

EL RITME CIRCADIÀ

EL RELLOTGE BIOLÒGIC I LES REACCIONS OSCIL·LANTS



ÍNDIX

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓ | 2 |
| 2. RITMES BIOLÒGICS | 4 |
| QUÈ SÓN ELS RITMES BIOLÒGICS? | 4 |
| CLASSIFICACIÓ | 5 |
| ASPECTES EVOLUTIUS | 7 |
| IMPORTÀNCIA BIOLÒGICA I APLICACIONS DELS RITMES BIOLÒGICS | 9 |
| ELS COMPONENTS DEL RITME BIOLÒGIC..... | 10 |
| 3. RELLOTGE CIRCADIÀ I RITMES CIRCADIANS | 11 |
| EL RITME CIRCADIÀ: EL RELLOTGE ENDOGEN EN MAMÍFERS..... | 12 |
| 4. RITMES I RELLOTGES CIADIANS DE LES PLANTES | 14 |
| CONCEPTES IMPORTANTS DE LA BIOLOGIA D'UNA PLANTA: | 14 |
| INTRODUCCIÓ AL RELLOTGE CIRCADIÀ D'UNA PLANTA. | 17 |
| FUNCIONANT DEL RELLOTGE CIRCADIÀ D'UNA PLANTA..... | 18 |
| 5. FASE EXPERIMENTAL Nº 1 | 22 |
| SUBJECTE COMÚ DELS EXPERIMENTS: <i>MIMOSA</i> SENSITIVA ROSA O <i>MIMOSA PUDICA</i> | 22 |
| EXPERIMENT 1: EL CICLE DIA - NIT I EL CANVI HORARI ESTACIONAL DE LA <i>MIMOSA PUDICA</i> | 24 |
| EXPERIMENT 2: MECANISME ENDOGEN I ADAPTACIÓ INDUÏDA DEL RITME CIRCADIÀ EN <i>MIMOSA</i> | 31 |
| EXPERIMENT 3: COM AFECTA UNA HORMONA DE CREIXEMENT A LA <i>MIMOSA PUDICA</i> ?..... | 36 |
| 6. FASE EXPERIMENTAL Nº 2 | 40 |
| EXPERIMENT 4: EL CICLE CIRCADIÀ DE LES PERSONES I ELS TORNOS DE TREBALL..... | 40 |
| Enquesta: justificació de les preguntes..... | 42 |
| 7. CONCLUSIÓ | 50 |
| 8. VALORACIÓ PERSONAL | 55 |
| 9. AGRAÏMENTS | 56 |
| 10. BIBLIOGRAFIA | 57 |

ANNEX

DES DE LES REACCIONES QUÍMIQUES OSCIL·LANTS FINS ELS RITMES BIOLÒGICS

REACCIONS OSCIL·LANTS

EXPERIMENT 5: OBSERVACIÓ D'UNA REACCIÓ OSCIL·LANT DE *BELOUSOV-ZHABOTINSKII*

1. INTRODUCCIÓ

El rellotge biològic és un concepte que la majoria de persones els sona i sap més o menys a que es refereixen quan se'ls parla d'ells. Jo, inclosa entre "la majoria de persones", he decidit no quedar-me aquí, sinó que vull arribar a comprendre amb profunditat què és i com funciona el rellotge biològic.

El meu interès resideix en el fet que conec que el rellotge biològic és important en la vida, ja sigui en els éssers humans com en la resta dels éssers vius, i m'intriga com un organisme viu és capaç de tenir una propietat tan mecànica com un rellotge, la qual, jo des del meu punt de vista, associo amb una màquina o amb qualsevol altre objecte tecnològic.

D'altra banda, tinc un gran interès per la naturalesa i penso que comprendre-la és una eina molt útil per a poder comprendre'ns a nosaltres mateixos, els humans. Per aquesta raó, la manera més adequada per arribar a conèixer els ritmes biològics de l'ésser humà és a través de l'estudi un ésser viu menys complex que nosaltres, una planta.

Així doncs, l'objectiu principal d'aquests treball de recerca és conèixer què són els ritmes biològics, i els factors que l'influeixen, fent servir com a referència els ritmes d'una planta. No obstant això, els ritmes biològics és un camp massa extens per investigar-lo per complet, per tant delimitaré la investigació i em centraré en un ritme que al meu criteri és molt important, el ritme circadià. El motiu pel qual l'he triat és perquè és un ritme que compartim amb molts vegetals, és de curta durada i a més a més es pot observar en nosaltres mateixos, ja que s'encarrega que tinguem son a la nit i estiguem actius durant el dia.

Per l'assoliment d'aquest objectiu es portarà a terme una prèvia recerca documental dels ritmes biològics, la qual ajudarà més endavant a entendre els ritmes circadians. Posteriorment, una vegada centrats en els ritmes circadians, es concretarà la investigació en el funcionament i les altres característiques dels ritmes circadians de les plantes.

A partir d'aquí es procedirà a comprovar empíricament; en primer lloc l'existència dels ritmes circadians i la seva duració de 24 hores en un exemplar de *Mimosa pudica*, la qual suposadament posseeix un ritme fàcilment observable: obre les seves fulles durant el dia i les tanca durant la nit. Aquest experiment és convenient fer-lo perquè fa molt poc que s'ha donat crèdit a l'existència del rellotge circadià¹ i aquesta és una bona manera de comprovar-lo per mitjans propis. Per finalitzar aquesta primera part també es determinarà una propietat del ritme de la planta, la capacitat d'adaptar-se al canvi horari estacional.

En segon lloc, es comprovaran, en dos experiments més, les característiques que se li atribueixen al rellotge circadià i per les quals se l'ha reconegut com a tal; la seva propietat endògena, és a dir, que no és controlat per factors ambientals externs, la seva capacitat d'ajustar-se al cicle llum-fosc (dia-nit), ja sigui el terrestre o induït per l'home, i el seu mecanisme de funcionament.

En tercer lloc, es dóna un pas més endavant, ja que una vegada investigats els ritmes circadians en un ésser menys complex biològicament i socialment (*Mimosa pudica*), es passarà a esbrinar si l'ésser humà també posseeix el ritme circadià de semblants o iguals característiques que la *Mimosa pudica*. Aquest experiment es durà a terme mitjançant enquestes a persones que puguin mostrar manifestacions per l'alteració del rellotge circadià. Això conduirà a comprovar l'existència del rellotge circadià en humans i com al alterar-lo pot afectar a la salut.

Amb el conjunt d'experiments explicats anteriorment s'observarà també, si el rellotge circadià pot re ajustar-se, en les plantes i en els éssers humans.

Per a completar la investigació s'estudiarà un model molt utilitzat en l'explicació de l'origen i del concepte dels ritmes biològics en els organismes vius, les reaccions oscil·lants. L'objectiu d'aquests estudi és saber que són i poder observar de primera mà una d'aquestes reaccions.

¹ ECOSISTEMAS, REVISTA CIENTÍFICA I TÉCNICA DE ECOLOGIA I MEDIO AMBIENTE, año XII, Nº 1/ 2003, enero-abril

2. RITMES BIOLÒGICS

Els éssers vius, pel fet de viure a la Terra, es veuen sotmesos a les forces físiques que governen la naturalesa entre les quals hi destaquen per exemple aquelles que tenen relació directa amb la Terra i la Lluna. Moviments rotatoris, que provoquen canvis cíclics reiterats sobre la biosfera tals com l'alternança nit i dia, el flux - reflux de les mareas i les estacions de l'any. Aquests canvis cíclics obliguen als éssers vius a desenvolupar la seva activitat vital al compàs que els hi imposen. Organitzant el seu comportament i funcionament fisiològic també cíclicament, anticipant-se, i desenvolupant mecanismes endògens de previsió temporal : els rellotges biològics.

Què són els ritmes biològics?

Per definició un ritme biològic és una oscil·lació d'un paràmetre biològic dependent d'un rellotge endogen i de sincronitzadors ambientals.

Per més enteniment, seria favorable explicar que vol dir aquesta definició: un ritme biològic seria tot aquell fenomen dins d'un ésser viu que torna a ocórrer després d'un interval de temps, és a dir, fa una oscil·lació, i que a més, és periòdic. Té importància destacar que les causes d'aquests ritmes, de que siguin periòdics, són endògenes, és a dir, que són generats pel propi organisme gràcies a unes característiques determinades genèticament. Però són regulats per factors externs rítmics, com les condicions de llum i temperatura, o per ells mateixos.

Aquests ritmes comporten una sèrie de comportaments com les migracions, la reproducció estacional o l'ajust del període d'activitat al període òptim del dia. Aquesta dependència temporal de la conducta tenen darrera una complexa regulació fisiològica que porta a una millor adaptació dels organismes al medi en el que viuen. Així doncs, l'existència dels ritmes biològics forma part de la supervivència dels éssers vius.



Exemples de ritmes biològics a la natura: migracions, floracions i hibernació.

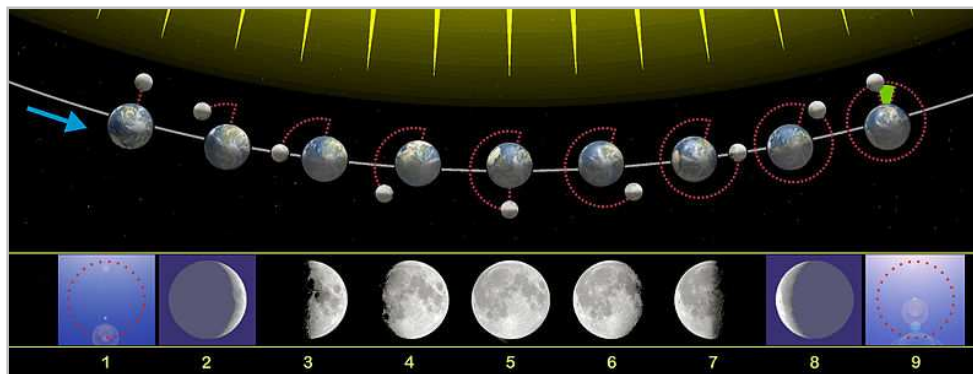
Classificació

Hi ha dues classificacions dels ritmes biològics, la primera depèn dels factors que regulen el ritme biològic, si són externs o interns. En la segona se'ls classifica segons la seva freqüència intrínseca.

Primera classificació:

- Ritmes extrínsecs: estan imposats des de fora de l'ésser viu, els factors desencadenats són:
 - L'ambient (la llum, la humitat, la temperatura, la salinitat, etc.).
 - Els fenòmens còsmics (alternança dia-nit, fases lunars, variacions estacionals, etc.).

Els factors externs actuen sobre l'organisme a través del seu sistema nerviós, i aquest normalment acciona el sistema endocrí.



- Ritmes intrínsecs: la causa és interna i no està determinada per factors ambientals, encara que aquests poden modificar-los o regular-los, per tant d'alguna manera formen part de la primera classificació però tenen una diferència fonamental: són independents dels fenòmens còsmics. El ritme intrínsec és, doncs, autònom.

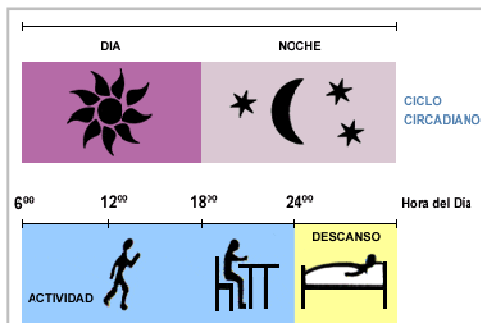
Segona classificació:

- Ritmes de freqüència alta (períodes < 30min.).



Per exemple: el batec del cor, la freqüència respiratòria o l'activitat del cervell mesurada mitjançant un electroencefalograma.

- Ritmes de freqüència mitjana (període en curs lliure entre 30 minuts i 6 dies):
 - Ritmes “ultradians” (entre 30 minuts i 20 hores). Com algunes etapes del son, acostumen a ser independents dels factors geofísics, és a dir, factors com per exemple el moviment de la terra entorn el Sol o el lloc on es trobi l’ ésser viu al qual pertany aquest ritme. Influeixen en diverses conductes animals, tals com l’alimentació, el moviment i l’exploració, a més a més de la copulació, el nivell d’atenció i l’aprenentatge. Bàsicament fan referència a l’**estat d’alerta del cervell durant l’ estat de vigília**.
 - Ritmes “circamareals” (aproximadament 12hores): L’activitat de les espècies costaneres presenta una ritmicitat circamareal. La característica principal d’aquests tipus de ritmes és que és sincronitzat pel vaivé de les mareas.
 - Ritmes circadians (20-28 h) :



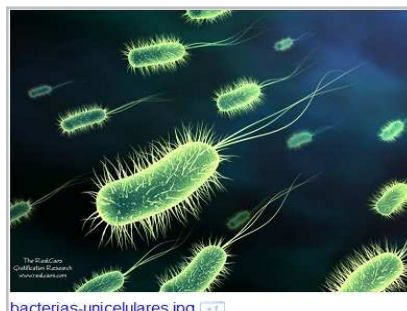
El cicle son-vigília, l’activitat motora, l’alliberament de la melatonina, i la temperatura presenten patrons rítmics circadianis. Aquest ritme és un dels més importants en l’ésser humà i en molts altres éssers vius.

- Ritmes “infradians” (28 h-6 dies) : Per exemple, el nivell de les hormones de la glàndula suprarenal té un ritme “infradià”.
- Ritmes de freqüència baixa (període en curs lliure > 6 dies)
- Ritmes “circalunars” (aproximadament 29 dies): La menstruació i la reproducció en animals de la zona intermareal es donen amb ritmes “circalunars”.
- Ritmes “circanuals” (aproximadament 365 dies): Presenten un patró de ritmicitat “circanual” ; la migració, la reproducció en espècies de reproducció estacional, la hibernació i la estivació.

Aspectes evolutius

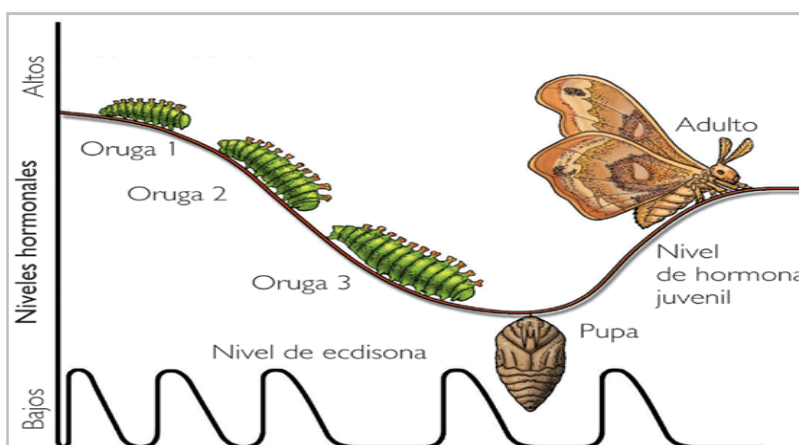
Com van dir al començament els ritmes biològics són una part fonamental per la supervivència dels éssers vius, així doncs és important comprendre i conèixer com van sorgir i on van ser les primeres manifestacions del rellotge biològic:

Els organismes unicel·lulars, tant procariotes com eucariotes ja presentaven processos rítmics en moltes de les seves activitats, com per exemple: la taxa de creixement de bactèries, creixien més o menys en determinats períodes que en altres.



Pel que fa al regne vegetal des de sempre han tingut processos biològics que avui dia gràcies al científic Sansvives, que al 1989 els va descriure, els coneixem com processos rítmics. Aquests processos, com el de floració, pol·linització, creixement, obertura de flors i el més important el moviment i orientació de les fulles, són activitats vegetals que sempre s'han observat i que avui dia podem dir que tenen un periodicitat, és a dir que es repeteixen a causa de l'adaptació del vegetal al entorn cíclic que l'envolta.

Al 1989 El científic Sansvives també va descobrir que els invertebrats pluricel·lulars posseeixen múltiples patrons rítmics que determinen el seu període de desenvolupament, reproducció, alimentació, etc... des dels seus períodes inicials de vida. En el cas dels insectes, com exemple d'invertebrats pluricel·lulars, el període de desenvolupament des de larva fins adult es troba pautat per multitud d'esdeveniments cíclics.



Desenvolupament d'un insecte controlat per les hormones, el ritme biològic.

Al 1987, el científic Tellería va dir que en el cas dels vertebrats hi ha descrits multitud de processos rítmics com la motilitat (la facultat de moure's), la reproducció, processos de muda y migració.

