

CRÉIXER EN COLOR

**Com la llum de diferents longitud d'ona de l'espectre visible afecta el
creixement de les plantes**



**Sara Correa Martínez
Tutora: Paloma Belenguer
2n Batxillerat B
Ins Baix Camp
Reus, Tarragona
13-01-2017**

"Adopta el pas de la naturalesa: el seu secret és la paciència."

Ralph Waldo Emerson

ÍNDIX

0. INTRODUCCIÓ.....	4
1. ANTECEDENTS BIBLIOGRÀFICS.....	6
1.1 DESENVOLUPAMENT VEGETAL.....	6
1.2 LA LLUM.....	7
1.2.1 LES ONES.....	7
1.2.2 L'ESPECTRE ELECTROMAGNÈTIC.....	8
1.2.3 EL DUALISME ONA/PARTÍCULA DE LA LLUM.....	9
1.3 LA FOTOSÍNTESI.....	10
1.3.1 L'APARELL FOTOSINTÈTIC.....	10
.....	11
1.3.2 FOTOSÍNTESI DELS COMPOSTOS DE CARBONI.....	11
1.4 FOTOMORFOGÈNESI.....	12
1.4.1 ELS FOTORECEPTORS.....	12
1.4.2 ELS FOTOTROPISMES.....	13
2.MATERIAL I MÈTODES.....	15
2.1 MATERIAL.....	15
2.2 MÈTODES.....	16
2.2.1 PROCEDIMENT.....	16
2.2.1.1 DESENVOLUPAMENT DE L'EXPERIMENT AMB LLUM BLAVA.....	19
2.2.1.2 DESENVOLUPAMENT DE L'EXPERIMENT AMB LLUM VERMELLA....	24
3. RESULTATS I ANÀLIS.....	28
3.1 L'ALÇÀRIA DE LES PLANTES.....	28
3.2 NOMBRE DE BRANQUES.....	35
3.3 LES FULLES.....	41
3.4 LES TIGES.....	42
3.5 LES ARRELS.....	43
3.6 ANÀLISI GENERAL.....	44
4. CONCLUSIONS.....	45
5. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA.....	47
5.1 BIBLIOGRAFIA.....	47
5.2 WEBGRAFIA.....	47
6. AGRAÏMENTS.....	49

0. INTRODUCCIÓ

Aquest estudi tracta sobre com afecten diferents longituds d'ona de l'espectre visible al creixement de la *Lens culinaris*.

Tenia clar que volia fer el meu treball sobre aquest tema , com afecta la llum al desenvolupament vegetal, i vaig buscar diversos articles relacionats amb el tema. Vaig trobar-ne un que parlava sobre uns cultius de tomàquets que utilitzaven diversos colors de llum per afavorir el creixement i la producció d'aquests. Llavors em va sorgir el dubte de si aquest mètode es podia aplicar també a altres cultius o només era efectiu en el cas dels tomàquets. Amb el fet de poder augmentar la producció mitjançant diferents colors de llum podria disminuir els costos de producció, ja que s'utilitzaria la llum natural i només caldria pintar les parets dels hivernacles per aconseguir llum de diversos colors. Amb la disminució dels costos de producció també disminuiria el preu del producte i podria reduir el problema de moltes famílies que no tenen suficients diners per a alimentar-se. Em va semblar que seria interessant comprovar-ho jo mateixa i vaig decidir estudiar el creixement de plantes que rebien diferents colors de llum.

Abans de començar l'estudi, vaig fixar uns objectius:

- Comprovar experimentalment que el color de la llum afecta al creixement de les plantes.
- Observar les respostes de les plantes enfront a l'estímul del color de la llum.
- Esbrinar perquè el color de la llum provoca aquestes variacions en el creixement (si n'hi ha).

Per començar amb l'estudi, vaig partir de les següents hipòtesis:

- Potser el color de la llum afecta al creixement de les plantes.
- Potser varia l'alçada de les plantes depenent del color de llum que reben.
- Potser varia alguns aspectes de les fulles depenent del color de llum que reben.
- Potser aquests canvis són causats per la presència de diferents pigments fotosintètics.

