



*La química de les
emocions*

L'amor és el fruit apassionat i prohibit de tres cervells no del tot integrats encara: el dels rèptils i el dels mamífers, embolicats per la membrana del neocòrtex, de creació més recent. Al cervell no li interessa la recerca de la veritat, sinó sobreviure. És la seva gran destresa.

I si l'amor és, des de temps immemorial, el recurs fonamental per sobreviure, on podria haver-se situat, sinó al cervell?

Viatge a l'amor, d'Eduard Punset.

Índex

1. Introducció	3
2. Part teòrica	7
2.1 Emocions i sentiments	7
2.1.1 Emocions	7
2.1.2 Sentiments	10
2.1.3 Tremolo perquè tinc por o tinc por perquè tremolo?	12
2.1.4 Per què tenim emocions?	12
2.1.5 Com les adquirim?	13
2.2 Què hi està principalment involucrat, en les emocions?	14
2.2.1 Sistema nerviós	14
2.2.1.1 Evolució del cervell al llarg del temps	22
2.2.1.2 Cervell emocional	24
2.2.2 El recorregut de la informació	29
2.2.2.1 Estímul	29
2.2.2.2 Transmissió de la informació d'aquest estímul	30
2.2.2.3 Resposta	36
2.2.3 Sistema endocrí	37
2.2.4 Connexió entre el sistema nerviós i el sistema endocrí	42
2.3 Fisiologia de les emocions	43
2.3.1 Fisiologia de la por	43
2.3.2 Fisiologia del fàstic	45

2.3.3 Fisiologia de l'ira	45
2.3.4 Fisiologia de la tristesa	46
2.3.5 Fisiologia de l'estrès	47
2.3.6 Fisiologia de l'amor	52
3. Part pràctica	57
3.1 Llàgrimes	57
3.2 Teoria del mètode de biuret	60
3.3 Determinació de la concentració mitjançant espectrofotometria	62
3.4 Primera pràctica	65
3.5 Segona pràctica	68
3.6 Tercera pràctica	73
3.7 Aplicació recta de regressió	75
4. Conclusions	81
5. Bibliografia	84
6. Webgrafia	87
7. Agraïments	91

1. Introducció

Estic estudiant segon de Batxillerat a l'Institut Joan Guinjoan de Riudoms.

En aquesta introducció el meu propòsit és explicar com ha estat aquest treball per mi, quins han estat els meus objectius i motivacions i la metodologia que he utilitzat.

Per començar, faig referència als inicis d'aquest treball de recerca. El moment d'escollir el tema no va ser gens fàcil, ja que no sabia cap a quin decantar-me. La única cosa que tenia clara era que el volia fer d'alguna cosa relacionada amb la biologia, concretament, amb el cos humà.

Vaig buscar inspiració per internet, i el que em va començar a encuriosir sobre el tema de les emocions va ser una pregunta formulada per Eduard Punset, que deia el següent: *Depèn l'amor d'unes meres connexions neuronals?*

Després de començar a llegir sobre la fisiologia de l'amor, vaig interessar-me per la de les emocions en general. D'aquí prové que el tema del meu treball de recerca giri entorn les emocions i els sentiments.

El meu objectiu en la part teòrica és intentar donar una visió més científica i fisiològica de les emocions, contraposada al món literari i filosòfic al qual estem tan acostumats. No intento desmentir aquesta segona, sinó intentar ampliar-la. Crec que és molt interessant aprendre coses noves sobre conceptes que ja coneixem, i pot resultar molt enriquidor.

Rarament haurem tingut la sort, o bé la desgràcia (això ja depèn del parer de cadascú), de descobrir què succeeix a l'interior del nostre organisme quan estem sotmesos a les emocions.

Quin és l'origen d'aquestes? Com s'han anat desenvolupant al llarg de l'evolució? Per què serveixen les emocions o els sentiments, i quina és la diferència entre aquests dos conceptes tan coneguts i desconeguts alhora?

Tots aquests dubtes es troben resolts en la meva part teòrica, en la que em centro en explicar les emocions i els sentiments des de l'òptica biològica, i quines

parts del nostre cos hi estan implicades. També es pot veure com l'estrès o l'amor afecten al nostre organisme, per exemple.

Per a efectuar-la he utilitzat llibres de reconeguts professors d'Universitat com Ignacio Morgado, o Antonio Damasio, que han dedicat gairebé tota la seva vida professional en investigar el món de les emocions. També he recorregut a pàgines web relacionades amb el tema. Sobre la part del sistema nerviós, la professora del meu centre Glòria Fusté va fer-nos unes classes d'aprofundiment.

El meu objectiu en la part pràctica és intentar demostrar empíricament que les llàgrimes emocionals, és a dir, produïdes davant d'un estímul emocional, tenen major contingut proteic que les llàgrimes produïdes per l'irritació de l'ull.

Mentre feia recerca bibliogràfica, en els inicis del meu treball, vaig llegir aquesta informació, de la qual no havia sentit mai a parlar. Vaig haver de buscar molt per aconseguir trobar l'experiment real que havia corroborat la diferència de quantitat de proteïnes entre els dos tipus de llàgrimes. Estava redactat en anglès. Quan el vaig haver llegit tot i extret la informació que considerava que em podia servir, vaig veure que els mètodes emprats no eren al meu abast, ni en relació als coneixements, ni als aparells que utilitzaven per comprovar aquesta diferència.

En comptes de canviar de part pràctica, vaig intentar dissenyar jo mateixa el propi procediment a partir d'experiments que jo pogués realitzar, i que ja estiguessin validats. La meva idea inicial era comprovar la presència de proteïnes en els dos tipus de llàgrimes, ja que pensava que en les produïdes per irritació no n'hi havia, però posteriorment vaig descobrir que això no era cert. Les dues tenien contingut proteic, però les emocionals en major quantitat. Per tant, les proteïnes havien de manifestar-se en el dos tipus.

Per detectar aquestes proteïnes, vaig pensar en utilitzar el mètode de Biuret. Era un mètode que havíem practicat a classe de biologia amb la professora, i resultava bastant senzill i ràpid de dur a terme.

Per detectar aquesta diferència de concentració, em vaig dedicar a buscar mètodes que ho permetessin. Vaig trobar l'espectrofotometria. Jo ja l'havia

practicat una vegada en unes pràctiques de bioquímica a la Universitat de Barcelona. Només em faltava un espectrofotòmetre, ja que al meu centre no disposem d'aquest aparell. Me'l va proporcionar l'Institut Comte de Rius de Tarragona, gràcies a la Consolació Panicot Freixas.

Finalment, per aconseguir quantificar aquesta concentració, vaig utilitzar els mètodes de regressió lineal. No havíem arribat mai a estudiar aquest tipus d'estadística en els cursos anteriors. En aquest punt, s'afegia una branca més de la ciència al meu treball: les matemàtiques. Era molt gratificant per mi pensar que podria determinar el nombre exacte de proteïnes existents a les llàgrimes, ja que anava molt més enllà del meu propòsit inicial.

A l'hora de fer l'experiment van sorgir diversos reptes: el primer de tots, la recollida de llàgrimes. Va resultar ser més fàcil del que em pensava i després d'haver-ho fet per primer cop, va ser molt mecànic. Conservar-ho durant pocs dies també és possible, tot i que vaig comprovar que si passa més d'una setmana es degrada el contingut del tub d'assaig.

En la primera pràctica tenia molt poca esperança en que les llàgrimes canviessin de color. La concentració de les proteïnes en llàgrimes és molt i molt petita, i no sabia si el mètode del Biuret s'activaria amb tan poca quantitat.

El fet que el mètode del Biuret funcionés, i que la diferència de tonalitat del color fos una evidència de que l'experiment estava ben encaminat, va ser el que em va animar a seguir amb les investigacions.

La segona part era més difícil de dur a terme ja que no tenia l'aparell necessari: l'espectrofotòmetre. La Conso em va ser de gran ajuda a l'hora d'utilitzar-lo, ja que jo només l'havia utilitzat una vegada i molt per sobre. El fet de poder accedir a un laboratori més sofisticat i posar en pràctica mètodes nous per a mi ja ha estat una gran satisfacció personal.

Per a utilitzar l'espectrofotòmetre, com ja he explicat abans, vaig utilitzar un guió de pràctiques d'aquell institut. Estava dissenyat per comprovar mostres amb una concentració de proteïnes major que la meua, i aquesta és la deducció per la qual penso que no van sortir correctes els resultats a l'espectrofotòmetre, i les

absorbàncies van donar resultats negatius. Són resultats molt poc vàlids ja que el procediment no era l'adequat. A causa d'això, vaig descartar les absorbàncies proporcionades per mostres realitzades amb el reactiu del guió de pràctiques, ja que els resultats no eren lògics.

Els resultats que vam decidir d'acceptar com a bons van ser els que com a reactiu tenien el del primer experiment, on vam utilitzar només hidròxid de sodi i sulfat de coure, i en la quantitat que vam preveure proporcional al volum de llàgrima que teníem. Era un experiment molt més casolà, per dir-ho d'alguna manera, però més adequat a la baixa quantitat de la que disposàvem.

Per a dur a terme la part pràctica he utilitzat guions de pràctiques, tan del meu centre com de l'institut Comte de Rius; també he consultat llibres de matemàtiques i de biologia. La resta està extreta de pàgines web.

Ha resultat molt satisfactori realitzar aquest treball d'investigació. He après molt i ha estat una bona experiència. Espero doncs que aquest treball no deixi indiferent a cap dels lectors i que desperti una mica més de curiositat per aquest món tan fascinant.

2. Part teòrica

2.1 Emocions i sentiments

No hi ha res que ens faci sentir tan humans com les emocions. Tan humans i tan dependents. Quan un sentiment poderós ens envaeix ocupa gairebé tot l'espai de la nostra ment i consumeix una bona part del nostre temps. Si aquest sentiment és indesitjable, només hi ha una forma ràpida d'eliminar-lo, de treure'l de la nostra ment: una altra emoció, un altre sentiment més fort, incompatible amb el que volem desterrar.

Ignacio Morgado

2.1.1 Emocions

Per trobar l'origen de les emocions ens hem de remuntar a l'època del Càmbric, fa uns cinc-cents milions d'anys. Sembla que en aquell temps es produí una alteració en l'orientació magnètica del planeta, seguida d'importants canvis climàtics. L'evolució es va accelerar, sobretot al mar, i van aparèixer molts éssers vius com, per exemple, els primers artròpodes.

La lluita per a la supervivència era intensa i constant. Calia ser un bon predador i evitar ser depredat: tot es reduïa a menjar o ser menjat. Protegir-se era relativament fàcil, sobretot pels animals que van desenvolupar closca. Depredar no ho era tant. La depredació és una conducta que requereix el desenvolupament de capacitats sensorials¹ complexes, ben coordinades i amb moviments precisos, per localitzar i atrapar preses.

En aquest ambient tan competitiu, alguns animals ja posseïen cèl·lules sensibles als estímuls, al contacte físic o a canvis ambientals, com la temperatura. Van desenvolupar cèl·lules amb llargues prolongacions. Permetien coordinar i transmetre la informació sobre aquests canvis a les parts de l'organisme² efectores del moviment, i aquestes efectuaven les respostes adequades. Eren les primeres

¹ Relatiu als sentits o als òrgans dels sentits.

² Conjunt d'òrgans que funcionen coordinadament, formant una unitat amb vida pròpia.

neurones i processaven informació rellevant per sobreviure i adaptar els organismes³ al medi ambient.

Amb l'evolució es van anar formant els primers cervells. No només van evolucionar com un centre de control i regulació de les funcions vitals, sinó també com un òrgan intel·ligent, capaç d'obtenir, processar i retenir informació del món extern i intern per dirigir conductes que permetessin alimentar-se, protegir-se i reproduir-se.

Les emocions no eren més que respostes instintives simples, que els animals emetien per fugir de qualsevol perill o per apropar-se a allò que els era beneficiós. Amb el temps, aquestes respostes van anar fent-se més complexes, a causa de l'addició de components que aportaven rapidesa, precisió i eficàcia.

Imaginem-nos un animal que fugi d'un perill. Per guanyar eficàcia en la seva fugida pot:

- Alliberar hormones, com per exemple l'adrenalina
- Inhibir⁴ o paraitzar altres funcions fisiològiques⁵ que puguin competir en el consum d'energia
- Concentrar l'atenció de l'animal en fugir
- Inhibir la sensació de dolor si es fa una ferida

La **resposta emocional** ja no és només una cosa simple: està constituïda per diversos components fisiològics i de conducta, com parar atenció al perill, augmentar l'energia muscular, inhibir el dolor...

Les diferents situacions requereixen respostes diferents per garantir l'èxit i la supervivència. La resposta en una situació de perill no és la mateixa que davant d'un menjar apetitós. En conseqüència van anar sorgint diferents patrons o tipus de **reaccions emocionals**, adequades per afrontar cada una d'aquestes situacions.

³ Entitat biològica unicel·lular o pluricel·lular, animal o vegetal, normalment capaç de fer un cicle vital complet (néixer, créixer i reproduir-se).

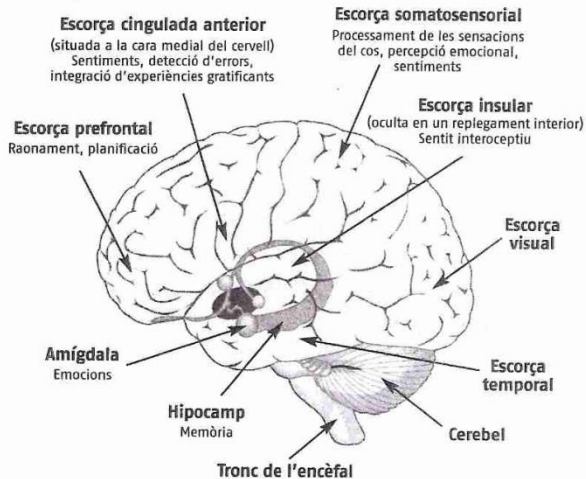
⁴ Impedir algú o quelcom d'intervenir.

⁵ Relatiu a la fisiologia. És la part de la biologia que tracta del funcionament normal dels òrgans.

Per exemple: la por, la ira o el fàstic són respostes defensives davant de perills; l'agressió permet als més forts accedir a aliment, territori o parelles sexuals.

Algunes parts i circuits del cervell van especialitzar-se en detectar situacions

PRINCIPALS PARTS DEL CERVELL RELACIONADES AMB LES EMOCIONS I LA RAÓ



amenaçadores o atractives, i activaven automàticament els components adequats a cada reacció emocional. Sorgeix el concepte de **cervell emocional**. Està format pel conjunt d'estructures i circuits nerviosos encarregats de detectar, analitzar i processar els estímuls, i de generar respostes emocionals.

En resum, les **emocions són respostes fisiològiques i de conducta** d'un mateix organisme. Algunes són visibles per als observadors externs, com les postures i els moviments; i d'altres no ho són, com l'alliberament d'hormones o els canvis en la freqüència cardíaca.

Hi ha sis emocions considerades bàsiques: la por, l'alegria, el fàstic, la ira, la sorpresa i la tristesa; tot i que aquestes poden englobar altres estats:

Ira -> ràbia, irritació, frustració, fúria.

Tristesa -> melancolia, pena, abatiment.

Por -> terror, consternació, inquietud, desassossec, incertesa, nerviosisme, espant.

Alegria -> Goig, beatitud, plaer sexual, estremiment, gratificació, satisfacció, eufòria, èxtasi.

Sorpresa -> sobresalt, desconcert.

Fàstic -> antipatia, disgust, repugnància.

Quan ens referim només a emocions, fem referència a **canvis objectius** del cos. Canvis que es poden registrar, mesurar i estudiar.

Tot i això, les emocions no ho són tot. Amb l'aparició de la **consciència**, l'evolució va aportar un canvi qualitatiu que va alterar el valor i la rellevància de les emocions.

2.1.2 Sentiments

Recordem que les emocions primitives eren conductes inconscients i instintives, ja que van aparèixer en animals amb cervells molt poc evolucionats per ser conscients dels estímuls que percebien o dels canvis ambientals.

Aquesta manca de consciència facilita el procés: el fet de pensar conscientment necessita temps i és susceptible d'errar. Els automatismes⁶ reflexos⁷ inconscients són molt ràpids i precisos, a més a més de concrets i inflexibles.

La flexibilitat va arribar amb la consciència. Els canvis evolutius són progressius i lents: els que van originar la consciència probablement també ho eren. Això podria implicar que aquesta aparició també fos progressiva en diferents espècies animals.

La consciència va ser possibilitada pel desenvolupament de l'escorça cerebral i les seves interaccions amb el tàlem, una estructura cerebral de la qual parlarem més endavant, de gran rellevància en el cervell emocional. Com que es tracta d'una aparició progressiva, podria ser que en diferents espècies animals trobéssim diferents graus de consciència. En principi, els humans i primats som éssers més conscients que altres mamífers, i aquests ho són més que rèptils o animals invertebrats.

La consciència va ser un canvi transcendental pels éssers vius: van deixar de ser autòmats i es van convertir en éssers reflexius, amb conductes adaptables a

⁶ Actua sense dependència de la voluntat, funciona mecànicament.

⁷ Acte que obeeix a excitacions inconscients.

moltes situacions. Ser conscients facilita distingir entre unes coses i unes altres, catalogar i avaluar les situacions, regular la nostra conducta i planificar el nostre futur.

Les emocions es van negar a ser sotmeses a les ordres d'aquesta consciència. En els éssers conscients, les emocions no van esdevenir respostes controlades i voluntàries. Van seguir sent respostes reflexes i automàtiques, per seguir-ne garantint l'eficàcia. Podria semblar que la consciència no influeix en les emocions, però això no és cert.

La consciència no només permet als animals saber què passa al seu voltant, sinó també al seu interior. El cervell es convertí en allò que Antonio Damasio anomena: *L'audiència captiva del cos*. En percebre els canvis orgànics⁸ del propi cos, el cervell també percep els canvis causats per les respostes emocionals. Amb la consciència, el cervell va començar a percebre l'estat físic del seu cos, quan estava sotmès a emocions. Va començar a notar les seves pròpies emocions.

Ho fa d'una manera molt especial: no només se n'adona de cada un dels canvis fisiològics del cos (com variacions del flux sanguini o la secreció d'adrenalina), sinó que té una percepció global, integrada⁹ i específica. Aquesta percepció envaeix la nostra ment, i és el que anomenem **sentiment**.

Podem dir que la por, la sorpresa, l'enuig, el fàstic, la tristesa o l'alegria, són sentiments, experiències que es basen en la percepció conscient del cervell dels canvis físics emocionals produïts en el cos.

Com que cada situació produeix un patró diferent de canvis fisiològics, el cervell ho percep com a sentiments diferenciats.

Primer va l'emoció i després el sentiment. Això pot resultar estrany, ja que molta gent pensa que és al contrari, que el sentiment és responsable de les alteracions de l'organisme.

⁸ Relatiu o pertanyent a un òrgan o un sistema d'òrgans. Un òrgan és el conjunt de diversos teixits formant una unitat estructural, que s'encarrega d'una funció determinada en un animal o un vegetal.

⁹ Dit del sistema, circuit, etc., en què cada un dels elements està connectat i interrelacionat.

2.1.3 Tremolo perquè tinc por o tinc por perquè tremolo?

El sentit comú i la intuïció ens porten a pensar que davant d'un indici de perill, primer tenim por i després aquesta por ens fa tremolar. Fa més de cent anys que el psicòleg nord-americà William James va proposar el contrari: que són els canvis que tenen lloc en el cos, en una determinada situació, els que fan que en percebre'ls, el cervell elabori els sentiments. Els concep com una representació mental d'aquests canvis.

Antonio Damasio i els seus col·laboradors han revitalitzat aquesta idea a partir d'experiments i observacions clíniques. Demostren que els canvis, com l'alliberament d'adrenalina o l'augment dels batecs del cor, no són conseqüència de la por sinó al revés. No és que quan sentim por el cor ens bategui més ràpid, sinó que l'increment de velocitat dels batecs del cor fa que es produeixi la sensació de por.

2.1.4. Per què tenim emocions?

La por serveix per protegir d'un perill, la ira per eliminar un competidor, l'alegria per repetir el que s'està vivint, el fàstic per evitar un dany, la sorpresa per dirigir l'atenció i la tristesa per fer-nos valorar una pèrdua. Algunes de les funcions principals són les següents:

- Gestió de reaccions d'alarma per produir respostes ràpides davant de perills.
- La direcció de l'atenció per focalitzar-la en determinats elements de l'entorn.
- La inducció¹⁰ de motivació per estimular conductes que han estat plaents.
- L'establiment de prioritats de comportament per planificar la nostra conducta segons les emocions que hem sentit en cada una de les activitats en què hem participat.
- La modificació de la conducta: canvis en el comportament degut a una determinada experiència emocional.

¹⁰ Persuadir o moure algú a alguna cosa.

- La regulació social: establir aliances entre amics, jerarquies entre els membres d'un grup.