A part dels descobriments anteriors hi existeixen altres evidències fòssils de ritmes diaris en el Devónico (etapa del 394 m.a.) en corals i a finals del Ordovícic (etapa 420 m.a) en nautiloides. Aquests organismes tenien un ritme de creixement en capes en les petxines o esquelets coral·lins controlats per la llum. Els corals mostren a més a més, anells de creixement anual.

Pel que fa a la aparició del ritme biològics, alguns científics ho daten al 3500 m.a quan la Terra no era protegida per una capa d'ozó dels efectes nocius dels raigs ultraviolats. Postulen que les cèl·lules primigènies no haguessin sobreviscut molt temps si no haguessin desenvolupat una organització temporal que restringís a la nit els processos sensibles a la llum ultraviolada.

El científic Brady a partir del raonament anterior va crear al any 1979 la hipòtesi més acceptada avui dia sobre el origen dels ritmes biològics. Aquesta hipòtesi postula que: inicialment, els cicles diaris de llum, temperatura i humitat haurien sigut els agents més importants per la seva aparició. Més endavant, les activitats rítmiques de predadors i competidors aportarien pressió selectiva al procés organitzador circadià, és a dir, l' ésser viu que hagi sigut capaç de desenvolupar aquest rellotge biològic circadià serà qui sobreviurà i al ser endogen el transmetrà a la seva descendència. A partir d'aquí, els ritmes biològics van evolucionar com adaptació als cicles diaris i estacionals del ambient i com adaptació a la disponibilitat d'aliments i a les condicions ambientals.

Així doncs els rellotges del nostre cos són mecanismes molt antics que han estat en nosaltres durant mil milions d'anys d'evolució. Per tant són molt importants i sofisticats. Avui dia encara és necessari treball per determinar com i per què aquets rellotges es van desenvolupar en les persones i quin és el seu paper exacte de control en el nostre cos, és a dir, com funcionen aquests rellotges i com ens controlen a nosaltres.

Importància biològica i aplicacions dels ritmes biològics

L'organització temporal de processos fisiològics interns i esdeveniments bioquímics cel·lulars és fonamental ja que molts d'ells són dependents entre sí i no només necessiten un espai comú sinó que a més necessiten simultaneïtat en el temps. Per això és important el caràcter endogen dels ritmes independentment dels canvis o fluctuacions ambientals.

Dins la natura existeixen canvis impredecibles i canvis predecibles. Aquests últims, el predecibles, ocorren amb una freqüència determinada, són canvis fluctuants. L'organització temporal de les funcions de l'organisme permet activar mecanismes (efectors) perquè actuïn abans del canvi ambiental, en el cas de canvis fluctuants. Aquesta anticipació permet respondre amb màxima eficiència als canvis, i així suposar una menor despesa d'energia. Aquest mecanisme de supervivència es diu homeòstasi predictiva

Els ritmes diaris permeten ordenar algunes activitats segons les seves limitacions diàries, com la termoregulació en rèptils, la humitat en amfibis. També permet ordenar algunes estratègies de la vida dels éssers vius, com la recerca d'aliment o de refugi.

Altres ritmes de més període que els ritmes diaris, permeten ordenar comportaments més específics com la reproducció o la migració i, en condicions extremes de temperatura o disponibilitat d'aliment, indueixen estratègies com la hibernació.

Pel que fa a les aplicacions dels ritmes biològics, el estudi dels ritmes biològics ens pot ajudar a conèixer millor patologies, sobretot les cròniques, que es manifesten amb més intensitat a determinades hores: la úlcera pèptica, les crisis asmàtiques, atacs d'epilèpsia, pujades de pressió arterial i trastorns relacionats amb alteracions en la ritmicitat del organisme com és el jet lag (depressió i malestar quan es viatja a un destí amb un horari molt diferent del que es provenia, com per exemple viatjar d'Espanya a Austràlia), la depressió estacional o alguna mena d'insomnis.

Conèixer la ritmicitat de cada patologia així com el mecanisme que regulen aquesta ritmicitat, és fonamental pel tractament i curació d'aquestes patologies.

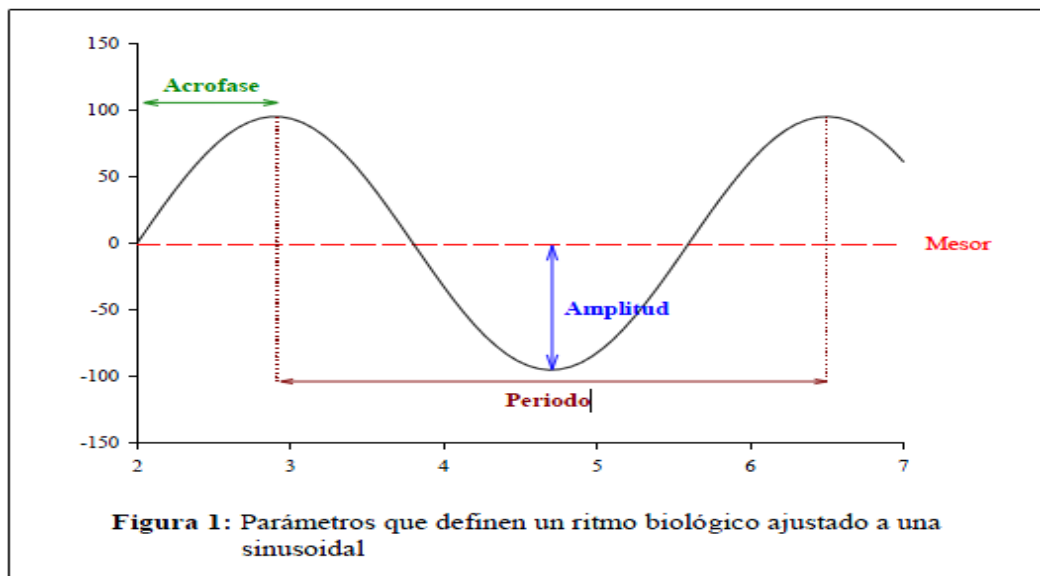
Altre aplicació del estudi dels ritmes biològics és la farmacologia: el cos humà és un sistema rítmic, així en el moment en que se li administra un fàrmac influeix en la seva absorció, metabolisme, duració dels seus efectes, excreció, accions col·laterals, toxicitat, així com en la seva eficàcia, els ritmes biològics de la persona a qui se li ha administrat. La cronofarmacologia és la part de la farmacologia que s'encarrega de l'estudi de totes aquestes variables i busquen la manera de dissenyar medicaments que actuïn just en el moment en el que siguin més efectius.

Els components del ritme biològic

En aquests treball els components del ritme biològic seran analitzats mitjançant una funció sinusoidal, així doncs cal aclarir aquests conceptes que seran utilitzats i esmentats més endavant:

Els paràmetres que defineixen el ritme biològic són els següents.

- El Període, és el interval de temps entre dos punts de ritmes iguals.
- Freqüència, la quantitat d'oscil·lacions completes en un segon.
- El valor mitjà o mesor, és la mitjana aritmètica de tots els valors obtinguts dins d'un cicle . És el valor al voltant del qual oscil·la la variable.
- La amplitud, és la diferència entre el valor màxim (o mínim) i el valor mitjà d'una oscil·lació.
- La fase, és el valor d'una variable en un moment donat. Per caracteritzar la fase normalment es determina la acrofase o el moment en el que la variable arriba al valor màxim. La representació de les acrofases dels diversos ritmes es denomina mapa de fases i indica la relació temporal entre els diversos processos fisiològics, apareixent amb una seqüència característica dins d'un cicle.



3. RELLOTGE CIRCADIÀ I RITMES CIRCADIANS

Introducció del rellotge circadià

Entre tots els processos biològics que ocorren amb certa periodicitat, potser els de més rellevància són els que tenen lloc seguint la pauta de temps que fa servir la terra en rotar al voltant del seu eix, o el que és el mateix, segons els cicles diaris de llum –fosc. Quan s'observa que un procés continua produint-se de manera periòdica en absència de l'estímul ambiental que l'ocasiona, ens trobem davant un ritme biològic, que a més a més té una periodicitat diària. Precisament per aquesta periodicitat o període de temps que ocupen ha sigut anomenats aquests processos com ritmes circadians.

Altra part que destaca en els ritmes circadians és que necessiten contínuament d'un estímul per mantenir actualitzada la informació temporal externa. Els rellotges circadians tenen una propietat que els fa únics entre els processos biològics i es anomenada compensació de temperatura. Al contrari que la majoria de processos bioquímics, que són sensibles a la temperatura, els ritmes circadians poden alterar la seva fase a causa d'un canvi de temperatura, però una vegada establitzat i adaptat la nova condició ambiental, no s'observa cap efecte sobre la periodicitat dels ritmes.

Així doncs, es trobem davant d'un rellotge capaç de no modificar el seu període davant canvis de temperatura. Però si pot ser modificat davant canvis de llum i pot mantenir-se actualitzat davant aquests canvis ambientals.

Característiques:

A partir de l'explicació anterior podem arribar a aquestes característiques:

- Els ritmes circadians són endògens i estableixen una relació de fase estable amb altres cicles externs, allargant o escurçant el seu valor del període i igualant-lo amb el cicle ambiental.
- Són capces de persistir sense la presència de claus temporals
- En condicions constants presenta una oscil·lació espontània amb un període al voltant de 24 hores.
- La longitud del període en oscil·lació espontània es modifica lleugerament o pràcticament res al variar la temperatura, és a dir, posseeixen mecanismes de compensació de temperatura.
- Són susceptibles de sincronitzar a els ritmes ambientals que posseeixen un valor de període aproximadament de 24 hores, com els cicles de llum i de temperatura.
- El ritme es desorganitza davant una condició ambiental important: **La Llum**

Aspecte important: cal distingir els ritmes circadians dels rellotges circadians, els ritmes circadians són regulats per rellotges circadians, aquests rellotges tenen estructures que avui dia no estan aclarides completament i varien la seva complexitat segons el organisme que s'estudia.

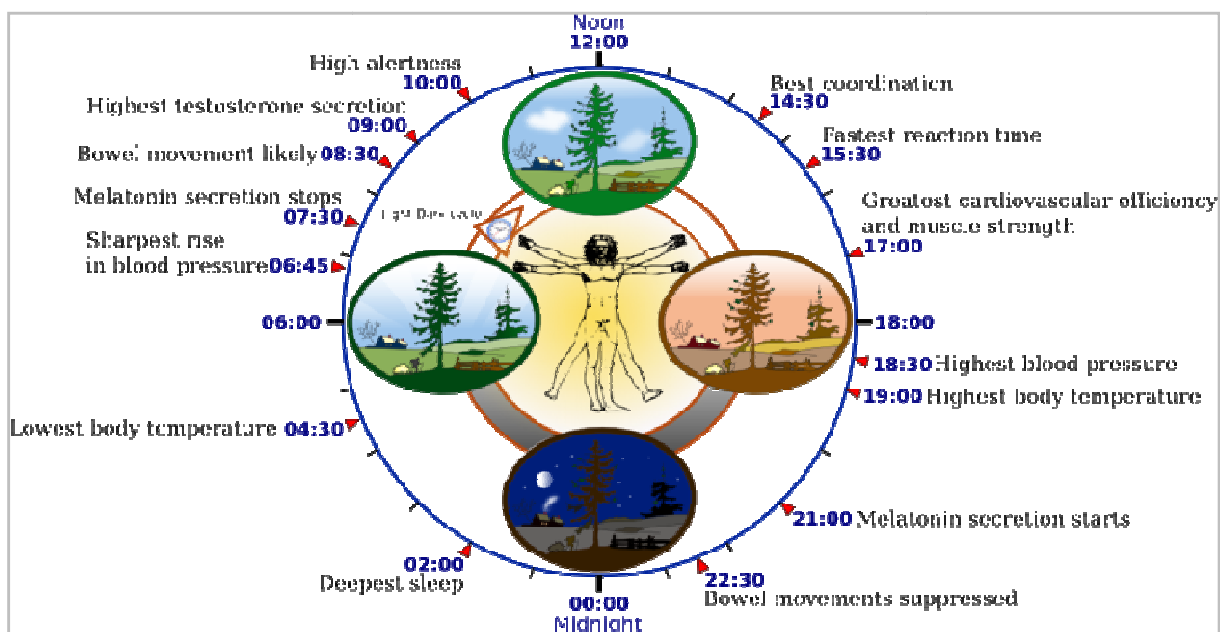
El ritme circadià: El rellotge endogen en mamífers

Quan es fa de dia les funcions del nostre organisme s'acceleren, anticipant-se al augment d'activitat física que s'aproxima. Les fases del cicle vigília - son en l'adult humà, la activitat motora espontània, la temperatura corporal, nivells intracel·lulars d'electròlits com el Cl^- , els nivells d'hormones com el colesterol, o melatonina segueixen un ritme biològic d'entre 20-28 hores, això és un ritme circadià.

Dins d'un organisme, cada cèl·lula, cada teixit, cada òrgan té la seva pròpia ritmicitat. Aquests ritmes hauran d'estar coordinats pel bon funcionament de l'organisme. Existeix una jerarquia entre els diferents ritme, i l'encarregat de coordinar-los seria el rellotge endogen.

Un rellotge endogen circadià presenta dos propietats fonamentals:

- Està genèticament programat com un cicle d'una longitud propera a les 24 hores. Aquest cicle s'observa en animals mantinguts en condicions constants de foscor i temperatura, i s'anomena ritme en curs lliure perquè manifesta el ritme intrínsec. Aquest ritme intrínsec varia segons les espècies però mai es desvia de les 24 hores, pot variar només en poques hores.
- Pot ser sincronitzat amb un cicle de 24 hores dia - nit. La llum pot sincronitzar el cicle avançant-lo o retardant-lo fins a fent-lo coincidir amb el cicle de 24 hores dia i nit.



Ritme circadià humà amb diversos paràmetres fisiològics

| Ritmes Biològics en l'esser humà | |
|---|---|
| 14.30: Millor coordinació | 02.00: Son més profund |
| 15.30: Ràpid temps de reacció | 04.30: Disminució de la temperatura corporal |
| 17.00: Major eficiència cardiovascular i força muscular | 06.45: Major increment de la pressió arterial |
| 18.30: Pressió arterial elevada | 07.30: Parada de la secreció de melatonina |
| 19.00: Temperatura corporal elevada. | 08.30: Torna el moviment intestinal. |
| 21.00: Comença la secreció de melatonina | 09.00: Augment de la secreció de testosterona |
| 22.30: Supressió dels moviments intestinals | 10.00: Estat d'alerta elevat |

4. RITMES I RELLOTGES CIRCADIANS DE LES PLANTES

Conceptes importants de la biologia d'una planta:

Proteïnes:

Les proteïnes són les biomolècules més abundants en les cèl·lules i hi constitueixen més del 50 per 100 del seu pes sec. Són formades per carboni, hidrogen, oxigen i nitrogen, i de vegades també poden portar a la seva molècula àtoms de sofre i fòsfor. La seva importància rau en el fet que la informació emmagatzemada en el material genètic s'expressa mitjançant aquestes biomolècules.

Les molècules bàsiques a partir de les quals es constitueixen les proteïnes s'anomenen aminoàcids. Es van agrupant diversos aminoàcids fins a arribar a formar una proteïna. En els éssers vius existeix un conjunt bàsic de vint aminoàcids que formen les proteïnes, i com hi ha múltiples formes de combinar-se entre elles, el nombre de proteïnes existents és també molt elevat i específic de cada ésser viu.

Origen en les plantes: cal remarcar el fet que les plantes són els éssers vius capaços de sintetitzar les proteïnes, és a dir, són capaces de crear-les sense necessitat d'alimentar-se d'altres éssers vius. La resta d'éssers s'alimenten d'uns altres i així a partir del seu metabolisme fan les seves proteïnes.

Aspecte important: Les proteïnes es sintetitzen dependentment com es troben regulades pels gens que les codifiquen. Així doncs, són susceptibles a senyals o factors externs, com podria ser la llum o la temperatura.

Funcions de les proteïnes:

- Principal component estructural de tots els teixits i cèl·lules.
- Essencial pel creixement i reparació dels teixits.
- Formació de compostos essencials pel ésser viu: les proteïnes formen part de molècules vitals del organisme, com: els enzims i les **hormones**
- Funció hereditària: com a constituents del nucli de les cèl·lules, són responsables del material genètic.

Què poden considerar com a proteïnes?

