

# **Neurociència en l'aprenentatge a les escoles municipals de persones adultes**



# SUMARI

1.	INTRODUCCIÓ A LA NEUROCIÈNCIA DE L'APRENTATGE .....	3
2.	CARACTERÍSTIQUES DEL CERVELL ADOLESCENT .....	5
3.	NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE .....	8
3.1.	Importància de l'ambient .....	8
3.2.	Processos d'aprenentatge i memòria .....	11
4.	PRÀCTIQUES EDUCATIVES BASADES EN L'EVIDÈNCIA CIENTÍFICA DURANT L'ADOLESCÈNCIA I L'EDAT ADULTA .....	18
4.1.	Atenció .....	18
4.2.	Emocions i cervell social .....	19
4.3.	Estats de curiositat .....	20
4.4.	Aprenentatge significatiu .....	20
4.5.	Practicar el record d'allò après.....	21
4.6.	Hàbits saludables .....	22
5.	CONCLUSIONS.....	23
	REFERÈNCIES DOCUMENTALS .....	24

# 1. INTRODUCCIÓ A LA NEUROCIÈNCIA DE L'APRENTATGE

Els avenços científicotecnològics dels darrers anys han permès augmentar de manera significativa el coneixement que tenim sobre el funcionament del cervell. Especialment amb aportacions relacionades amb la comprensió de quines són les bases neurobiològiques del comportament i dels processos cognitius que tenim les persones.

Hi ha **processos mentals** que es relacionen amb l'activació de circuits neuronals específics, com ara:

- L'atenció.
- L'aprenentatge.
- Les emocions.
- El pensament.

El coneixement sobre com el cervell és capaç d'aprendre i formar records, i sobre quins factors incideixen en els processos d'aprenentatge, pot ser d'utilitat en el camp educatiu amb l'objectiu que les decisions pedagògiques es basin en l'**evidència científica**, i no pas en opinions, modes o intuïcions (Carballo i Portero, 2017).

No obstant això, és important ser prudents i reconèixer i advertir que les aportacions de la neurociència en l'educació són limitades i se centren especialment a proporcionar un **suport teòric** sobre quines són les explicacions neurobiològiques que justifiquen per què algunes pràctiques pedagògiques funcionen més, i d'altres, en general, són menys efectives.

# 1. INTRODUCCIÓ A LA NEUROCIÈNCIA DE L'APRENTATGE

És important destacar que no cal tenir coneixements de neurociència per aplicar metodologies pedagògiques basades en l'evidència que pretenen promoure l'aprenentatge en el context educatiu (Khalil i Elkhider, 2016; Colvin, 2016).

D'altra banda, l'**educació basada en l'evidència** pot desmentir científicament alguns dels **mites i falses creences** estesos en el camp educatiu que podrien portar a males pràctiques, com ara:

- Les metodologies basades en els diferents estils d'aprenentatge.
- Les intel·ligències múltiples.
- La creença que només fem servir el 10 % del cervell.
- La creença que la capacitat mental és hereditària i no es pot modificar per mitjà de la pràctica.

Totes aquestes idees pretenen sostenir-se, falsament, en evidències científiques (Howard-Jones, 2014).

Finalment, els estudis provinents de les ciències de l'aprenentatge i la neurociència també poden proporcionar coneixement específic sobre com **el cervell es desenvolupa al llarg de la vida**, com canvia i quines particularitats biològiques i conductuals hi ha en cada etapa educativa, com ara durant l'adolescència i l'edat adulta. El cervell adolescent té unes peculiaritats que cal tenir en compte en el disseny de metodologies pedagògiques en contextos escolars.

## 2. CARACTERÍSTIQUES DEL CERVELL ADOLESCENT

L'adolescència és un període de canvi radical en què es passa de l'etapa infantil a l'edat adulta amb l'objectiu de convertir-se en una persona que té responsabilitats, que pot prendre decisions i que és autònoma, autosuficient i independent.

Aquest procés implica uns **canvis molt importants** al cervell. Si bé biològicament hi ha unes característiques del cervell adolescent que el diferencien del cervell d'un infant i el d'un adult, l'ambient social i educacional de la persona influeix de manera directa a dilatar o escurçar aquest període biològic, i a modificar l'estructura cerebral tenint present els processos de plasticitat.