2.1.5. Com les adquirim?

El nostre cervell sembla desenvolupar-se amb la predisposició a experimentar emocions classificades com a bàsiques. Aquestes s'han identificat en quasi tots els animals, s'han descrit en totes les cultures, apareixen molt aviat en el desenvolupament dels nens i estan associades a respostes fisiològiques particulars. Sembla que aquestes emocions es disparen automàticament davant de determinats estímuls, tot i que la gran majoria de situacions en les que sentim una emoció o una altra depèn del que observem o les conseqüències de les vivències personals.

2.2 Què està principalment involucrat, en les emocions?

Hi ha dos sistemes absolutament fonamentals en el desenvolupament de les emocions i els sentiments: el sistema nerviós i el sistema endocrí.

2.2.1 Sistema nerviós

El **sistema nerviós** està format per un conjunt d'òrgans i estructures que treballen de forma coordinada. La seva funció és mantenir una comunicació contínua entre cos i cervell. La finalitat és controlar que totes les funcions dels altres òrgans es duiguin a terme correctament, i permetre que es desenvolupin funcions específiques d'adaptació a l'entorn.

En el sistema nerviós hi trobem dos zones diferenciades segons el tipus de substància que les compon:

A l'interior de l'encèfal i a l'exterior de la medul·la espinal, trobem la **substància blanca**. Està composta per feixos dels àxons de les neurones. Tenen aspecte blanquinós a causa de la mielina.

A l'escorça de l'encèfal i a l'interior de la medul·la espinal, trobem la **substància grisa**. Està composta pels cossos neuronals, i aquests són amielínics.

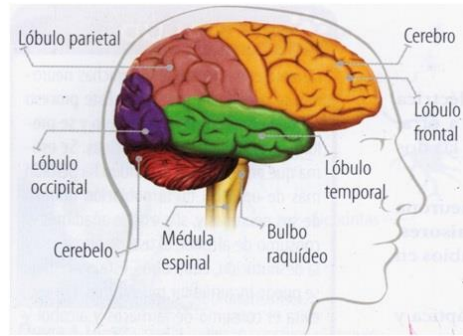
Està format pel sistema nerviós central i el sistema nerviós perifèric.

SISTEMA NERVIÓS { SISTEMA NERVIÓS CENTRAL
SISTEMA NERVIÓS PERIFÈRIC

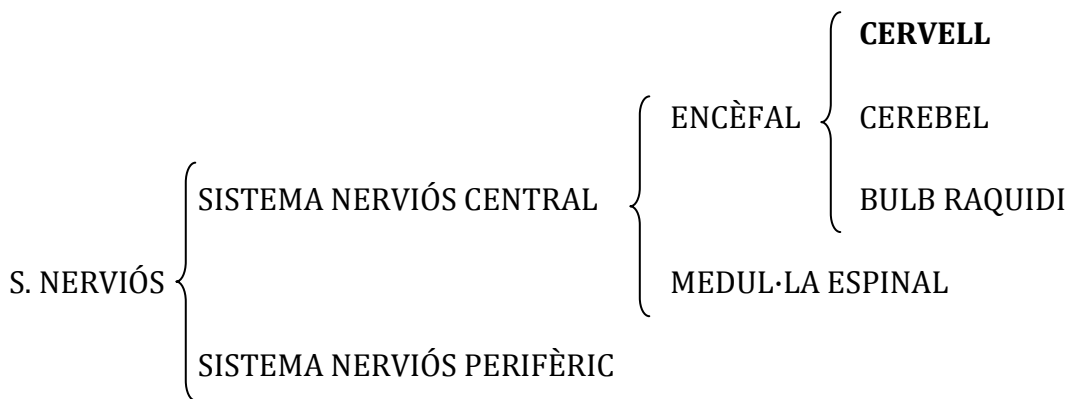
El **sistema nerviós central** està format per l'encèfal, que es troba en la cavitat cranial; i la medul·la espinal, que es troba a l'interior de la columna vertebral.

SISTEMA NERVIÓS { SISTEMA NERVIÓS CENTRAL { ENCÈFAL
MEDUL·LA ESPINAL
SISTEMA NERVIÓS PERIFÈRIC

L'**encèfal** és la part central del nostre sistema nerviós. Controla i coordina el comportament, l'homeòstasi¹¹ i les funcions mentals, com les emocions, la memòria, l'aprenentatge, la cognició¹², la percepció i l'atenció. També engloba els aparells sensitius primaris de vista, oïda, equilibri, gust i olfacte. Controla la transició entre els estats de son i vigília.



Es localitza a l'interior del crani. Està format per dos tipus de substància: la grisa, formada per les dendrites de les neurones, que es troba en la part externa; i la blanca, formada pels àxons, que es troba en la interna. Està format per tres estructures molt importants: el cervell, el cerebel i el bulb raquídi.



El **cervell** és l'òrgan principal del sistema nerviós, on s'integren les funcions principals dels animals. Controla tots els actes del nostre cos, ja siguin voluntaris o inconscients. Està molt desenvolupat.

Està recobert per l'escorça cerebral. És la capa evolutiva més recent del cervell. Recobreix les zones més primitives. S'hi integren les capacitats cognitives, la consciència, l'establiment de les relacions, el raonament...

Té un solc¹³ que el separa en dos **hemisferis**¹⁴, que estan connectats internament per una massa anomenada cos callós. La superfície es troba molt

¹¹ Tendència al manteniment de l'equilibri i de l'estabilitat interna en els diferents sistemes biològics.

¹² Acció de conèixer.

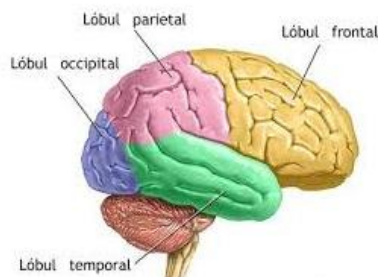
¹³ Cavitat longitudinal.

¹⁴ Cadascuna de les parts en què divideix l'esfera un pla que passa pel seu centre.

replegada, en circumval·lacions cerebrals. Els hemisferis actuen en conjunt i de manera encreuada: el dret coordina les activitats de la part esquerra del cos i viceversa.

L'hemisferi dret té el control corporal de la part esquerra del cos i intervé en les tasques més subjectives com els sentiments, les sensacions, les emocions, la imaginació, la creativitat, la percepció musical, la imatge, el so.

L'hemisferi esquerre té el control corporal de la part dreta del cos i intervé en les tasques més objectives com el raonament, la memòria a llarg termini, la memòria verbal, el llenguatge escrit i parlat, l'habilitat numèrica, la gestió de la informació, la deducció, l'anàlisi.



Cada hemisferi està dividit en quatre regions anomenades **lòbuls**: frontal, parietal, temporal i occipital. A més d'aquests, trobem una altra regió que no es veu des de l'exterior: la ínsula.

Lòbuls frontals: s'encarreguen de raonar, defensar les idees, modular les emocions i planejar. Estan associats a aspectes de la manera de ser, el caràcter i el judici moral. Tenen una regió encarregada de dirigir voluntàriament la contracció dels músculs del cos per realitzar els moviments voluntaris. És una part important del que s'anomena *cervell motor*.

La part esquerra té una regió molt important encarregada de convertir els nostres pensaments en paraules: intervé en el llenguatge.

Lòbuls parietals: cada lòbul parietal té una zona anomenada escorça somatosensorial, de gran rellevància en el cervell emocional.

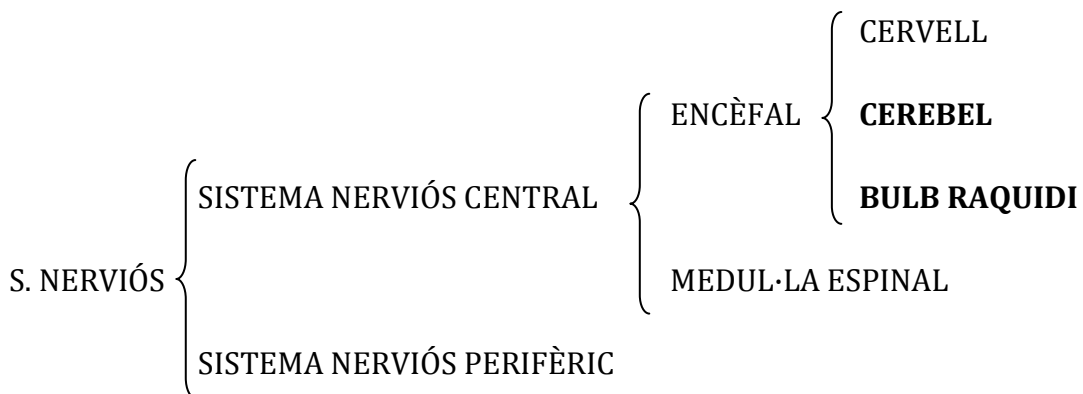
Té unes àrees d'associació que participen en la integració de la informació sensitiva procedent de les àrees somestèsica, auditiva, visual i gustativa. Correlacionen informació de diverses parts de l'organisme.

Lòbuls occipitals: reben i processen la informació visual. Descodifiquen els senyals visuals per poder analitzar la forma, el color i el moviment de tot allò que

veiem. Permeten reconèixer i identificar els objectes associant aquesta percepció visual amb imatges que recordem, i també traduir en paraules tot el que veiem.

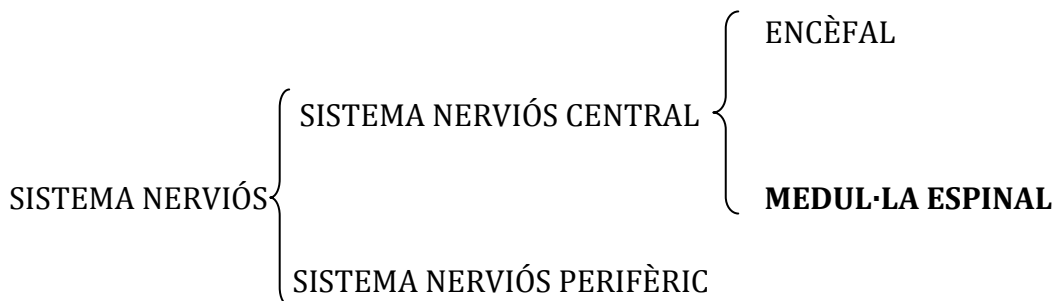
Lòbuls temporals: són els encarregats de rebre i processar la informació auditiva. Es reconeixen, identifiquen i denominen els objectes. També són responsables de la comprensió del llenguatge parlat.

Ínsula: és el centre de connexió entre el sistema límbic i el neocòrtex. Coneixerem aquestes seccions cerebrals en l'apartat del desenvolupament d'aquest.



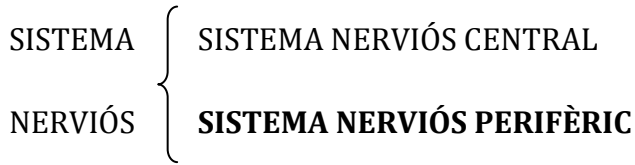
El **cerebel** és més petit i es troba davant del cervell. També el trobem dividit en dos hemisferis. S'encarrega de controlar l'equilibri i també coordina els moviments voluntaris.

El **bulb raquidi** és el nexa entre la medul·la espinal i el cervell. S'encarrega de regular funcions vitals involuntàries com la respiració, la pressió sanguínia o la freqüència cardíaca. Es troba en el **tronc encefàlic**.



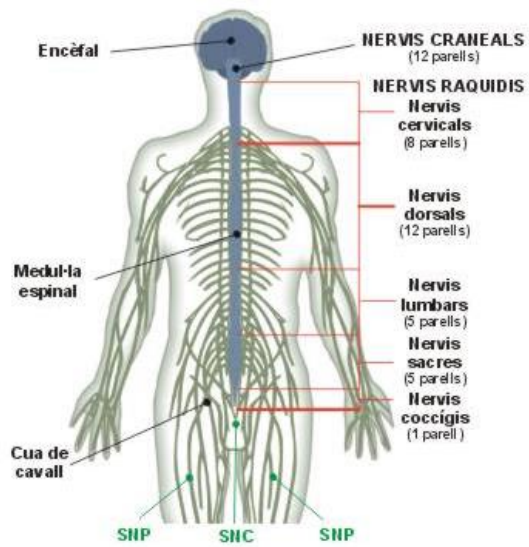
La **medul·la espinal** es troba a l'interior de la columna vertebral. S'encarrega de transmetre els impulsos que ascendeixen cap al cervell i els que descendeixen cap a la resta del cos a través dels nervis que en surten. Aquests, es dirigeixen cap a

músculs, glàndules o vasos sanguinis. En parteixen les respostes dels actes involuntaris.



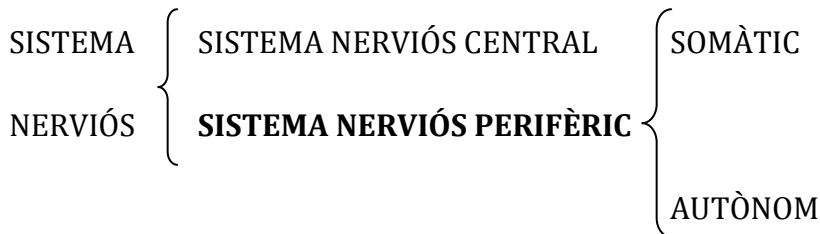
El **sistema nerviós perifèric** està format per un conjunt de nervis que es distribueixen al llarg de tot l'organisme i s'encarreguen de mantenir una comunicació contínua entre el sistema nerviós central i la resta del cos. Així doncs, els nervis reben i transmeten informació des de i cap al sistema nerviós central.

Els **nervis** són un conjunt de fibres que s'agrupen formant un teixit connectiu. Poden ser de dos tipus: sensitius, que porten estímuls des dels receptors fins al sistema nerviós central; i motors, que porten estímuls des del sistema nerviós central fins als òrgans efectors.



Segons el lloc del qual procedeixen, els nervis s'anomenen cranials o raquidis. Els cranials procedeixen de l'encèfal, i els raquidis, de la medul·la.

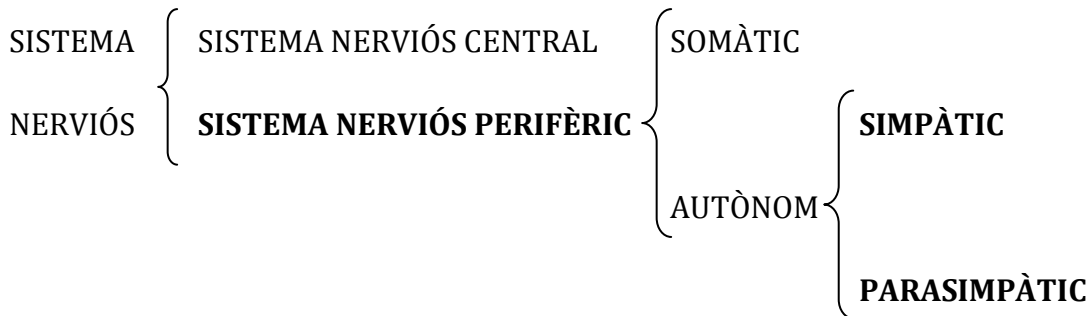
Segons la seva funció, el sistema nerviós perifèric es divideix en sistema nerviós somàtic o sistema nerviós autònom o vegetatiu.



El **sistema nerviós somàtic** actua sobre els músculs esquelètics i és responsable dels moviments voluntaris.

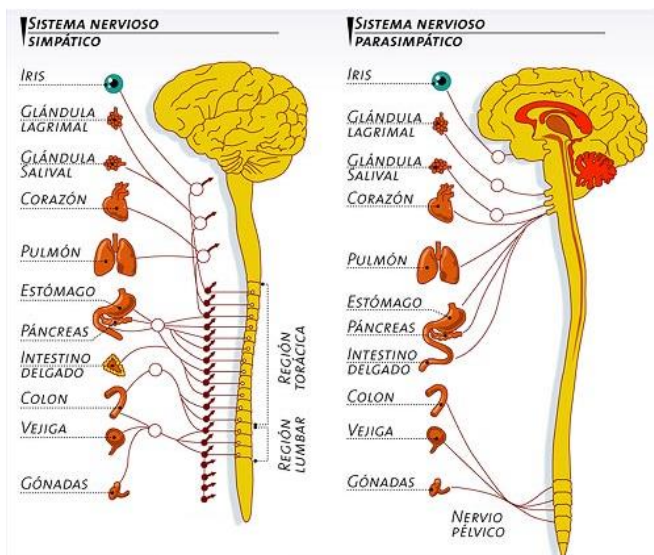
El **sistema nerviós autònom o vegetatiu** s'encarrega de l'activitat involuntària dels òrgans interns, com per exemple la digestió, la circulació sanguínia, la respiració i el metabolisme¹⁵.

Funcionalment es pot dividir en sistema nerviós autònom **simpàtic** i **parasimpàtic**. Funcionen en oposició.



Si un sistema s'encarrega d'estimular un òrgan, la funció de l'altre és inhibir-lo. Tots aquests processos estan contínuament controlats per estructures superiors com l'hipotàlem.

El sistema nerviós autònom **simpàtic** és el sistema de comportament de fugida. Les dilatació dels bronquis¹⁶ per oxigenar ràpidament, redirigir el reg sanguini a músculs, cor i sistema nerviós; augmentar la midriasi¹⁷ i estimular les glàndules suprarenals per sintetitzar i descarregar adrenalina.



El sistema nerviós autònom **parasimpàtic** és el sistema de repòs.

L'equilibri entre aquests dos sistemes regula el funcionament fisiològic dels òrgans del cos humà en condicions normals.

Tant el sistema nerviós simpàtic com el parasimpàtic estan formats per una xarxa de ganglis situats als dos

¹⁵ Conjunt de canvis químics que s'esdevenen contínuament en les cèl·lules vives.

¹⁶ Cadascun dels conductes en què es ramifica la tràquea i que es va subdividint dintre els pulmons.

¹⁷ Visualització de l'entorn.

costats del nostre cos, i units mitjançant unes fibres nervioses longitudinals. Aquests ganglis estan connectats amb els nervis espinals.

Qui són els receptors de les fibres d'aquests sistemes? Els ulls, el cor, l'aparell digestiu, l'aparell urogenital, les glàndules endocrines, els pulmons o les glàndules annexes.

Són molt importants ja que participen activament en les respostes emocionals.

Comparació entre els dos sistemes

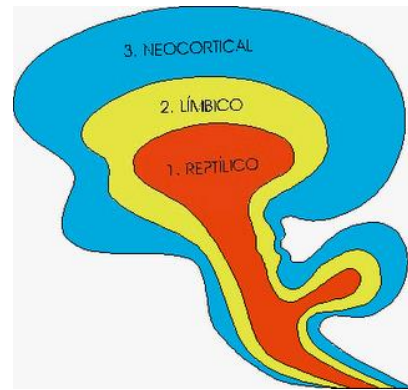
Sistema nerviós simpàtic	Sistema nerviós parasimpàtic
Funció que duen a terme	
Prepara al cos davant d'una situació de perill i reacciona mitjançant la <i>reacció de lluita o fugida</i> . Disposa al cos al consum màxim d'energia per procurar el màxim exercici muscular per <i>escapar del perill</i> .	Retorna l'organisme a un estat de <i>relaxació</i> , precedit per la situació d'emergència que ha activat al sistema nerviós simpàtic.
Neurotransmissor que utilitzen	
Utilitza la noradrenalina com a neurotransmissor. L'efecte d'aquesta depèn de si el receptor és alfa o beta. Per exemple, quan la noradrenalina arriba a un múscul del cor que sigui receptor beta, l'estimularà enfortint el seu batec. Si fos un receptor alfa, el tranquil·litzaria. També utilitza la dopamina i l'acetilcolina.	Utilitza l' acetilcolina com a neurotransmissor. Està molt distribuïda en sistema nerviós central i perifèric. la producció salival.
Efectes que té l'activació d'aquest sistema	
Dilatació pupil·lar	Constricció pupil·lar
Obrir les parpelles	Activar les glàndules salivals

Inhibir les secrecions del sistema digestiu	Estimular les secrecions de l'estómac
Dilatar els vasos sanguinis dels músculs grans	Estimular l'activitat intestinal
Constricció de la resta de vasos sanguinis	Dilatació de la resta de vasos sanguinis
Obertura dels tubs bronquials	Constricció dels tubs bronquials
Incrementar la freqüència	Disminuir la freqüència cardíaca
Estimular les glàndules sudorípares	Estimular la secreció dels pulmons

2.2.1.1 Evolució del cervell al llarg del temps

El cervell humà consta de tres formacions o cervells independents. Aquests s'han anat formant progressivament al llarg de l'evolució, però cap dels cervells nous ha exclòs els vells. Al contrari, s'han adaptat mútuament.

Cadascun d'aquests té la seva pròpia intel·ligència, subjectivitat individual, el seu propi sentit del temps i de l'espai i la seva pròpia memòria. Aquests cervells són, per ordre evolutiu: el cervell rèptil, el límbic (o emocional) i el neocòrtex. Estan interconnectats a nivell neuronal i bioquímic, i cadascun s'encarrega de diverses funcions del nostre organisme.