Pràcticament tot els processos biològics depenen de la presència o l'activitat d'aquest tipus de molècules. Per tant considerem com a proteïnes importants dins d'una planta:

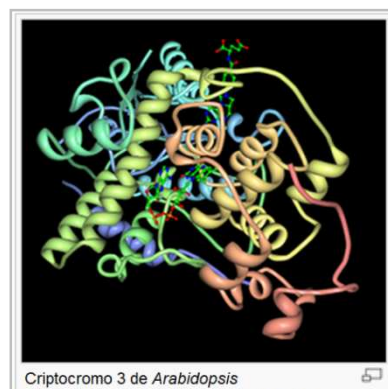
- Enzims, catalitzadors de reaccions químiques en organisme vivents
- Moltes hormones, que són reguladores de activitats cel·lulars: en el cas de les plantes reguladores de creixement i floració.
- Els receptors de les cèl·lules, als qual es fixen molècules capaces de desencadenar una resposta determinada

Flavoproteïnes

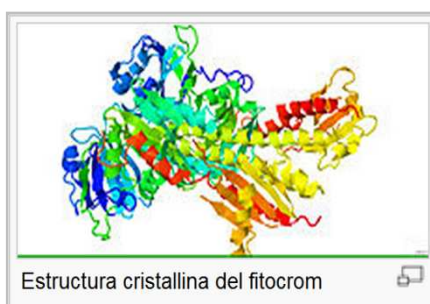
Les flavoproteïnes estan implicades en un ventall de processos biològics incloent la bioluminescència, treure els radicals químics, contribuir a l'estrès oxidatiu, la fotosíntesi, la reparació d'ADN, i l'apoptosi.

- **Criptocroms (CRY)**:són una classe de flavoproteïnes sensibles a la regió del blau que es troben en animals i plantes. Els criptocroms estan implicats en els ritmes circadians d'animals i plantes.

Els dos gens *Cry1* i *Cry2* codifiquen per les dues proteïnes del criptocrom CRY1 i CRY2. En els insectes i les plantes, CRY1 regula el rellotge circadià en la forma dependent de la llum, mentre que en els mamífers, CRY1 i CRY2 actuen com inhibidors independents de la llum dels components del rellotge circadià.



- El **fitocrom (PHY)** és una proteïna fotoreceptora, un pigment que les plantes utilitzen per detectar la llum. És sensible a la regió de llum del roig i ultraroig de l'espectre visible. Moltes plantes fan servir el fitocrom per regular el moment floració basant-se en la llargada del dia i de la nit (fotoperiodisme) i per ajustar els ritmes circadians. També regula altres respostes incloent la germinació de les llavors (fotoblàstia).



Gens

Per definició: Un gen és una seqüència lineal de nucleòtids d'ADN o ARN que és essencial per a una funció específica, ja sigui en el desenvolupament de l'ésser o en el manteniment d'una funció fisiològica normal. Emmagatzema la informació genètica de cada individu.

Podem dir que la funció d'un gen és controlar d'alguna forma les funcions fisiològiques de l'ésser viu per al seu correcte funcionament, algunes d'aquestes funcions tenen molt a veure amb les funcions que avui dia coneixem com periòdiques i que saben que són controlades pel rellotge circadià. Exemples d'aquestes funcions són:

- La necessitat de mantenir l'equilibri del pH La necessitat de dormir, descansar, eliminar residus.
- Les funcions hormonals
- Les funcions motrius (córrer, caminar, pensa, parlar..)

Relació entre proteïnes i gens, i la forma en que realitzen la seva funció.

La funció dels gens es fa en dues parts:

- La transcripció: en aquesta part la informació genètica que posseeix es reescriu en un missatger anomenat ARN.
- La traducció: el missatger ARN que posseeix la informació genètica la fa servir per a construir una proteïna i és aquesta la proteïna la que fa la funció del gen.

Així doncs, de forma simplificada alguns gens formen les proteïnes i després aquestes són les que realitzen la funció. Aquest tipus de gens són anomenats gens estructural i donen característiques a les proteïnes:

- **Gens estructurals:** codifiquen per a proteïnes que podrien ser reguladores de gens, La seqüència de bases present en l'ARN (a la informació genètica que se'l ha transferit en la transcripció) determina la seqüència d'aminoàcids de la proteïna per mitjà del codi genètic. Recordem que les diferents proteïnes depenen de les diverses formes de combinacions d'aminoàcids.

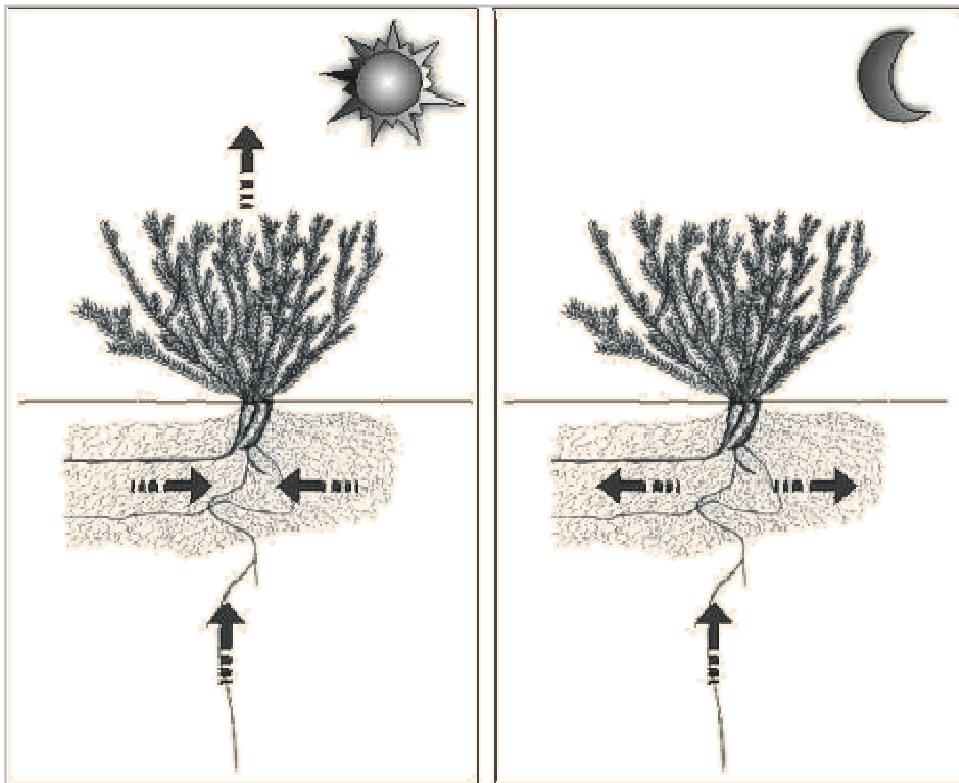
Hi ha un altre tipus de gens anomenats **Gens reguladors no transcriptors**, d'aquets tipus de gens només cal destacar:

- Gens de seqüències de l'ADN que reconeixen i interactuen com a proteïnes, hormones i altres molècules.

Aspecte important dels gens: El gen és considerat com la unitat d'emmagatzemament d'informació i la unitat responsable de transmetre-la a la descendència. Aquesta informació genètica es pot modificar entre generacions mitjançant l'aparició de **mutacions**

Introducció al rellotge circadià d'una planta.

Les plantes necessiten coordinar tota la seva fisiologia i reproducció amb la informació del ambient que les envolta . Els ritmes biològics permeten a les plantes anticipar-se a algunes condicions canviant del exterior com per exemple la llum i la temperatura. Els encarregats de generar aquests ritmes són els rellotges biològics, que a la vegada utilitzen informació de l'ambient que envolta a la planta per actualitzar el seu propi funcionament.



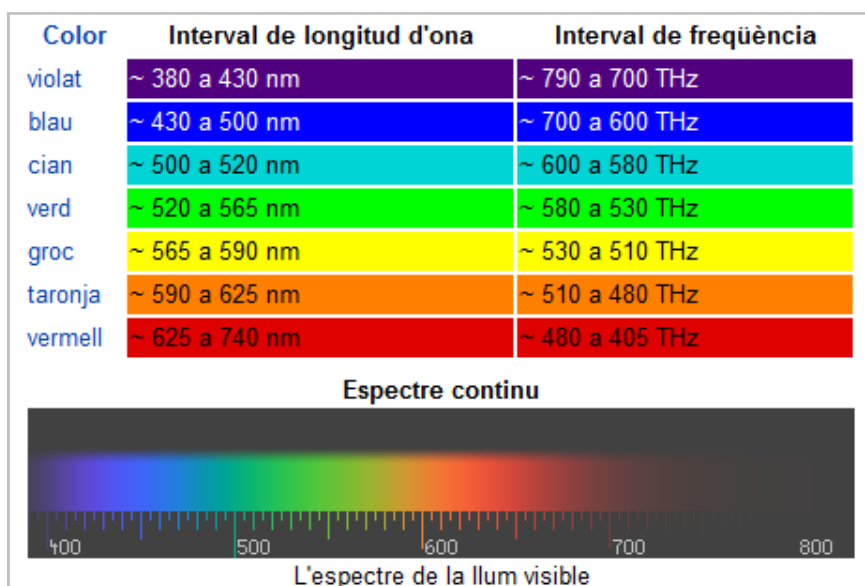
Exemple de ritme circadià en plantes: Arbust anomenat (*Pleocarpus revolutus*), durant el dia l'arbust xucla aigua del terra i l'utilitza per fer créixer les seves branques. En canvi durant la nit xucla aigua del terra també, però en comptes de fer créixer les branques fa

Funcionant del rellotge circadià d'una planta

Cóm arriba la informació de l'ambient al rellotge circadià de la planta?

Els mecanismes pels quals el rellotge intern de la planta és capaç de percebre els canvis de temperatura o fins i tot el mecanisme que permet al rellotge la compensació de la temperatura romanen encara desconeguts. Però els mecanismes pels quals l'energia lluminosa és percebuda per les cèl·lules i com aquesta informació és transmesa al rellotges són més coneguts.

En les plantes conviuen dos proteïnes fotoreceptores molt importats. La primera, una mica menys important que l'altre, és una anomenada criptocrom(CRY) la qual també tenen altres ésser vius com els éssers humans, aquesta proteïna pertany al grup de fotoreceptors de la llum blava, així la seva funció és percebre aquest tipus de llum i transmetre la informació al rellotge circadià. La segona proteïna és el fitocrom (PHY), aquesta és característica de les plantes, és a dir, només la posseeixen les plantes. La funció d'aquesta proteïna és percebre l'altre regió de llum que no és la blava, la llum vermella fins al vermell llunyà. Aquesta informació l'aurà de transmetre en funció d'estímuls lluminosos als components del mecanismes del oscil·lador circadià. Així doncs, el rellotge circadià d'un planta és l'únic capaç de percebre la llum vermella.



Cal destacar també que el fotoreceptor criptocrom (CRY) a diferència que en els mamífers, en les plantes és independent del rellotge, és a dir, no són components integrals del rellotge sinó només actuen com a molècules fotoreceptores.

Cóm funciona el mecanisme oscil·lador del rellotge circadià?

L'energia lluminosa és transmesa al oscil·lador central del rellotge que és l'encarregat de mantenir la periodicitat temporal, això vol dir que aquest mecanisme oscil·lador és el component més interessant del mecanisme biològic circadià de la planta.

Els components moleculars del oscil·lador central estan definits: són proteïnes les biomolècules principals que formen part dels respectius oscil·ladors. Per tant el oscil·lador està format per proteïnes i es divideixen en dos tipus:

- Els element positius: són proteïnes que regulen i indueixen la expressió, és a dir, a que facin la seva funció, a altres proteïnes. I així activen alguns processos biològics en la planta com la floració... etc.
- Elements negatius: són les proteïnes que són induïdes i regulades per les proteïnes positives però que a la vegada poden, a patir d'un estímul extern com el canvi de llum, negar a les proteïnes positives. I així retardar o avançar alguns processos biològics de la planta.

En les plantes fa molt poc que s'ha començat a identificar quins són les possibles proteïnes responsables del oscil·lador central. I encara que hi ha unes quantes identificades no es disposa de proves inequívocues que demostrin la seva funció com components del mecanisme oscil·lador.

Altre part fonamental per entendre el mecanisme oscil·lador dels rellotges biològics, és que com hem dit abans les proteïnes són les encarregades de controlar-lo però aquestes a la vegada estan formades per gens. Així doncs quan algun gen que codifica els components del rellotge circadià (les proteïnes) ha mutat provoca alteracions en els ritmes circadians com en el ritme de floració, obertura de fulles , ... etc.

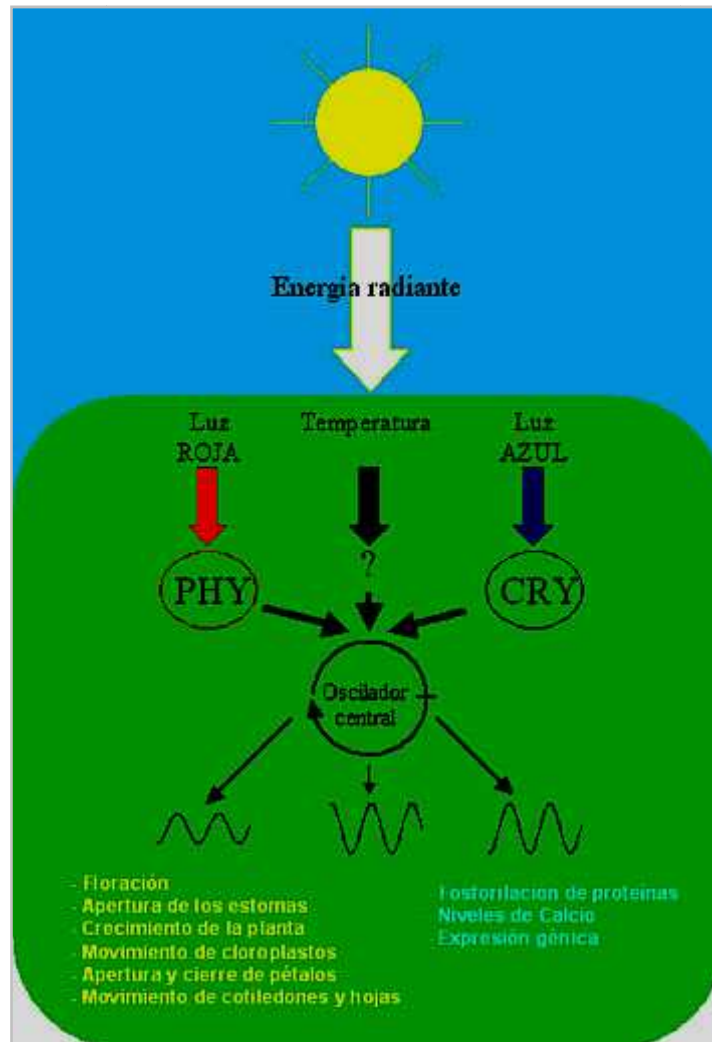
Cóm surt la informació del oscil·lador central?

Com he vist abans el gens són una part fonamental del rellotge biològic però no només en la transmesa d' informació mediambiental al oscil·lador, sinó que també hi ha altres tipus de gens que són controlats pel rellotge biològic amb la funció de transmetre les ordres donades pel rellotge i que es faci possible els ritmes circadians. És a dir, hi ha gens que només tenen la funció de formar proteïnes que fan de transmissores d' ordres del rellotge biològic cap a la resta del cos.

Un exemple, trobat recentment, de gen que participa en el control fotoperiòdic del rellotge circadià és el gen anomenat **CONSTANS**. Aquest gen, controlat a al vegada pel rellotge biològic, és la clau per a transmetre la informació del rellotge biològic, la qual és utilitzada per la planta per el control de diversos processos de màxima importància en la biologia de les plantes.

De totes les vies de transmissió de senyals que surten des de l'oscil·lador central, les que intervenen en el control de temps de floració són les millors conegudes de les plantes. No obstant això, cal esperar que les noves eines moleculars de les que avui dia es disposa permetran en un futur no molt llunyà identificar components de totes les vies de transmissió de senyals que surten del oscil·lador central del rellotge biològic i que participen en el control de multitud de processos bioquímics, biològics y cel·lulars.

Esquema resum del funcionament del rellotge circadià d'una planta



Representació esquemàtica del sistema circadià en plantes. L'energia lluminosa de l'exterior és percebuda per fotoreceptors com fitocroms (PHY) i Criptocroms (CRY), si bé es desconeix el receptor de temperatura de les plantes. La informació de l'exterior és transmesa al oscil·lador central que és l'encarregat de mesurar la longitud del període de diversos processos que es troben marcats de color groc (temps de floració, moviment de les plantes, etc) i els farà efectius a través del control dels processos indicats en blau (control de l'expressió gènica, etc).

