l'eix percepció/acció: Cicle dinàmic cibernètic que uneix a l'organisme amb el seu entorn en el curs de la conducta i el llenguatge. Percebem l'ambient, processem eixa informació i actuem en conseqüència, influint i modificant l'ambient que de nou percebrem modificat... El nostre cervell i la nostra ment no existeixen aïllats de l'entorn, no som sers individuals, som sers socials. Tenim una cognició social que determina també el nostre aprenentatge i memòria; ens permet percebre, processar, avaluar estímuls per a que puguem representar l'entorn i actuar en conseqüència.

La ment és una entitat complexa configurada per múltiples processos, com pensar, sentir, percebre i integrar percepcions; ens permet motivar-nos, comportar-nos, dormir i somiar; gràcies a ella podem prestar atenció, ser conscients, autoconscients i prendre decisions... Funcions d'alt nivell, entre les quals també s'hi troba la capacitat d'aprendre i memoritzar. I tots aquests processos mentals, conscients o inconscients, encara que són diferents tenen la característica de ser interdependents. D'aquests, podríem destacar uns eixos fonamentals relacionats amb el nostre procés d'aprenentatge: l'atenció, la memòria i la cognició social, i dintre d'aquesta última podríem distingir l'empatia emocional (capacitat de reaccionar emocionalment davant les experiències d'altres persones) i l'empatia cognitiva (capacitat d'entendre cognitivament el punt de vista d'altres persones). Avancem un poc més per tal d'entendre la complexitat que fa possible la nostra capacitat d'aprendre.

La nostra ment s'expressa a través del cervell, un òrgan que disposa d'estructures amb capacitat plàstica en àrees entre les quals es troben les implicades en l'aprenentatge i la memòria. Per tant això ens permet la capacitat d'aprendre, de desaprendre i de tornar a aprendre i, segons el mètode que utilitzem o com orientem el procés d'aprenentatge, tindrem una forma o altra de consolidar el coneixement. Les nostres emocions influeixen en el procés d'aprendre. L'emoció d'interés, la motivació estan presents en nosaltres des de la nostra eixida al món. Aquestes capacitats obeeixen a condicionants diversos i un d'ells és el mitjà en el qual ens desenvolupem. Tractarem aquests aspectes en aquest article i acabarem amb l'orientació d'algunes possibilitats d'"oportunitat" per afavorir l'aprenentatge, donades les característiques del nostre cervell, de la nostra ment, i de les característiques dels xiquets, adolescents i joves que heretaran el món.

Som éssers transformables amb cada experiència

Gràcies a la suma de coneixements adquirits en diferents disciplines, i entre elles les Neurociències, en el moment actual podem parlar amb total convenciment de la capacitat plàstica de determinades àrees cerebrals i de la seua importància en l'aprenentatge i la memòria.

Si les neurones canvien poc, els circuits que s'estableixen entre elles tenen una gran capacitat de canvi amb cada experiència; però aprendre no és sols construir noves xarxes neuronals. Existeix neuroplasticitat positiva i negativa i ambdues són claus en el procés d'aprenentatge. Abans d'explicar aquests dos conceptes veurem de quin material estructural i neurobiològic disposem a l'hora d'aprendre:

Tenim a disposició, en el cervell adult, uns 100.000 milions de neurones organitzades en circuits que a la vegada creen sistemes, i que sustenten totes les nostres funcions: motores, cognitives, sensorials, afectives... Per poder exercir aquestes funciones comptem amb una superfície total de membrana d'uns 25.000 metres quadrats, en la qual es troben els espais de comunicació que estableixen sinapsi per transmetre la informació. Comparteixen territori amb altres cèl·lules (les cèl·lules de la Glia). Un tipus d'aquestes cèl·lules, estan destinades a crear la mielina dels axons neuronals per a que així augmente la seua velocitat de comunicació i, per tant, la velocitat a la qual es processa la informació, s'aprén i es memoritza; altre tipus de cèl·lula glia facilita el bon funcionament de la població neuronal en netejar el medi de deixalles i col·labora en facilitar els nutrients necessaris per a les neurones; i altre tipus, es responsabilitza de la immunitat del nostre cervell.