Cervell rèptil: es va originar fa més de 200 milions d'anys. És la part més antiga del nostre cervell. S'encarrega de regular les funcions fisiològiques involuntàries del nostre cos. Aquestes són els instints bàsics de supervivència, com el desig sexual, la recerca del menjar i les respostes agressives (fugir, lluitar...). És el responsable de la part més primitiva de l'estímul-resposta.

Les respostes que s'efectuen són automàtiques i programades. No pensa ni sent les emocions, es limita a actuar quan el cos ho demana.

Les seves parts més rellevants són l'hipotàlem i el tronc cerebral.

És l'encarregat de regular sistemes i funcions com el sistema endocrí, el sistema cardiovascular, el sistema respiratori inconscient, el sistema immunològic¹⁸, la gana, la set, la temperatura corporal, l'impuls sexual, l'atenció de supervivència i la vigília-son.

Cervell límbic o emocional: també es pot anomenar cervell mitjà. Es va originar fa més de 100 milions d'anys.

És el conjunt d'estructures i circuits nerviosos encarregats de detectar, analitzar i processar els estímuls i de generar les respostes emocionals. Està

¹⁸ De defensa de l'organisme.

relacionat amb la memòria emocional, l'atenció, les emocions, la personalitat i la conducta. Està situat just a sota de l'escorça cerebral.

Les seves parts més importants són el tàlem, l'hipocamp i l'amígdala.

Les seves funcions principals són, a part de les mencionades en la definició, rebre l'olfacte i el tacte, és on es duen a terme les relacions maternofilials, és la zona del plaer i el dolor...

Neocòrtex: aquesta part del cervell només la tenim els humans. Es va desenvolupar fa tan sols un milió d'anys.

Permet tenir consciència i controlar les emocions, i també desenvolupa les capacitats cognitives com la memorització, la concentració, la resolució de problemes, la capacitat d'escollir el comportament adequat... És la part conscient de la persona tant a nivell fisiològic com emocional.

Sorgeix de l'evolució d'una família de neurones de l'hipocamp -estructura que explicaré més endavant- d'altres espècies de mamífers inferiors. És una làmina de sis capes de neurones plegada sobre si mateixa formant plecs o circumval·lacions de tal manera que engloba els altres dos cervells (és l'escorça cerebral).

La seva funció és recrear estats possibles d'una realitat futura per escollir la opció més adequada sense riscos, pensar i planificar, el llenguatge, la imaginació, la creativitat, la capacitat d'abstracció, la resolució de conflictes...

Les seves parts més rellevants són els lòbuls prefrontals i els lòbuls frontals.

2.2.1.2 Cervell emocional

Hi ha diverses parts del sistema nerviós que tenen un gran paper en el processament de les emocions.

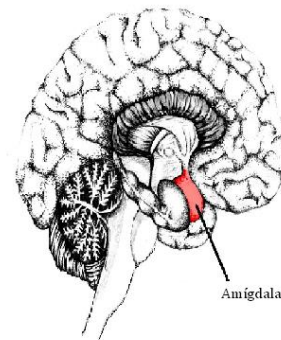
Es coneixen gràcies a investigacions amb ressonància magnètica. És una tècnica molt desenvolupada que no danya ni requereix cap tractament previ. Es basa en detectar el flux sanguini cerebral per produir imatges a través d'un ordinador de qualsevol regió del cervell. Mostra, mitjançant colors graduats i altres indicacions, les parts del cervell que estan més o menys actives en un moment determinat.

Aquestes són les zones més rellevants en les emocions:

Amígdala: és el centre de processament emocional. El nom es troba en singular però en realitat en tenim dues: una a l'hemisferi dret i l'altra a l'hemisferi esquerre. Algunes neurones de l'amígdala reben la informació de diverses parts del cervell com per exemple el tàlem o l'escorça cerebral, que són les encarregades de la rebuda, l'anàlisi i el processament de la informació que prové dels òrgans sensorials. L'escorça li proporciona informació auditiva, visual, tàctil...

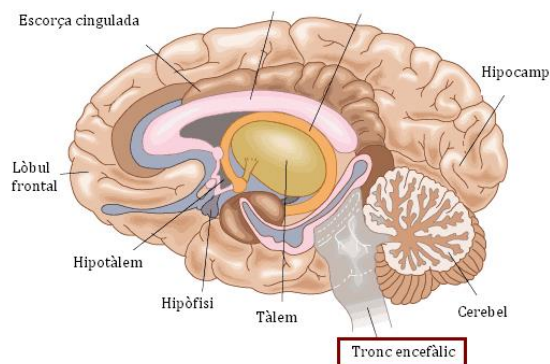
L'amígdala té la tasca d'alertar el nostre organisme ja que les neurones de la seva regió lateral poden reconèixer si l'estímul indica una situació bona, dolenta o simplement irrellevant i també pot avisar altres neurones de la seva regió central perquè aquestes emetin la resposta emocional que calgui, utilitzant intermediaris com el tronc encefàlic o l'hipotàlem. Per mitjà del tronc encefàlic enviarà la informació a la medulla espinal, i aquesta mitjançant els nervis i els ganglis la farà arribar al lloc desitjat; i per mitjà de l'hipotàlem es produirà una resposta hormonal.

En resum, l'amígdala pot originar respostes energitzadores o paralizzadores que són característiques de la majoria d'emocions.



Pacients amb l'amígdala lesionada no són capaços de reconèixer l'expressió d'una cara. La capacitat d'aprenentatge i la memòria requereixen una amígdala intacta.

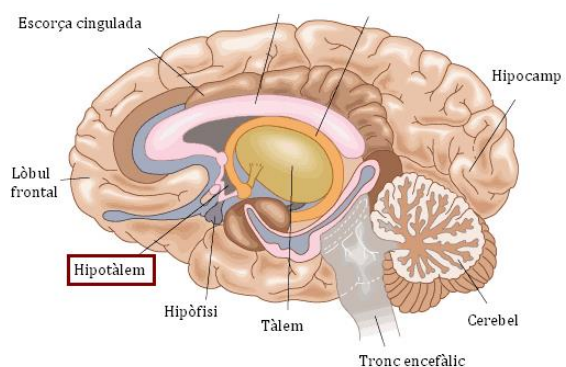
Tronc encefàlic: és una estructura que es troba a la fossa cerebral posterior. És la ruta més important de comunicació entre el cervell anterior, la medulla espinal i els nervis perifèrics. S'ocupa de tot allò que és necessari per mantenir el cos en vida: la respiració, la digestió d'aliments, la circulació sanguínia... També controla els músculs involuntaris, que són els que funcionen de manera automàtica.



És l'estructura per la qual passen les fibres ascendents que procedeixen de la medulla espinal i les descendents, s'hi dirigeixen.

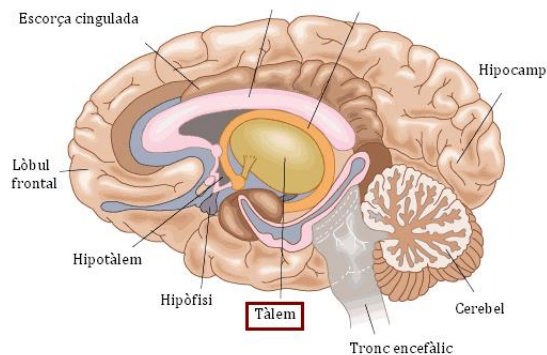
Conté la formació reticular, una estructura formada per feixos de cèl·lules nervioses. La seva funció principal és encarregar-se dels estats d'alerta.

Hipotàlem: és una estructura complexa però petita que es troba en la base del nostre cervell i és molt important a l'hora de regular les funcions vitals del nostre organisme, és a dir, l'homeòstasi orgànica. Aquesta estructura s'encarrega de controlar-ne una altra, la hipòfisi, que és una glàndula situada a sota del cervell que és l'encarregada de l'alliberament d'hormones a la sang, les quals regulen la producció d'altres hormones d'altres glàndules del nostre organisme, com les glàndules suprarenals. El cervell utilitza molta part d'aquests mecanismes de regulació hormonal per emetre les reaccions emocionals.



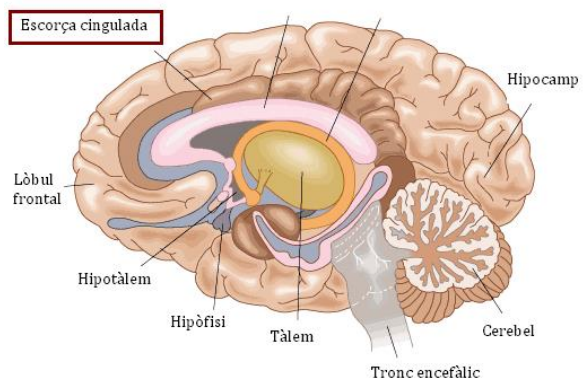
Tàlem: és la primera estructura que rep la informació dels òrgans sensorials. En la zona anterior hi trobem els nuclis anteriors, que formen part del sistema límbic, participen en el processament de les emocions i en mecanismes de memòria recent. Rep aferències¹⁹ de l'hipotàlem i projecta eferències²⁰ a l'escorça cingulada.

En la seva zona medial hi trobem el nucli dorsomitjà. Està molt connectat amb l'escorça prefrontal i l'hipotàlem. Participa en la integració d'aferències visceral, olfactiva i somàtica, i en mecanismes que permeten les percepcions subjectives i emotives.



En la seva zona lateral hi trobem els nuclis ventral anterior i ventral lateral, que són importants per al processament de la informació motora. Reben aferències del cos estriat i del cerebel, i projecten eferències a l'escorça premotora i l'escorça motora primària. També hi trobem els nuclis ventral posterolateral i ventral posteromedial que participen en processar la informació exteroceptiva²¹ i interoceptiva²² que prové de la medulla i de l'encèfal.

Escorça cingulada anterior: és la part frontal de l'escorça cingulada. Té un paper important en les funcions autònomes com la regulació de la pressió arterial i la freqüència cardíaca; o les funcions cognitives racionals, com l'anticipació de la recompensa, la presa de decisions, l'empatia, el control dels impulsos i les emocions.



¹⁹ La direcció de la informació és: receptors dels estímuls -> sistema nerviós central.

²⁰ La direcció de la informació és: sistema nerviós central -> òrgans efectors de la resposta.

²¹ Relatiu o pertanyent a les àrees de distribució dels òrgans receptors, és a dir, que capten estímuls de l'exterior de l'organisme.

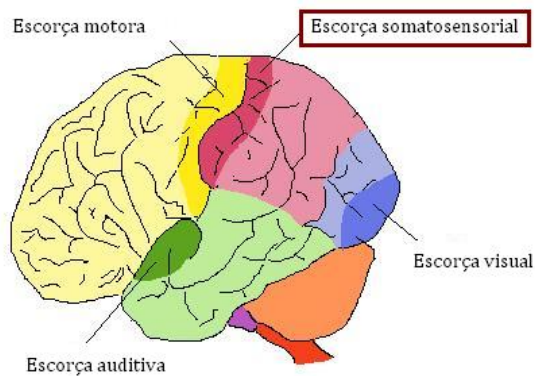
²² Que és referit a la sensibilitat nerviosa originada per estímuls provinents del propi cos.

Es pot dividir anatòmicament en cognició i emocions. La part dorsal està connectada amb l'escorça prefrontal, l'escorça parietal, el sistema motor i els camps oculars frontals. S'hi processen els estímuls. La part ventral està connectada amb l'amígdala, el nucli *accumbens*, l'hipotàlem i la ínsula anterior, i està involucrada en l'avaluació de la rellevància de la informació.

Té un paper molt important en l'enregistrament del dolor. Enregistra el dolor físic.

Les lesions en aquesta zona inclouen incapacitat per detectar errors, dificultat a l'hora de resoldre conflictes, inestabilitat emocional i manca d'atenció.

Escorça somatosensorial: és l'encarregada de reconèixer, organitzar i integrar les sensacions provinents de les diferents parts del cos. No totes les parts del cos requereixen la mateixa quantitat d'escorça especialitzada.

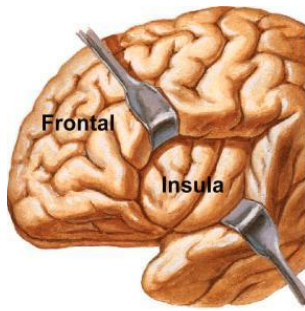


Les àrees somestèsiques o de sensibilitat general es localitzen a la circumval·lació central posterior. S'hi enregistren les sensacions de calor, fred, tacte, pressió, dolor i sensibilitat propioceptiva (sentit de la posició i equilibri muscular).

Les àrees motores es localitzen a les circumval·lacions centrals superiors. Controlen l'activitat dels músculs esquelètics.

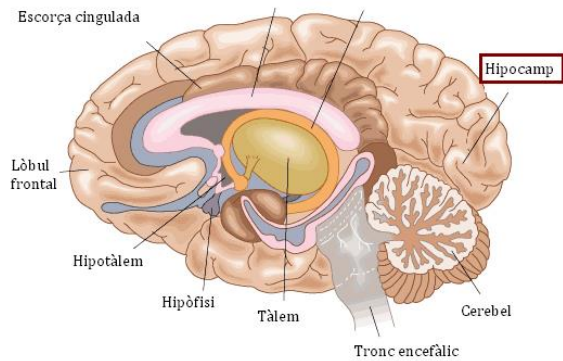
Escorça insular: és una estructura cortical²³ que es troba entre el lòbul temporal i el lòbul parietal. Té un paper molt important en les emocions i la regulació homeostàtica del cos. La seva part anterior està relacionada amb l'olfacte, el gust, el sistema nerviós autònom i la funció límbica. La part posterior, en canvi, està més relacionada a funcions somàtiques motores.

²³ Relatiu o pertanyent al còrtex.

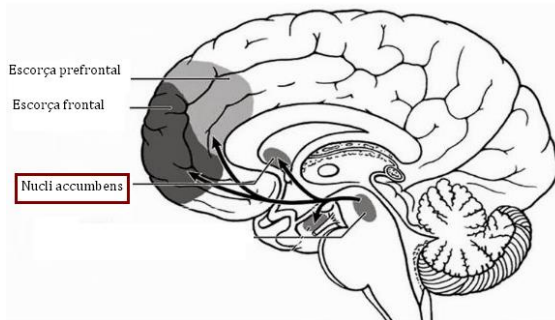


Empíricament s'ha demostrat que té un paper important en l'experiència del dolor i de moltes emocions bàsiques, com l'odi, la por, el disgust, la felicitat i la tristesa.

Hipocamp: és una àrea relacionada amb l'escorça cerebral, i es troba a l'interior del lòbul temporal. És la estructura fonamental de l'emmagatzematge de la memòria explícita. En els humans també s'associa a la memòria per episodis i l'espacial. Les persones amb l'hipocamp danyat tenen problemes per ubicar objectes individuals en un ambient.



Nucli accumbens: és un grup de neurones de l'encèfal. Es pot dividir en dues estructures: la zona central i l'escorça.



Aquest nucli té un paper important en el circuit de plaer o recompensa, l'addicció, el riure i la por.

2.2.2. El recorregut de la informació

2.2.2.1. Estímul

Tot ésser viu és sensible a percebre tot allò que succeeix al seu voltant. Qualsevol canvi del medi intern o extern que pugui ser captat per l'organisme és un estímul.

Els estímuls són captats pels **sistemes sensorials**. Els sistemes sensorials estan formats per un conjunt d'òrgans especialitzats que permeten captar una àmplia gamma de senyals procedents de l'exterior, i també de l'interior.

Els receptors sensorials són estructures que detecten les modificacions de l'entorn i les transformen en senyals que pugui entendre el sistema nerviós s'anomenen **exteroceptors**. Exemples d'exteroceptors:

Fotoreceptors: l'estímul és la llum i es troben a l'ull.

Quimiorceptors: l'estímul són substàncies químiques i es troben a la boca i al nas.

Termoreceptors: l'estímul és la calor i el fred i es troben a la pell.

Receptors del dolor: l'estímul és de tipus variat i es troben a la pell.

Receptors de pressió: l'estímul és la pressió i es troben a la pell.

Pels organismes també és essencial saber què passa en el medi intern: parlarem d'**interoceptors**. La informació que proporcionen és imprescindible per regular l'homeòstasi. Exemples d'interoceptors:

Receptors del dolor: l'estímul és de tipus variat i es troben als òrgans.

Receptors de tensió: l'estímul és el moviment dels teixits i es troben al múscul esquelètic i als tendons.

Els dos grups de receptors tenen característiques funcionals similars: poden transformar l'energia dels estímuls en informació accessible pel sistema nerviós. L'energia dels estímuls pot ser: ones de pressió de l'aire, llum, temperatura... I la informació accessible pot ser senyals químics o potencials elèctrics. Aquestes senyals són transportades per vies nervioses fins les estructures del cervell. Això s'anomena **processament sensorial** o sensació. Quan aquesta és interpretada per l'escorça cerebral, es transforma en **percepció**.

2.2.2.2. Transmissió de la informació d'aquest estímulo

Les vies nervioses per les quals es transmet aquesta senyal són les neurones.

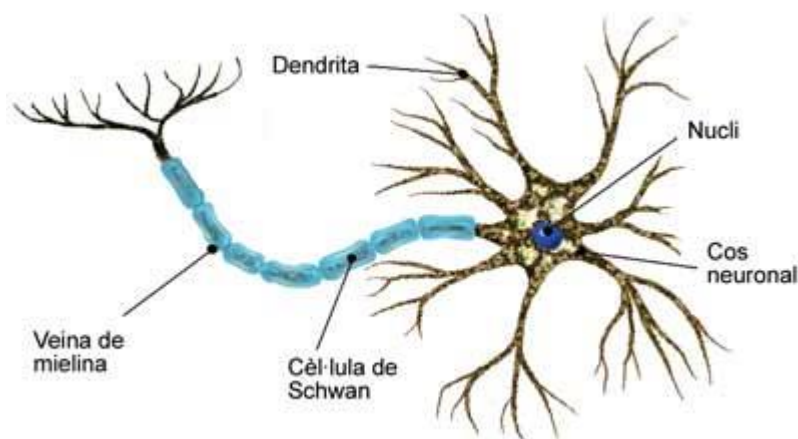
La **neurona** és la unitat anatòmica²⁴ i funcional del teixit²⁵ nerviós. És una cèl·lula especialitzada en la recepció, integració i transmissió de senyals. Aquests senyals poden ser de tipus elèctric o químic.

Les neurones tenen plasticitat: són capaces de modular o canviar la força de les connexions. En conseqüència, les propietats i funcions dels circuits neuronals també canvien.

La seva anatomia està dividida en tres parts: el cos neuronal, les dendrites i l'àxon.

El **cos neuronal** conté el nucli i els orgànuls cel·lulars²⁶.

Aquests orgànuls estan especialment desenvolupats.



²⁴ Relatiu a l'anatomia. L'anatomia és l'estudi de l'estructura i el funcionament dels organismes vius, i aquella mateixa estructura.

²⁵ Conjunt de cèl·lules d'un organisme que tenen la mateixa funció i presenten la mateixa diferenciació morfològica.

²⁶ Estructures que es troben al citoplasma (medi intern) cel·lular, que tenen forma i funcions especialitzades.

Les **dendrites** són prolongacions petites, nombroses i molt ramificades del soma. S'encarreguen de rebre senyals d'altres neurones o de receptors sensorials perifèrics. Tenen espines dendrítiques, unes formacions responsables de la comunicació. Són estructures molt dinàmiques: es creen, desenvolupen o reabsorbeixen en funció del nivell d'activitat de la neurona. A major activitat neuronal, augmenta la connectivitat i capacitat d'integració de la informació.

L'**àxon** és una prolongació, normalment única, que es ramifica en el seu extrem terminal. Hi trobem vesícules²⁷ carregades de neurotransmissors, els quals definiré més endavant. Pot o no estar envoltat d'unes cèl·lules especials, que s'anomenen cèl·lules de Schwann. El citoplasma d'aquestes cèl·lules té una substància anomenada mielina, que impedeix el pas de l'impuls nerviós i provoca que aquest només es propagui per les zones entre les cèl·lules de Schwann. Aquesta transmissió s'anomena conducció saltatòria.

Per tant, la velocitat de l'impuls nerviós dependrà de si el transmeten neurones mielíniques o amielíniques. L'impuls es transmetrà més ràpidament per les mielíniques gràcies a la conducció saltatòria.

Segons la forma i la funció trobem dos tipus principals de neurones: les sensibles o aferents, i les motores o eferents.

Sensibles o aferents: tenen el cos neuronal al mig de l'àxon. Transmeten impulsos nerviosos des de la perifèria cap al sistema nerviós central. Les neurones aferents somàtiques s'encarreguen de conduir estímuls com el dolor, la temperatura, el tacte i la pressió. Les neurones aferents viscerals condueixen estímuls provinents de les vísceres, les glàndules i els vasos sanguinis.