Durant l'adolescència trobem que el cervell està acabant la maduració de les regions prefrontals.

La maduració de les **regions prefrontals** del cervell permet que durant aquest període vagin madurant totes les **funcions cognitives executives**.

Raonament

Capacitat  
d'autocontrol  
emocional

Capacitat de  
posposar les  
recompenses  
immediates

Cognició social

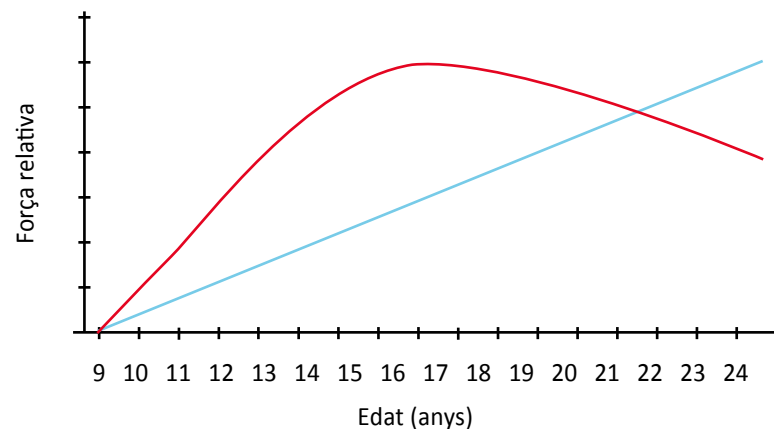
Habilitats de  
metacognició i  
d'autocons-  
ciència

## 2. CARACTERÍSTIQUES DEL CERVELL ADOLESCENT

El ritme de maduració d'aquestes funcions cognitives (autocontrol, planificació, empatia, etc.) no només dependrà del ritme de maduració de l'escorça prefrontal en funció de factors genètics, sinó que també dependrà de les demandes que rebí l'adolescent per part de l'entorn. És a dir, la presència i exposició a situacions i experiències en què l'adolescent hagi de posar en pràctica aquests processos seran clau perquè aquests es puguin aprendre i consolidar.

A més a més, és important que la pràctica d'aquestes habilitats sigui d'utilitat i es vegi reforçada per part de l'entorn de l'adolescent perquè segueixi posant en pràctica i millorant aquestes conductes.

Sembla que la maduració de l'escorça prefrontal no s'acaba fins als 26 o 27 anys, si bé és dels 13 als 21 anys quan trobem una quantitat més important de característiques conductuals i emocionals que es relacionen amb una immaduresa d'aquestes regions, com ara les **dificultats de control inhibitori i de planificació** típiques d'aquestes edats.



Ritmes de maduració diferents entre els sistemes socioemocionals de processament d'incentius (vermell) i els sistemes de control cognitiu (blau) (Steinberg, 2013).

## 2. CARACTERÍSTIQUES DEL CERVELL ADOLESCENT

Tot i això, a part del fet que aquestes regions de control cognitiu estan madurant, cal tenir en compte que el cervell d'un adolescent té una activació més gran de les regions cerebrals que processen la informació socioemocional i la informació relacionada amb el reforç i la recompensa.

Que hi hagi **més activació** d'aquests circuits socioemocionals de processament d'incentius explica:

- L'augment de la impulsivitat.
- La recerca de sensacions plaents i reforçants.
- L'augment de conductes de risc.
- La necessitat més gran d'interacció social entre iguals.
- Una sensibilitat més gran a l'estrès.

Aquestes característiques biològiques del cervell adolescent es poden trobar en altres mamífers i tenen un sentit evolutiu important.

El fet de tenir una necessitat intrínseca i biològica de voler ser una persona autònoma i independent i explorar de manera activa els diferents contextos és el motor que permetrà que durant aquesta etapa es posin en pràctica totes les funcions que, com a persones adultes, seran necessàries per resoldre problemes i adaptar-se de manera adequada a l'entorn.