En el cervell humà, aquestes cèl·lules i sistemes formen part d'estructures i sectors que han sofert un procés evolutiu tot diferenciant-se i especialitzant-se funcionalment. Gràcies a aquest fet podem trobar en el nostre cervell la integració del cervell instintiu (reptilià), responsable de les funcions vitals bàsiques; el cervell límbic emocional (mamífer), base emocional primària, sobre la qual es construeix el nostre món afectiu implicat en totes les funcions mentals; i l'escorça, amb la incorporació de la qual queda constituït el cervell humà. A l'escorça existeixen àrees on es creen les sensacions i les percepcions del món; àrees on es creen i executen els programes motors; i àrees d'associació que integren la informació ja processada, creen el pensament abstracte i simbòlic... Entre aquestes àrees d'associació destaca l'Escorça Prefrontal (EPF) darrere del front, el nostre simulador de vol, director d'orquestra, seu del cervell executiu i de la presa de decisions;

implicat en la consciència, emocions morals, judicis de moralitat... Algunes d'aquestes àrees, les més primitives (el cervell reptilià) no tenen capacitat plàstica, han de ser permanents per tal de protegir la nostra supervivència. En canvi, la nostra escorça sí que és plàstica, i també les estructures que formaven part ja del cervell mamífer, com l'amígdala i l'hipocamp. Encara que en un grau diferent, l'amígdala té certa capacitat plàstica i memòria emocional mentre l'hipocamp és una estructura tremendament plàstica i íntimament relacionada amb la memòria, la neurogènesi i l'aprenentatge.

Gràcies a la capacitat plàstica les nostres estructures canvien amb cada experiència, tant si volem com si no, i això es tradueix en la modificació de les nostres conductes; algunes es creen, altres es reforcen i altres desapareixen. Ara ja estem en disposició de definir què s'entén per neuroplasticitat positiva (NPP) i neuroplasticitat negativa (NPN). La NPP es crea quan neurones noves es connecten i construeixen una xarxa, o bé, xarxes ja existents amplien el conjunt tot connectant-se amb altres xarxes neuronals; la NPN, que com hem dit també és fonamental en el procés d'aprenentatge, es dona quan les xarxes es debiliten al no ser estimulades, o s'extingeixen per desús. Com podem deduir la NPN és una oportunitat per poder desaprendre conductes, creences, hàbits...que resulten desadaptatius.

Podríem dir que existeixen en nosaltres dos tipus d'aprenentatge: un "emocional", inconscient, que no es desaprén, que és molt ràpid i que depén bàsicament d'estructures integrades en el cervell més primitiu, el reptilià. I altre aprenentatge, "cognitiu – executiu" que du unida una conducta emocional més elaborada, que inclou l'aprenentatge intel·lectual, que és conscient i podem oblidar. Aquest l'adquirim d'una forma més lenta, requereix reforç per a la seua consolidació i les seues estructures rectores són fonamentalment el cervell límbic i l'escorça.

Com podem deduir, aprenem i memoritzem amb tot el cervell i gràcies també a la participació de neurotransmissors que contribueixen a aquest fet. La dopamina és el neurotransmissor que, per excel·lència, intervé en la capacitat d'atenció i la motivació. El glutamat, l'excitador per excel·lència, relacionat amb l'aprenentatge i el GABA, l'inhibidor. Aquests neurotransmissors són majoritaris i fonamentals en el procés d'atenció, motivació, aprenentatge i memòria.

Processos mentals fonamentals relacionats amb l'aprenentatge

Hem esmentat que un dels eixos importants és l' *atenció*. Tant l'atenció conscient

com la inconscient són reforços de capacitat funcional. Si la nostra emoció inicialment dirigeix l'atenció, gràcies a la nostra escorça prefrontal podem redirigir-la de forma conscient si ho considerem convenient, i on es centra la nostra atenció, suposa un reforç d'eixos circuits atesos.