Motors o eferents: tenen el cos neuronal situat en un extrem pel qual entra l'impuls nerviós a la neurona. Condueixen impulsos des del sistema nerviós central cap a les cèl·lules efectores. Les neurones eferents somàtiques s'encarreguen d'enviar estímuls cap al múscul esquelètic. Les neurones eferents viscerals transmeten impulsos involuntaris al múscul llis i a les glàndules.

²⁷ Estructures en forma de cavitat o de sac.

Circuits neuronals: el cervell està compost per neurones individuals però cap treballa pel seu compte: estan constantment en interacció amb altres neurones. El que faci una cèl·lula dependrà del que facin també les cèl·lules a les que està connectada. Aquesta connexió forma circuits. N'hi ha molts d'especialitzats: uns s'ocupen dels sentits, altres de la memòria...

Una gran part dels circuits cerebrals es troba preprogramada en els nostres gens, de manera semblant a com les nostres cèl·lules estaven preprogramades a ser cèl·lules nervioses. Les nostres experiències també influeixen en el seu desenvolupament. Les connexions que funcionen bé es fan més fortes davant d'altres que són més dèbils (poden acabar morint en un suïcidi programat).

Connexió neuronal: les neurones es connecten mitjançant la **sinapsi**. Aquesta s'aconsegueix mitjançant missatges químics o elèctrics.

La membrana de les neurones és impermeable als ions. Mentre la cèl·lula està viva, manté una diferència en la concentració dels ions Na^+ , K^+ i Ca^{2+} entre l'interior i l'exterior. Això origina una diferència de càrrega neta elèctrica d'uns -70 mV. L'interior és més electronegatiu²⁸ que l'exterior.

En aplicar un estímul a la neurona es produeix una entrada massiva de cations de sodi i calci, i una sortida de potassi. Això es deu a la variació de la permeabilitat elèctrica de la membrana. Aquest intercanvi dura unes mil·lèsimes de segon. La polaritat de la membrana està invertida i el potencial passa a ser de 50 mV. La diferència entre els dos estats és de 120 mV i això genera el potencial d'acció que es transmet al llarg de l'àxon. A les fibres de mielina els potencials d'acció salten d'un nòdul a un altre ja que la mielina és aïllant elèctric.

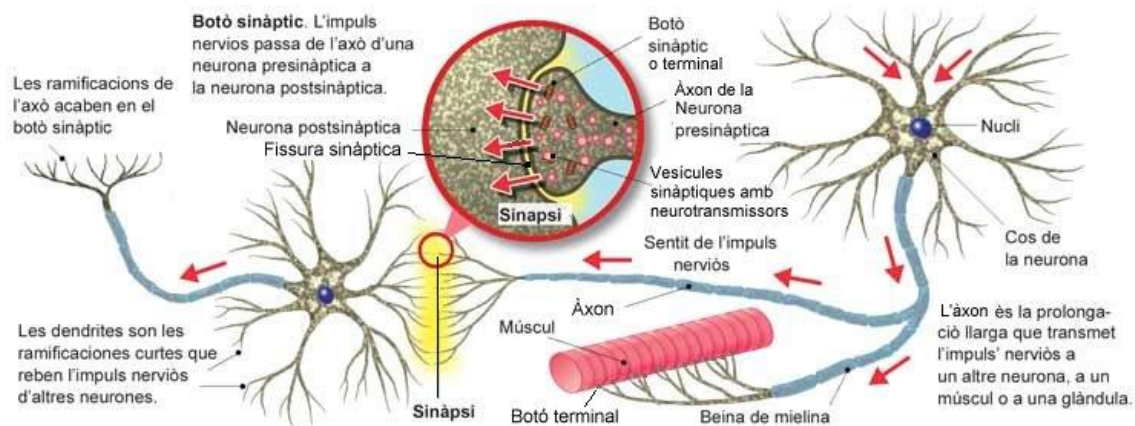
Quan aquest potencial arriba al terminal de l'àxon, les vesícules carregades de neurotransmissors es fusionen a la membrana cel·lular i alliberen el seu contingut a l'espai extracel·lular que separa les dues neurones consecutives.

²⁸ Dit de l'àtom, de la molècula o de l'element que, per excés d'electrons, té càrrega negativa.

Els **neurotransmissors** serveixen per transmetre aquesta informació. Són molècules petites que activen a receptors específics de la membrana de la neurona postsinàptica.

Deriven de més d'una família de compostos químics. La informació que porten no ve determinada per la composició d'aquests, sinó que es troba en la pauta d'alliberació: ja sigui aïlladament o en combinació amb altres neurotransmissors.

Les estructures presinàptiques formen part de les terminacions dels àxons, mentre que les postsinàptiques es troben a les dendrites. La informació només viatja en un sentit: de la neurona presinàptica a la postsinàptica.



Hi ha tres parts de la neurona implicades en la transmissió sinàptica: la terminació presinàptica, l'esquerda sinàptica i la densitat postsinàptica.

La **terminació presinàptica** es caracteritza perquè a la zona activa, que és la zona que es troba en contacte amb l'esquerda sinàptica, s'hi acumulen vesícules que contenen neurotransmissors. Es fa excitació²⁹ d'aquestes vesícules i s'alliberen els neurotransmissors a l'esquerda sinàptica. Aquest procés s'inicia amb l'arribada del potencial d'acció, propagat per l'àxon al terminal presinàptic. La despolarització produïda pel potencial d'acció obre canals de calci que es troben a la membrana del terminal, i permeten l'entrada de calci. L'augment del calci a l'interior de la cèl·lula desencadena la fusió de part de les vesícules amb la membrana alliberant el neurotransmissor. Les vesícules madures es fusionen molt

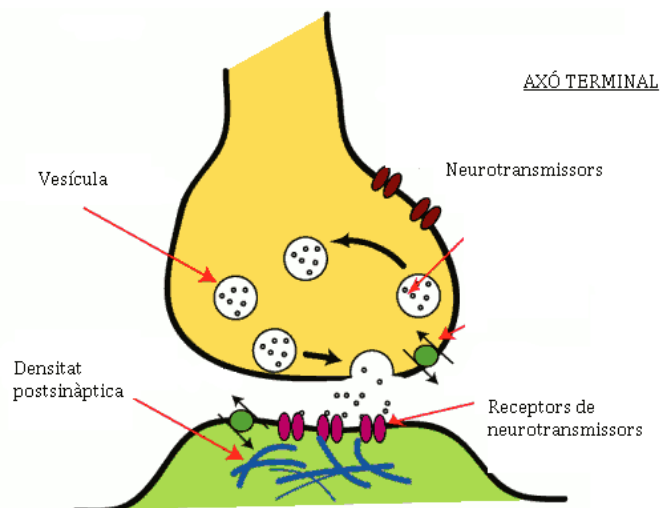
²⁹ Procés pel qual els productes de secreció es desprenen de la cèl·lula.

ràpid quan en el citosol augmenta de cop la concentració del catió de calci. Aquest ió es troba 10000 vegades més concentrat a l'exterior i pot entrar a través de proteïnes canal que s'obren en arribar el potencial d'acció: són canals iònics. Aquesta obertura es deu a forces electrostàtiques d'atracció i repulsió que alteren les interaccions entre els aminoàcids carregats d'aquestes proteïnes.

En els terminals nerviosos hi trobem molts mitocondris. S'encarreguen de subministrar els recursos energètics, en forma d'ATP, necessaris pel seu funcionament.

L'**esquerda sinàptica** comprèn l'espai extracel·lular que separa les dues membranes. Una vegada s'han alliberat els neurotransmissors, es difonen en l'esquerda fins a arribar a la membrana postsinàptica. En aquesta s'uneixen específicament als receptors. Aquesta unió generarà una resposta en la neurona postsinàptica.

La informació es transmet mitjançant un codi temporal: la informació resideix en la freqüència d'emissió dels potencials d'acció. Perquè la informació sigui transmesa de forma eficient, la transmissió ha de ser més ràpida que l'interval entre dos potencials d'acció. A l'esquerda sinàptica hi actuen dos tipus de mecanismes que restringeixen la duració de l'estimulació postsinàptica i regulen l'eficàcia de la transmissió: l'eliminació del neurotransmissor mitjançant la degradació enzimàtica, i el seu reciclatge per transportadors específics d'alta afinitat, que tornen a introduir les molècules del neurotransmissor en el terminal presinàptic. Gràcies a això, els receptors estan actius durant poc temps i la neurona postsinàptica pot rebre la informació a molt alta freqüència.



La **densitat postsinàptica** és una estructura molt especialitzada. S'encarrega de rebre i processar la informació rebuda de la neurona presinàptica. A la membrana postsinàptica es troben inserits els receptors, que són proteïnes.

En general cada **receptor** només reconeix un sol neurotransmissor, tot i que n'hi ha que activen més d'un receptor. En tenim de dos tipus:

Inotròpics: estan constituïts per subunitats que formen un canal iònic. Aquest canal està tancat quan el neurotransmissor no està unit al receptor. Són selectius pels ions que hi passen. La mida dels porus i la presència d'aminoàcids carregats elèctricament a les parets del porus impedeixen que certs ions puguin travessar-lo (per ser massa grans o per repulsions elèctriques).

La unió del neurotransmissor a receptors que són permeables a cations de calci o sodi produeix una despolarització que acostava el potencial de membrana al llindar d'emissió: el potencial al qual s'inicia un nou potencial d'acció. Aquest fenomen es coneix com sinapsi excitadora, i fa que augmenti la probabilitat que la neurona postsinàptica generi un potencial d'acció. L'activació simultània de diverses sinapsis excitadores pot portar el potencial de membrana fins al llindar i generar un nou potencial d'acció, que serà propagat per tota la neurona.

Els receptors més coneguts són els AMPA i els NMDA. Els dos són activats pel glutamat, un neurotransmissor excitador. Els AMPA són permeables als cations de sodi i calci, mentre que els NMDA només condueixen calci.

Si els receptors són selectius als anions³⁰ de clor, la seva activació produeix un corrent que allunya el potencial del llindar d'emissió. Aquest fenomen es coneix com sinapsi inhibidora, ja que disminueix la probabilitat d'iniciar un potencial d'acció.

Metabotròpics: la seva activació no produeix l'obertura d'un canal iònic, sinó l'activació d'una activitat enzimàtica. El resultat d'aquesta és la modulació de canals iònics o de receptors sinàptics. Aquestes respostes apareixen més

³⁰ Ió de càrrega negativa. Un ió és un àtom amb càrrega elèctrica.

lentament, tot i que la seva duració pot ser perllongada (minuts o hores), comparada amb l'anterior, que dura unes mil·lèsimes de segon.

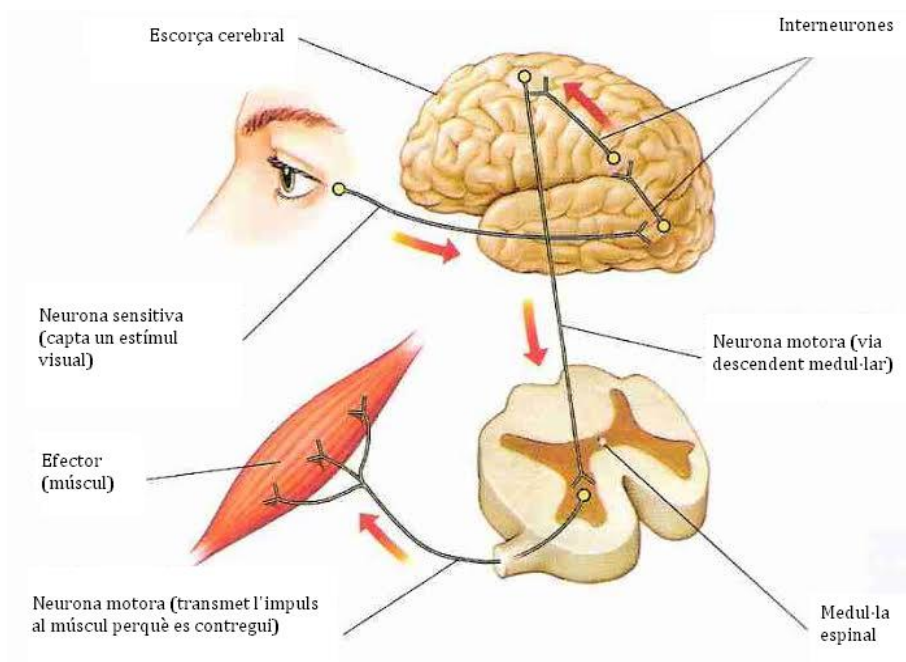
Tenen un paper important en processos de neurotransmissió no sinàptica. Alguns són alliberats a l'espai extracel·lular però no a l'esquerda. Modulen l'activitat dels circuits neuronals complets, en comptes de neurones concretes. Aquest tipus de comunicació és rellevant en circuits que controlen processos complexes com l'atenció, la recompensa o el cicle vigília-son.

2.2.2.3. Resposta

Quan la cèl·lula receptora del neurotransmissor sigui una cèl·lula que no és neuronal, l'efecte dependrà de la seva naturalesa: pot contreure's o relaxar-se si es tracta d'un múscul, secretar una hormona...

Les respostes emocionals utilitzen aquest mètode per manifestar-se.

Els **òrgans efectors** són els encarregats d'emetre les respostes. Poden ser de dos tipus: l'aparell locomotor, constituït pel sistema esquelètic i muscular i encarregat de realitzar moviments; i les glàndules exocrines³¹.



³¹ Aboquen els seus productes a l'exterior del cos.

2.2.3 Sistema endocrí

És un conjunt de teixits i òrgans del nostre organisme encarregats de l'alliberament d'unes substàncies anomenades hormones. L'alliberament d'aquestes substàncies és resposta a algun estímul.

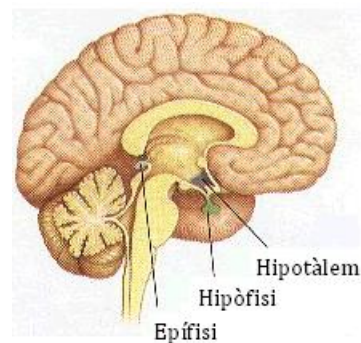
Les **hormones** són missatgers químics que produeix una cèl·lula amb la intenció de modificar el metabolisme d'una altra. Són produïdes en quantitats reduïdes. S'alliberen en espais extracel·lulars³². La sang és el seu mitjà de transport. Com a curiositat, trobem que l'efecte que produeixen és directament proporcional a la concentració de l'hormona en qüestió.

Efectes que poden provocar: estimulant (provocar activitat), inhibitori (reduir l'activitat), antagonista (quan dues hormones tenen efectes contraris), sinergista (quan dues hormones agrupades augmenten el seu efecte gràcies a aquesta unió), tròpica (alteració metabòlica d'un altre teixit endocrí) i missatger (fan de missatgers químics).

Moltes de les hormones que són producte del sistema endocrí participen activament en les emocions.

Com hem dit abans aquest sistema està compost per una sèrie de glàndules, tal i com diu el nom, endocrines³³. Les més rellevants són:

- **Epífisi o glàndula pineal:** glàndula situada al centre de l'encèfal. És l'encarregada de segregar la serotonina i la melatonina. S'encarrega del benestar durant el dia i també la nit. S'activa i també activa la producció de melatonina quan no hi ha llum en el medi on es troba l'organisme.



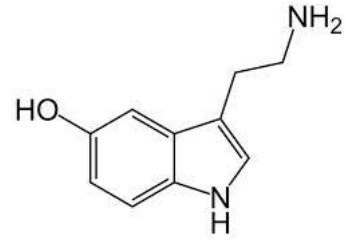
Melatonina: antioxidant³⁴ produït a partir de la serotonina.

³² A l'exterior de la cèl·lula.

³³ Aboquen els seus productes a la sang.

³⁴ Compost que retarda o inhibeix la oxidació d'una substància autooxidable.

Serotonina: neurotransmissor que intervé en la regulació de l'estat d'ànim, el son, el desig sexual, la gana, la temperatura corporal i la memòria. Controla el flux d'informació cerebral, és influent en l'aparició de la simpatia, se n'augmenta la producció amb l'activitat corporal. És el primer neurotransmissor que falla en patrons d'estrès.



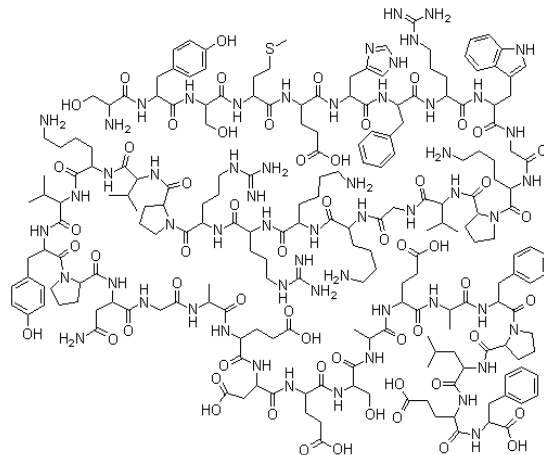
- **Hipòfisi**: està situada a la base del crani, just a sota de l'hipotàlem. Està formada per dos lòbuls, l'anterior i el posterior.

El lòbul anterior segrega hormones com:

Creixement

Estimulant de la tiroide o TSH

Estimulant de l'escorça suprarenal o ACTH: regula les glàndules suprarenals i les hormones conseqüents. Participa activament en l'estrès.



Hi ha un parell d'hormones que són segregades per l'hipotàlem però les emmagatzema el lòbul posterior i són:

Oxitocina: també és coneguda com a hormona de l'amor. Regula les conductes maternals i de companyia (vincles permanents), està associada a la memòria social i al control de la vida sexual, fomenta l'afecte i no l'agressivitat. És segregada només amb el simple contacte amb algú afectivament important i en la unió sexual. Genera un gran sentiment afectuós.

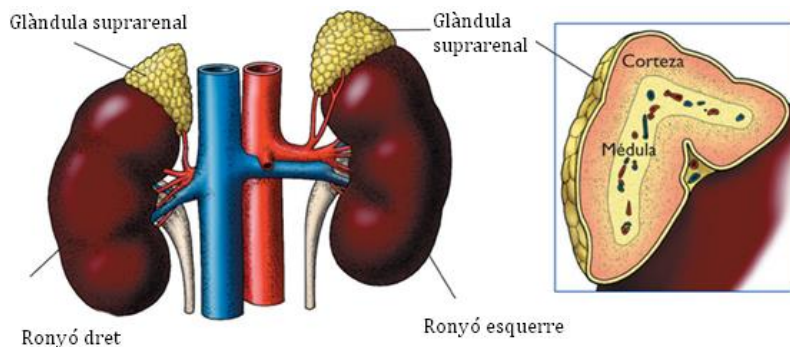
Antidiurètica, o vasopressina

- **Tiroide:** es troba a la part frontal del coll, just a sota de la nou del coll. Està formada per dos lòbuls que es troben un a cada lateral de la tràquea. Produeix tres hormones: la tiroxina, la triiodotironina i la calcitonina.

- **Tim:** es troba sota l'estèrnum. És on es formen els limfòcits i els anticossos necessaris per a la immunitat de la cèl·lula i la formació del sistema immunològic. Produeix timosines.

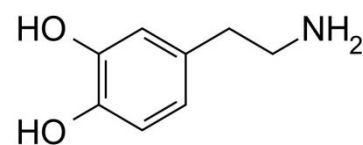
- **Pàncrees:** està situat darrere de l'estómac i segrega tres hormones: la insulina, el glucagó i la somatostatina.

- **Suprarenals:** estan situades a sobre dels ronyons, per tant, en tenim dues. Regulen la resposta a l'estrès amb corticosteroides com el cortisol i catecolamines com l'adrenalina, la noradrenalina i la dopamina. Estan formades per dues parts:



Medul·la suprarenal: és un gangli del sistema nerviós simpàtic. S'encarrega de convertir la tiroxina en catecolamines.

Dopamina: neurotransmissor que es troba majoritàriament en el nostre cervell. Una de les regions del cervell que en segrega més és l'àrea tegmental ventral, que es troba en la part superior del tronc encefàlic.

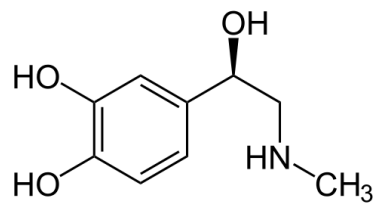


- És responsable dels nostres desitjos
- Promou la sensació d'eufòria
- Ajuda a concentrar l'atenció
- Accentua la curiositat, la capacitat d'aprenentatge, la fantasia i el desig sexual
- És motivadora, produeix optimisme i confiança en un mateix
- Reté experiències
- Activa el control muscular perquè el cos obeeixi la voluntat
- Dóna plaer a la descoberta, és a dir, centra l'atenció en estímuls nous

Contraindicacions: el nivell d'aquesta hormona pot ser augmentat amb amfetamines, alcohol o tabac i això provoca que el desig es converteixi en obsessió; en canvi, un dèficit ens provocaria desmotivació. En el moment en que l'estrès interfereix en l'acció usual de la dopamina: les activitats que abans ens podien resultar agradables no resulten plaents.