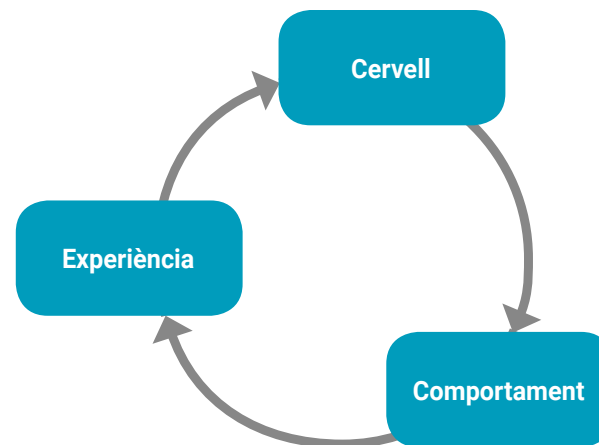
## 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

Les aportacions de la neurociència al camp educatiu són aplicables a totes les etapes educatives i a totes les etapes vitals, atès que la comprensió de com aprèn el nostre cervell és transferible a tots els contextos en què té lloc l'aprenentatge.

Amb tot, en cada etapa educativa hi ha unes particularitats sobre com funciona el nostre cervell que cal tenir en compte. Per tant, si bé hi ha alguns conceptes que poden ser transferibles de manera genèrica, hi ha altres evidències i troballes que són idiosincràtiques i particulars de certes etapes com l'adolescència i l'edat adulta.

### 3.1. Importància de l'ambient

La idea que hi ha una relació recíproca entre el cervell, el comportament i l'experiència que viu una persona ha desenvolupat un concepte que, per a les persones que es dediquen al camp educatiu, és molt rellevant.





### 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

De fet, quan diem que la conducta i l'experiència afecten físicament el cervell, volem dir que afecten físicament el cervell en sentit literal.

Així, el cervell d'un infant que ha après a parlar anglès es desenvolupa en una configuració diferent del d'un altre que parla català. Hi ha molts estudis (una gran part dels quals es fan amb models animals) que posen en evidència que l'experiència afecta el nombre, la mida o l'eficiència de les connexions entre neurones.

**La capacitat del cervell, tant d'un cervell en desenvolupament com en l'edat adulta, de ser modificat per l'entorn i l'experiència s'anomena *neuroplasticitat*, és a dir, que el cervell és un òrgan flexible i mal·leable.**

Aquesta plasticitat del cervell humà té una conseqüència important: els ambients en què habitem i els individus amb qui convivim poden exercir un efecte en l'estructura física del nostre cervell (Morgado, 2005).

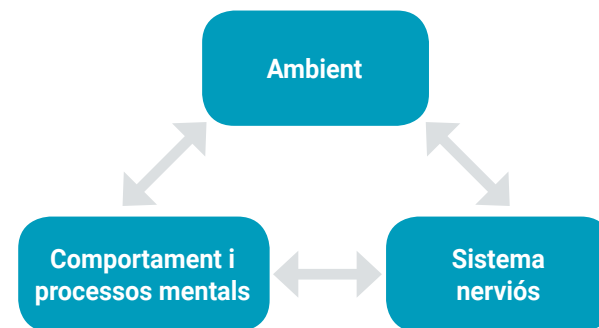
En l'actualitat es coneix de quina manera les influències socials poden afectar l'activitat del cervell humà. Els factors socials i els factors biològics interaccionen contínuament, i uns afecten els altres.

### 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

L'ambient modifica el comportament d'una persona, la qual cosa modifica l'estructura del seu sistema nerviós. Alhora, els canvis en l'estructura del sistema nerviós afecten el comportament d'aquesta persona, cosa que farà que es relacioni de manera diferent amb el seu entorn. Així doncs, ambient, comportament i sistema nerviós són factors interdependents.

**És important recordar que la plasticitat cerebral és una propietat del cervell que tenim durant tota la vida.**

Així, al llarg de la infància, l'adolescència i l'edat adulta ens exposem a diversos **factors ambientals protectors** que permeten un bon desenvolupament cerebral, mentre que hi ha **factors ambientals de risc** que poden augmentar el risc de desenvolupar alteracions en la formació del sistema nerviós, i, per tant, en el comportament i els processos cognitius (Portero-Tresserra, 2018).



Relació interdependent entre els factors ambientals, el comportament i la cognició d'una persona i l'estructura del sistema nerviós. Els canvis que hi hagi en qualsevol d'aquests factors provocaran canvis en els altres.