L'atenció activa, conscient, és fluctuant, discontínua i selectiva. Independentment dels estímuls que rebem, existeix un límit a la disposició de parar atenció i, encara que estem motivats, comença a decaure a partir dels 20 minuts del seu inici. Aquestes característiques hem de conéixer -les i saber que la seua implicació dependrà de les expectatives creades, de les creences, dels vincles que establim amb els nostres educadors o companys d'aprenentatge i de la nostra història personal i antecedents. Es creu que en condicions normals quan estem observant i escoltant tot parant atenció, sols el 30% de la informació del món exterior es percep per tal d'incorporar-la al material ja existent al nostre cervell i que el 70% correspon a la nostra realitat interna; però si ens trobem en situacions tenses en les quals intuïm amenaça, la informació que percebrem a través dels sistemes perceptius (eixe 30%) serà únicament informació corresponent a l'amenaça. Sols si tenim una estabilitat psicoafectiva, tindrem conductes efectives que permetran al nostre cervell executiu prendre la decisió de centrar l'atenció per pensar constructivament, innovar, buscar alternatives de solució, planificar i resoldre. El segon eix importantíssim és la nostra *memòria*(adquisició, consolidació i persistència) i sabem que l'impacte emocional la fixa de forma determinant. Amb caràcter positiu quan intervé la dopamina (DA), responsable de la motivació, del desig, de l'interès i de la curiositat; i amb caràcter negatiu quan intervenen el cortisol i l'adrenalina (A), hormones de l'estrés que es generen davant dels obstacles i dels desafiaments responsables de l'excitació i la tensió. Siga amb un caràcter o altre (positiu o negatiu) existirà un aprenentatge i una fixació de la memòria; però si l'estrés arriba a ser crònic, l'excés de cortisol, d'adrenalina i noradrenalina, unit a la producció elevada de SP i glutamat, va a condicionar mort neuronal, deteriorament de la memòria, falta d'atenció, a més d'una depressió del sistema immunitari i altres alteracions i conseqüències orgàniques en el cos i el cervell… Cal distingir en la nostra memòria, *la memòria de treball*(MT) que ens permet mantindre en ment la informació prèvia per tal d'enllaçar-la amb la següent i poder actuar de forma seqüencial per necessitats immediates. Ens permet percebre el "sentit continu de vida", poder llegir i comprendre el contingut, impartir una classe o escoltar-la i entendre-la … En ella intervenen la EPF i l'hipocamp. També hem de distingir la *memòria del record* tant de fets com d'habilitats i d'hàbits que ens serveix de referència i sobre la qual s'implementa la nova

informació adquirida tot creant-se una fusió i modificació del coneixement. La informació nova, o la que implementem a la ja adquirida prèviament, la fixem i per tant la recordem millor posteriorment si se'ns presenta a l'inici de l'aprenentatge, al final, o com a excepció dintre del contingut o context. Saber açò ens ajuda a dirigir la fixació del record. La memòria de context pot ser, per tant, un recurs didàctic per ser utilitzat; un detall emocional (un color, un olor, un objecte…) pot ajudar-nos a fixar de forma associada aquella experiència. I, per últim, la *memòria prospectiva* que no és més que la capacitat d'observar els objectius marcats, de crear el pla d'acció i orientar-nos cap a la seua consecució. Quan projectem la nostra visió al futur, també requerim que la MT estiga enfocada, en eixe moment, cap a eixe "punt de mira" que anticipem mentalment.

L'altre eix fonamental que plantegem i relacionat amb l'aprenentatge és la nostra *cognició social*, en la qual es troben implícites l' *empatia emocional* i la *empatia cognitiva,* tal i com hem esmentat anteriorment. En les dues participen les "neurones espill" (implicades en l'aprenentatge per imitació, en sentir en el propi cos allò que sent l'altre, en saber interpretar allò que pensa l'altre i en tindre capacitat d'empatitzar somàticament) i de les "neurones de Von Economo" (implicades en la conducta ètica i social, cognició, emoció i atenció). El nostre cervell social ens permet de forma innata aprendre des de les primeres hores de la nostra arribada al món, gràcies a l'atenció compartida, l'empatia i la imitació. La nostra essència és tan perfecta que ens permet de forma inconscient, i des de les primeres etapes de la vida, ser esponges àvides de coneixement, tindre activa la curiositat per explorar l'entorn i aprendre tot aprofitant els models afectivament reconeguts.

Quines influències afavoreixen o deterioren la nostra capacitat d'aprenentatge i de memòria?

Primer que res hem de tindre en compte que el nostre cervell és un òrgan de coneixement emocional i que quan més intensament està implicada l'emoció, més efectiu, ràpid i persistent és l'aprenentatge. Podem "gravar a foc",fins i tot amb una sola exposició, i ancorar l'experiència quan hi ha una intensa participació del cervell emocional.

Naixem amb unes estructures i certa capacitat determinada genèticament i sobre aquesta base "creem" al llarg del nostre procés evolutiu. En aquesta creació realitzem una transformació estructural, neurobiològica, funcional i de capacitats, i