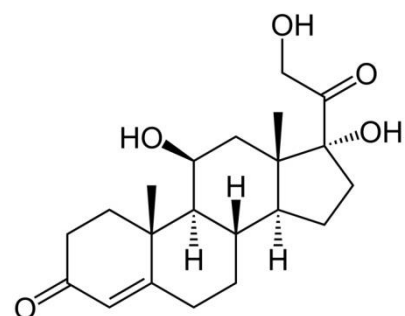
Noradrenalina: és el neurotransmissor més important del sistema nerviós simpàtic. S'encarrega d'establir els nivells d'energia: per exemple, el seu dèficit provoca sensació cansament en l'organisme. També fa més intensa la percepció dels sentits.

Adrenalina: és segregada en resposta a la disminució de glucosa en la sang, a l'exercici físic o l'estrès. Produeix efectes com l'augment metabòlic, augment de la freqüència cardíaca (augment del ritme i també de la força dels batecs), vasoconstricció i vasodilatació de les artèries dels teixits musculars i dilatació dels bronquis.



Escorça suprarenal: engloba la glàndula suprarenal. És l'encarregada de produir mineralcorticoides (aldosterona) i glucocorticoides (cortisol).

Cortisol: permet a l'organisme adaptar-se a



l'estrès i regula el metabolisme i l'homeòstasi. Apareix quan el cos es troba en tensió i a llarg termini, deprimeix l'activitat del sistema immunològic (debilita les defenses). Triga temps en reabsorbir-se del torrent sanguini.

Com ho fa per preparar el cos davant de la *lluita-fugida*? És a dir, un estat en que perilla la supervivència de l'organisme en qüestió en el qual s'ha de debatre la opció d'encarar-se al perill, o bé abandonar-lo.

- Trencant proteïnes per obtenir aminoàcids³⁵
- Trencant greixos per obtenir lípids
- Estimula que es produeixi més glucosa³⁶, mitjançant aminoàcids o lípids
- Inhibeix l'alliberament de glucosa per mantenir-ne el nivell

El podem trobar en excés quan l'individu es troba en una situació molt carregada emocionalment. Normalment els nivells de cortisol disminueixen durant la nit.

- **Testicles:** gònades masculines que produeixen els gàmetes masculins (espermatozoides) i una hormona anomenada testosterona.

- **Ovaris:** gònades femenines que produeixen els gàmetes femenins (òvuls) i hormones sexuals. Estan situats als dos laterals de l'úter. Són homòlegs referint-nos a funció respecte els testicles. Les hormones que produeixen són estrògens i progesterona.

Aquestes hormones actuen sobre els òrgans efectors, definits en l'apartat anterior.

³⁵ Monòmers de les proteïnes.

³⁶ Disacàrid, és a dir, glúcid format per dos monosacàrids.

2.2.4 Connexió entre sistema nerviós i sistema endocrí

Tant el sistema nerviós com l'endocrí s'encarreguen de coordinar tots els òrgans del nostre cos. El tret característic que els diferencia és que les respostes del sistema nerviós són ràpides i poc duradores, mentre que les del sistema hormonal són lentes i continuades. Aquestes últimes són lentes ja que l'hormona ha de ser segregada i transportada fins l'òrgan diana, és a dir, l'òrgan on ha de fer efecte.

Connexió entre els dos sistemes

L'hipotàlem és una regió de l'encèfal que fabrica hormones que regulen la hipòfisi, i aquesta fabrica hormones que regulen el funcionament de les glàndules. Tenim glàndules endocrines i exocrines.

Hi ha regulació amb *feedback*: les hormones fan una retroinhibició. Les neurones de l'hipotàlem reben informació d'altres zones del cervell i detecten l'índex d'hormones a la sang. Si aquest és elevat, l'hipotàlem deix de produir l'hormona que activa la hipòfisi. Aquesta deix de produir l'hormona que activa la glàndula en qüestió i es frena la producció de l'hormona. Quan la quantitat de l'hormona disminueixi, el procés s'invertirà.

2.3. Fisiologia de les emocions

2.3.1. Fisiologia de la por

La por és l'emoció de la qual se'n coneixen millor els seus processos al cervell. Això es deu a la semblança de conductes relacionades amb la por a través de diverses espècies.

Le Doux va observar que, en lesionar l'amígdala en rates, aquestes es comportaven més dòcilment. En canvi, en estimular-la col·locant-hi elèctrodes³⁷, s'observava que el seu comportament es tornava agressiu.

L'amígdala té diverses parts: el nucli temporal, que és la seva porta d'entrada; i el nucli central, que és la seva porta de sortida.

Rep informació d'altres parts del cervell, com l'escorça cerebral, el tàlem i l'hipocamp. Un cop ha analitzat aquesta informació, l'envia a altres regions cerebrals com l'hipotàlem i el tronc encefàlic, i la torna a l'escorça cerebral.

Gestió de reaccions ultrarràpides davant de perill (via inconscient tàlem-amígdala)

Imaginem la situació següent: són les set de la tarda i estàs caminant escrivint distretament un *sms* a un amic. De sobte, te n'adones que estàs saltant cap enrere al mig del carrer mentre sents una intensa botzina i una frenada, i veus el mòbil volant enlaira. Sents por. T'has quedat assegut davant la vorera i sents una gran alegria a l'intuir ràpidament que no t'has fet gaire mal i que el cotxe que venia pel carrer s'ha quedat a uns centímetres d'atropellar-te. Quina sort que has tingut. Però l'alegria dura un instant, ja que te n'adones que has caigut sobre els excrements d'un gos, i t'aixeques amb fàstic. El fàstic també dura poc, ja que no pots evitar la ira contra tu mateix per ser tan descuidat mentre caminaves pel carrer, amb el perill que això comporta. De sobte, la ira et passa en veure, amb sorpresa, que el mòbil l'han destrossat les rodes del cotxe. T'envaeix una sensació

³⁷ Conductor elèctric a través del qual pot entrar un corrent elèctric en un medi o sortir-ne.

de tristesa perquè l'acabes d'estrenar, després d'haver estalviat molts mesos per comprar-lo.

Aquest salt enrere és degut gràcies a l'amígdala. Abans que la matèria grisa hagi identificat el soroll de la botzina, o interpretat que l'ombra que venia per l'esquerra era un cotxe, l'amígdala ja havia enviat l'ordre als músculs de saltar cap enrere. En certa manera es pot afirmar que és responsable que no ens passi res davant d'un perill. Per això, reacciona davant de qualsevol situació sospitosa abans que la part més sofisticada del cervell sàpiga què passa.

Processament de la por

L'amígdala rep informació mitjançant dues vies: la conscient, que passa per l'escorça; i la inconscient, que prové directament del tàlem. L'hipocamp aporta informació sobre el context i les experiències passades. Un cop l'amígdala analitza tota aquesta informació, es posen en marxa tots els mecanismes per afrontar-la.

L'amígdala rep informació visual directament del tàlem. Aquesta informació està encara sense elaborar (el tàlem i l'amígdala no tenen capacitat per interpretar si el que veiem és un cotxe o una caixa de bombons), però l'amígdala pot sospitar si es tracta de quelcom perillós i reacciona. Envia una senyal d'alarma als músculs perquè reaccionin. Només 100 mil·lèsimes de segon després de detectar quelcom sospitos. Això provoca que, moltes vegades, l'amígdala reaccionin sense motiu aparent.

Interpretació emocional de l'experiència que es viu (via conscient a través de l'escorça i l'hipocamp)

La informació provinent de l'escorça cerebral ja està elaborada. L'escorça analitza un estímul permetent-ne la consciència, saber què és i on es troba. Després aquesta informació s'envia a l'amígdala, on amb l'ajuda de la memòria, es jutja si és un estímul perillós o no. L'hipocamp actua com un connector amb les

experiències viscudes i altres informacions que modularien el grau de perillositat de l'estímul.

Per exemple, en el cas anterior: l'escorça informa que el que s'acosta per l'esquerra és un cotxe, l'amígdala catalogarà aquesta informació com a perillosa, l'hipocamp permetrà consolidar el record d'escriure un *sms*, pel carrer, distret, com a quelcom perillós. En el futur, quan vulguem escriure un *sms* pel carrer no ho creurem tan oportú.

2.3.2. Fisiologia del fàstic

Podem dividir l'ínsula en dues parts en funció de les regions amb les que està connectada. La part anterior està connectada amb l'amígdala, i la posterior amb l'escorça somatosensorial.

La part anterior és la més important en els processos emocionals. Processa informació relacionada amb estímuls olfactivs, gustatius o viscerals. No és estrany que estigui vinculada a emocions com el fàstic.

També s'ha relacionat amb la percepció del dolor, ja que l'escorça somatosensorial rep informació directa sobre les sensacions corporals i elabora la sensació de dolor.

Fins i tot estaria implicada en certs tipus de tristesa amb component visceral: l'angoixa.

2.3.3. Fisiologia de l'ira

L'escorça orbitofrontal és una regió del lòbul frontal, el més anterior del cervell, situada just sobre dels ulls. Sabem que els factors genètics i ambientals influeixen en la personalitat de l'individu, però se sap també per l'experiència de persones que han patit danys en aquesta zona que la nostra personalitat depèn de quelcom tan tangible com el cervell.

Existeix fins i tot la síndrome orbitofrontal: els pacients amb aquesta síndrome es converteixen en persones despreocupades i desinhibides. Tot i conèixer les normes socials, no les respecten. Recentment s'han observat que si les lesions es produeixen aviat en termes de desenvolupament, els afectats no poden adquirir les normes socials, no saben discernir el bé del mal.

Estudis amb neuroimatge³⁸ han comprovat que aquesta regió s'activa quan la persona realitza un judici moral sobre què és correcte i què no ho és. A l'estudiar individus amb conducta psicopàtica, s'ha observat que no activen, o ho fan en menor mesura, aquesta regió en reflexionar sobre què és moralment correcte.

Sembla estar relacionada amb l'adquisició i la posada en pràctica de les normes socials. Quan no funciona correctament perdem la guia de la cognició social i l'individu és un ésser incapaç d'actuar pensant en els altres.

En relació a la conducta agressiva, a nivell neuroquímic, destaca el paper d'una substància que actua com a neurotransmissor cerebral, anomenada serotonina. Com menys serotonina, més conducta agressiva. Sembla que el descens d'aquesta substància augmenti la impulsivitat i, en conseqüència, l'agressivitat de l'individu.

2.3.4. Fisiologia de la tristesa

L'escorça cingulada es troba en la part inferior dels hemisferis. Voreja el cos callós. L'escorça cingulada es pot dividir en dues parts principals: la part anterior o escorça cingulada anterior i la part posterior o escorça cingulada posterior.

La part anterior és l'especialitzada en el processament emocional, i també avisa quan hi ha un problema i engega els mecanismes necessaris per solucionar-lo. Està connectada amb estructures com l'amígdala, el nucli *accumbens*, l'hipotàlem, l'hipocamp i l'escorça orbitofrontal.

³⁸ Conjunt de tècniques radiològiques i de medicina nuclear que permeten obtenir, en forma d'imatges, informació *in vivo* de l'estructura i el funcionament del sistema nerviós central.

La part posterior comunica directament amb àrees prefrontals, parietals i motores. Té un paper més cognitiu relacionat amb mecanismes d'atenció.

Les persones que tenen lesions en aquesta zona tenen problemes per mantenir l'atenció i perden les ganes de portar una vida activa. En casos greus, poden deixar de parlar, moure's o menjar, i poden arribar a morir.

En tècniques de neuroimatge, s'ha vist que aquesta regió està vinculada amb sentiments com la vergonya, la culpa, el remordiment o la llàstima.

La relació amb la tristesa ve d'estudis realitzats amb pacients depressius. En aquests pacients l'escorça cingulada anterior funciona poc i malament, i en persones amb eufòria exagerada, funciona en excés. La majoria de pacients depressius, a més de tristesa estan poc motivats, perden les ganes de parlar, de menjar, de sortir... També experimenten culpa i llàstima cap a ells mateixos i cap al món en general.

2.3.5. Fisiologia de l'estrès

El concepte d'estrès s'origina en les investigacions de Hans Selye, l'any 1936. Davant d'una situació que és capaç d'amenaçar l'equilibri de l'organisme, aquest emet una resposta per adaptar-s'hi. Selye va definir aquest fenomen com el conjunt de reaccions fisiològiques desencadenades per qualsevol exigència exercida sobre l'organisme, per la incidència de qualsevol agent nociu anomenat estressant.

Hi ha dos tipus d'agents estressants: els absoluts i els relatius. Els absoluts suposen una amenaça per a la teva supervivència. Actualment aquests no són tan comuns com en èpoques anteriors com la prehistòria, quan la vida es veia constantment amenaçada per altres espècies animals, per exemple. En l'actualitat parlem de factors estressants relatius, que serien els que percebem en situacions que reuneixen quatre característiques fonamentals: la imprevisibilitat, la novetat, la sensació de descontrol i l'amenaça per la nostra personalitat.

El nostre organisme quasi sempre es troba sotmès a un estat estressant, tot i que és mínim. Davant de certes situacions podria ser que aquest estat augmentés per produir un efecte en el cos, ja sigui beneficiós o perjudicial.

Aquest estat d'estrès mínim serveix per estimular l'organisme i que aquest assolixi un objectiu, per exemple. Un cop complerta aquesta fita, el nostre cos torna a l'estat normal. Quan la pressió perdura, entrem en un estat de resistència i el nostre cos percep una sensació més desagradable. Si això no canvia, s'arriba a un estat d'esgotament que ens pot alterar, tant funcionalment com orgànica.

Resposta fisiològica

El cervell és qui identifica els agents estressants presents en el nostre entorn. Aquests alteren l'equilibri del nostre organisme, i cal valorar si s'ha d'activar o no un estat d'alerta.

En cas d'activar-lo, s'activa l'eix hipofisosuprarenal (HSP), format per l'hipotàlem, la hipòfisi i les glàndules suprarenals; i també el sistema nerviós vegetatiu. Alliberen hormones que exciten, inhibeixen o regulen l'activitat dels òrgans.

Les neurones envien un missatge a l'hipotàlem perquè contacti amb la hipòfisi. Ho fa segregant l'hormona CRF (factor alliberador de corticotropina). Aquesta actua sobre la hipòfisi, i fa que segregui la hormona adrenocorticotròpica (o corticotropina), també anomenada ACTH. Aquesta hormona viatja per l'interior del sistema nerviós simpàtic, alertant a l'organisme del perill que corre. Posteriorment incideix en l'escorça de les glàndules suprarenals, activant-les. Com a conseqüència, aquestes produeixen corticoides. Poden ser de dos tipus: glucocorticoides (com el cortisol) o andrògens³⁹.

Amb l'activació del sistema nerviós simpàtic, que forma part del sistema nerviós vegetatiu, se segreguen catecolamines, com l'adrenalina, de la qual se n'augmenta la secreció en situacions d'estrès psíquic o d'ansietat; i la

³⁹ Hormones que estimulen el desenvolupament de les característiques secundàries masculines i l'augment de la força i la massa muscular.

noradrenalina, de la que se n'augmenta la secreció en situacions d'estrès físic, d'alt risc o d'agressivitat. Aquestes dues hormones posen el cos en estat d'alerta (preparat per *lluitar o fugir*, l'anteriorment anomenada *reacció de lluita o fugida*).

L'adrenalina actua molt ràpidament, augmenta la freqüència cardíaca i respiratòria. Amb l'ajuda de la noradrenalina, els sentits s'aguditzen, les pupil·les es dilaten, els músculs es contrauen. El cos està preparat per lluitar o fugir del perill que l'amenaça.

L'efecte del cortisol és més perllongat i divers: augmenta el nivell de glucosa a la sang i promou l'alliberació de dopamina. Amb aquesta alliberació trobem resposta a la sensació de plaer que sentim respecte diversos reptes. També ens permet obviar, en certa manera, el dolor que ens estigui provocant una ferida en el moment de la fugida.

Som capaços de fabricar hormones que contraresten els efectes del cortisol, com per exemple l'oxitocina. Aquesta relaxa el nostre cos, augmenta la confiança i facilita la relació amb altres persones. També influeix en el somriure.

Fases de l'estrès

Fase d'alarma

En aquesta s'activa l'eix hipofisopararenal i es produeixen diversos símptomes:

- Mobilització de les defenses de l'organisme
- Augment de la freqüència cardíaca i respiratòria
- Dilatació bronquial
- Constricció dels vasos sanguinis cutanis⁴⁰, per minimitzar la pèrdua de sang en cas d'ésser ferit
- Moviment dels àcids grassos → increment de lípids a la sang

⁴⁰ Relatiu o pertanyent a la pell.

- Dilatació dels vasos sanguinis musculars
- Augment de la temperatura corporal
- Augment de la producció de tiroxina
- Inhibició de la secreció de prolactina⁴¹
- Disminució en els nivells d'estrògens i testosterona
- Alliberació de molta quantitat d'eritròcits (glòbuls vermells)
- Redistribució sanguínia (deixa els llocs més irrellevants com la pell, produint així pal·lidesa, i les zones intestinals per anar a músculs, cervell i cor, també anomenades zones d'acció)
- Secreció de suor
- Dilatació de les pupil·les
- Incrementa la coagulació sanguínia
- Augmenta el nombre de limfòcits⁴²
- Augmenta la capacitat d'atenció i concentració
- Anul·lació de l'activitat d'òrgans com l'estómac o els ronyons

Fase de resistència o adaptació

L'organisme intenta afrontar la presència de factors que percep com una amenaça o de l'agent nociu i reacciona de la següent manera:

- Els nivells de corticosteroides es normalitzen.
- Desapareixen símptomes.

⁴¹ Proteïna que estimula la secreció làctia de les glàndules mamàries i augmenta el teixit glandular i la producció de llet.

⁴² Responsables de les respostes immunitàries.

Fase d'esgotament

Aquesta succeeix quan l'agressió es repeteix diverses vegades o és de llarga durada, i quan els recursos del cos per aconseguir un nivell d'adaptació no són suficients. Comporta una alteració dels teixits i apareix una patologia psicossomàtica.

Respostes de l'organisme

Aquesta depèn de si l'organisme es troba en una fase inicial, que anomenarem tensió, o ja endinsat a l'estrès. A la tensió s'activa el cos en general i les alteracions són fàcilment remissibles (en eliminar o reduir la causa de l'estrès). A l'estrès els símptomes s'allarguen fent-se permanents i pot desencadenar malaltia.

Reacció hormonal

Quan el nostre organisme detecta una situació d'estrès, segrega molta quantitat de cortisol per afrontar-lo. Aquest cortisol afecta el funcionament d'altres hormones o neurotransmissors.

Quins són els que es veuen afectats?

Serotonina (durant el dia) i melatonina (durant la nit): el rellotge intern no funcionarà i per tant serà molt difícil que la persona dormi. Quan ho faci es despertarà sovint i podrà recordar què ha estat somiant. A l'hora de llevar-se no se sentirà descansat.

Noradrenalina i adrenalina: l'individu notarà que li falta l'energia i que no té ganes ni interès per fer res.

Dopamina: la persona notarà dolors corporals (com esquena, cap, coll, espatlles...) i/o un constant dolor lleu però general, el que abans el divertia ara resulta no fer-ho...

2.3.6. Fisiologia de l'amor

L'amor té una funció biològica, i aquesta és garantir la supervivència per la via de l'afecció o la vinculació, i la reproducció.

L'amor se sustenta sobre dos fonaments, els mateixos que els de les malalties psicològiques: els records inconscients i els mecanismes de defensa. Depèn de les nostres experiències passades.

La memòria juga un paper molt important: segons Ranulfo Romo, neuròleg de la UNAM del Districte Federal de Mèxic, sense memòria no hi hauria concepció de món, i tampoc de l'amor. Una part del cervell activa una sensació de benestar en estar davant d'un estímul extern: com per exemple, una persona atractiva. Què es necessita perquè aquesta sensació de benestar es converteixi en un sentiment amorós? Que el pensament negui l'existència de quelcom igual en experiències antigues, en el passat. Quan la ment no troba res comparable amb el que està essent percebut en aquell moment, és quan s'esdevé l'amor.

L'amor entre dues persones té la mateixa importància per a la salut i supervivència que altres impulsos, com serien el sexe o l'alimentació.

Des d'un punt de vista bioquímic, l'amor és un procés que s'inicia en l'escorça cerebral, passa al sistema endocrí i es converteix en respostes fisiològiques.

Còctel hormonal

En mantenir relacions sexuals, se segrega una hormona anomenada **oxitocina**. Aquesta està present en totes les fases possibles: enamorament, postpart i lactància. Els nivells d'oxitocina es disparen en persones enamorades, i la segreguen tant homes com dones. Es diu que facilita el transport d'espermatozoides en l'ejaculació, i també que sustenta la fidelitat i la creació de vincles afectius en la parella.