A l'hora de pensar quines plantes utilitzaria en el meu estudi, em vaig decantar per les llenties, ja que són un dels principals conreus de llegums d'Espanya i germinen ràpid.

Per a poder aconseguir llum de diferents colors vaig contactar amb un centre que dona suport a la investigació anomenat CESIRE amb seu a Barcelona. Em van prestar dos bancs de llum que vaig envoltar de paper de cel·lofana per aconseguir els diferents colors de llum.

Un cop ja disposava del material necessari, vaig començar amb el meu experiment. El vaig dividir en dues parts de 30 dies cadascuna: en una primera part observaria el creixement d'un grup de plantes que reben llum blanca (que era el grup control) i un altre grup que rebien llum blava; i en la segona faria el mateix, però en lloc d'utilitzar llum blava, faria servir vermella. Tenia pensat comparar el creixement de les plantes que rebien els tres colors de llum alhora, però només disposava de dos bancs de llum i el vaig haver de dividir en dues parts.

1. ANTECEDENTS BIBLIOGRÀFICS

1.1 DESENVOLUPAMENT VEGETAL

El desenvolupament vegetal és el conjunt de processos pels quals una planta arriba a l'edat madura. Comença amb la fecundació i acaba amb la mort de la planta, perquè aquestes creixen fins que es moren, és a dir, mai deixen de créixer.

En primer lloc, es produeix la unió de dos gàmetes (cèl·lules reproductores), un gàmeta masculí i un altre femení que dona lloc al zigot, que és unicel·lular. Aquest zigot s'anirà dividint, formarà una serie de teixits i, finalment, la llavor d'una planta. En aquesta llavor s'hi han format els cotilèdons, que són unes fulles simples que emmagatzemen nutrients per al desenvolupament de l'embrió.

Tot seguit, es produirà la germinació, que és el procés pel qual la llavor es convertirà en una planta. També es produirà la diferenciació cel·lular, és a dir, cada cel·lula s'especialitzarà en fer una funció i es formaran els teixits dels òrgans. Per a que una llavor pugui germinar, necessita estar en un medi amb les condicions adients (temperatura, oxigen...), però sobretot necessita que sigui humit.

Gràcies a l'aigua del medi, la llavor s'inflarà i trencarà la coberta, l'oxigen absorbit del medi i els nutrients que ja contenia la llavor, li donaran l'energia necessària per a que pugui iniciar el creixement.

Primer començarà a créixer l'arrel a partir d'alguns teixits de la llavor. Després sortiran els cotilèdons, impulsats per l'oxigen del medi i els nutrients.

Aquests cotilèdons que ara reben llum, formaran una molècules encarregades de captar la llum anomenades pigments fotosintètics (la més important és la clorofil·la) i començaran a fer la fotosíntesi.

Una hormona anomenada auxina (encarregada del creixement cel·lular) impulsarà el desenvolupament de la tija, i a partir d'aquí, s'aniran formant les fulles seguint una sèrie de patrons determinats, l'arrel i la tija continuaran creixent. Quan la planta percebi algun canvi en la durada del dia, i per tant, en la quantitat de llum que rep, enlloc de produir fulles produirà flors. Quan aquestes siguin fecundades pel pol·len d'una altra flor, formarà el fruit i aquest, formarà la llavor.