aquesta transformació està influïda per diferents factors. Entre ells, la qualitat del nostre entorn en els primers anys de vida. L'hipocamp es desenvolupa principalment en eixos moments. En el primer any dobla el seu volum, i en el segon, segueix creixent de forma important per fer-se més lent després, tot i que segueix modificant-se en l'adolescència i en l'edat adulta, també en funció del nostre estat anímic. Aquesta estructura és fonamental per a la memòria episòdica i semàntica. Per aquest motiu, l'afecte, el vincle, especialment en aquests dos primers anys de vida, és fonamental. A la memòria explícita també contribueix l'EPF i quant més activa és aquesta zona en els xiquets, (confirmat per RMF) millor prenen les decisions i millor és la seua memòria de treball (MT). En xiquets de 4 a 11 anys s'ha confirmat que la connexió efectiva entre la seua EPF i el lòbul parietal es correlaciona amb millors puntuacions en matemàtiques, amb independència del seu CI. La memòria implícita, relacionada amb els ganglis basals, el cerebel i l'escorça cerebral, està a vegades més desenvolupada en aquestes edats que la memòria explícita. En l'adolescència hi ha un aprimament de la matèria gris de l'escorça (cossos neuronals) que avança des de la part posterior a l'EPF. Es creu que quant més ràpida és aquesta transformació, més intel·ligència i més maduració adquirim. Aquesta disminució de neurones coincideix amb l'augment de mielinització dels axons de l'EPF. Açò facilita la seua ràpida i eficient comunicació amb el lòbul temporal medial, comunicació fonamental per a l'aprenentatge i la memòria.

Altra influència important la conformen els canvis epigenètics (canvis fora de la genètica) que, tot i no provocar canvis estructurals en els nostres gens, sí determinen canvis en la seua funció. No hi ha canvis en l'ADN però sí canvis bioquímics (metilació de l'ADN, acetilació, fosforilació o metilació d'histones i canvis en l'RNA no codificant) que van a determinar que uns gens s'expressen i d'altres se silencien. Alguns d'aquests canvis, es tradueixen en alteracions de la capacitat plàstica, en disminució de la neurogènesi i en alteracions en la funció de les nostres capacitats. Hi ha canvis epigenètics que són influïts per l'ambient en el qual ens desenvolupem, en funció de la qualitat de l'entorn, i en concret, de l'alimentació, de l'exercici, de la qualitat de vida (afectiva, qualitat del son, de pensament)… Per la seua transcendència esmentarem en aquest punt condicions que poden ser oportunitat. Alguns dels factors negatius per al nostre aprenentatge són: l'estrés, la falta d'afecte, l'hàbit de pensament negatiu, la inactivitat, la falta del son reparador…

Dels factors positius que van a afavorir la nostra salut, l'aprenentatge i la memòria,

esmentarem: una alimentació equilibrada rica en omega 3, folats i polifenols; un entorn de confiança amb una influència psicoafectiva favorable; hàbits de son de qualitat i quantitat adequada i fer exercici des de la primera infància. Anem a assenyalar alguns dels canvis estructurals i funcionals que s'han evidenciat davant la presència de factors saludables:

Un dels exemples sobre la influència psicoafectiva fou publicat l'any 2004 en Nature Neuroscience. Existien evidències de la tolerància a l'estrés, en l'edat adulta, de les cries de ratolí de mares cuidadores, en relació a les cries de mares no cuidadores i açò es reflectia en canvis epigenètics diferents, en els receptors de cortisol de l'hipocamp, entre els dos grups. L'estimulació tàctil provocava un increment de serotonina (5-HT) que, a la vegada, creava una cascada intracel·lular de molècules en les neurones de l'hipocamp i, com a conseqüència, l'activació d'un factor de transcripció (NGFI-A) capaç d'unir enzims epigenètics, i canviar el patró de metilació dels receptors que inicialment estaven metilats. El benefici es mantenia fins l'edat adulta dels ratolins. Aquesta conclusió és aplicable a altres espècies, inclosa la nostra.

L'exercici també provoca canvis en el gir dentat de l'hipocamp, i dóna com a resultat una millora de la memòria, de l'aprenentatge i un increment de l'LTP (potenciació a llarg termini). Sobretot, l'exercici aeròbic genera canvis moleculars, cel·lulars, estructurals i funcionals.

Canvis moleculars com a conseqüència de l'exercici: El BDNF, factor neurotròfic que regula la supervivència neuronal, el seu creixement i diferenciació. Associat a la neurogènesi, intervé en fenòmens plàstics, en l'aprenentatge i la memòria a curt termini. L'adrenalina (A), associada a la millora de la memòria a llarg termini. La dopamina (DA), que millora la memòria a mitjà termini. I les endorfines que, a més dels seus efectes com a opioides endògens que són, incrementen de forma indirecta la producció de DA (neurotransmissor per excel·lència de la motivació).

Canvis cel·lulars, estructurals i funcionals com a conseqüència de l'exercici: Millora la neurogènesi (creació de noves neurones), l'angiogènesi (creació de nous vasos) i la sinaptogènesi (creació de noves sinapsis), en zones relacionades amb l'aprenentatge, la memòria i la regulació de l'estrés, com ara l'hipocamp. També s'han observat modificacions en l'estructura i volum de les cèl·lules glia.