La **testosterona**, en el cas de l'amor, té diferent comportament segons el sexe. Quan un home s'enamora, els nivells d'aquesta hormona disminueixen. En el

cas de les dones, augmenten. Això succeeix perquè, en principi, enamorar-se és promoure una fusió amb la parella, esborrar barreres físiques o de gènere. Per assolir això, s'han de reduir els trets típicament masculins.

La **dopamina** és essencial en mecanismes de plaer i recompensa. Subministra sentiments de benestar i reforça la motivació per a realitzar certes activitats. S'allibera mitjançant experiències que recompensen per naturalesa com l'alimentació, el sexe, l'enamorament... La doctora Helen Fisher ha demostrat que la inconstància, la exaltació, l'eufòria, la falta de son i la gana estan associats a alts nivells d'aquesta hormona i de norepinefrina.

La **norepinefrina** és un estimulants natural del cervell. A aquestes dues hormones se les responsabilitza del fet que l'atenció del subjecte enamorat se centri tant en una persona concreta, ja que una de les seves funcions és la de focalitzar l'atenció. També participa en el record dels detalls petits, ja que és encarregada de recordar estímuls que són nous per a nosaltres.

La **serotonina** és una de les substàncies del desamor. Té un efecte sedant sobre el cervell. La manca d'aquesta va estretament relacionada amb l'agressivitat, la depressió i l'ansietat. Està comprovat que els nivells de serotonina són més baixos en persones que s'havien enamorat en els últims sis mesos que en les que no, fins a un 40%. Al llarg del temps aquests nivells es van anar estabilitzant.

El fet de que aquests nivells baixin provoca un pensament obsessiu de la persona estimada en el subjecte enamorat.

Després de l'ejaculació augmenta el nivell de serotonina, provocant plaer i tranquil·litat.

El **cortisol** es troba en nivells més elevats en persones enamorades. Això indica que l'inici d'una relació sentimental comporta estrès. Es necessita un nivell d'estrès, molt moderat, per a enamorar-se.

La majoria de les zones del cervell que tenen receptors de la vasopressina i l'oxitocina s'activen en l'enamorament, i també en l'amor maternal, per la producció de **feniletilamina**. Es creu que es pot desencadenar per un intercanvi de mirades, un lleu contacte o una encaixada de mans. El cervell d'una persona

enamorada la conté en grans quantitats, i aquesta substància podria ser responsable de les modificacions fisiològiques que patim en estar enamorats: vigília, excitació, envermelliment i insomni. Sembla ser també un precursor de la dopamina.

Curiositat: les persones amb desil·lusió amorosa tenen tendència compulsiva a menjar grans quantitats de xocolata. La xocolata és rica en feniletilamina i, per tant, es va deduir que era una mena d'automedicació. Durant l'enamorament, el centre de plaer del cervell en produeix molta. La dosi d'aquesta substància que ens dóna la xocolata substitueix la donada anteriorment per la persona a qui s'estimava.

Les **endorfines** són polipèptids⁴³ amb propietats neuromoduladores. Es produeixen a la hipòfisi i l'hipotàlem durant moments que comportin excitació, com l'orgasme. Una de les seves funcions és produir analgèsia i sensació de benestar. És una eliminadora natural del dolor.

Les **encefalines** són compostos molt semblants que l'organisme sintetitza per a reduir el dolor. Són capaces de deprimir les neurones de tot el sistema nerviós central, bloquejant les senyals electrofisiològiques del dolor. Els records són una font psicològica que promou la producció d'endorfines. Això explica perquè ens sentim bé quan pensem en la persona estimada.

Perquè la dona pugui arribar a l'orgasme, necessita una inhibició quasi completa del seu cervell emocional: desconnectar d'emocions com la por o l'ansietat.

L'amor no és resistent a l'oblit

Se sap que el pas del temps mata el dolor. Se sap, també, que l'absència física perllongada mata l'amor. La intensitat de l'impuls nerviós que es transmet no depèn del tipus d'alarma, generat per l'estímul extern, sinó per la seva freqüència.

⁴³ Proteïnes de 2 a 100 aminoàcids.

Dos sistemes olfactius

Els animals posseeixen dos sistemes olfactius:

El comú és el sensor del medi ambient. S'utilitza per trobar menjar, detectar predadors, o preses, o fins i tot per marcar territori. Té gran capacitat discriminatòria. És un sistema obert: no pot predir les substàncies amb les que estarà en contacte.

El segon té com a finalitat trobar una parella receptiva. S'anomena sistema vomeronasal. Pot detectar els senyals olfactius que emet una espècie i un sexe determinat. Aquests contenen informació sobre la localització, el sistema reproductiu i la disponibilitat de l'individu en qüestió. Aquest segon sistema sembla haver estat eliminat o inhibit del cos humà per una mutació.

Per què ens enamorem d'una persona i no d'una altra?

És possible que es degui a les feromones sexuals. Les feromones són substàncies químiques que emeten els organismes al detectar altres membres de la mateixa espècie. Tenen un ús molt ampli per a la recerca de parella.

Quan trobem la persona adequada, l'hipotàlem dona la ordre a les glàndules suprarenals d'augmentar la producció d'adrenalina i noradrenalina. Com a conseqüència, augmenta la freqüència cardíaca i la pressió arterial, incrementant l'alliberament de greixos i sucre per augmentar la capacitat muscular, augmenta també la producció d'eritròcits.

Què hi ha després de l'atracció?

Aquesta nova etapa no està regulada per la dopamina, ni per la serotonina. Se n'encarreguen les endorfines. Aquestes generen una sensació de benestar tan gran que fa molt de mal perdre aquesta dosi diària de narcòtics. Per això fa tant de mal perdre a la persona estimada. L'activitat d'aquestes endorfines dura entre dos i tres anys, a vegades fins i tot més, però al final l'atracció bioquímica decau.

Què succeeix després de l'enamorament?

Aquesta fase sembla durar aproximadament el temps considerat suficient per a que una parella es conegui, s'enamori, tingui relacions sexuals i descendència. No deixa de ser un mecanisme per assegurar la preservació dels gens. Aquest temps es delimita entre uns 18 i 30 mesos.

Amb aquest temps l'organisme es va fent resistent als efectes de la dopamina, feniletilamina i oxitocina.

3. Part pràctica

3.1. Les llàgrimes

Les llàgrimes són gotes de líquid segregades per la glàndula lacrimal i difoses entre l'ull i les parpelles. S'encarreguen, junt amb el moviment de les parpelles, de lubricar i netejar la superfície ocular.

També s'ha identificat una funció emocional en els humans (i es creu que en altres espècies animals com per exemple els elefants, els goril·les i els camells). Poden ser reaccions a diversos estímuls i emocions.

Les persones poden plorar tant per felicitat, com per tristesa, com per una motivació externa com tallar una ceba. També sense raó aparent, per desfogar-se i sentir-se alleujades.

Composició

Les llàgrimes estan formades per aigua (un 98,3%), electròlits⁴⁴, proteïnes, glicoproteïnes, lípids i altres productes. Tenen un alt contingut de glucosa (glúcid), proteïnes com l'albumina, la globulina i el lisozim. La quantitat de proteïnes pot disminuir en una inflamació o llagrimaig continu.

Potser ens pot semblar que aquesta definició com una mica freda, ja que nosaltres, els humans, plorem quan ens trobem sotmesos a una situació que ens entristeix, ens fa enfadar o ens fa riure molt; però també quan tallem ceba, per exemple. Heus aquí la diferenciació entre els diferents tipus de llàgrimes:

Basals: fan secreció contínua per mantenir la còrnia⁴⁵ lubricada. Se'n segreguen de 0'75 a 1'1 grams cada dia. També serveixen per protegir l'ull de la pols o els bacteris. Conté aigua, mucina, lípids, lisozim, lactoferrina, lipocalina, lacritina, immunoglobulines, glucosa, urea, sodi i potassi.

⁴⁴ Substància que, fosa o dissolta en un solvent ionitzant, es dissocia donant ions. És conductora de l'electricitat.

⁴⁵ Part anterior, clara i transparent, de la capa més externa de l'ull, que cobreix l'iris i la pupil·la.

Reflexes: quan s'irrita l'ull se segreguen aquestes. És el cas de quan tallem ceba, per exemple, o quan hi ha una il·luminació excessiva. Intenten netejar els irritants que puguin haver estat en contacte amb l'ull.

Emocionals: poden ser negatives o bé positives. Contenen més hormones que els altres dos tipus de llàgrimes, i les hormones són proteïnes. Entre elles trobem la prolactina, les hormones adrenocorticotròpiques i la leucina encefalina.

Per què plorem quan tallem ceba?

En tallar la ceba, fem que s'alliberin uns enzims anomenats al·liïnases. Aquestes substàncies reaccionen amb unes molècules de la ceba, i com a producte obtenim el syn-propanotial-S-òxid. És el que ens fa plorar: s'escampa per l'aire i, en entrar en contacte amb els ulls, ens els irrita. Trenta segons després del primer tall, l'efecte és màxim. Com a defensa a aquest atac, el nostre lacrimal fabrica llàgrimes per protegir-nos la vista.

Hi ha proteïnes a les llàgrimes?

En general totes les llàgrimes tenen contingut proteic, ja que hi trobem albúmina, globulina i lisozim.

Anem a parlar de cadascun dels tipus de proteïnes que constitueixen les nostres llàgrimes.

Lisozim -> és un enzim de 14'4 kilodalton que danya a les cèl·lules bacterianes. Per tant, té una funció antibacteriana.

Albúmina -> és la proteïna més abundant del plasma de la sang. És produïda exclusivament pel fetge. És una proteïna globular amb estructura esfèrica formada per 585 aminoàcids. Té un pes molecular de 67000 dalton.

Immunoglobulina -> són glicoproteïnes del tipus gamma globulines. Són utilitzades pel sistema immunitari per identificar i neutralitzar elements estranys com bacteris, virus o paràsits.

Prolactina -> és una hormona adenohipofisiària que estimula la secreció làctia. És un polipèptid de cadena única amb un pes molecular d'uns 22500 daltons.

Hormona adrenocorticotròpica (ACTH) -> és una hormona polipeptídica. La produeix la hipòfisi i estimula les glàndules suprarrenals. Té 39 aminoàcids.

Leucina encefalina -> és un pèptid opioide endogen que es troba en molts llocs del cervell. És segregada per la hipòfisi i alliberada com a hormona. Estan involucrades en la reducció del dolor. La seva acció és de curta durada (són un analgèsic dèbil).

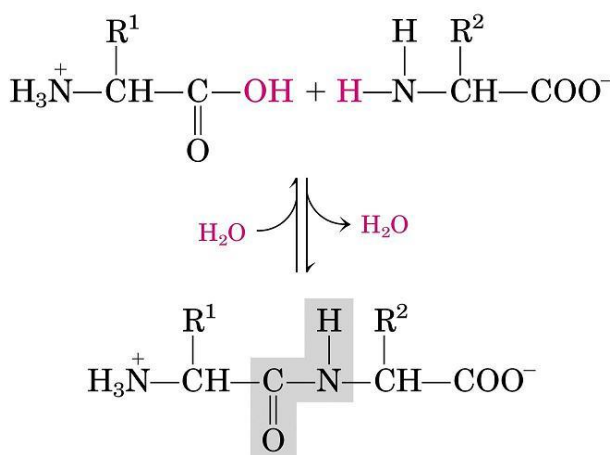
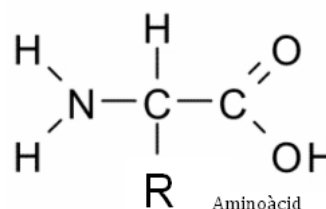
3.2. Teoria del mètode de Biuret

Ja sabia, per la informació explícita en l'apartat anterior, que les llàgrimes tenien contingut proteic. Per dur a terme el meu experiment necessitava un mètode que em confirmés la presència de proteïnes.

Vaig utilitzar el mètode de Biuret, ja que l'havíem fet servir a classe de biologia. El vaig poder dur a terme als laboratoris del meu propi centre.

El **reactiu de Biuret** és aquell que detecta la presència de proteïnes, pèptids⁴⁶ curts i altres compostos amb dos o més enllaços peptídics en substàncies de composició desconeguda.

Un **enllaç peptídic** és el format entre dos aminoàcids. Els aminoàcids són els monòmers de les proteïnes. Estan formats per un carboni el qual té quatre enllaços: amb un hidrogen, un grup amino (NH_2), un radical i un grup carboxil.



En aquest enllaç peptídic s'uneixen el grup carboxil (COOH) del primer aminoàcid amb el grup amino (NH_2) del segon aminoàcid amb un enllaç CO-NH i desprenen una molècula d'aigua (H_2O).

Quan una proteïna es posa en contacte amb un alcalí concentrat, en aquest cas utilitzarem hidròxid de sodi (NaOH), es forma una substància complexa anomenada Biuret.

La reacció es basa en la formació d'un compost de color violeta, degut a la formació d'un complex de coordinació⁴⁷ entre els ions Cu^{2+} i els parells d'electrons no compartits del nitrogen que trobem als enllaços peptídics. Presenta un màxim

⁴⁶ Compostos d'aminoàcids, d'indeterminada quantitat.

⁴⁷ Estructura composta per un àtom central o un ió unit a una sèrie de molècules o anions, que es troben al seu voltant.

d'absorció a 540 nm, mesurat per un espectrofotòmetre, aparell que definirem en el següent punt.

La intensitat de la coloració violeta aconseguida amb la reacció és directament proporcional a la concentració de proteïna present a la solució.

Aquesta reacció dóna positiu en tots els compostos que tinguin dos o més enllaços peptídics consecutius a les seves molècules.

3.3. Determinació de la concentració⁴⁸ mitjançant espectrofotometria

Si era comprovable que era veritat que hi havia proteïnes en les llàgrimes, necessitava anar més enllà i trobar un mètode que em permetés quantificar la concentració de proteïnes en mostres dels dos tipus de llàgrimes.

Per a descobrir aquesta concentració, necessitava un mètode del qual no disposàvem al meu institut: s'anomena espectrofotometria. Així doncs, aquesta part la vaig dur a terme al centre Comte de Rius de Tarragona.

L'**espectrofotometria** és la mesura de la quantitat d'energia radiant que absorbeix un sistema químic en funció de la longitud d'ona de la radiació.

La mesura que ens interessa en aquest experiment és l'absorbància. Existeix una relació entre la concentració de la solució i la seva capacitat d'absorbir aquesta radiació. L'absorbància és directament proporcional a la concentració de la solució.

Es pot determinar la concentració d'una solució problema de proteïnes utilitzant un espectrofotòmetre, a una longitud d'ona de 540 nm, i interpolant el valor obtingut d'absorbància en una recta de calibratge feta amb les absorbàncies obtingudes a partir d'una sèrie de solucions patrons⁴⁹ d'albúmina.



La dada que ens interessa de l'espectrofotòmetre és l'**absorbància**. L'absorbància és el valor de l'absorció que es produeix quan la llum travessa una substància. L'absorbància és directament proporcional a la concentració.

Per a poder relacionar el valor de l'absorbància amb el de la concentració, utilitzaré el mètode matemàtic de la **regressió lineal**.

El que interessa més d'un estudi de dues variables és la relació entre elles, per a poder fer prediccions posteriors. En aquest cas les dues variables són la

⁴⁸ Quantitat de massa per unitat de volum.

⁴⁹ Solució exemplar.

concentració i l'absorbència. Es parla de **relació estadística o dependència** quan el diagrama de dispersió tendeix a aproximar-se a la representació d'una funció.

El **núvol de punts**, o també anomenat diagrama de dispersió, és el conjunt de tots els punts representats en un gràfic. A cadascun d'aquests punts li correspon un valor de x i un valor de y.

La **mitjana** és la mitjana aritmètica de tots els valors de la variable. Es representa per \bar{x} , i es calcula mitjançant l'expressió:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i x_i}{n}$$

n representa el nombre de vegades que s'ha repetit un procediment.

La **variància** és la mitjana aritmètica dels quadrats de les desviacions respecte de la mitjana. Es representa per σ_x^2 si és sobre la variable x, o σ_y^2 si és sobre la variable y.

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

La **covariància** és la mitjana dels productes de les desviacions de X i Y respecte de les seves mitjanes mostrals. L'expressió algebraica que permet calcular-la és:

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n}$$

El **coeficient de correlació lineal o de Pearson** indica el grau d'intensitat de la relació lineal, en cas que n'hi hagi. Es representa per r i es defineix com:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Propietats d'aquest coeficient

- Els seus valors sempre es troben entre -1 i 1, ambdós inclosos.
- Si $r = -1$ els punts del diagrama de dispersió se situen sobre una línia recta decreixent. En cas que $r = 1$, la recta és creixent.

- Si el valor de r és proper a -1 o 1 sabem que hi ha una relació lineal forta entre les dues variables. En canvi, si és proper a 0 , independentment de si s'hi acostava per valors negatius o positius, hi ha una relació lineal molt feble entre les dues variables.

L'objectiu de la **regressió lineal** és determinar una relació funcional afí entre les dues variables del tipus $y=ax+b$, que ens permeti fer prediccions sobre els valors d'una de les dues variables. Podem estimar el valor d'una variable a partir del valor conegut de l'altra.

L'expressió algebraica correspon a una recta que s'aproxima el màxim possible al núvol de punts de la distribució bidimensional. Una distribució bidimensional és un estudi estadístic d'una mostra amb més d'una variable.

En el nostre cas, les dues variables són la concentració i la absorbència. La concentració la situarem en l'eix de les x , és a dir, és la variable independent. L'absorbència, en canvi, la situarem en l'eix de les y ja que és la variable dependent.

La **recta de regressió** té per equació:

$$y - \bar{y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2}(x - \bar{x})$$

La recta de regressió de Y sobre X , en que σ_x^2 és la variància de X , \bar{x} i \bar{y} són les mitjanes de X i Y , respectivament, és la següent:

$$y = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2}(x - \bar{x}) + \bar{y}$$

s'utilitza per predir el valor de y si es coneix el corresponent valor de x .

La recta de regressió de X sobre Y , en que σ_y^2 és la variància de Y , \bar{x} i \bar{y} són les mitjanes de X i Y , respectivament, és la següent:

$$x = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_y^2}(y - \bar{y}) + \bar{x}$$

Es fa servir per predir el valor de x conegut en el corresponent valor de y .

3.4. Primera pràctica

Vaig convocar a una sèrie de voluntàries al laboratori del meu institut per a recollir-los llàgrimes. En necessitava dels dos tipus: emocionals i produïdes per irritació.

Les emocionals podien provocar-se-les mitjançant dos mètodes: mirant tràilers de pel·lícules o algun vídeo que les fes emocionar, o bé evocant records. Les que es produeixen per irritació podien ser obtingudes en tallar ceba.

Quan aconseguien que els caiguessin les llàgrimes, tan si es trobaven a la part inferior de l'ull com a la galta, acostava un tub d'assaig i amb molta cura intentava que la gota caigués en l'interior.

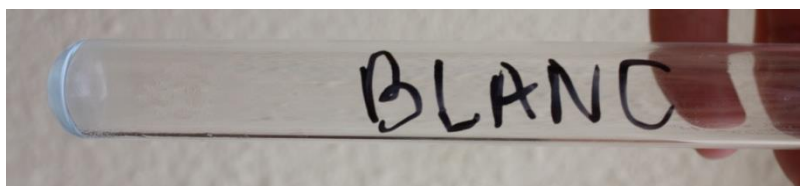
De les mostres recollides vaig utilitzar tres mostres: unes emocionals i unes produïdes per irritació de la que anomenarem la voluntària 1, i unes altres produïdes per irritació de la voluntària 2.

Era preferible tenir, com a mínim, una mostra d'emocionals i produïdes per irritació de la mateixa persona per a intentar reduir el marge d'error.

No serveix el fet de quantificar el nombre de llàgrimes obtingudes ja que entre elles (ja siguin de la mateixa persona o de persones diferents) poden tenir diferent volum, el qual desconeixem. És una quantitat tan petita que no en podem quantificar el volum. Vaig etiquetar els tubs d'assaig corresponents amb un retolador permanent i les vaig guardar a la nevera. Unes hores més tard vam prosseguir l'experiment.

Segona part

Vaig fer un blanc del mètode de Biuret. Un blanc és una mostra que s'utilitza per verificar la validesa de l'experiment. Es fa amb aigua destil·lada i s'hi afegeix el



reactiu. Com que l'aigua destil·lada no conté proteïnes,

aquest reactiu no reaccionarà. Per tant, la mescla quedarà de color blau, que és el color del reactiu. Si la mescla no quedés de color blau i reaccionés, podríem pensar que hi havia restes de proteïnes a les parets del tub d'assaig i que, per tant, tots els resultats següents podrien estar condicionats també per això.

Vam descartar les llàgrimes produïdes per irritació de la segona voluntària, ja que no en teníem dels dos tipus, i vam efectuar l'experiment amb les dels dos tipus de la primera.