## 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

### 3.2. Processos d'aprenentatge i memòria

**La memòria d'una persona consisteix en els canvis que es produeixen al seu cervell per retenir o emmagatzemar el que aprèn.**

No podem avaluar la memòria de manera objectiva i observable, sinó que només la podem inferir a través del comportament. De fet, aquesta és la manera en què avaluem el procés d'aprenentatge del nostre alumnat, és a dir, a través del que diu, el que escriu o el que fa.

El procés d'aprenentatge implica que es desi informació, en forma de memòria, de manera que en algun moment es pugui recuperar. Per tant, a mesura que es va aprenent, es va formant la memòria de la informació apresada. Aquest procés de formació de la memòria pot durar des de segons fins a dies, en funció de la complexitat de la informació que s'hagi d'aprendre i de les característiques de qui l'aprengui.

**Perquè la informació apresada i emmagatzemada es mantingui en el temps, en forma de memòria, també caldrà que el nostre sistema nerviós faci una sèrie de canvis, l'estabilitat dels quals determinarà la durada dels nostres records, anomenats *processos de consolidació de la memòria*.**

### 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

Els criteris per classificar els tipus de memòria poden ser temporals (atenent la durada del procés) o qualitatius (segons l'estratègia utilitzada en l'adquisició i la recuperació de la informació).

#### Classificació temporal de la memòria

Si recorrem a una classificació temporal de la memòria, és a dir, si seguim una categorització quantitativa, es poden diferenciar tres **tipus de memòria** segons el temps que perdura:

- Memòria sensorial immediata.
- Memòria de treball.
- Memòria a llarg termini.

En general, podem entendre aquests tres tipus de memòria com a processos diferents, encara que entre ells s'estableixin relacions de continuïtat.

En un primer moment, aquesta informació es desa en forma de **memòria sensorial immediata**, cosa que ajuda a processar posteriorment els nous estímuls entrants i n'agilitza el tractament. Per exemple, quan llegim un llibre hi ha una primera memòria sensorial que té a veure amb el processament de la informació visual.

Després, segons quina sigui la seva rellevància, la informació pot continuar processant-se o oblidar-se. En el cas que continuï processant-se, la informació passa a la **memòria de treball**, on es manipula per tal d'assolir un objectiu, com ara resoldre un problema.

### 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

Precisament, la memòria de treball és la que permet que puguem mantenir i manipular mentalment la informació de manera conscient durant uns segons o, fins i tot, minuts (Baddeley i Hitch, 1974). Es caracteritza per ser una memòria limitada, fràgil i transitòria, molt vulnerable a la interferència.

Si mentre manipulem alguna dada important algú ens parla i ens distraiem, és probable que aquesta informació desaparegui de la memòria de treball i sigui difícil de recuperar.

Un exemple d'ús de la memòria de treball és que el lector pretengui retenir els dígitos 7, 2, 4, 6, 9, 1 i, a continuació, intenti ordenar-los mentalment i verbalitzar-los de més petit a més gran.

D'altra banda, la memòria de treball és la porta d'entrada perquè la informació es pugui emmagatzemar a la nostra **memòria a llarg termini**, i també ens permet evocar i utilitzar els nostres records consolidats. Una vegada la informació nova és capaç d'establir relacions de significat amb la informació emmagatzemada, i si es tracta d'una informació rellevant, útil i que utilitzem, s'aniran activant els processos de consolidació de la memòria que permetran formar la memòria a llarg termini, una memòria il·limitada, estable, que pot durar dies, mesos, anys i tota una vida.

### 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

#### Classificació qualitativa de la memòria a llarg termini

Pel que fa als criteris qualitatius, diferenciem entre els processos d'aprenentatge i memòria declaratius o explícits i els no declaratius o implícits.

#### Memòria declarativa o explícita

**La característica principal de la memòria declarativa (o explícita) és que, tant en el procés d'aprenentatge com en el de recuperació de la informació (memòria), les dades es poden fer accessibles a la consciència i es poden verbalitzar per mitjà del llenguatge o l'escriptura.**

A més, aquesta memòria es forma ràpidament i es pot manipular, de manera que la informació que conté és flexible i susceptible de canviar al llarg del temps. Un exemple de memòria declarativa és la informació referent al que sabem sobre el món, com ara les capitals dels països, què són els dofins o qui presideix el nostre país.