5.FASE EXPERIMENTAL Nº 1

Subjecte comú dels experiments: *Mimosa sensitiva rosa* o *Mimosa pudica*



Tipus: Planta anual
Nom comú català: Sensitiva rosa
Nom comú castellà: Sensitiva, Vergonzosa
Exposició: sol
Reg: regular
Floració: maig - octubre

La **sensitiva rosa** (*Mimosa pudica*) és una planta d'origen americà de la família de las fabàcies. És fàcilment distingible per la seva reacció al tacte, desenvolupada com a defensa davant els depredadors. Originària del Brasil, és naturalitzada en moltes altres regions tropicals i es ven com ornamental per la característica de les seves fulles al ser tocades.

Morfologia

És una planta herbàcia, perenne, és a dir que no perd, ni es moren totes les seves fulles en hivern i en cap altra estació del any.

La *Mimosa sensitiva rosa* és una planta que pot arribar fins un metre d'alçada i amb arrels molt desenvolupades.

Pel que fa les seves fulles són pinnaticompostes o bipinnades, és a dir, una fulla d'aquesta planta està formada per altres conjunts fulletes anomenats pinnes. En concret, les fulles de *Mimosa* estan formades per dos parells de pinnes que contenen de 15-25 parells de fulletes o folíols lineals.

Les flors de la *Mimosa pudica* són petites, de color rosat, malva o purpúries. El fruit és una llegum. La seva vida és relativament curta, fins a 5 anys aproximadament.

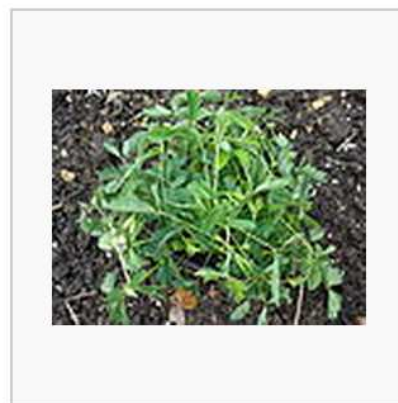
Defensa

Posseeix un mecanisme de defensa sorprenent, ja que al sentir-se amenaçada, amb el més mínim frec, reacciona plegant les seves fulles recollint-se fins a tancar-se. Aquesta mena de defensa és diu tigmomàstia (sota estímuls tàctils pleguen els folíols i tota la fulla).

Les fulles de la *Mimosa pudica* és tanquen ràpidament en resposta a tocs, vibracions, i fins a estímuls elèctrics i tèrmics. Aquesta resposta redueix l'àrea superficial disponible per a que els herbívors la mengi, ja que només la part inferior dels folíols queda exposada, a més d'això, la planta queda amb un aspecte marcit, que fa que els possibles depredadors no tinguin ganes de menjar-se-la. D'altra banda petits herbívors poden ser expulsats de la planta pel moviment de les fulles.



Mimosa pudica amb els folíols oberts



Mimosa pudica amb els folíols tancats

Aspecte important: La *Mimosa* sensitiva rosa posseeix un rellotge circadià, que correspon amb el cicle dia-nit. Quan surt el sol i comença el dia, la *Mimosa* es "lleva", obre les seves fulles i les manté obertes durant tot el dia. Però quan el sol es pon i comença la nit, la *Mimosa* "dorm", tanca les seves fulles.



EL meu exemplar de *Mimosa pudica*, respectivament: Nit, interval de l'alba i vespre, i Dia

Experiment 1: El cicle dia - nit i el canvi horari estacional de la *Mimosa pudica*

Objectiu

Determinar si el cicle activitat-repòs de la *Mimosa pudica* correspon amb el cicle dia-nit de l'entorn que l'envolta, és a dir, comprovar l'existència d'aquest ritme circadià i la seva durada de 24 hores. Demostrar també l'adaptació del rellotge biològic de la planta al canvi horari estacional.

Introducció

Primerament, m'avocaré en la investigació del cicle circadià que posseeix la *Mimosa* Sensitiva rosa. La teoria diu que aquesta planta posseeix un cicle dia-nit, és dir, que com nosaltres descansa tancant les seves fulles, per la nit, i es lleva pel matí obrint les seves fulles. Durant el dia té programades pel rellotge circadià uns processos biològics i per la nit en té programats uns altres.

Aquí jauria la demostració de la característica principal dels rellotges circadians:

- Pot ser sincronitzat amb un cicle de 24 hores dia - nit.

Per poder comprovar que el cicle activitat-repòs de la planta coincideix amb el cicle llum-fosc del dia, es procedirà al estudi de les hores de llum del dia i el comportament de la planta en moments claus del dia com l'alba i el vespre.

En segon lloc, en aquest experiment, es comprovarà un altre de les característiques principals d'un ritme circadià:

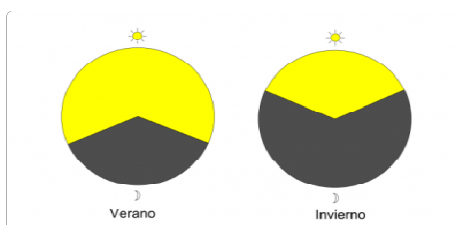
- La llum pot sincronitzar el cicle avançant-lo o retardant-lo fins a fent-lo coincidir amb el cicle de 24 hores dia i nit.

Aquesta característica és un símil del que succeeix en Espanya quan es produeix el canvi d'estació de l'estiu al hivern: les nits són més llargues durant el hivern que durant l'estiu.



Així doncs, es comprovarà com la *Mimosa* Sensitiva rosa, (el seu ritme circadià d'obertura i tancament de fulles) s'adapta aquest canvi estacional en Espanya.

Els resultats que s'han d'observar haurien de ser com en estiu, abans que comenci la disminució d'hores de llum, tenia les mateixes hores obertes les fulles com hores de llum hi haguessin. I com més endavant en hivern, en el qual hi haurà un disminució d'hores de llum, també tingui les mateixes hores obertes les fulles com hores de llum hi hagin en aquell moment.



Material i equipament

| Equipament |
|---|
| Substrat de terra, amb condicions normals. |
| Recipient, com a test per la <i>Mimosa</i> . Amb forats per facilitar el drenatge d'aigua |
| Llavors de <i>Mimosa pudica</i> . |
| Càmera o webcam programable per fer fotos a intervals de temps determinats. |
| Adob natural, ric en potassi. |
| Aigua amb una duresa baixa pel reg. |

Procediment

- a) Trobar un lloc, en qual pugui viure la planta. No li ha donar directament el sol perquè pot cremar-la. En aquest lloc la temperatura ha de ser constant, ja que al hivern les temperatures en Espanya són massa baixes i la *Mimosa* no les suportaria.
- b) S'han de plantar les llavors almenys 30 dies abans del dia 29 d'octubre. En estiu la planta s'ha de regar almenys una vegada al dia. En hivern el reg ha de disminuir, a una vegada cada dos dies.

Primera part:

- c) Elegir un dia d'estiu per començar el experiment (abans del 29 d'octubre) . El dia abans anotar veien la pag web <http://www.tutiempo.net/>, les hores de llum i les hores de nit que hi haurà al dia següent. Anotar també la hora en que surt el sol i la hora en la que es pon.
- d) El dia indicat, aproximadament 15 minuts abans de la sortida del sol, començar a fer fotos a la planta des d' un punt fix sempre, sense canviar la posició de la càmera. A un interval de temps entre 10 i 15 minuts. Deixar de fer fotos després de que passi una hora de la sortida del sol.
- e) Al vespre del dia indicat, dues o una hora abans de la posta de sol, començar a fer fotos amb els mateixos criteris que l'apartat anterior.
- f) Anotar el que s'observa a les fotos i els canvis apreciats.

Segona part:

- g) Un dia d'hivern, després de que hagin passat uns 20 dies des del 29 d'octubre repetir, els passos de la primera part.
- h) Comparar les observacions de les fotos fetes en estiu i les fotos fetes en hivern, fent èmfasis, en les hores d'obertura i les hores de la sortida del sol.

Resultats







Primera part

Dia 29 d'octubre del 2011 a dia 30 d'octubre del 2011:

- Segons la pàgina web <http://www.tutiempo.net/> hi haurà 12 hores de sol i 12 hores de nit. **Interval de llum: 12 hores.**
- La sortida del sol comença a les **6.40 del matí** i la posta de sol comença a les **6.40 de la tarda**.






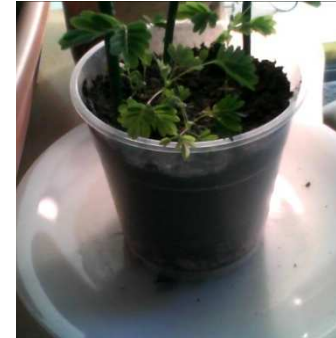
EL dia 29 d'octubre es comença a fer fotos a les i amb un interval de temps de 10 minuts cada foto.

Dia 29 : a la posta del sol

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 18:42: Es comença a veure com la planta comença a tancar les fulles | 18.52 | 19.12 |
|  |  |  |
| 19.22 | 19.42 | 19.52 : Es pot veure com les fulles estan completament tancades. |

Canvis apreciats: quan comença el descens de llum, és a dir, la posta de sol a les 6.40, les fulles de la planta comencen a tancar-se, però no es tanquen completament fins que ja no hi ha gens de llum 19.52.

Dia 30 a l'alba:

| | | |
|--|---|--|
|  |  |  |
| 6.02: Aquí comença a obrir les fulles molt a poc a poc | 6.22 | 6.42 |
|  |  |  |
| 7.02 | 7.22 | 7.32: Aquí les fulles estan totalment obertes. |

Canvis apreciats: les fulles comencen a obrir-se a les 5.42, una hora abans de la sortida del sol prevista 6.40, i acaben d'obrir-se totalment a les 7.32 uns 40 minuts després de la sortida del sol.

Resultats de la primera part, Estiu.

Les fulles de la *Mimosa* sensitiva rosa el dia 29 d'octubre es troben completament tancades a les 19.52 i té un interval de tancament de fulles des de les 18.42 fins les 19.52, un hora i 10 minuts aproximadament.

Les fulles de la *Mimosa* es troben completament obertes el dia 30 d'octubre a les 7.32 i té un interval d'obertura des de les 6.02 fins a les 7.32, un interval de temps d'1 hora i 30 minuts aproximadament.

Així puc dir que el interval de llum coincideix aproximadament amb el interval d'activitat amb fulles obertes del cicle de la *Mimosa* .

$$\text{Interval d'activitat: } \frac{((19 * 60 + 52) - (7 * 60 + 32))}{60} = 12.33 \text{ hores} \cong 12 \text{ hores}$$

Segona part:

Dia 3 de desembre del 2011 a dia 4 de desembre del 2011:

Segons la pagina web aquestes seran les dades del dia 4 de desembre:

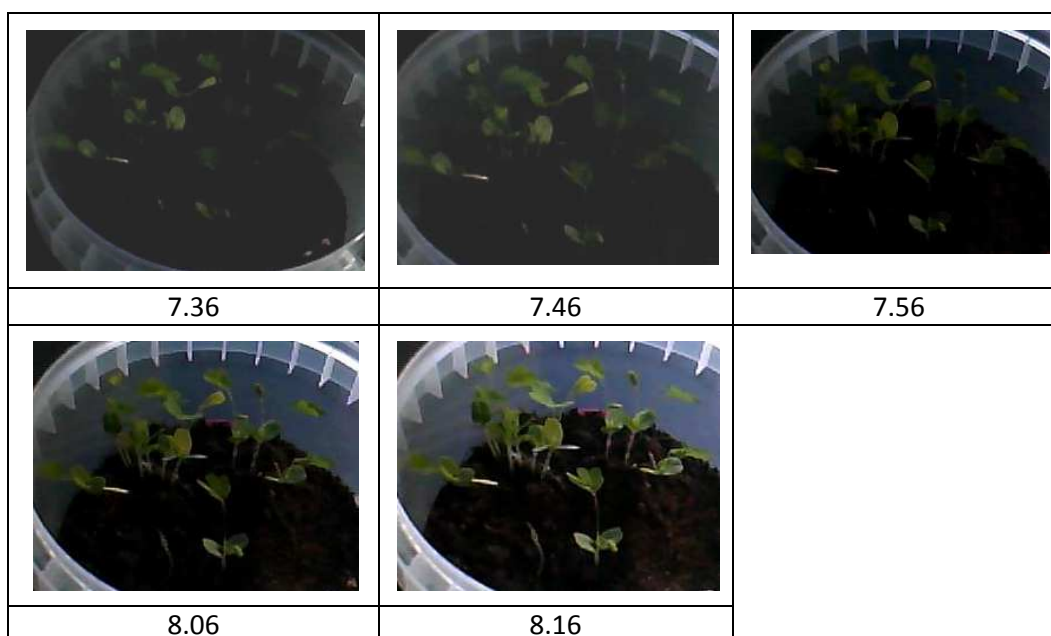
Astronomia

| | | |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|
| Dec. 04, 2011 | Sortida | Posta |
| Hora real | 8:00 AM CET | 5:22 PM CET |
| Crepuscle civil | 7:29 AM CET | 5:53 PM CET |
| Crepuscle nàutic | 6:55 AM CET | 6:28 PM CET |
| Crepuscle astronòmic | 6:21 AM CET | 7:01 PM CET |
| Lluna | 1:49 PM CET | 2:08 AM CET |
| Hores de llum | 10h 23m | |
| | 9h 22m | |

S'agafa el interval de 9 hores i 29 minuts de llum perquè és el que és perceptut per nosaltres


EL dia 4 d'octubre es comença a fer fotos a les i amb un interval de temps de 10 minuts cada foto.

Dia 4, l'alba:



Canvis observats: les fulles comencen a obrir-se a les 7.36 i estan completament obertes a les 8.16, quan ja tot està il·luminat pel sol.

Dia 4 al vespre:

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 16.52 | 17.02 | 17.12 |
|  |  | |
| 17.22 | 17.32 | |

Canvis observats: comença a tancar-se les fulles a les 16.52 i acaben de tancar-se completament a les 17.32.

Resultats de la segona part, Hivern:

Les fulles de la *Mimosa* sensitiva rosa el dia 4 de desembre es troben completament obertes a les 8.16 i té un interval d'obriment de fulles des de les 7.36 fins les 8.16, uns 45 minuts aproximadament

Les fulles de la *Mimosa* es troben completament tancades el dia 4 de desembre a les 17.32 i té un interval d'obertura des de les 16.52 fins a les 17.32, un interval de temps de 45 minuts aproximadament.

$$\text{Interval d'activitat: } \frac{((17 * 60\text{min} + 32) - (8 * 60 + 16\text{min}))}{60} = 9.26\text{hores}$$

Experiment 2: Mecanisme endogen i adaptació induïda del ritme circadià en *Mimosa*

Objectius

Determinar que el ritme circadià de les fulles de la *Mimosa pudica* és endogen, és a dir, no és controlats exclusivament per factors ambientals externs. A partir d'això comprovar si és capaç d'adaptar-se a un canvi radical comés traslladar la nit al dia i el dia a la nit.

Introducció

Els ritmes biològics diaris es va descobrir científicament per primera vegada en plantes, a principis del segle XVII quan l'astrònom francès Mairan va observar que les plantes de *Mimosa pudica* que prèviament havien crescut en cicles naturals de llum-fosc, després de ser transferides a fosc permanent continuaven obrint i tancant les seves fulles amb un ritmicitat propera a 24 hores.

Va ser necessari el transcurs de quasi un segle fins que es va poder demostrar que els ritmes del moviment de les fulles de la *Mimosa* estan controlades de forma endògena, i no per cap altre mena d'influència inadvertida de la rotació de la terra. I es demostra que es tracta d'un ritme controlat per un mecanisme cel·lular endogen, el rellotge circadià.

En aquest experiment es demostrarà unes altres propietats dels ritmes circadians:

- “Està genèticament programat com un cicle d'una longitud propera a les 24 hores. Aquest ritme intrínsec varia segons les espècies però mai es desvia de les 24 hores, pot variar només en poques hores.” **Demostraré que la causa del ritme circadià de la *Mimosa*, el rellotge circadià és endògena, i no és controlat per altre factor com és la rotació de la terra. El qual en el experiment 1 no s'ha descartat com a possible causa de la adaptació de la *Mimosa* al canvi horari estacional.**
- “Existència del rellotge circadià en la *Mimosa* permet l'organització temporal de les funcions de l'organisme i per tant permet activar mecanismes perquè actuïn abans del canvi ambiental”. És a dir les fulles de la *Mimosa* hauran d'obrir-se abans de que li comenci a arribar llum.