Vaig agafar la mostra emocional i vaig posar-hi un parell de gotes d'hidròxid de sodi i després un parell més de sulfat de coure. En un primer moment, en afegir l'hidròxid de sodi, la mescla mantenia el seu to transparent. Després, quan vaig afegir el sulfat de coure, primer va agafar un to blavós i poc a poc anava derivant a una barreja entre lila i blau fosc. En deixar passar uns minuts la barreja es va anar consolidant en aquest color.



En comprovar que, malgrat la poca quantitat de llàgrimes recollides, el Biuret funcionava, vaig decidir seguir amb l'experiment i provar-ho també amb les produïdes per irritació. Vaig repetir el procés anterior: vaig agafar la mostra i vaig afegir-li un parell de gotes de cada reactiu. Es va repetir el que havia passat amb la mostra anterior: després del segon reactiu el to blau es va anar intensificant però una mica menys que en la anterior. Tenia més tendència blava.

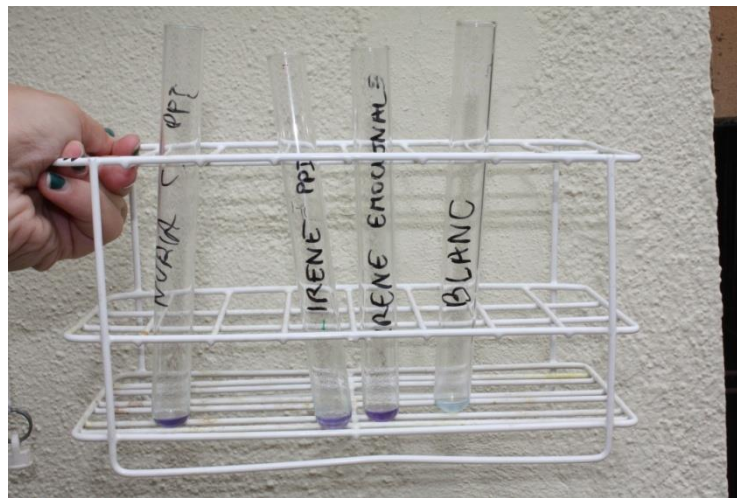


Va ser un bon indicatiu ja que, com ja hem explicat abans, la intensitat del color lila de la mostra evidència una major concentració proteica en les emocionals que en les produïdes per irritació.

Per no desaprofitar la mostra de la segona voluntària, vam repetir el procés. Recordem que les seves llàgrimes eren produïdes per irritació. Després de fer-li la reacció de Biuret vaig comprovar que agafava to violeta però s'assemblava més a les produïdes per irritació de la voluntària 1 que no pas a les emocionals. Tenien un to més clar.



En acabar l'experiment vaig conservar els tubs d'assaig a la nevera.



Amb aquestes dades en tenim suficient per atorgar validesa a l'experiment ja que sabem que a més concentració proteica, més intensitat del color. És una prova prou bona per deduir que, sense necessitat de quantificar-ho, la quantitat de proteïnes en llàgrimes emocionals és més elevada.

Per diferenciar aquest experiment del següent, tindrem en compte que la quantitat de reactiu dipositat a la mostra no està dictat per cap guió de pràctiques. L'he adequat a la quantitat petita de llàgrimes, ajudant-me amb un guió del centre.

3.5. Segona pràctica

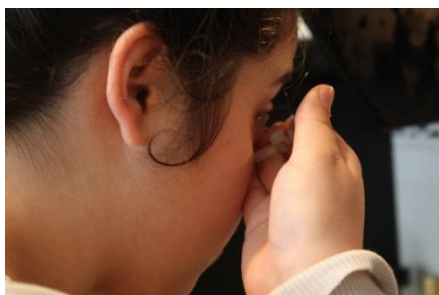
En la segona pràctica volia anar més enllà d'on m'havia quedat a l'anterior. Havent arribat a la conclusió que era correcta l'afirmació de l'existència de proteïnes a les llàgrimes, i que era probable que en trobéssim major quantitat en les emocionals que en les produïdes per irritació, volia intentar descobrir si l'absorbància de la mostra calculada mitjançant l'espectrofotòmetre també era major en les emocionals, ja que l'absorbància i la concentració són dades directament proporcionals.

Per a dur a terme aquesta pràctica em vaig desplaçar a l'Institut Comte de Rius de Tarragona, ja que disposen d'aquest aparell.

Vaig intentar reduir el marge d'error així que vaig repetir el procediment de recollida de llàgrimes i de biuret. Les llàgrimes van ser recollides el dia abans de l'experiment i les vaig mantenir a la nevera fins llavors. Vaig obtenir quatre tubs d'assaig: dos de cada



tipus procedents de dues persones diferents. Va resultar molt més fàcil recollir les llàgrimes emocionals. En el cas de les produïdes per irritació no se n'obtenen tantes i costa bastant començar a plorar.



Una manera d'aconseguir que es plori més tallant ceba és acostant-se la ceba acabada de tallar als ulls.

A l'hora de preparar el biuret, en comptes de fer-lo igual que l'havia fet la vegada anterior, vaig seguir un guió de pràctiques del propi centre de Comte de Rius.

Per a dur a terme aquest experiment el material necessari va ser:

Gradeta	Pera	Tubs d'assaig
Pipetes graduades	Suport	Espectrofotòmetre
Balança	Matràs aforat	Flascó
Comptagotes	Espàtula	Vareta de vidre
Balança	Vasos de precipitats	Buretes

I els reactius van ser:

Sulfat de coure (II) pentahidratat

Tartrat de sodi i potassi tetrahidratat

Iodur de potassi

Hidròxid de sodi

El biuret el vaig preparar al meu centre, l'INS Joan Guinjoan. El primer dia que vaig assistir al laboratori em vaig ocupar de netejar tot el material amb una solució d'àcid clorhídric amb aigua calenta, per reduir al màxim el marge d'error.

Un cop net tot el material em vaig disposar a preparar el reactiu. Per a obtenir mig litre de reactiu de Biuret necessitava:

- 0,75 grams de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- 3 grams de tartrat de sodi i potassi tetrahidratat
- 250 ml d'aigua calenta
- 150 ml de NaOH al 10%
- Punta d'espàtula de KI

Com podem comprovar, difereixen diversos compostos reactius. El CuSO_4 que jo havia utilitzat en la pràctica anterior no estava pentahidratat. Tampoc havia utilitzat tartrat de sodi i potassi tetrahidratat ni iodur de potassi.

Primer vaig preparar el NaOH al 10%: vaig posar 15 mg de NaOH en 150 ml d'aigua destil·lada. Després vaig escalfar 250 ml d'aigua i vaig afegir-hi els 0'75 grams de CuSO₄ i els 3 grams de tartrat de sodi i potassi tetrahidratat. Vaig abocar la solució de NaOH i hi vaig afegir la punta d'espàtula de KI. Vaig dipositar-ho tot dins d'un flascó i ho vaig guardar durant 3 dies a temperatura ambient.

Després de tenir el reactiu preparat, ja a Tarragona vam preparar el procediment que involucra l'albumina per crear una recta de regressió. Una recta de calibratge és un mètode matemàtic que s'utilitza a la química analítica que s'utilitza per a mesurar la concentració d'una substància en una mostra per comparació amb una sèrie d'elements de concentració coneguda. Es basa en l'existència d'una relació en principi lineal entre un caràcter mesurable (com l'absorbància en els enfocaments d'espectrofotometria) i la variable a determinar (la concentració).

El procediment és fer dilucions d'unes mostres de contingut conegut i es procedeix a fer la seva lectura. S'estableix una funció matemàtica. Després, es llegeix el mateix caràcter en la mostra problema i substituint la variable independent d'aquesta funció obtenim la concentració.

En aquest cas, coneixem les concentracions d'albumina ja que les prepararem i l'absorbància més tard, amb l'espectrofotòmetre. Les absorbàncies de les llàgrimes també les podrem conèixer malgrat que no en sabrem la concentració, que és la variable a determinar.

El primer pas era preparar una solució patró d'albumina d'10 g per ml. Aquesta part de l'experiment la vaig dur a terme a l'Institut Comte de Rius de Tarragona.

Primer vaig netejar el material un altre cop per a evitar possibles restes d'experiments anteriors. En comptes de fer-ho de 10 mg/ml ho vaig fer amb l'equivalent: 1 gram d'albumina per a 100 ml d'aigua destil·lada.

Em vaig disposar a pesar el gram exacte d'albumina. Vaig posar un vas de precipitats de 100 ml a sobre de la balança, vaig tarar-la i afegir cuidadosament

albúmina amb una espàtula fins arribar al gram que necessitàvem (exactament 0'9997).

En un altre vas de precipitats de 100 ml vaig posar-hi aigua destil·lada (fins a 60 ml aproximadament). Després d'afegir-hi l'albúmina ja mesurada vaig barrejar-ho amb una vareta de vidre fins a aconseguir una solució homogènia, afegint una mica d'aigua destil·lada per a evitar restes a les parets del vas. Vaig abocar la solució en un matràs aforat de 100 ml i la vaig enrasar amb aigua destil·lada fins arribar al volum que necessitàvem.

Vaig disposar deu tubs d'assaig en una gradeta, cinc dels quals estaven buits. Els cinc restants se'ls havia d'afegir aigua destil·lada i la solució d'albúmina segons aquesta taula:

	ml solució albúmina 0'01 g/ml	ml aigua	Concentració final solució g/ml
Blanc	0	10	0
1	2'5	7'5	0'0025
2	5	5	0'005
3	7'5	2'5	0'0075
4	10	0	0'01

Vaig posar dues buretes a un suport, una amb aigua destil·lada i l'altra amb solució d'albúmina.

En estar preparats tots els tubs d'assaig, els vaig agitar amb el vòrtex per obtenir una solució més ben barrejada.

El següent pas era prendre 2 ml de cada tub i posar-los en els cinc tubs de la mateixa gradeta que teníem buits.

Després vaig agafar els tubs d'assaig on tenia les llàgrimes emmagatzemades i les vaig treure amb una pipeta. Les vaig abocar en tubs d'assaig grans, però hi

havia molt poca quantitat de llàgrimes produïdes per irritació. Vaig posar 2 ml a cada tub d'aigua destil·lada (com en els tubs anteriors) i dues gotes de cada tipus al seu tub corresponent.

Posteriorment vaig afegir 5 ml de reactiu de Biuret a cada un dels tubs d'assaig, tant els que contenen albúmina com els de llàgrimes. Un cop afegit el Biuret els vaig barrejar amb el vòrtex i els vaig deixar reposar 20 minuts per a deixar temps a reaccionar. El color quasi que no reaccionava a causa de la excessiva dilució de la mostra.

El següent pas s'havia de dur a terme amb l'espectrofotòmetre. Vaig mesurar l'absorbància de tots els continguts dels tubs a un espectrofotòmetre a 540 nm. Els resultats obtinguts de l'albúmina van ser els següents:

Blanc	0'000
1	0'148
2	0'233
3	0'313
4	0'380

Els resultats obtinguts de les llàgrimes han estat els següents:

Emocionals	0'006
Produïdes per irritació	0'023

Seguint aquest guió de pràctiques el resultat obtingut indica que la mostra de llàgrimes emocionals té menys absorbància que les produïdes per irritació.

Concretament, la diferència és la següent: el quocient entre la diferència entre les dues absorbàncies i l'absorbància de la mostra de referència.

$$0'017 / 0'006 = 2'83 = 28'3\% \quad \text{Augmenta un } 28'3\%.$$

Suposem que l'experiment no ha sortit bé ja que aquest procediment estava dissenyat per a concentracions més altes, i les de les llàgrimes són molt petites.

3.6. Tercera pràctica

Vaig repetir el procés de recollida de llàgrimes. Vaig aconseguir sis mostres de dues voluntàries, tres de cada tipus. A unes emocionals i unes produïdes per irritació (de la mateixa persona) els vaig posar el reactiu del primer experiment, per veure si variaven els resultats en no seguir el guió de pràctiques. Les vam diluir amb aigua destil·lada. Vam afegir-hi cinc gotes de NaOH i dues de CuSO₄.



En l'introduir-les a l'espectrofotòmetre, les absorbàncies de les llàgrimes eren:

Produïdes per irritació: 0'049 Emocionals: 0'062

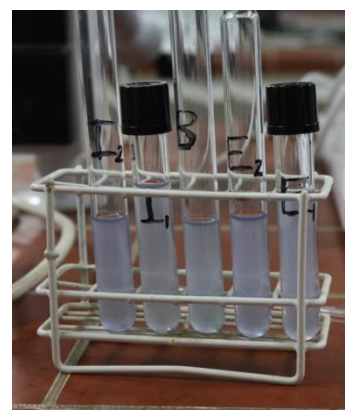
La diferència entre les dues absorbàncies és la següent:

$0'013$ (unitats de diferència) / $0'049$ (absorbància de referència) = $0'265 = 26'5\%$

En les llàgrimes emocionals hi trobem una absorbància major en una mica més d'un 25%, és a dir, una quarta part.

Com ja sabem, l'absorbància és directament proporcional a la concentració. Per tant, aquest resultat coincideix amb les meves prediccions i podríem qualificar-ho com a vertader si creiem que aquest procediment és el més fiable.

Les quatre mostres restants vaig fer-les reaccionar amb el biuret efectuat segons el guió de pràctiques. Aquestes sí que varen ser diluïdes amb aigua destil·lada. Els vaig afegir 2 ml d'aigua destil·lada i 5 ml de reactiu de biuret.



En la imatge podem veure que el color és molt més diluït que en els experiments anteriors.

Les absorbàncies obtingudes foren les següents:

Produïdes per irritació 1: -0'001 Produïdes per irritació 2: 0'028

Emocionals 1: 0'016

Emocionals 2: 0'023

Podem observar que en el primer cas l'absorbància de la mostra de les llàgrimes produïdes per irritació fins i tot dóna un resultat negatiu, i en el segon cas torna a repetir-se el resultat: les emocionals tenen una absorbància inferior que les produïdes per irritació. La diferència entre les absorbàncies és la següent:

$$0'005 / 0'023 = 0'217391304 = 21'7\%$$

No dono per vàlids aquests resultats ja que el guió de pràctiques que he seguit per a fer l'experiment de la segona pràctica està dissenyat, com he dit abans, per mostres amb molt més contingut proteic.

3.7. Pràctica de la recta de regressió

Tenim tres mostres inicials: la de les llàgrimes emocionals, la de les llàgrimes produïdes per irritació i la solució d'albumina. De la solució d'albumina podem saber les dues variables, malgrat que de les solucions de llàgrimes només en podem saber una: l'absorbància.

Utilitzaré el mètode de regressió lineal per a descobrir la variable que em falta, és a dir, la concentració proteica de cada una de les mostres de llàgrimes.

Primer calculem la concentració total de les solucions d'albumina amb el volum d'aigua:

En el blanc tenim 10 ml aigua només, per tant no tenim concentració.

En la primera mostra:

$$2'5 \text{ ml solució} \times \frac{1 \text{ g albumina}}{100 \text{ ml solució}} = 0'025 \text{ grams albumina}$$

$$\frac{0'025 \text{ grams albumina}}{10 \text{ ml aigua}} = 0'0025 \text{ g/ml}$$

En la segona mostra:

$$5 \text{ ml solució} \times \frac{1 \text{ g albumina}}{100 \text{ ml solució}} = 0'05 \text{ grams albumina}$$

$$\frac{0'05 \text{ grams albumina}}{10 \text{ ml aigua}} = 0'005 \text{ g/ml}$$

En la tercera mostra:

$$7'5 \text{ ml solució} \times \frac{1 \text{ g albumina}}{100 \text{ ml solució}} = 0'075 \text{ grams albumina}$$

$$\frac{0'075 \text{ grams albumina}}{10 \text{ ml aigua}} = 0'0075 \text{ g/ml}$$

En la quarta mostra:

$$10 \text{ ml solució} \times \frac{1 \text{ g albúmina}}{100 \text{ ml solució}} = 0'1 \text{ grams albúmina}$$

$$\frac{0'1 \text{ grams albúmina}}{10 \text{ ml aigua}} = 0'01 \text{ g/ml}$$

Podem elaborar la taula següent. Aquests valors correspondran a la x de la taula.

	Volum de solució albúmina 0'01 g/ml (ml)	Volum d'aigua (ml)	Concentració final solució (g/ml)
Blanc	0	10	0
1	2'5	7'5	0'0025
2	5	5	0'005
3	7'5	2'5	0'0075
4	10	0	0'01

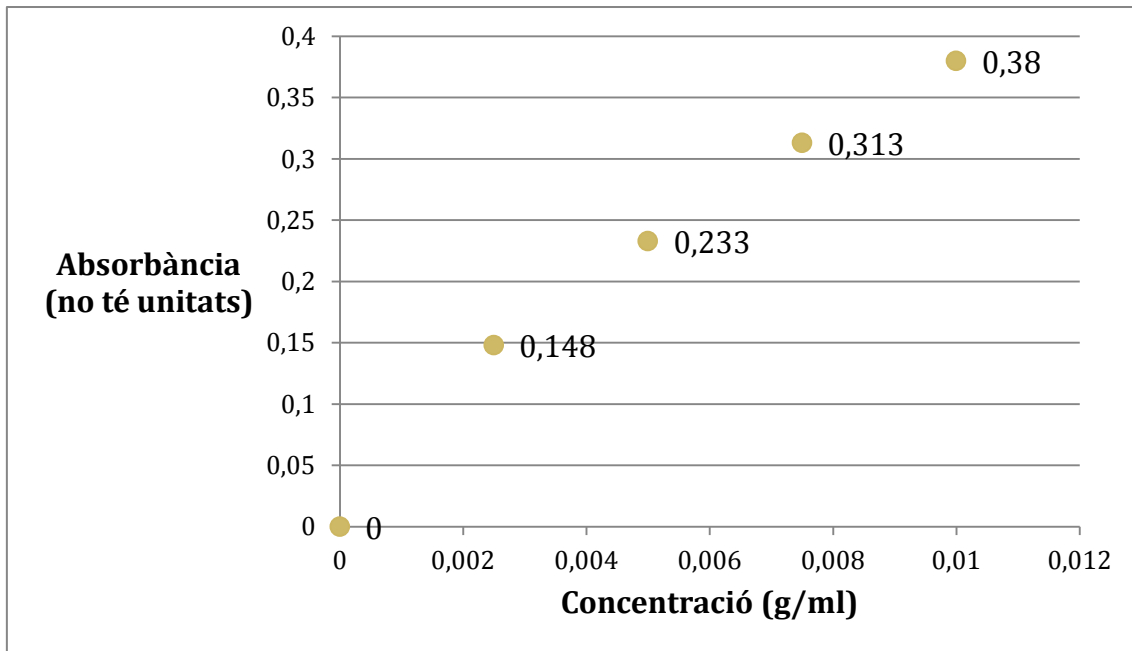
Les absorbàncies es troben recollides en la taula següent. Aquests valors correspondran a la y de la taula.

Blanc	0'000
1	0'148
2	0'233
3	0'313
4	0'380

En aquesta taula relacionarem les concentracions i les absorbàncies.

X	Y
0	0
0'0025	0'148
0'005	0'233
0'0075	0'313
0'01	0'380

Representem aquests punts com a punts de dispersió en un gràfic fet amb el programa Excel:



Ara calcularé la mitjana de les x i de les y respectivament:

$$\bar{x} = \frac{0 + 0'0025 + 0'005 + 0'0075 + 0'01}{5} = 0'005$$

$$\bar{y} = \frac{0 + 0'148 + 0'233 + 0'313 + 0'38}{5} = 0'2148$$

En aquesta taula relaciono els valors necessaris per a calcular la variància de y al quadrat i la covariància.