Tota aquesta informació la podem fer conscient, podem reflexionar-hi, verbalitzar-la i comunicar-la a altres persones. A més, amb el temps es pot modificar, de manera que hi podem anar afegint noves informacions que l'ampliïn o, fins i tot, la contradiguin.

### 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

La **memòria declarativa** es pot subdividir en diferents **categories** segons el tipus d'informació que es manipula: l'**episòdica** i la **semàntica**.

Memòria episòdica *versus* memòria semàntica.

**La memòria episòdica inclou totes les vivències pròpies, tot el que ens ha passat al llarg de la vida i que està subjecte a paràmetres d'espai i temps. Per exemple, saber on érem el dia anterior a la tarda, recordar l'última celebració del nostre aniversari o bé recordar el primer cop que vam agafar un avió.**

És un tipus d'informació que, un cop emmagatzemada, es desa durant molt de temps. De fet, hi ha episodis que queden gravats a la memòria tota la vida. Així, aquesta memòria fa referència a la capacitat d'adquirir informació que té un origen específic temporal o que està relacionada amb esdeveniments de la vida d'una persona (memòria autobiogràfica).

**La memòria semàntica inclou informació de caràcter general separada del context, com ara saber que un pingüí és un ocell de color blanc i negre o bé que la capital de França és la ciutat de París.**

### 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

Tal com hem explicat, la informació semàntica és molt flexible, de manera que pot canviar fàcilment al llarg de la vida d'una manera més o menys ràpida en funció de noves motivacions i coneixements. És una memòria creativa, capaç d'inventar detalls i mesclar coses diferents, i també permet fer generalitzacions d'allò específicament après i aplicar-les i transferir-les en àmbits o situacions diferents de la circumstància original.

#### **Memòria no declarativa o implícita**

**La memòria no declarativa (o implícita) implica aquelles formes d'aprenentatge que són independents de la consciència.**

La memòria implícita és difícil d'expressar de manera verbal, però es pot mostrar conductualment a través de pautes d'acció, estratègies de pensament, respostes emocionals i conductes reflexes. La seva adquisició sol ser gradual i s'aprèn i perfecciona mitjançant la pràctica.

La memòria implícita és més rígida i menys modificable que la memòria explícita, té un caràcter més durador i sol ser més resistent a les alteracions que deriven en dèficit de memòria i al deteriorament cognitiu associat amb l'envelliment normal.



### 3. NEUROCIÈNCIA I APRENTATGE

Aquest tipus de memòria es basa en aprenentatges molt antics en la seva evolució i estretament lligats a l'adaptació i a la supervivència. Un factor important a tenir en compte pel que fa a la formació de la **memòria implícita** és la seva predisposició biològica. A diferència de la memòria explícita, es veu influenciada per predisposicions biològiques congènites de cada persona (Morgado, 2014).

Per exemple, hi ha persones que neixen amb una capacitat més gran per percebre l'espai, els patrons de coordinació motora, els tons musicals o els sons del llenguatge.

Aquestes predisposicions no són altra cosa que una plasticitat cerebral més important per a determinades tasques que, sense un entrenament específic, tindrien poca repercussió. Així, un element fonamental serà la predisposició ambiental generada per l'educació i l'àmbit social en què es desenvolupen les persones, particularment en edats primerenques i molt sensibles de la vida, com la infància i l'adolescència.

## 4. PRÀCTIQUES EDUCATIVES BASADES EN L'EVIDÈNCIA CIENTÍFICA DURANT L'ADOLESCÈNCIA I L'EDAT ADULTA

### 4.1. Atenció

La capacitat atencional és bàsica per a tots els processos cognitius i, per tant, per poder aprendre i formar records.