En aquestes imatges es pot observar el desenvolupament de la Lens culinaris. En la imatge 3 es veu com germina la llavor, donant lloc a l'arrel i els cotilèdons. En les següents imatges la planta continua creixent fins que mor. Font: <http://agronoticias2012.blogspot.com.es/2016/09/informacion-temperaturas-y-tiempos-para.html>

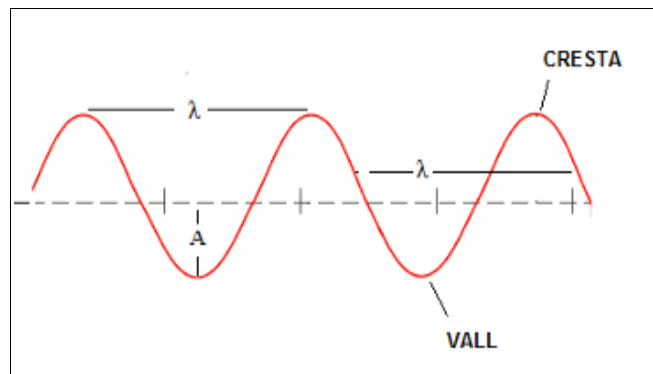
1.2 LA LLUM

1.2.1 LES ONES

La llum és una radiació que es propaga en forma d'ona. Una ona és una pertorbació en l'espai que es propaga per aquest, per exemple, quan llencem una pedra a l'aigua, es produeix una pertorbació en la seva superfície i es formen cercles al voltant d'on ha caigut la pedra.

Una ona no transporta partícules, sinó energia.

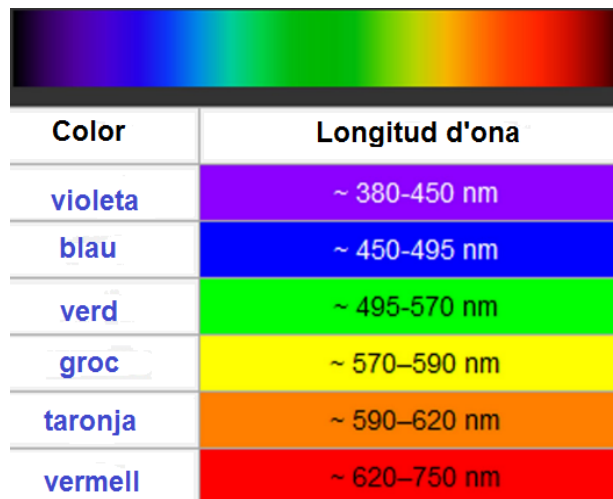
La longitud d'ona (λ) és la distància que hi ha entre dos punts en el mateix estat d'oscil·lació en un temps determinat. Dit d'una altra manera, la distància que hi ha entre una cresta i una altra, o entre una vall i una altra, o qualsevol altre punt de l'ona, en un temps determinat. Aquesta distància s'acostuma a mesurar en nanòmetres (nm) que equival a 10^{-9}m .



Representació d'una ona i algunes de les seves parts.

1.2.2 L'ESPECTRE ELECTROMAGNÈTIC

Totes les possibles longituds d'ona que pot tenir una ona electromagnètica, com ara la llum, es recullen dins de l'espectre electromagnètic. Dins d'aquest espectre hi ha longitud d'ones que no són visibles, ja que tenen una longitud d'ona inferior o superior a la que el nostre ull pot arribar a percebre. Per tant, l'espectre que si podem veure correspon a l'espectre de la llum visible, de longitud d'ona d'entre 380 i 750 nm. Aquest espectre correspon als colors, i cadascun està determinat per una longitud d'ona concreta segons es mostra en la imatge següent:



Espectre visible de la llum amb les longituds d'ona corresponents a cada color.

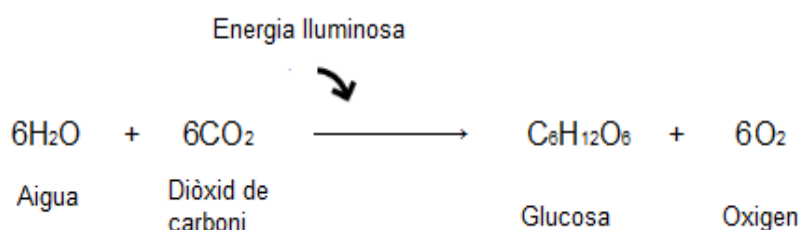
1.2.3 EL DUALISME ONA/PARTÍCULA DE LA LLUM

En els següents apartats es farà referència a la llum de diverses maneres: s'esmentarà la seva longitud d'ona, l'energia que aquesta transporta o com a un flux de fotons. Un fotó és la partícula elemental de la llum. Una ona no està formada per partícules; com ja s'ha esmentat abans, és una pertorbació en l'espai. Per tant, per què es fa referència a partícules de llum?