$X - \bar{X}$	$Y - \bar{Y}$	$(Y - \bar{Y})^2$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})$
-0'005	-0'2148	0'04613904	0'000025	0'001074
-0'0025	-0'0668	0'00446224	0'00000625	0'000167
0	0'0182	0'00033124	0	0
0'0025	0'0982	0'00964324	0'00000625	0'0002455
0'005	0'1652	0'02729104	0'000025	0'000862

A partir d'això calcularé la variància de y al quadrat:

$$\sigma_y^2 = \frac{0'04613904 + 0'00446224 + 0'00033124 + 0'00964324 + 0'02729104}{5} \\ = 0'01757336$$

I també la de x:

$$\sigma_x^2 = \frac{0'000025 + 0'00000625 + 0 + 0'00000625 + 0'000025}{5} = 0'0000125$$

I el valor de la covariància:

$$\sigma_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n} \\ = \frac{0'001074 + 0'000167 + 0 + 0'0002455 + 0'000862}{5} \\ = 0'0004625$$

Ara ja podem substituir aquests valors en l'equació de y:

$$y = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x^2} (x - \bar{x}) + \bar{y} = \frac{0'0004625}{0'0000125} (x - 0'005) + 0'2148 = 37x + 0'0298$$

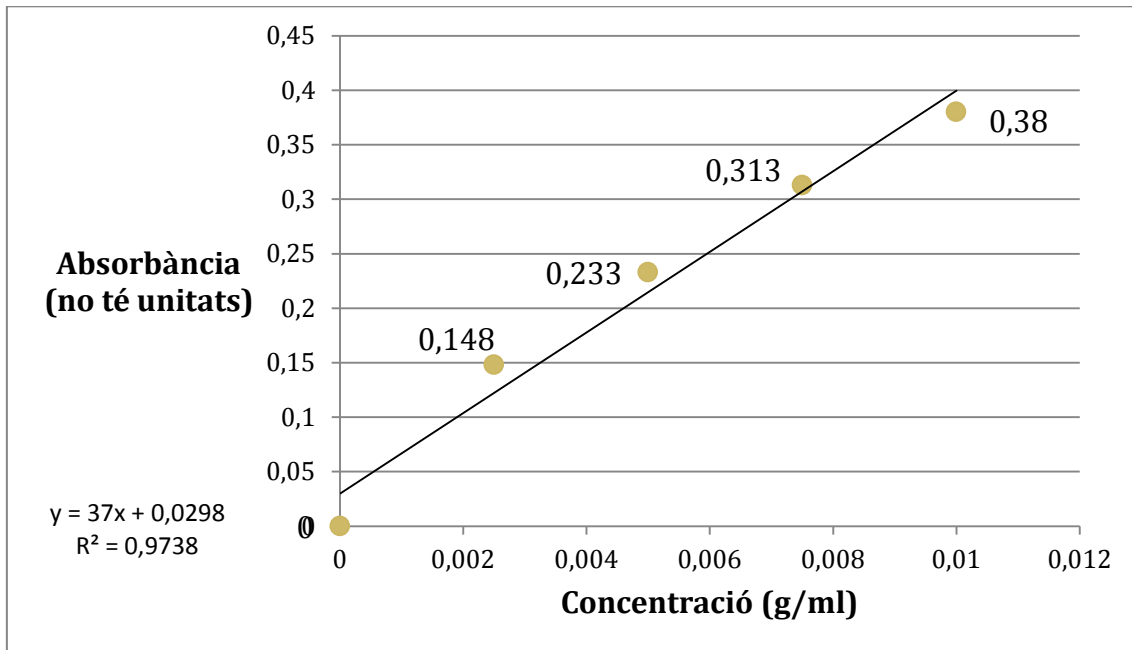
Podem observar que el quocient entre la covariància i la variància de x, és a dir, el pendent de la recta de regressió, coincideix entre els meus càlculs i els efectuats pel programa Excel:

$$\frac{0'0004625}{0'0000125} = 37$$

També ho podem fer amb el càlcul de r:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{0'0004625}{0'003535533906 \times 0'13256455} = 0'986800424$$

$$r^2 = 0'973775076$$



I també en l'equació de x:

$$x = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_y^2} (y - \bar{y}) + \bar{x} = \frac{0'0004625}{0'01757336} (y - 0'2148) + 0'005$$

$$= 0'026318245y - 0'0006531590999$$

El pendent d'aquesta recta seria 0'0026318245.

Hi posarem els valors obtinguts en l'anàlisi de les absorbàncies de les llàgrimes, les quals substituiran els valors y de l'equació.

Per una absorbància de 0'049, obtinguda mitjançant les llàgrimes produïdes per irritació, obtenim una x, és a dir, una concentració de 0'0006364349051 g/ml.

Per una absorbància de 0'062, obtinguda mitjançant les llàgrimes emocionals, obtenim una x, és a dir, una concentració, de 0'0009785720901 g/ml.

Podem observar que també la concentració és major en el cas de les llàgrimes emocionals. La diferència és la següent:

$$0'0009785720901 - 0'0006364349051 = 0'000342137185$$

$$\frac{0'000342137185 \text{ (diferència entre les concentracions)}}{0'0006364349051 \text{ (concentració de referència)}} = 0'537583941 = 53'7 \%$$

Augmenta un 53'7 % la concentració de les llàgrimes emocionals respecte la de les llàgrimes produïdes per irritació.

4. Conclusions

Les conclusions que he extret d'haver realitzat aquest treball es poden dividir en les procedents de la part teòrica i les procedents de la part pràctica.

La part teòrica m'ha permès treballar i aprendre moltes coses de les emocions i els sentiments que desconeixia, així que podria afirmar haver assolit el meu objectiu en aquesta part. De la fisiologia de les emocions no se'n parla, i crec que és molt curiós descobrir perquè succeeixen.

Això s'ha vist reflectit en la meva recerca bibliogràfica: he buscat i llegit molts llibres que parlessin de les emocions, i la gran majoria els donava una finalitat terapèutica. En comptes d'explicar què succeeix quan una persona és feliç, t'ensenyaven què podies fer per ser-ho. Eren llibres de divulgació científica o d'autoajuda, i anaven més enllà dels límits del meu treball.

També he ampliat els meus coneixements en els sistemes nerviós i endocrí, i he aprofundit molt més en la transmissió de la informació, ja que en els cursos anteriors no s'arriba a aquest grau d'aproximació.

La part que m'ha agradat més és analitzar els estats emocionals un per un, sobretot l'estrès i l'amor. Potser és quan més fàcil resulta veure l'aplicació pràctica de la teoria abans explicada.

Crec que, tot i que després d'aquest treball, els qui l'hagin llegit o jo inclosa, seguirem donant un caire romàntic i filosòfic al món de les emocions, és curiós haver descobert el què passa realment.

En relació a la part pràctica, la meva valoració en general és positiva.

Malgrat de les tres vegades que calculo les absorbàncies a l'espectrofotòmetre, només una dóna els resultats que esperava, coincideix en que els dos resultats que no són els esperats estan efectuats amb un reactiu que no és adequat a l'experiment que s'està duent a terme. Com ja he dit anteriorment, el reactiu emprat segons el guió de pràctiques fa que les absorbàncies donin valors molt i molt petits, o fins i tot negatius, com podem veure a continuació.

En el primer experiment, vaig obtenir aquests resultats: de les emocionals una absorbància de 0'006 i de les produïdes per irritació, una de 0'023. Es pot veure que la concentració de les llàgrimes emocionals és més petita que la de les llàgrimes produïdes per irritació, concretament un 28'3%, és a dir, més d'una quarta part.

En el segon experiment, vaig obtenir aquests resultats: en el primer parell de mostres, una absorbància negativa per a les produïdes per irritació de -0'001, i una de 0'016 en les emocionals. La de les emocionals és major però no es pot validar la comparació ja que tenim un valor negatiu. En el segon parell de mostres, tenim una absorbància de 0'028 per a les produïdes per irritació, i de 0'023 per a les emocionals. Les produïdes per irritació són concretament un 21'7% majors que les emocionals.

Podem observar que en els dos casos que tenim valors positius, les llàgrimes produïdes per irritació són majors en un percentatge entre 20% i 30%.

En l'experiment que dóna el resultat esperat, és a dir, una major absorbància en les llàgrimes emocionals respecte les produïdes per irritació, obtinc els resultats següents: absorbància de 0'049 en les llàgrimes produïdes per irritació, i 0'062 en les emocionals. És una diferència de 26'5%. En aquest experiment el reactiu emprat es va limitar a hidròxid sòdic i sulfat de coure en les quantitats que vam considerar adequades a la poca quantitat de llàgrimes.

Substituint les absorbàncies que considero com a vàlides en les equacions corresponents, he obtingut la quantificació de la concentració de les proteïnes en cada tipus de llàgrimes. Realment no és un pas necessari, ja que sabem que l'absorbància i la concentració són directament proporcional. És una diferència molt petita, però notable.

Ha resultat una concentració de 0'0006364349051 g/ml en les llàgrimes produïdes per irritació, i una concentració de 0'0009785720901 g/ml en les llàgrimes emocionals. La segona dada és un 53'7% major que la primera.

Ha estat molt gratificant poder anar molt més enllà de la meua idea inicial, que es limitava a comprovar la presència de proteïnes en les llàgrimes. Poder

experimentar amb una substància tan petita, per mi tan desconeguda al laboratori, i tan relacionada amb el cos humà, ha estat una gran experiència.

Aquest treball m'ha ajudat a desenvolupar els meus coneixements de laboratori apresos fins ara, i també me n'ha proporcionat molts de nous, així com relacionats amb altres branques com les matemàtiques, la biologia i la química analítica.

Espero que aquest treball resulti tan interessant com a estat per mi desenvolupar-lo, i que els lectors puguin aprendre moltes coses sobre l'apassionant món del cos humà.

5. Bibliografia

Les definicions estan extretes de l'enciclopèdia virtual enciclopèdia.cat.

Monografies

BESORA, J.M; JANÉ, ÀNGELA; GUITERAS, J.M. *Matemàtiques 1*. Segona edició. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España, S.L., 2012. ISBN 978-84-481-8141-3

DAMASIO, ANTONIO. *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y los sentimientos*. Quarta reimpressió. Barcelona: Crítica, 2006. ISBN 84-8432-676-4

FERNÁNDEZ, M.À; MINGO, B.; RODRÍGUEZ, R.; TORRES, M.D. *Nou espai. Biologia i geologia*. Segona reimpressió. El Prat de Llobregat: Ediciones Vicens Vives, S.A., 2013.

FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA. *Viaje al universo neuronal*. ISBN 978-84-690-4512-1

GREENFIELD, SUSAN. *El poder del cerebro: cómo funciona y qué puede hacer la mente humana*. Barcelona: Crítica, 2007. ISBN 9788484329152

LEDOUX, JOSEPH. *El cerebro emocional*. Barcelona: Planeta, 1999. ISBN 84-08-02906-1

MORGADO, IGNACIO. *Emocions i intel·ligència social. Una aliança entre els sentiments i la raó*. Primera edició. Barcelona: Mina, 2006. ISBN 84-96499-56-1

PUNSET, EDUARD. *Viatge a les emocions: les claus que mouen el món: la felicitat, l'amor i el poder de la ment*. Barcelona: Destino, 2010. ISBN 9788497101905

Documents en línia

ALTIMIRA, SALOMÉ. *Los tres cerebros: reptiliano, límbico y neocórtex*. [En línia] Health managing consulting (blog). <<http://www.healthmanaging.com/blog/los-tres-cerebros-reptiliano-limbico-y-neocortex/>>

AMILBURU, MANUEL; BARCELÓ, M. ESTRELLA; RODRIGO, HUGO. *Ús de llàgrimes artificials* [En línia].

<<http://www20.gencat.cat/portal/site/canalsalut/menuitem.dbb85aa2c955c7c3ba963bb4b0c0e1a0/?vgnnextoid=3203d33751456310VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextchannel=3203d33751456310VgnVCM1000008d0c1e0aRCRD&vgnnextf mt=default>> [Consulta: 10 novembre 2013]

BRUNATTI, CARLOS; MARTÍN, ANA MARÍA. *Introducción a la Espectroscopía de Absorción Molecular Ultravioleta, Visible e Infrarrojo Cercano*. <<http://materias.fi.uba.ar/6305/download/Espectrofotometria.pdf>>

COMÍN, ENRIQUE; DE LA FUENTE, IGNACIO; GRACIA, ALFREDO. *El estrés y el riesgo para la salud* [En línia]. Departamento de prevención MAZ. <http://www.uma.es/publicadores/prevencion/wwwuma/estres.pdf> [Consulta: 16 setembre 2013]

EDUARD PUNSET. *Química del amor* [En línia]. Blog de l'Eduard Punset: 5 d'octubre de 2008. <<http://www.eduardpunset.es/427/charlas-con/la-quimica-del-amor>> [Consulta: 10/02/2013]

NOGAREDA, SILVIA. INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. *Fisiología del estrés* [En línia]. http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_355.pdf [Consulta: 16 setembre 2013]

SOLÍS, MARINA. *Fisiología del enamoramiento. Fisiología animal* [En línia]. <<http://www.slideshare.net/MarianaChavik/fisiologa-del-enamoramiento>> [Consulta: 14 octubre 2013]

Prolactina [En línia]. <<http://www.monografias.com/trabajos11/laprolac/laprolac.shtml>>

Programes de ràdio i TV

Redes. Fisiología del estrés. Televisión española, emès el 7 de maig de 2008.

<<http://www.youtube.com/watch?v=ZOry9zwSWLY>> [Consulta: 16 setembre 2013]

Redes. *Qué es el estrés: parte 1.* Televisión española. <<http://www.youtube.com/watch?v=R6tpZNSdY8E>> [Consulta: 16 setembre 2013]

Redes. *Qué es el estrés: parte 2.* Televisión española. <<http://www.youtube.com/watch?v=jOXOK6hCbY8>> [Consulta: 16 setembre 2013]

Redes. *Qué es el estrés: parte 3.* Televisión española. <<http://www.youtube.com/watch?v=jOXOK6hCbY8>> [Consulta: 16 setembre 2013]

La química del amor. Smartplanet. Youtube, emès el 31 de maig de 2007. <<http://www.youtube.com/watch?v=e4PIx5v6Te4>> [Consulta: 2 abril 2013]

Articles de diari

BRODY, JANE E. "Biological role of emotional tears emerges through recent studies". *New York Times* [Nova York] (31 agost 1982). [Consulta: 10 novembre 2013].

FREY, WILLIAM H.; DESOTA-JOHNSON, DENISE; HOFFMAN, CARRIE; MCCALL, JOHN T. "Effect of stimulus on the chemical composition of human tears". *American Journal of Ophthalmology*. (octubre 1981)

ORLOFF, JUDITH. "The health benefits of tears". *Huffington Post*. (21 octubre 2007) <http://www.huffingtonpost.com/judith-orloff-md/emotional-wellness_b_653754.html>

PÉREZ OLIVA, MILAGROS. "La química de las emociones". *El país* [Barcelona] (31 maig 2005). <http://elpais.com/diario/2005/05/31/salud/1117490405_850215.html>

6. Webgrafia

Emocions

Dopamina <<http://es.wikipedia.org/wiki/Dopamina>> [Consulta: 6 octubre 2013]

Química de les emocions <<http://www.econferencies.com/2011/02/la-quimica-de-les-emocions.html>> [Consulta: 4 abril 2013]

Hormona alliberadora de corticotropina <http://ca.wikipedia.org/wiki/Hormona_alliberadora_de_corticotropina>

Fisiologia de l'amor <<http://www.slideshare.net/marbala007/fisiologia-del-amor>> [Consulta: 6 octubre 2013]

Feromones <<http://alo.co/content/el-olor-del-amor-existen-las-feromonas>> [Consulta: 6 octubre 2013]

<<http://humanidadyciencia.blogspot.com.es/2010/03/emocionando-la-amigdala-y-el-cortex.html>> [Consulta: 29 desembre 2013]

<http://centrodeartigos.com/articulos-de-todos-los-temas/article_22305.html> [Consulta: 29 desembre 2013]

<<http://www.salud180.com/salud-z/miedo>> [Consulta: 29 desembre 2013]

<<http://www.drosophila.es/tags/fisiologia-del-miedo/>> [Consulta: 29 desembre 2013]

<http://www.youtube.com/watch?v=12PfTb_cQ2k> [Consulta: 29 desembre 2013]

<<http://www.psicoactiva.com/atlas/hipocamp.htm>> [Consulta: 30 desembre 2013]

<<http://www.psicoactiva.com/atlas/somatos.htm>> [Consulta: 30 desembre 2013]

<<http://medicinafarmacologia.blogspot.com.es/2010/05/corteza-insular.html>> [Consulta: 30 desembre 2013]

<http://www.med.ufro.cl/Recursos/neuroanatomia/archivos/12_diencefalo_archivos/Page414.htm> [Consulta: 30 desembre 2013]

Sistema nerviós

<<http://www.xtec.cat/ceipalber/ciencia/nervis/encefal.htm>>

<<http://www.xtec.cat/ceipalber/ciencia/nervis/medula.htm>>

<<http://www.xtec.cat/ceipalber/ciencia/nervis/nervis.htm>>

<<http://es.wikipedia.org/wiki/Enc%C3%A9falo>>

<<http://www.xtec.cat/ceipalber/ciencia/nervis/cerebrals.htm>>

<<http://sistnervioslauana.blogspot.com.es/>> [Consulta: 29 desembre 2013]

Cervells

<<http://hipercognicion.blogspot.com.es/2009/04/el-tercer-cerebro-o-cerebro-humano.html>>

<http://www.bibliotecapleyades.net/sumer_anunnaki/reptiles/reptiles76.htm>

Recorregut informació

<<http://www.xtec.cat/~ajimeno/cn3eso/13organssentits/13organssentits.htm>>

<<http://www.aula2005.com/html/cn3eso/11relacions/11snervios.htm>>

<<http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/animal/contenidos16.htm>>

Llàgrimes

<<http://www.scienceiq.com/Facts/ScienceOfTears.cfm>>

<<http://tengasepresente.blogspot.com.es/2012/08/lagrimas-humanas-son-de-tres-tipos-y.html>>

<<http://www.xtec.cat/centres/a8044821/ciencia/historia.htm>>

<<http://ca.wikipedia.org/wiki/Alb%C3%BAmina>>

<<http://www.answersingenesis.org/articles/cm/v15/n4/miracle-of-tears>>
[Consulta: 6 abril 2013]

<<http://ca.wikipedia.org/wiki/Lisozim>>

<http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1grima#cite_note-3> [Consulta: 10
novembre 2013]

<<http://www.super3.cat/infok/8905/Per-que-la-ceba-fa-plorar/>> [Consulta: 31
desembre 2013]

<<http://es.wikipedia.org/wiki/Inmunoglobulina>>

<[http://www.scribd.com/doc/3120592/10/HORMONA-
ADRENOCORTICOTROPA-ACTH](http://www.scribd.com/doc/3120592/10/HORMONA-ADRENOCORTICOTROPA-ACTH)>

<[http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/libros/neuro
bioquimica/encefalinasendorfinas.htm](http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Ciencias/neurobioquimica/libros/neurobioquimica/encefalinasendorfinas.htm)>

<[http://www.bcnbaixavisio.com/cat/2013/02/per-que-son-salades-les-
llagrimes/](http://www.bcnbaixavisio.com/cat/2013/02/per-que-son-salades-les-llagrimes/)> [Consulta: 4 abril 2013]

<<http://en.wikipedia.org/wiki/Leu-enkephalin>> [Consulta: 9 abril 2013]

<<http://centpeus.blogspot.com/2009/11/perque-ha-plorat.html>>

<<http://www.curiositats.cat/plorem-tallem-ceb/>>

<<http://science.howstuffworks.com/life/crying.htm>> [Consulta: 10 novembre
2013]

<[http://www.reachoutmichigan.org/funexperiments/agesubject/lessons/newton
/tear.html](http://www.reachoutmichigan.org/funexperiments/agesubject/lessons/newton/tear.html)> [Consulta: 10 novembre 2013]

Biuret

<<http://www.slideshare.net/daniribo/2-lenlla-peptdic>>

<<http://www.quimica.es/enciclopedia/Biuret.html>>

<<http://catedras.quimica.unlp.edu.ar/qo3/Apuntes/Biuret.pdf>> [Consulta: 10
desembre 2013]

Regressió lineal

<<http://www.estadisticaparatodos.es/software/excel/ejer3.html>>

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Corba_de_calibratge> [Consulta: 10 desembre 2013]

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Coeficient_de_correlaci%C3%B3_de_Pearson>
[Consulta: 26 desembre 2013]

7. Agraïments

Agraeixo, en primer lloc, el suport del meu tutor de Treball de Recerca, Miquel Sánchez, ja que m'ha proporcionat les eines necessàries per a poder desenvolupar aquest treball, m'ha ajudat en tot el que ha pogut. Agraeixo el temps que ha dedicat durant aquests mesos i la seva involucració, l'interès que ha mostrat respecte el tema i el seu recolzament. Sense el seu suport no hauria estat possible.

També a la Conso Panicot Freixas, per permetre'm anar als laboratoris de l'Institut Comte de Rius de Tarragona i així poder fer més completa la part pràctica d'aquest treball. Sense la seva ajuda no podria haver aconseguit arribar a les conclusions que em proposava. Ha estat de vital importància per a assolir molt més que els meus propòsits.

A la gent que ha plorat per a poder fer possible la recollida de llàgrimes, o com a mínim ho ha intentat: Irene Corts, Núria Cabrero, Raquel Jódar, Núria Joanpere, Marina Roda, Júlia Dalmau, Rafel Mas, Jessica Sánchez, Noemí Hermoso, Mariona Ollé, Laura Castellví, Maria Domingo. Sé que no és una tasca fàcil, haver de plorar per algú i menys sota la pressió d'un laboratori i d'un tub d'assaig a sota la parpella. És el punt de partida de la meva part pràctica i si no ho haguessin aconseguit, ja no hauria pogut desenvolupar la resta.

A la Glòria Fusté, per fer-nos unes classes de teoria de sistema nerviós, i també per ajudar-me en els dubtes existencials sobre les proteïnes i les llàgrimes, i proporcionar-me guions de pràctiques del centre.

A l'Elena Prats, per realitzar la revisió del treball.

I, per últim, als membres de la meva família i als meus amics, ja que sense el seu recolzament i la seva disposició a animar sempre que es necessita no hauria pogut acabar aquest treball.