Material i equipament

| |
|---|
| 3 Tests amb substrat per la <i>Mimosa</i> de volum igual i mateix tipus de drenatge |
| Llavors de <i>Mimosa pudica</i> |
| Càmera de fotos |
| Trípode |
| Un llum de baix consum |

Procediment





- a) En els tres testos plantar unes 10 llavors en cada un i cuidar-les fins a que germinin. Deixar sempre el tres testos en un mateix lloc, en el qual puguin tenir les mateixes condicions de temperatura i llum. Deixar-les créixer 15 dies.
- b) Diferencia els testos: un serà el test control , el qual es quedarà en el mateix lloc on es troba i servirà per comparar-lo amb els altres testos amb els quals s'experimentarà, i l'altre es farà servir per aquest experiment, l'anomenarem test 1. El test que queda s'utilitzarà més endavant en altre experiment.
- c) Buscar un lloc apartat totalment de qualsevol mena de llum, però amb la mateixa temperatura. En aquest lloc es farà el experiment i és on serà el test 1 durant l'experiment.
- d) Estructurar el trípode amb la càmera de manera que quedin apuntant fixament i sense variacions, el test 1, en el lloc de l'apartat C. Estructurar també el llum per a que quedi just damunt del test 1.
- e) Buscar en Internet i anotar l'hora de la posta sol, la hora de sortida del sol, les hores de llum i hores de foscor del dia en que es farà el experiment.
- f) La tarda anterior quan ja s'hagi posat el sol i les fulles de la *Mimosa* estiguin tancades posar el test 1 en el lloc indicat, amb el llum i la càmera apunt.
 - i. **Important:** no pot entrar gens de llum de fora només el del llum que es posarà expressament .
- g) Dues hores abans de l'alba del dia següent començar a fer fotos a un interval de 45 minuts i una hora.
- h) Just en l'hora de la posta de sol , encendre el llum.
- i) Al dia següent, tancar el llum just al moment de la sortida del sol.
- j) Continuar al els apartats h i i anar anotant els canvis observats.

Resultats




Anotacions inicials:

- Hora de la sortida del sol o alba: 8.00 hores
- Hora de la posta de sol: 17.30 hores
- Durada hores de llum: 9 hores i 30 minuts
- Durada hores de foscor: 14 hores i 30 minuts










Resultats de la matinada del primer dia d' experiment:








| | | |
|--|--|---|
|  |  |  |
| 6.43 | 7.40 | 8.30 |
|  | <p>Observacions: es pot veure en aquestes fotos que encara que la planta no te cap estímul de llum, obre les seves fulles en l'hora que està previst que ho faci, a l'hora de la sortida del sol.</p> | |
| 9.30 | | |

Resultats de la posta de sol del primer dia:

| | | |
|--|--|---|
|  |  |  |
| 16.28 | 17.36: hora en la s'encén el llum | 18.35 |
| <p>Observacions: a les 18.28 quan s'apropava l'hora del crepuscle, les 17.30, es veu que les fulles de la <i>Mimosa</i> es comencen a tancar. Però a les 18.35, després d'haver passat una hora de que s'encengués el llum es torna a obrir de nou.</p> | | |

Resultats del segon dia d' experiment:

| | | |
|---|--|---|
|  |  |  |
| 00.30 | 5.59 | 8.30 |
|  |  |  |
| 15.02 | 16.20 | 17.29 |
| <p>Observacions: Un comportament destacable de la planta és que a les 6.00 del mati del segon dia es va tancar encara que tenia llum de la làmpada, dues hores abans del que li correspondria al nou cicle que el hem imposat. (8.00)</p> <p>Va continuar tancada després de que a les 8.00 es tanqués el llum fins a les 15.00 que es va tornar a obrir, dues hores i mitja abans del que li tocava per adaptar-se al nou horari imposat. (17. 30 hora en la que s'encén el llum)</p> | | |
|  |  |  |
| 18.26 | 21.27 | 00.07 |
| <p>Observacions: La planta va continuar oberta fins al final del segon dia.</p> | | |

| Resultats del tercer dia d' experiment : | | |
|--|---|--|
|  |  |  |
| 1:01 | 4:00 | 8:02 |
| <p>Observacions: La planta va continuar oberta durant tota la nit del segon dia fins a les 8.00 que ja estava tancada, just a l'hora en que es tanca el llum i es simula la nit.</p> | | |
|  |  |  |
| 11.18 | 13.48 | 17.31 |
|  | | |
| 18.47 | | |
| <p>Observacions: la planta va continuar tanca tot el mati i el mig dia fins a les 17.30 que ja es va obrir, just a l'hora en que s'encén el llum per simular el dia. Es va obrir totalment a les 18.47.</p> | | |

Experiment 3: Com afecta una hormona de creixement a la *Mimosa pudica* ?

Objectiu

Veure com afecta l'administració d'una hormona de creixement al ritme circadià de la *Mimosa pudica*.

Introducció

“Un principi important dels ritmes circadians és que són fonamentalment metabòlics; produeixen una alternança en l'activitat funcional del ser viu com un tot, o en alguna funció particular per part principalment del sistema endocrí o hormonal”^(Gran Enciclopèdia Rialp)

Conceptes a entendre del compost d'Àcid indolbutíric i àcid naftilacètic.

Hormones Vegetals i reguladors de creixement

- S'entén per hormones vegetals aquelles substàncies que són sintetitzades en un determinat lloc de la planta i es transporten a un altre, on actuen a molt baixes concentracions, regulant el creixement, desenvolupament o metabolisme del vegetal.
- El terme “substàncies reguladores de creixement” és més general i abasta a les substàncies tant d'origen natural com sintetitzades en laboratori que determinen respostes a nivell de creixement, metabolisme o desenvolupament en la planta. És a dir, els reguladors del creixement de les plantes són compostos naturals o sintètics que intervien en molts processos de creixement, desenvolupament i metabòlics en la planta.

Les hormones vegetals es classifiquen en cinc grups:

1. Auxines
2. Citoquinines
3. Gibberel·lines
4. Etilè
5. Àcid abscísic

D'aquests tipus d'hormones les que ens interessin entendre per aquests experiments són les **Auxines**; són hormones vegetals que ocasionen el creixement de les plantes per elongació cel·lular. D'auxines també hi ha diversos tipus:

- Àcid indolacètic (AIA)
- Àcid Naftilacètic (ANA)
- Àcid indolbutíric (AIB)

Les funcions de les auxines són les següents:

- Augmentar el creixement dels talls
- Promoure la divisió cel·lular.
- Estimular el desenvolupament dels fruits
- Estimular la formació d'arrels adventícies.
- Fototropisme: és el moviment de les fulles i el tall de la planta per seguir la llum.
- Promoure la floració
- Inhibeix la caiguda dels fruits.

Funció del compost químic que s'utilitzarà en aquestes experiment:

El compost que s'utilitzarà és una barreja d'àcid Indolbitíric i àcid naftilocètic és un regulador de creixement ja que és sintètic, i com hem vist abans farà la funció d'auxines, hormones vegetals en la *Mimosa pudica*.

El compost es fa servir com a mètode per a influir en l'activitat de reguladors de creixement de plantes. És un mètode per a incrementar i/o allargar l'activitat dels reguladors del creixement de les plantes després de ser aplicats en viu o en vitro.

Mitjançant l'administració d'aquests composts és possible intervenir en diferents processos fisiològics, com en la formació d'arrels, en la maduració de fruits, en l'envelliment de flors, germinació de llavors, inducció de flors, ..etc.

Aspecte important: aquest composts descriu èsters a els que se li ha conjugat un sucre per a millorar la seva activitat biològica durant un període més llarg de temps.

Hipòtesi:

Com hem vist abans els àcids, "indobutirico i naftilacetico" al ser hormones de creixement sintètiques, quan les incorporem a la *Mimosa* sensitiva rosa han de ser capaces d'alterar el metabolisme de la planta. Aquests metabolisme, com s'ha investigat anteriorment, és la causa o en part responsable del rellotge biològic circadià que posseeix la planta. Així doncs al modificar el metabolisme de creixement s'augmentarà el seu període d'activitat biològica, fent així que el temps d'activitat de la planta sigui més llarg, ja que l'objectiu d'aquest compost és que la planta arrel i creixi més ràpidament i per aconseguir-ho ha de tenir una activitat de creixement major.

Per aquesta raó la hipòtesi d'aquest experiment és que al administra-li l'àcid el període de descans sigui més curt que el seu període d'activitat

En conclusió: quan se l'administrin els àcids a la *Mimosa* sensitiva rosa s'haurà de poder observar que la major part del cicle de 24 h romangui amb les fulles obertes. Sempre que, com pensem, les hormones de creixement intervinguin en la part del metabolisme que dona lloc o regula el rellotge biològic i el ritme de l'obertura i tancament de fulles.

Material i equipament:

| |
|---|
| Necessitarem el test restant del experiment anterior, l'anomenarem test 2 |
| El test control |
| Compost d'Àcid indolbutíric i àcid naftilacètic |
| Ampolla d'aigua |
| Eina per mesurar volum en mL |



Compost
ambelsàcids

Procediment:

- S'administrarà en el test 2 la dosi adequada que indica el prospecte del compost dels àcids.
 - i. Indicacions:

S'ha d'afegir a la l'agua amb la que es rega la planta una quantitat de 1.5 mL del compost d'àcids en un recipient de 0'5 l.

S'ha de regar cada dia la planta segons l'aigua que necessita. La *Mimosa* sensitiva rosa, ja que ens trobem en hivern necessitarà poca aigua, un tap d'ampolla per cada dos dies.
- S'ha investigat prèviament que aquest tipus d'àcid triga dies en fer efecte, així no esperem un efecte immediat, sinó que a partir de l'observació de varis dies anirem veient els canvis. Donarem un temps de prova de 5 dies, ja que és el màxim temps que triga un ritme circadià a restablir-se.
- Per observar canvis, només prendrem com a punt de referència l'hora del crepuscle i l'hora del alba (l'hora que obre i tanca les fulles) de la planta control.
- En la planta en qual hem administrat l'àcid, el test 2, també apuntarem l'hora en que tanca les fulles i l'hora en les obre.
- Coparem els resultats per veure el canvi d'hora respecte la planta control. I calcular així el nou període d'activitat de la planta amb l'àcid (test 2).

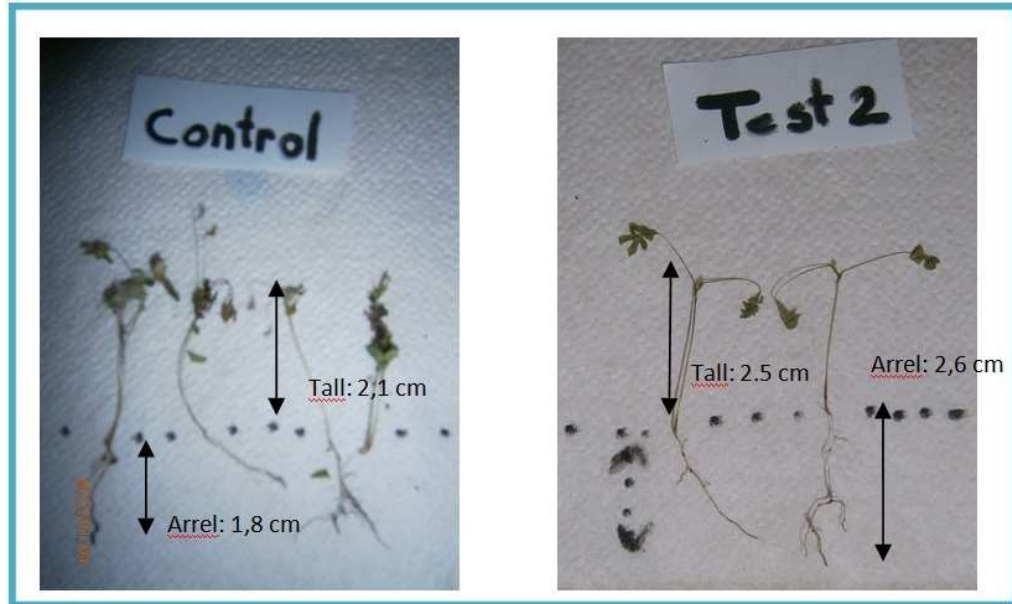
Resultats

- Dades de la planta control:
 - Hora del crepuscle: 17.30
 - Hora de l'alba: 8.00
 - Durada del període d'activitat: 9:hores i 30 minuts
 - Durada del període d' inactivitat: 14 hores i 30 minuts.

Experiment:

- Se li ha administra la quantitat d'àcid necessari a les 24.00 del dia 7 de desembre del 2011.
- Al dia 5: s'ha observat canvis en el test 2:
 - Hora de tancament de fulles : 18.00 aproximadament
 - Hora d'obertura de les fulles: 7.45 aproximadament.
 - Durada de període d'activitat: 10 hores i 15 minuts
 - Durada del període d'inactivitat: 13 hores i 45 minuts
 - Durada període d'activitat inicial < Durada del període d'activitat final
- Aquests canvis apreciats són subjectius ja els observem nosaltres i el període d'obertura i tancament també influeix.

Observació del creixement de les arrels i el talls:



Observacions: es pot veure com en el test 2 sí a fet efecte la substància per estimular el creixement tant en el tall com en les arrels. Amb una diferència en el creixement del tall de 0,4 cm i en el creixement de les arrels de 0.8 cm

6.FASE EXPERIMENTAL Nº 2

Experiment 4: El cicle circadià de les persones i els torns de treball.

Objectiu

L'objectiu d'aquest experiment és fer enquestes per observar si els torns laborals, és a dir, les hores en que les persones estan obligades a mantenir-se actives per treballar, afecta als ritmes circadians de les persones i en conseqüència a la seva salut.

També a partir d'aquí observar si, una vegada s'ha alterat els ritmes circadians, el rellotge circadià humà és capaç d'adaptar-se i tornar a funcionar correctament amb el nou cicle imposat.

Introducció

Trastorns del ritme circadià, causes:

L'alteració del ritme circadià es pot produir per les següents circumstàncies:

- **Son retardat:** apareix a les persones que avancen les fases del cicle son- vigília. Es lleven i dormen amb horaris coherents encara que retardats. Pot corregir-se per sí mateixos, a causa de que el rellotge biològic intern s'avança naturalment amb l'edat.
- **Jet-lag:** és una des sincronització a causa del canvi horari que es produeix al viatjar a altres latituds. Els especialistes aconsellen adaptar-se sempre al horari del lloc on s'arriba fins que el rellotge circadià es recuperi.
- **Torns de treball:** les persones que treballen en horaris nocturns sofreixen trastorns en un cicle de son- vigília que normalment s'ajusten quan passen unes setmanes des de que es recupera el ritme normal.

Síntomes que ens indiquen un trastorn del ritme circadià pels torns de treball:

Els torns de treball poden ser molt perillosos per la nostra salut, el desequilibri que intern que es produeix en el rellotge biològic intern al treballar de nit pot repercutir directament en la configuració genètica dels treballadors, el que provocaria diferents trastorns metabòlics i fisiològics entre altres:

o **Trastorns metabòlics:**

- o **Què és el metabolisme?** El metabolisme és el conjunt de reaccions bioquímiques i processos físico- químics que ocorren en una cèl·lula i en el organisme. Aquests processos són complexos i estan interrelacionats. Són la base de la vida a escala molecular, i permeten les diverses activitats de les cèl·lules: créixer, reproduir-se, mantenir les seves estructures, respondre als estímuls, transportar hormones a la sang, ...etc.

o **Símptomes:**

- o La obesitat (provocada per les modificacions qualitatives i quantitatives dels aliments, el major consum d' entrepans, alcohol, greixos,etc.)
- o Els nivells de colesterol són més alts en treballadors a torns rotatius o nocturns que en treballadors a torns diürns.
- o Existeix també una major freqüència d' alteracions dels tests d'intolerància a la glucosa (diabetis).

- o **Trastorns del son:** En aquests tipus de trastorn del son (també conegut com shiftlag), el patró son- vigília és normal i l'alteració apareix pel conflicte que imposa el nou torn de treball sobre el ritme normal del son.

- o **Torn rotatiu:** Els treballadors que estan sotmesos a rotacions lentes en el torn de treball o a canvis inesperats són els que tenen més dificultats ja que s'impossibilita qualsevol mena d'adaptació del seu rellotge biològic. Normalment entre el quart i el cinquè dia de treballar en un torn nou, el patró del son comença a sincronitzar-se amb el nou horari, per tant si canvien d'horari quan comença la re sincronització pot resultar perjudicial.