Tot i això, l'atenció és **limitada** i es **focalitza** en l'estímul que calgui processar. En aquest sentit, cal tenir en compte alguns factors que poden afectar els processos atencional durant l'aprenentatge:

- La capacitat atencional pot disminuir quan la nostra **activitat fisiològica** (*arousal*) és **baixa**. Per tant, si l'alumnat té son, gana, està cansat, es troba malament, està fent la digestió, o bé a l'espai on es troba fa molta calor, pot repercutir en el seu rendiment.
- La capacitat atencional es pot veure afectada quan la nostra **activitat fisiològica** (*arousal*) és **molt elevada**. Així, si l'alumnat té por, està molt irritable, està sobreestimulat, està agitat, etcètera, és millor que primer donem resposta a aquest estat si volem que la seva atenció sigui òptima.
- Cal evitar la sobreestimulació. És recomanable evitar un **excés d'estímuls visuals i auditius** a l'espai on es dona l'aprenentatge.

## 4. PRÀCTIQUES EDUCATIVES BASADES EN L'EVIDÈNCIA CIENTÍFICA DURANT L'ADOLESCÈNCIA I L'EDAT ADULTA

### 4.2. Emocions i cervell social

És veritat que només aprenem allò que ens emociona? Afortunadament, no és així, i es podria considerar un «neuromite» força estès en el camp educatiu.

Tal com hem comentat, la **memòria explícita** es pot subdividir en episòdica i semàntica. La primera no requereix esforç i té un fort component emocional, però la segona no.

La **memòria episòdica** és especialment contextual i, per tant, els records s'associen amb les emocions experimentades. També és cert que les emocions faciliten la consolidació d'aquesta memòria.

En canvi, la **memòria semàntica** és més complexa i exigent, atès que requereix un gran esforç per generar records. Però els records són independents del context emocional i l'espai temporal. I, tal com hem dit, una vegada un concepte s'ha emmagatzemat, és flexible i transferible a altres contextos.

Com veurem més endavant, la memòria semàntica requereix establir relacions, i també pràctica, sobretot pensar en els conceptes i continguts i reflexionar-hi, però no en el context. Així, les experiències amb un elevat contingut emocional no s'associen amb un millor record de memòries episòdiques. De fet, en molts casos la presència d'elements socioemocionals pot distreure l'alumnat dels factors que sí que possibiliten la consolidació de la memòria semàntica, i pot facilitar-li que recordi més el context que no pas el contingut objecte d'estudi.

## 4. PRÀCTIQUES EDUCATIVES BASADES EN L'EVIDÈNCIA CIENTÍFICA DURANT L'ADOLESCÈNCIA I L'EDAT ADULTA

### 4.3. Estats de curiositat

Els humans som curiosos per naturalesa. És important, doncs, respectar els interessos de l'alumnat, però encara és més rellevant que les persones adultes preparin estímuls, propostes i ambients que despertin i provoquin la curiositat dels aprenents.

**És important que l'alumnat sigui conscient de la utilitat d'allò que està aprenent i ho pugui relacionar amb la seva aplicació i transferència en diversos contextos i problemes.**

### 4.4. Aprenentatge significatiu

**Per facilitar l'aprenentatge i la formació de la memòria és important proporcionar temps i oportunitats a l'alumnat perquè connecti la nova informació amb els seus coneixements previs.**

Així, si l'alumnat no té coneixements amb què pugui relacionar el que està aprenent o bé no té l'oportunitat d'activar-los, li resultarà més difícil adquirir i recordar els continguts objectes d'estudi.

## 4. PRÀCTIQUES EDUCATIVES BASADES EN L'EVIDÈNCIA CIENTÍFICA DURANT L'ADOLESCÈNCIA I L'EDAT ADULTA

A classe és rellevant dedicar temps a **mobilitzar els coneixements previs** de l'alumnat amb l'objectiu d'avaluar si compta amb els coneixements necessaris per afrontar els continguts nous, però també per facilitar-li que els connecti amb el que aprendrà.

Com més es relacioni la nova informació amb diversos coneixements previs, més fort serà el seu arrelament a la memòria, i més fàcil serà recuperar-la en el futur perquè hi haurà més contextos que l'activaran.

### 4.5. Practicar el record d'allò après

**Un factor molt important que té en compte el nostre cervell per consolidar la memòria és la utilització que fem del record emmagatzemat.**

Així, cada vegada que es recupera i es recorda el que s'ha après, aquest record es consolida i la memòria s'enforteix. Incloure pràctiques d'evocació són fonamentals per afavorir un record més durador dels nous aprenentatges. Especialment, si la pràctica consisteix a explicar allò après amb les pròpies paraules o bé a fer-ho servir per interpretar noves situacions o resoldre problemes (Ruiz, 2020).