Aquests canvis es correlacionen amb la millora del rendiment en tasques cognitives relacionades amb la memòria i amb evidències registrades a través de tècniques de

neuroimatge com ara la Ressonància Magnètica Funcional (RMF)i la Tomografia per Emissió de Positrons (PET), amb un increment del volum dels ganglis basals, de l'hipocamp, de l'escorça cingular anterior (ECA) i, funcionalment, es reflecteixen mitjançant una millora de la memòria visual, de les funcions executives i de la memòria de treball.

Pel que fa al son, hem de dir que és fonamental en molts aspectes, tant el REM com el No REM. És fonamental per al manteniment i reparació de la capacitat plàstica, per a la potenciació i estabilitat de les memòries i per a l'aprenentatge de nous coneixements i adquisició de noves visions, en integrar els nous aprenentatges amb les xarxes existents, es creen noves associacions i s'extrauen regles ocultes en la informació. Creem nous coneixements que superen la suma dels ja existents. El son transforma el coneixement inconscient (implícit) en conscient (explícit), i mantenim la informació que és important i desestructurem o esborrem la que no ho és. Per tant, també podem desaprendre coses apreses durant el dia.

A més, s'ha demostrat que potencia l'aprenentatge, tant si es dorm prèviament a aquest com si es dorm després d'haver aprés, ja que prepara els nostres circuits tot realitzant "una posada a punt". Les fases REM són les úniques que s'han relacionat amb la capacitat deductiva i la capacitat intuïtiva i creativa.

Per acabar, farem un xicotet, però important, incís per assenyalar alguns recursos didàctics que afavoriran la consolidació de l'aprenentatge a llarg termini.

Recursos per aprendre de forma efectiva i duradora

Segons l'investigador Cody Blair, si sols escoltem retenim un 5% de la informació a les 24h. Si llegim, un 10%. Si utilitzem suport audiovisual la proporció augmenta fins un 20%. Quan donem explicacions i argumentem, afavorim fins a un 50% la consolidació. Si realitzem exercicis pràctics, assolim un 75%, però si ens impliquem en ensenyar a altres allò aprés incorporem fins un 90-95% l'assimilació del coneixement.

Tindre una participació activa, estar integrats en un grup, que la matèria a aprendre tinga un valor emocional per a qui l'aprén, que ens sorprenga el que estem aprenent i tinguem la possibilitat d'ajudar-nos amb la repetició posterior, va a col·laborar en la forma d'aprendre. Podem fer atractiu l'aprenentatge, tot associant-lo a estímuls sensitius o sensorials agradables; procurant que el context on s'aprén ens siga plaent. Associar allò que s'aprén a objectius personals establerts de mutu

acord amb qui ha d'aprendre; donar-li un sentit i que ens resulte atractiu i creatiu. Ara bé, allò fonamental, i aquesta és una responsabilitat quasi exclusiva de l'educador, serà establir un vincle afectiu saludable amb qui aprén; que hi haja un respecte i uns valors que guien i enquadren la relació. Establert aquest vincle, ens permet aprendre encara que el contingut no ens interesse especialment. Recordem que el nostre cervell és un òrgan de coneixement emocional. Gaudim eixa experiència!

Bibliografia

Rosa Casafont.(2014) *Viaje a tu cerebro emocional*. Ediciones B

Ignacio Morgado Bernal(2014) *Aprender , recordar y olvidar. Claves de la memoria y la educación. Ariel*.

Joaquim Fuster (2014 *) Cerebro y libertad. Ariel*

Rosa Casafont (2012) *Viaje a tu cerebro. El arte de transformar tu mente.*. Ediciones B.

José María Bautista (2010) Todo ha cambiado con la generación Y. 40 paradigmas que mueven el mundo. Editorial: Frontera/ Hegian

Anna Forés; Marta Ligioiz (2009) *Descubrir la neurodidáctica : Aprender desde, en y para la vida. Editorial* UOC

Joaquín Fuster (2008 *) The prefrontal cortex.* Elsevier (Academia Press)

Morgado Bernal I (2005).- *Psicobiología del aprendizaje y la memoria : Fundamentos y avances recientes*. Rev. de Neurología, 40(5): 289-97.

Para saber más :

http://www.investigacionyciencia.es/files/12919.pdf

https://escuelaconcerebro.wordpress.com/

http://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/numero/194/bases-biolgicas-del-aprendizaje-y-de-la-individualidad-4992

http://www.investigacionyciencia.es/revistas/mente-y-cerebro/numero/36/naturaleza-y-extensin-del-aprendizaje-implcito-935

http://www.investigacionyciencia.es/revistas/mente-y-cerebro/numero/51/el-aprendizaje-transforma-el-cerebro-8811