- o **Torn nocturn i torn rotatiu :** tenen una menor duració del son i una major freqüència d'alteracions en la continuïtat del mateix . També presenten una major somnolència en horaris en els que necessitarien estar desperts.

- o **Manifestacions digestives:** el horari de treball afecta a la qualitat, quantitat i ritme dels menjars. Les conseqüències de la interrupció dels cicles circadians digestius poden ser agreujades per.

- o Els treballadors mengen a disgust i amb poc patit per no poder fer el menjar principal amb la família
- o A vegades es salten alguns menjars, especialment en el treball a torns rotatius.
- o Els aliment estan mal repartit al llarg de la jornada i normalment són d' alt contingut calòric
- o Augment del consum de cafè, tabac i excitant per combatre el son.

Símptomes de la interrupció dels cicles circadians digestius:

- o Gastritis
- o Flatulència
- o Estrenyiment

Enquesta: justificació de les preguntes

La quantitat d'alteracions en el ritme biològic circadià i les malalties posteriors provocades pels canvis de torns de treball depenen del temps que aquella persona ha treballat amb aquests canvis i el torn que realitzi:

- o **¿Qué turno de trabajo realiza?**
 - a) Mañanas de 6 a 14 horas aprox.
 - b) Tardes de 14- 22 horas aprox.
 - c) Noches de 22- 6 horas aprox.
 - d) Horariorotativo: _____
- o **¿Cuánto tiempo ha trabajado con este horario de trabajo?**
 - a) Unas semanas o pocos meses
 - b) Entre 1 y 3 años
 - c) Más de 3 años(si porta molt temps treballant amb aquests horari, de canvis de torn o només torn nocturn, el símptomes haurien de ser molt pocs o ningun si el rellotge circadià s'adapta)

Las conseqüències de les alteracions del ritme circadià en les persones provoca alteracions en el metabolisme de les persones i que si duren molt temps arriben a provocar malalties (trastorns metabòlics: diabetis, obesitat i colesterol) :

- o **¿Padece diabetes?**
 - a) Sí
 - b) No
- o **¿Padece obesidad?**
 - a) Sí
 - b) No
- o **¿Tiene el colesterol alto?**
 - a) Sí
 - b) No

L'alteració dels ritmes circadians provoca una menor duració del son i una major freqüència d'alteracions en la continuïtat del mateix . També presenten una major somnolència en horaris en els que necessitarien estar desperts. Però aquests símptomes han de desaparèixer si el rellotge circadià és capaç d'adaptar-se

- o **¿Cuantas horas duerme?**
 - a) 8 horas aproximadamente.
 - b) Menos de 8 horas, los primeros días del cambio de turno
 - c) Siempre, menos de 8 horas
 - d) Más de 8 horas

- **¿Se despierta en medio del horario en el que duerme o no consigue dormirse de manera continua?**
 - a) **Sí, cuando cambio el turno de trabajo**
 - b) **Sí, siempre**
 - c) **No**
- **¿Se siente cansad@ en horario de trabajo?**
 - a) **Sí, siempre**
 - b) **Sí, pero solo los primeros días después del cambio de turno**
 - c) **No**
- **¿Si es así, cree que es debido a que no descansa bien cuando duerme?**
 - a) **Sí**
 - b) **No**

L'alteració del ritme circadià digestiu provoca una pèrdua d'apetit, si hi ha una adaptació aquest apetit es torna a guanyar però si el organisme no s'adapta provoca un augment i desorganització en l'apetit, es menja més del que fa falta. També provoca altres molèsties al principi del canvi que provoca l'alteració com és flatulència, gastritis, i estrenyiment. Aquestes haurien de desaparèixer si el rellotge circadià és capaç d'adaptar-se.

- **¿Pierde el apetito en ocasiones o se salta algunas comidas?**
 - a) **Sí, siempre que cambio de turno**
 - b) **Sí, pero es continuo, siempre tengo poco apetito**
 - c) **No**
- **¿Después de llevar un tiempo con el mismo turno vuelve a recuperar el apetito?**
 - a) **Sí**
 - b) **No**
- **¿Si recupera el apetito, es en exceso, es decir, comemás de lo habitual?**
 - a) **Sí, suelo comer más y bastantes calorías**
 - b) **No, mi apetito vuelve a ser el que era**
- **¿Padece usted alguna de estas alteraciones de digestión: gastritis, flatulencia o estreñimiento?**
 - a) **Sí, las padezco ocasionalmente, cuando cambio de turno de trabajo**
 - b) **Sí, continuamente**
 - c) **No, solo las padezco muy ocasionalmente.**

En dies de descans, les persones que treballen a torns rotatius o nocturns no han de ser capaços de dormir les hores normals com si fossin treballadors diürns, és a dir, no podran dormir per la nit, i despertar-se pel matí amb un ritme normal. Dormiran les mateixes hores que quan treballen. I en el mateix horari.

- o **¿Cuando tiene días de descanso puede dormir como normalmente duerme?**
 - a) **Sí, duermo el mismo horario y aproximadamente las mismas horas que cuando trabajo**
 - b) **No, no duermo las misma cantidad de horas que cuando**

Criteri general per a la majoria de preguntes: és pregunta pels símptomes de les alteracions del ritme, si la persona enquestada els pateix, i a més faig una pregunta per veure si després d'un temps amb el canvi que provoca les alteracions el ritme circadià és capaç d'adaptar-se i eliminar els símptomes.

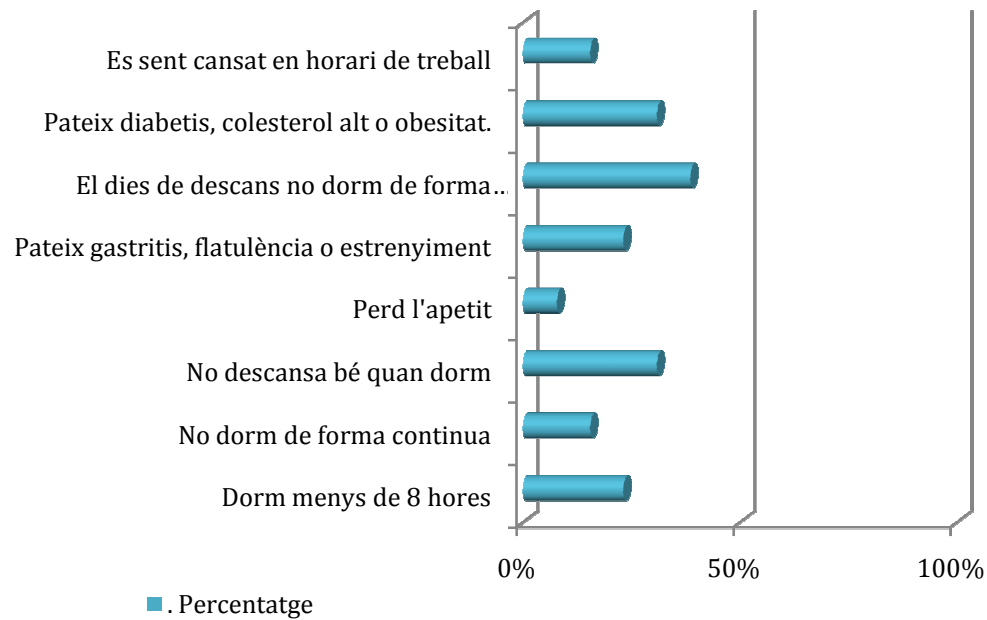
Com s'analitzarà les enquestes?

Les enquestes seran repartides a tres grups de 20 treballadors: el primer grup seran treballadors diürns, és a dir, que treballen per la tarda o pel matí. Així aquest resultat seran el fonament a partir del qual s'analitzaran les enquestes dels altres dos grups. Aquests seran el resultat, per dir-ho d'alguna forma, de les persones "normals". El segon grup analitzat hauran de ser treballadors a torn rotatiu, els quals com s'ha vist abans, no poden adaptar-se al cicle i per tant presentaran molts símptomes de l'alteració dels ritmes circadians. El tercer grup seran els treballadors del torn nocturn, els quals si han treballat fa poc en aquell torn presentaran símptomes semblants als del torn rotatiu i si han treballat en aquell torn durant un temps, el seu rellotge circadià ja s'haurà adaptat i presentaran poc símptomes, només algun que tingui a veure amb la duració del son.

Resultats

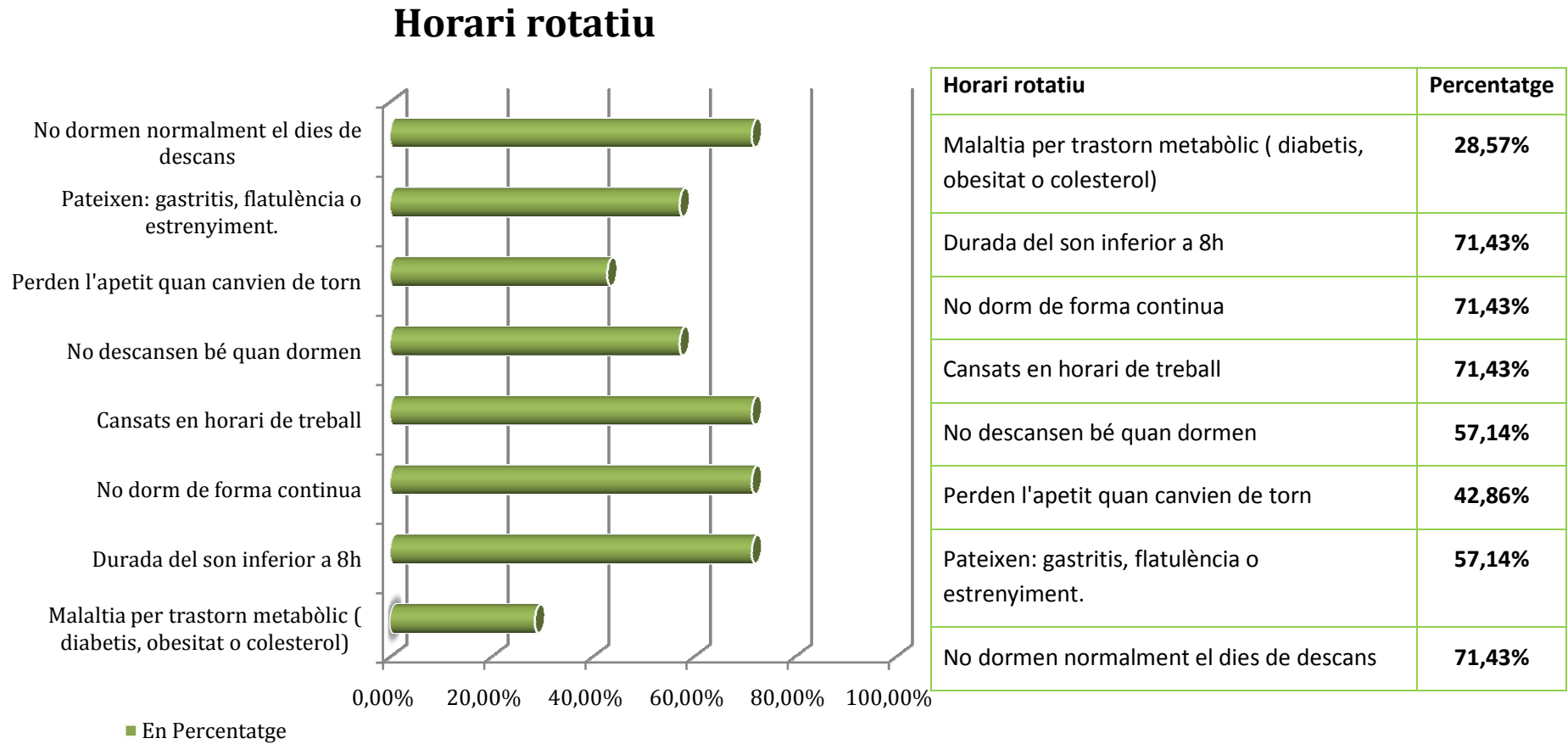
Gràfica 1

**Síntomes
Torn matinal i de tarda**



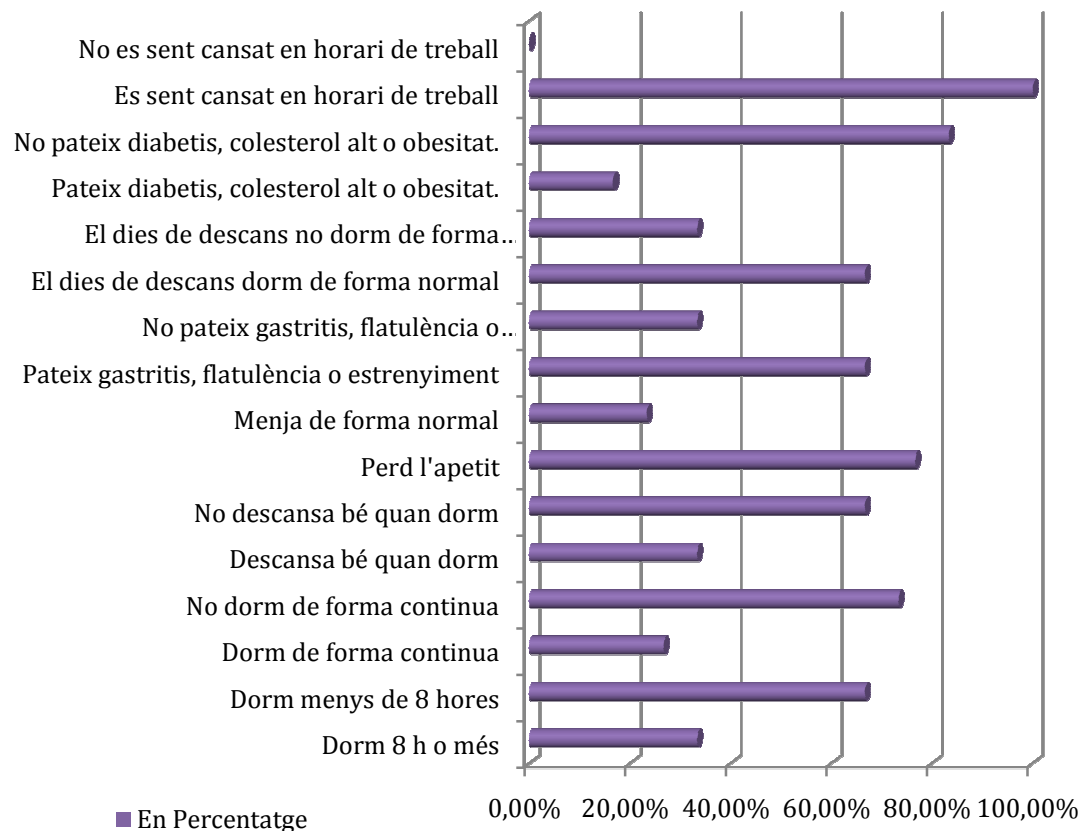
| Torna matinal i de tarda | |
|--|-------------|
| Síntomes | Percentatge |
| Dorm menys de 8 hores | 23% |
| No dorm de forma continua | 15% |
| No descansa bé quan dorm | 31% |
| Perd l'apetit | 8% |
| Pateix gastritis, flatulència o estrenyiment | 23% |
| El dies de descans no dorm de forma normal | 38% |
| Pateix diabetis, colesterol alt o obesitat. | 31% |
| Es sent cansat en horari de treball | 15% |

Gràfica 2:



Gràfica 3

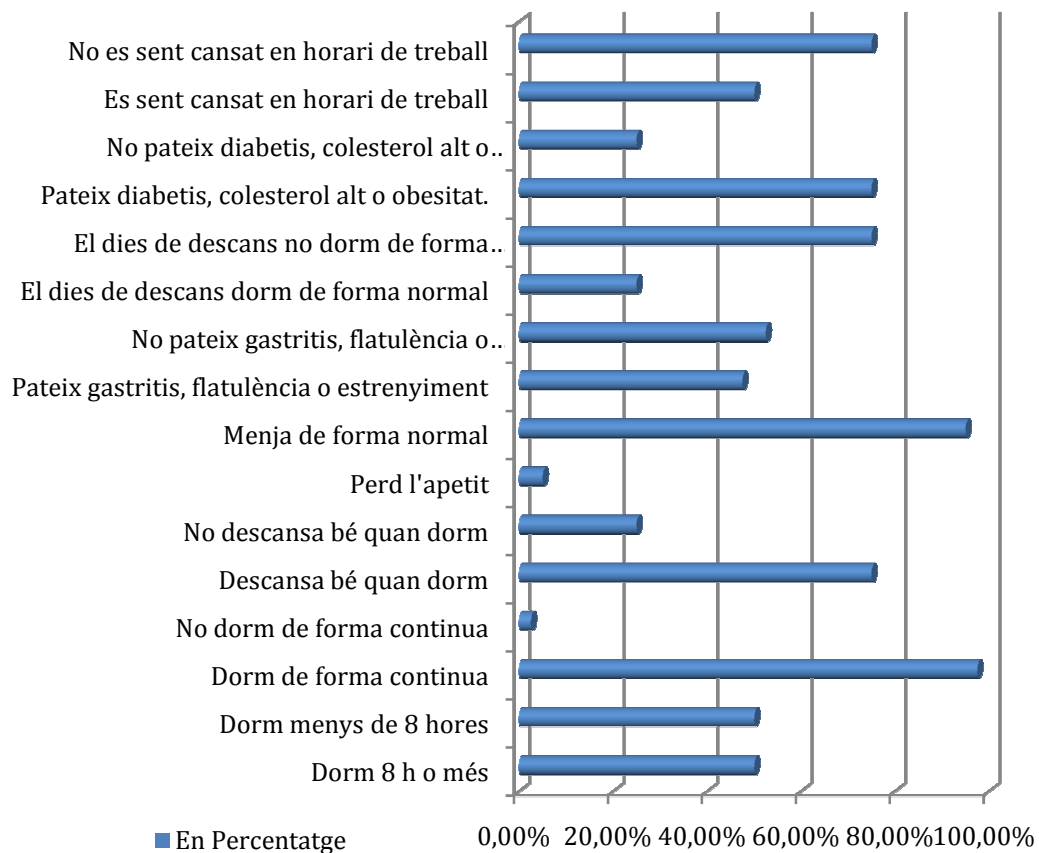
Horari nocturn, menys d'un any



| Horari nocturn, menys d'un any | Percentatge |
|---|-------------|
| Dorm 8 h o més | 33,33% |
| Dorm menys de 8 hores | 66,67% |
| Dorm de forma continua | 26,67% |
| No dorm de forma continua | 73,33% |
| Descansa bé quan dorm | 33,33% |
| No descansa bé quan dorm | 66,67% |
| Perd l'apetit | 76,67% |
| Menja de forma normal | 23,33% |
| Pateix gastritis, flatulència o estrenyiment | 66,67% |
| No pateix gastritis, flatulència o estrenyiment | 33,33% |
| El dies de descans dorm de forma normal | 66,67% |
| El dies de descans no dorm de forma normal | 33,33% |
| Pateix diabetis, colesterol alt o obesitat. | 16,67% |
| No pateix diabetis, colesterol alt o obesitat. | 83,33% |
| Es sent cansat en horari de treball | 100,00% |
| No es sent cansat en horari de treball | 0,00% |

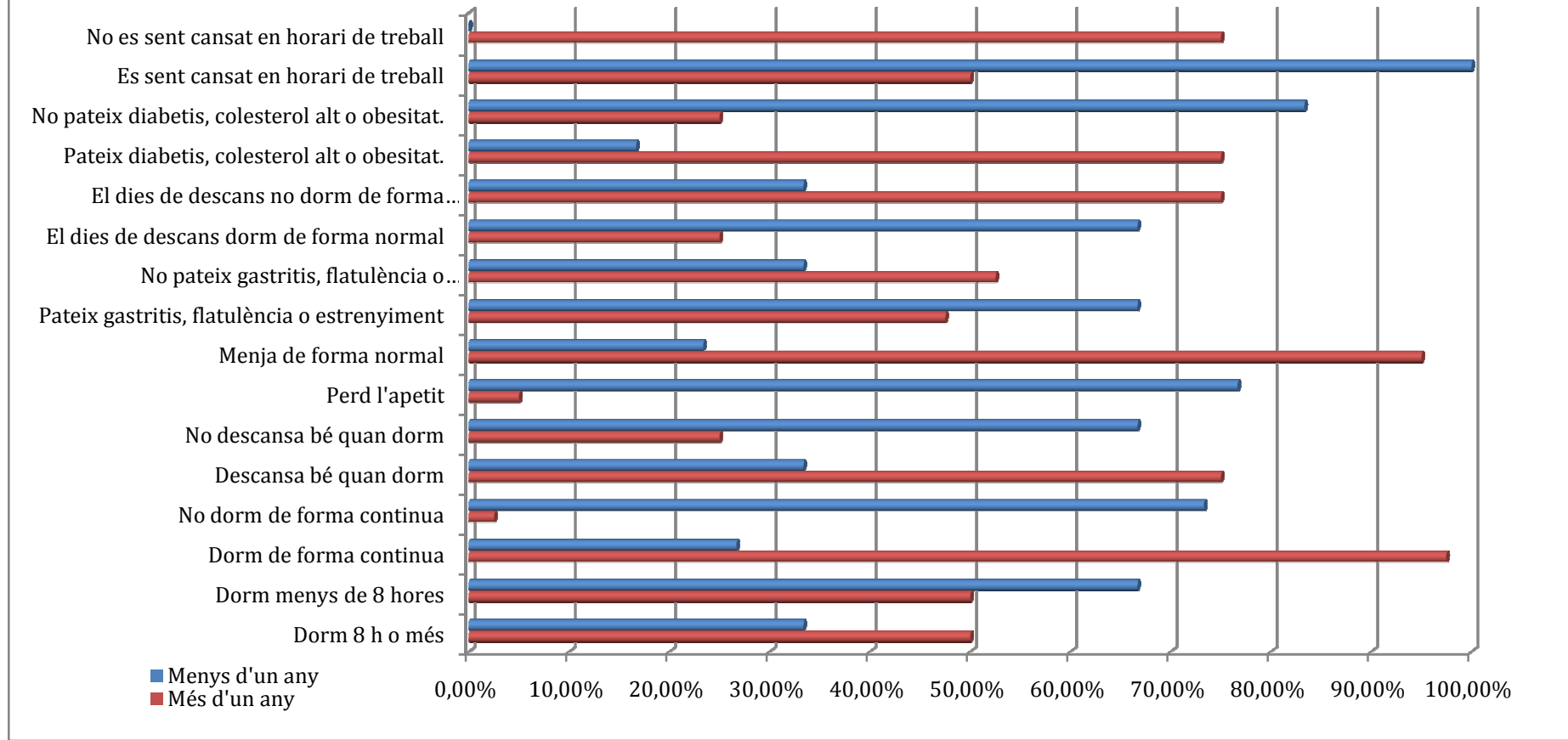
Gràfica 4

Horari nocturn més d'1 any



| Horari nocturn, més d'un anys | Percentatge |
|---|-------------|
| Dorm 8 h o més | 50,00% |
| Dorm menys de 8 hores | 50,00% |
| Dorm de forma continua | 97,50% |
| No dorm de forma continua | 2,50% |
| Descansa bé quan dorm | 75,00% |
| No descansa bé quan dorm | 25,00% |
| Perd l'apetit | 5,00% |
| Menja de forma normal | 95,00% |
| Pateix gastritis, flatulència o estrenyiment | 47,50% |
| No pateix gastritis, flatulència o estrenyiment | 52,50% |
| El dies de descans dorm de forma normal | 25,00% |
| El dies de descans no dorm de forma normal | 75,00% |
| Pateix diabetis, colesterol alt o obesitat. | 75,00% |
| No pateix diabetis, colesterol alt o obesitat. | 25,00% |
| Es sent cansat en horari de treball | 50,00% |
| No es sent cansat en horari de treball | 75,00% |

Comparació horari nocturn



7. CONCLUSIÓ

Conclusions experimentals:

Experiment 1

En primer lloc, s'ha complert el primer objectiu establert d'aquest experiment, s'ha comprovat que la *Mimosa pudica* posseeix un cicle de 24 hores ja que només al primers dies de germinar es va observar que obria les seves fulles durant el dia i les tancava durant la nit, per tant les hores de llum coincidien amb les hores amb les fulles obertes de la planta i també les hores de foscor amb les hores amb fulles tancades. **Així doncs, es pot dir que la *Mimosa pudica* sí té un ritme circadià i a més dura 24 hores.** Encara que també s'ha observat que té un interval de temps d'obertura i tancament de fulles, el qual s'inclou en els intervals de llum- foscor anteriorment esmentats.

En segon lloc, experimentalment hem vist que les 12 hores de llum a l'estiu coincideixen amb 12 hores de fulles obertes. Però més endavant quan arriba la tardor i la quantitat d'hores amb fulles obertes disminueix a 9 hores coincidint amb la disminució d'hores de llum, que també és aproximadament 9 hores. **Així doncs es pot afirmar que envers el canvi horari estacional d'estiu a tardor (amb variació d'hores de llum i foscor) el ritme circadià de la *Mimosa pudica* ajusta el seu cicle dia i nit d'estiu fins a coincidir una altra vegada amb el nou cicle dia i nit tardorenc.** No obstant això, en aquest experiment no s'ha demostrat que la causa de la sincronització del ritme de la *Mimosa* amb les hores de llum sigui endògena, ja que no s'han descartat factors que influeixen al canvi d'estació com és, el moviment de la terra o la influència de la llum

Experiment 2

A partir dels resultats obtinguts en aquest experiment he arribat a diverses conclusions:

- **Conclusions del primer dia:** aquests primer dia al matí, es veu clarament com a les 6.13, dues hores abans de l'hora prevista perquè obri les fulles, no les tenia obertes perquè segons el seu rellotge circadià encara no és hora de començar l'activitat. Però, quan era just l'hora que sortís el sol i que obrís les fulles, **encara que no rebia cap**

mena de senyal de llum perquè sabés el moment en què es trobava, la planta obria les seves fulles igualment. Això vol dir que **el mecanisme que controla el ritme d'obertura i tancament de fulles de la *Mimosa*, és endogen**, ho fa per ella mateixa i no li influeix cap factor ambiental extern. D'altra banda, el fet que sigui endogen ens fa saber també que ha d'estar genèticament programat i s'ha d'haver tramès de generació en generació. Un altre resultat que dóna crèdit a aquestes conclusions, és que, durant tot el "dia", encara que no tenia llum, la planta va continuar amb les fulles obertes fins a l'hora de la posta de sol (de la qual no tenia cap mena d'estímul per assabentar-se que hi era). En aquest moment en la posta de sol, just una mica abans que s'encengués el llum per a simular el dia, es va veure com la planta tenia les fulles a punt de tancar-se, però després d'un temps amb la llum encesa (amb la simulació del dia), va tornar a obrir-se del tot. Aquest va ser un canvi inesperat i del qual no es poden treure conclusions clares, ja que d'una banda, el fet que estigués a punt de tancar-se fa pensar que en aquell moment hi actuava el rellotge circadià, però el fet que és tornés a obrir amb l'estímul de la llum fa pensar que la llum és també un factor que interfereix en el control del ritme circadià. D'altra banda, aquest segon resultat del primer dia no té perquè anul·lar el primer resultat ja que, s'ha de considerar també que la planta portava 24 hores sense llum per la qual cosa el fet que s'obrissin les fulles amb la llum pot ser també degut a un mecanisme de supervivència de la planta el qual no s'ha descartat en aquest experiment, i que no té res a veure amb el rellotge circadià.

- **Conclusions del segon dia:** en aquest dia es va observar un total desordre en el horari d'obertura i tancament de les fulles de la *Mimosa pudica*, les obria i les tancava amb un desfasament sense cap patró. A partir d'això, **es pot concloure que el rellotge circadià es pot trastocar amb la variació del mecanisme que l'ajusta, la llum.** Així doncs, es pot dir que el que li passa a la planta en aquests dies és semblant al que ens passa a nosaltres quan viatgem a un lloc amb un desfasament horari que ens trastoca el horari de dormir, també.
- **Conclusions del tercer dia:** per últim, en aquest tercer dia, es van observar els últims resultats importats en el ritme circadià de la planta; a l'hora en s'acabava el dia

simulat, a les 8.30, la planta ja estava tancat les seves fulles i a l'hora en que s'acabava la nit artificial i començava la simulació del dia, 18.30, la *Mimosa* obria les seves fulles.

Aquests resultats són molt significatius perquè demostren que el rellotge circadià de la *Mimosa pudica* ja s'ha adaptat al horari imposat i per tant és capaç de fer-ho.

Experiment 3

A partir dels resultats obtinguts en aquests experiment no es pot confirmar amb exactitud la hipòtesi plantejada com a objectiu. Els resultats no són suficientment acceptables perquè la variació de durada d'activitat i de creixement entre la planta control i la planta amb les hormones de creixement no és suficientment gran per a donar la hipòtesi com certa de forma definitiva. No obstant això, **aquests resultats encara que no són definitius per a comprovar la hipòtesi, tampoc la contradueixen, sinó que tenen tendència a confirmar-la.** Ja que l'augment de la durada d'activitat encara que sigui de només de 45 minuts ja és una mica indicatiu que el rellotge circadià que controla el ritme circadià ha estat modificat.

D'altra banda, **l'augment de creixement dels arrels i del tall** de la planta del test 2 envers la del test control **fa concloure que les hormones de creixement sí havien fet efecte en la planta.** Per tant, l'augment de la durada d'activitat de la planta sí pot ser degut a aquestes hormones.

Finalment, es pot concloure que per acabar de verificar aquesta hipòtesi, farien falta més experiments i estudis més complexos que no estan al meu abast.

Experimento 4

Els resultats d'aquests experiment ens mostren:

En la gràfica 1, la qual presenta els símptomes del ritme circadià alterat que presenten les persones que treballen en els torns matinal i de tarda, es pot veure clarament que aquestes persones gairebé no presenten cap símptoma, ja que no han sofert cap mena de canvi en l'horari normal d'activitat de l'ésser humà. Així doncs, s'ha comprovat que si no es varia l'horari no té perquè presentar cap símptoma i per tant les persones que no han de treballar

amb un horari canviant que varia el seu ritme circadià són més sanes **i la seva salut no es veu malmesa perquè el seu ritme circadià no es veu alterat.**

Els resultats de la gràfica 2, mostren tal i com s'havia predit, en els torns rotatius, les persones es veuen sotmeses a canvis constants d'horaris que els impedeixen adaptar el seu ritme circadià. Més del 55 % de tots els enquestats es veuen afectats per símptomes predits per l'alteració del ritme circadià. I els continuen tenint inclòs quan ja porten anys amb els torns rotatius. Així doncs, **la seva salut es veu molt malmesa per aquets torns de treball, perquè el torn rotatiu sí altera el ritme circadià.**

D'altra banda, la gràfica 3 (primers mesos amb torn de treball nocturn) també afirmen que, el torn de treball nocturn, encara que d'una forma més lleu, trastoca el ritme circadià. Ja que el percentatge de persones enquestades que presenten els símptomes del ritme circadià alterat, és més alt comparant-lo amb el que seria "normal" (gràfica 1) . Però, aquest percentatge és inferior comparant-lo amb el percentatge d'enquestats dels torns rotatius. Així doncs, puc concloure que **el fet de treballar en un torn nocturn fa que el primers mesos la salut es ressenteixi una mica, ja que el ritme circadià ha estat alterat però no tantes vegades com en els torns rotatius.**

En els resultats de la gràfica 4, de persones amb més d'un any treballant amb un torn nocturn, ens mostra que, encara que com hem vist abans al principi de treballar amb aquest torn tenen el ritme circadià alterat i presenten símptomes, més endavant, quan ja ha passat un temps deixen de presentar-ne tants com abans. És a dir, no presenten tants símptomes com quan hi portaven poc temps treballant amb el torn nocturn. Així doncs, aquests últims resultats de la quarta gràfica, confirmen l'últim objectiu proposat en aquest experiment, **el ritme circadià en l'ésser humà és capaç d'adaptar-se a un canvi d'horari.**

Finalment, en aquests experiment, es pot arribar a la conclusió del primer i principal objectiu d'aquest treball d'investigació. Tal i com m'havia proposat, he conegut el ritme circadià d'una planta (experiment 1 i 2) i a partir d'aquí he investigat el ritme circadià dels éssers humans. He vist que encara que som éssers molt diferents, **el nostre cicle circadià comparteix les mateixes característiques**, és endogen, és sincronitza amb el cicle dia-nit, es

pot alterar, ja sigui com he fet jo amb la planta del segon experiment o en els torns de treball, i és capaç d'adaptar-se al nou cicle imposat, com he vist quan la *Mimosa pudica* s'havia adaptat al cicle dia nit que jo li havia imposat i com les persones s'adapten al torns de treballs. D'altra banda, també he arribat a la conclusió de que **no es pot extrapolar el funcionament del rellotge biològic de les plantes l'ésser humà** ja que en aquestes aspecte sí que som molt diferents i encara avui dia aquest àmbit està en investigació.