## 4. PRÀCTIQUES EDUCATIVES BASEDES EN L'EVIDÈNCIA CIENTÍFICA DURANT L'ADOLESCÈNCIA I L'EDAT ADULTA

### 4.6. Hàbits saludables

**Tenir uns hàbits de vida saludables ens pot ajudar a tenir una millor eficiència cognitiva.**

Així doncs, és molt important que l'alumnat dormi prou hores, tingui una alimentació justa i adequada i faci exercici físic aeròbic de manera regular.

Aquests hàbits tenen un efecte positiu en els processos de plasticitat cerebral i, per tant, en un òptim aprenentatge.

## 5. CONCLUSIONS

Com s'ha vist fins ara, si bé els estudis provinents de les ciències de l'aprenentatge no tenen la finalitat de determinar quines metodologies s'han d'utilitzar a l'aula, sí que poden ser d'utilitat com a marc teòric que doni suport a la pràctica docent a l'aula i permeti reflexionar sobre tot el que volem aconseguir amb l'alumnat.

En aquest sentit, el coneixement sobre com aprèn el nostre cervell i les particularitats que té el cervell adolescent i adult són d'elevada utilitat per prendre decisions sobre les metodologies d'aprenentatge i el projecte educatiu de l'escola de manera rigorosa i basada en les evidències científiques en el camp de les ciències de l'aprenentatge, tant de la neurociència com de la psicologia científica.

Finalment, és important conèixer i tenir en compte l'existència de períodes de més sensibilitat durant la fase de maduració biològica del cervell, com, per exemple, el període que inclou l'adolescència. No obstant això, la modificació de les connexions entre el conjunt existent de neurones en funció de l'experiència és un procés que dura tota la vida i és el principal mecanisme de neuroplasticitat del cervell adult.

En aquest sentit, gràcies a la neuroplasticitat, el cervell és capaç d'aprendre durant tota la vida.

## REFERÈNCIES DOCUMENTALS

BADDELEY, A. D.; HITCH, G. J. «Working memory». A: *The Psychology of Learning and Motivation*. Nova York: Academic Press, 1974, p. 47-89.

CARBALLO, A.; PORTERO, M. *10 ideas clave: Neurociencia y educación*. Barcelona: Graó, 2017.

COLVIN, R. «Optimising, generalising and integrating educational practice using neuroscience». *npj Science of Learning*, núm. 1, 16012 (2016).

KHALIL, M. K.; ELKHIDER, I. A. «Applying learning theories and instructional design models for effective instruction». *Advances in Physiology Education*, vol. 40, núm. 2 (2016), p. 147-156.

HOWARD-JONES, P. A. «Neuroscience and education: myths and messages». *Nature Reviews Neuroscience*, núm. 15(12) (2014), p. 817-824.

MORGADO BERNAL, I. «Psicobiología del aprendizaje y la memoria». CIC. *Cuadernos de Información y Comunicación*, núm. 10 (2005), p. 221-233.

MORGADO BERNAL, I. *Aprender, recordar y olvidar*. Barcelona: Ariel, 2014.

PORTERO-TRESSERRA, M. «Tendiendo puentes entre la neurociencia y la innovación educativa». *Aula de innovación educativa*, núm. 271 (2018), p. 35-39.

RUIZ MARTIN, H. *¿Cómo aprendemos? Una aproximación científica al aprendizaje y la enseñanza*. Barcelona: Graó, 2020.

STEINBERG, L. «The influence of neuroscience on US Supreme Court decisions about adolescents' criminal culpability». *Nature Reviews Neuroscience*, núm. 14(7) (2013), p. 513-518.



## Autora

### **Marta Portero-Tresserra**

Doctora en Neurociències. Professora de Psicobiologia i investigadora a l'Institut de Neurociències de la Universitat Autònoma de Barcelona

## Data

23/4/2021

## Coordinació

**Oficina de Planificació Educativa**

**Gerència de Serveis d'Educació**

**Àrea d'Educació, Esports i Joventut**