Conclusions del Experiment de l'Annex: les Reaccions oscil·lants

Finalment, el fet de poder observar una reacció química oscil·lant tant impressionant com la reacció *Belousov-Zhabotinskii* i veure com el seu canvi de color es comporta com un rellotge de forma exacta, m'ha fet veure d'una forma més propera i per mi mateixa el comportament dels rellotges biològics. Perquè a l'estudiar el concepte de rellotge biològic es convertí en un concepte abstracte i difícil d'imaginar, d'aquesta forma, fent aquesta reacció, es pot veure que **sí que és possible que sense cap mecanisme tecnològic hi existeixi una procés natural capaç de comportar-se com un rellotge** i fa més fàcil la seva comprensió.

D'altra banda, fer "un rellotge" d'una forma tan primitiva, amb tan pocs reactius i d'una manera simple, em fa imaginar-me com hagués sigut el origen del rellotge circadià en els éssers vius, i en l'origen de la vida en el planeta Terra.

8. Valoració personal

En un principi, quan vaig començar a pensar en aquest treball de recerca, la meua intenció era fer un estudi sobre les reaccions químiques oscil·lants, ja que les havia vist per vídeos i volia saber quina era la causa de la seva periodicitat i com era possible que actuessin com un rellotge. D'altra banda el meu coneixement de batxiller tecnològic només incloïa la química com a ciència i no m'atrevia a endinsar-me en qualsevol altre camp que no dominés. No obstant això, per diversos motius, la investigació de les reaccions oscil·lants em va portar fins al coneixement dels rellotges biològics i vaig veure més encertat treballar en ells.

Una vegada conclòs el meu treball m'adono que no em vaig allunyar massa de les meves preguntes inicials, ja que he estudiat un rellotge natural, he buscat les seves causes i la seva periodicitat. A més a més, he aprofundit en un tema totalment desconegut per mi, la biologia, el qual sempre m'ha intrigat i volia conèixer-lo.

D'altra banda, el fet d'endinsar-me en un tema com aquest, del qual, sabia molt poc al començament del treball, m'ha fet descobrir què és de veritat investigar de manera científica. Ja que, al no tenir un gran coneixement d'un tema obliga a un mateix a investigar tots els aspectes d'aquest tema per poder comprendre'l. En el meu cas, els rellotges i ritmes biològics, he investigat tot el que m'era necessari per poder entendre'ls i puc dir que he complert el meu primer objectiu; avui sóc capaç d'exposar davant qualsevol públic què és i en què consisteix un rellotge biològic circadià i un ritme biològic circadià.

Finalment, també cal dir, que encara que estic molt satisfeta amb la part teòrica del meu treball, hi ha hagut alguns aspectes en la recerca d'informació que han sigut complicats. Un d'ells és el funcionament del rellotge circadià en les plantes; avui dia encara no es disposa de la informació necessària per descriure amb exactitud totes les parts del funcionament del rellotge circadià de les plantes en general i de la *Mimosa pudica* en particular, i per tant això em va portar, en el tercer experiment, a plantejar una hipòtesi sobre el seu funcionament a partir de la informació que anteriorment havia trobat i no només a comprovar-ho. Altre aspecte que ha sigut de dificultat en aquest treball d'investigació va ser aconseguir informació exacta i extensa de la relació entre el funcionament del rellotge biològic i les reaccions oscil·lants.

9. AGRAÏMENTS

A la meva família que ha tingut cura de les plantes i gràcies a la seva ajuda i suport he sigut capaç d'acabar aquest treball.

Al meu tutor de 2n BTX A, Jordi Ballester, sense el qual aquest treball hauria estat ple de faltes d'ortografia.

Al meu tutor de recerca, Manel Merino, que m'ha ajudat a encaminar el treball.

A la universitat UAB, a la seva acollida en estiu del projecte argó.

A totes les aquelles persones que han m'han donat una mica del seu temps per emplenar les enquestes.

Gràcies

10. BIBLIOGRAFIA

Pàgines webs:

- <http://prevencionar.com/2011/05/25/trabajo-a-turnos-y-nocturno-3-patologia-asociada-a-la-turnicidad/>
Síntomes de l'alteració del ritme circadià pels canvis de torns de treball en l'ésser humà
- <http://www.tutiempo.net/> i <http://espanol.wunderground.com>
Pàgines de meteorologia i consultat d' hores amb llum i sense.
- http://www.espatentes.com/pdf/2229279_t3.pdf
Patent de les hormones de creixement Àcid indolbutíric i àcid naftilacètic
- http://www.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/frejol/germinac.htm
Parts de la planta

Pàgines webs de consulta de continguts:

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Criptocromo>
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Criptocrom>
- <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/auxinas.htm>
- http://kidshealth.org/teen/en_espanol/cuerpo/metabolism_esp.html#
- <http://ca.wikipedia.org/wiki/Gen>
- <http://es.scribd.com/doc/47008816/Reaccion-oscilante-BZ>
- http://www.quimica.es/enciclopedia/Jet_lag.html

Revistes



Any XII, Nº 1/ 2001. Gener- Abril.

Documents científics:

PDF: JOURNAL, OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, volume 94, number 25, desember13, 1972, OSCILLATIONS IN CHEMICAL SYSTEMS. II . ThoroughAnalysis of Temporal Ocillation in theBromate-Cerium-Malonic Àcid Systm.By Richard J Field, EndreKörös, and Richard M. Noyes.

PDF: Universitat Complutense de Madrid: “ Los ciclos de la naturaleza”, pel grup de biofísica i bioquímica i biologia molecular.

ANNEX

Des de les reaccions químiques oscil·lants fins els ritmes biològics

Com ja hem vist abans els rellotges biològics són una part fonamental en els éssers vius però el seu funcionament i el seu origen encara, avui dia, està per concretar. Per aquesta raó, s'han utilitzat les reaccions oscil·lants com a model per a estudiar el funcionament dels rellotges biològics, ja que, sí es sap que els rellotges biològics són dispositius químics i la millor manera d'estudiar-los és amb una simulació amb una reacció química que sigui capaç de comportar-se com un rellotge: les reaccions oscil·lants.

D'altra banda, s'ha demostrat que pel funcionament dels ritmes biològics dels éssers vius, fa falta la correlació d'un gran nombre de reaccions químiques no lineals (com les reaccions oscil·lants), que han de fer les proteïnes, com les que em vist abans en el funcionament del ritme circadià d'una planta. Algunes d'aquestes reaccions seria la catàlisi enzimàtica, i acoblaments d'activació o inhibició. Tanmateix els fluxos d'intercanvi amb l'exterior, es relacionen en condicions de no equilibri, ja que, en la majoria dels casos, els productes de les reaccions biològiques, són enviats, pel sistema, a llocs allunyats d'on es produeix la reacció per a efectuar altres funcions.

Finalment, pel que fa al origen dels ritmes biològics, s'està investigant també les reaccions oscil·lants, ja que són les úniques a part dels organismes vius, capaces d'auto organitzar-se i interaccionar allunyades de l'equilibri. És a dir, són el més primitiu, trobat avui en dia, que posseeixen característiques per se considerades les originats dels ritmes biològics.

REACCIONS OSCIL·LANTS

Si es barregen perfectament diverses substàncies químiques, cal esperar que la barreja adopti un color únic i uniforme. No obstant, hi ha algunes reaccions químiques on es produeixen unes sorprenents oscil·lacions cícliques de colors cada cert temps, les reaccions que produeixen aquest espectacular fenomen són anomenades reaccions oscil·lants ja que entre cada canvi de color hi ha un cert temps i els canvis es van produint de manera cíclica, és a dir cada canvi de color és una oscil·lació.

Fa un temps es va creure que aquestes reaccions oscil·lants violaven les lleis de la naturalesa: una reacció no podia estar afavorida en un sentit i, poc després, sense modificar cap condició experimental del sistema, estar afavorida en sentit contrari. Però avui dia ja s'ha trobat una explicació per aquest fenomen.

Una reacció oscil·lant es caracteritza per presentar oscil·lacions en la concentració de determinades substàncies químiques que participen en aquesta, és a dir, la concentració augmenta i disminueix de manera rítmica, aquest canvi de concentració són els que

produeixen els canvis de color. Els períodes d'aquestes oscil·lacions es mantenen constants mentre les condicions externes es mantinguin, de manera que poden funcionar com veritables rellotges químics.



Conceptes termodinàmics del les reaccions oscil·lants

Qualsevol reacció química tendeix a la seva posició d'equilibri d'una forma més o menys ràpida depenent dels seus condicionaments cinètics. No obstant això, independentment de la velocitat amb la que el sistema tendeixi a l'equilibri, podem afirmar que la reacció no continuarà més enllà del punt d'equilibri, ja que, si això ocorre, es incompliria el segon principi de la Termodinàmica. És per aquesta raó que per qualsevol reacció, no es produiran oscil·lacions en torn al valor de l'avançament de la reacció que correspon al punt d'equilibri. Tanmateix, això no té perquè complir-se per a els intermedis de la reacció, si no que només s'ha de complir al final de la reacció.

Això és el que ocorre en les reaccions oscil·lants, quan canvia de color i es produeix una oscil·lació, la reacció encara no ha arribat al punt d'equilibri per tant és un sistema fora de l'equilibri.

Experiment 5: Observació d'una reacció oscil·lant de *Belousov-Zhabotinskii*:

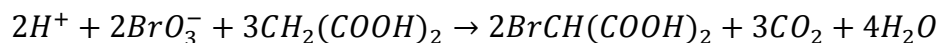
Objectiu

La finalitat d'aquest experiment és conèixer de primera mà com són les reaccions oscil·lants i veure si de veritat es comporten com un rellotge.

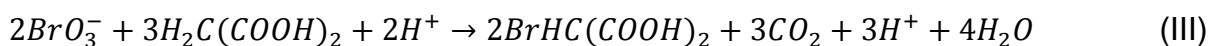
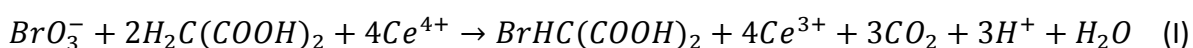
Introducció

En aquests experiment s'estudiarà la reacció oscil·lant anomenada, **Reacció de Belousov-Zhabotinskii**: Es tracta de l'oxidació de l'àcid malònic amb bromat en medi àcid, i en presència de Ce(III) i Ce(IV). El conjunt d'etapes que tenen lloc configuren un sistema reactiu complex en que el Ce es troba oscil·lant entre aquests dos estats d'oxidació. A més, al medi s'afegeix ferroïna (indicador redox), que canvia el seu estat d'oxidació en funció de l'estat CE, la qual cosa comporta un canvi de color.

La reacció global obeeix a la següent equació:



I el fet que el Ce estigui oscil·lant es pot explicar de manera simplificada amb les següents equacions:



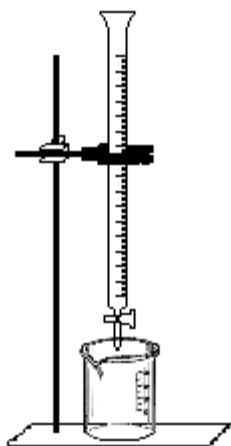
La conseqüència experimental d'aquesta conversió oscil·lant entre les dues formes de Ce és, doncs, l'existència de canvis periòdics de color de la dissolució de blau a vermell i de vermell a blau, amb una freqüència que és aproximadament constant al llarg de pràcticament tota la reacció.

Material i reactius

| Reactius | Material |
|--|---------------------------|
| Bromat de potassi, $KBrO_3$ | Suport amb barilla |
| Bromur de potassi | Nou i pinces |
| Àcid sulfúric concentrat | Bureta |
| 1,10-fenantrolina | Agitador magnètic |
| Àcid malònic | Gel |
| Nitrat d'amoni i ceri (IV), $Ce(NH_4)_2(NO_3)_6$ | Vareta |
| Sulfat ferrós, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ | 3 matrassos de 50 mL |
| | Vas de precipitats 250 mL |








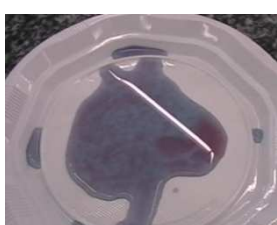



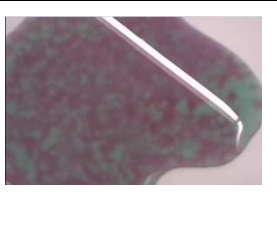
Procediment

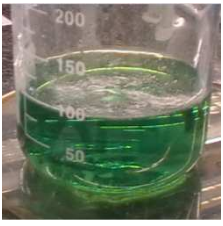


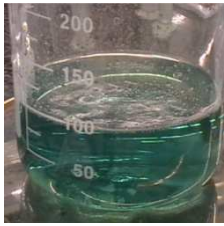
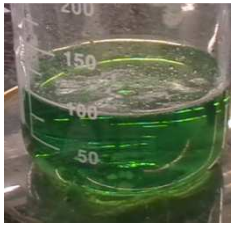
- Peseu 1,9 g de bromat de potassi ($KBrO_3$) (sòlid, S1)
- Peseu 1,6 g d'àcid malònic, 0,35 g de bromur de potassi. Posteriorment s'han de dissoldre en la quantitat necessària d'aigua per tal d'obtenir una 50 mL de dissolució (dissolució D1).
- Introduïu 0,53 g de nitrat d'amoni i ceri (IV) ($Ce(NH_4)_2(NO_3)_6$) en un vas de precipitats sec i en un agitador magnètic, el vas ha d'estar dins d'una cassola amb gel. Afegiu, amb cura, 15 mL, d'àcid sulfúric concentrat. Posteriorment afegiu amb extrema precaució, 25 mL d'aigua. Deixeu que la solució es refredi (el gel ho facilitarà) abans de traspasar-la a un matràs de 50 mL. (dissolució D2)
- Peseu 0,12 g de sulfat ferrós ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) i 0,23 g de 1,10-fenoantrolina. Aquests sòlids s'han de dissoldre en la quantitat necessària d'aigua per tal d'obtenir uns 50 mL de dissolució (dissolució D3).
- Fer una muntatge amb una bureta de 50 mL, amb un suport i barilla, nou, pinces, vas de precipitats de 250 ml tal com mostra la figura, emplenar la bureta amb la D3.



f) En el vas de precipitats de 250 mL, barrejar S1 i D1, amb ajuda d'un agitador magnètic. Posteriorment afegiu la dissolució D2 i obrir el pas de la bureta fins afegir 15 mL de la dissolució D3. Finalment traspasseu part de la barreja a un plat de plàstic blanc, de manera que quedi cobert en fons del mateix. No agitar. Deixeu la resta de la barreja en el got. OBSERVEU I ANOTEU els canvis que es produeixen en el got i en el plat.

Resultats

| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  |  |
| 2.34 min | 2.36 min | 2.38 min | 2.40 min |
|  |  |  |  |
| 2.42 min | 2.44 min | 2.46 min | 2.48 min |
|  |  |  |  |
| 2.50 min | 2.52 min | 2.54 min | 2.58 min |

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
|  |  |  |  |  |
| 6.15 min | 6.20 min | 6.25 min | 6.30 min | 6.33 min |

Observacions

Al afegir la D2 en el vas de precipitats, el qual tenia la D1 (incolora) amb el 1,9 g de KBrO_3 , puc veure que la D2 de color groc al afegir-se al vas i barrejar-se amb les altres substàncies passa a color taronja. Això ens indica el pas de Ce^{4+} (groc) a Ce^{3+} (taronja).

Sense afegir encara el indicador amb la D3 es pot veure les oscil·lacions de groc a taronja en el vas de precipitats.

Quan s'afegeix els 15 ml de la dissolució D3 amb la fenoantrolina, es torna de color verd i va passant cada vegada més fosc fins a arribar a blau.

Quan avoco la reacció en el plat puc veure les diferents reaccions locals a cada zona i per tant també el canvi de color a cada zona és diferent. A més al no tenir el agitador es pot observar les bombolles de CO_2 com a conseqüència de la oxidació.

També puc observar que al mateix temps com el transport és diferent la reacció que passa al plat és diferent que la reacció que passa al got.

Al got tenim transport per convecció, agitant amb el agitador magnètic, així en tota la dissolució hi ha la mateixa reacció. I el canvi de color és igual en totes les seves zones.

En canvi en el plat tenim transport per difusió, per diferència de concentració arriben els reactius i es produeix aquella reacció per zones.