Actualment, hi ha dues teories sobre el comportament de la llum: la primera teoria defensa un model corpuscular (partícules) i la segona defensa el model ondulatori (ona). Ambdues teories són vàlides, i per aquesta raó algunes vegades s'esmentarà en els següents punts la llum com a ona i algunes altres com a flux de partícules (fotons).

1.3 LA FOTOSÍNTESI

La fotosíntesi és un procés pel qual les plantes, entre altres organismes, transformen l'energia lluminosa en energia química, segons l'equació química següent:



Existeixen diversos tipus de fotosíntesi, però en aquest cas sempre es farà referència a la fotosíntesi pròpia de les plantes, la fotosíntesi oxigènica dels compostos de carboni. S'anomena oxigènica perquè produeix oxigen, i és de compostos de carboni perquè l'àtom que s'incorpora és el de carboni, que en aquest cas procedeix del diòxid de carboni (CO_2).

1.3.1 L'APARELL FOTOSINTÈTIC

La fotosíntesi només es té lloc en les cèl·lules vegetals, concretament un orgànel·lular anomenat cloroplast que té com a funció produir energia química.

Les membranes dels tilacoides (component del tilacoide) contenen uns complexos anomenats fotosistemes que tenen com a funció captar l'energia lluminosa.

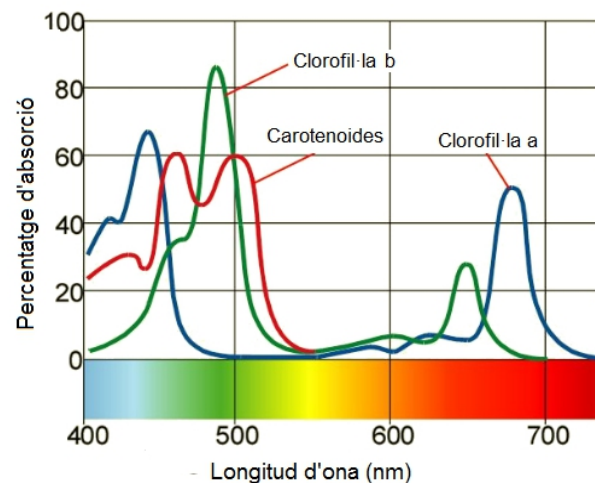
Un fotosistema està format per dues subunitats anomenades complex antena i centre de reacció.

El complex antena conté unes molècules anomenades pigments fotosintètics que s'encarreguen de captar l'energia lluminosa i transmetre-la a altres molècules fins arribar al centre de reacció.

En les plantes, hi ha diferents tipus de pigments fotosintètics:

-Les clorofil·les, les quals es divideixen en dos tipus: la clorofil·la α i la clorofil·la β . Es diferencien en la seva estructura i en l'absorció de llum amb longituds d'ona diferents: la clorofil·la α absorbeix la llum de longitud d'ona de 680nm i la clorofil·la β absorbeix la longitud d'ona de 660nm.

-Els carotenoides absorbeixen la llum d'una longitud d'ona de 440nm i poden ser de dos tipus: els carotens que són vermells i les xantofil·les que són grogues. Aquests dos grups es divideixen també en altres subgrups.



Gràfic de l'espectre d'absorció de les clorofil·les i els carotenoides. Font: <http://www.leditgrow.cl/fotosintesis/>

1.3.2 FOTOSÍNTESI DELS COMPOSTOS DE CARBONI

La fotosíntesi consta de dues fases: una primera fase anomenada fase lluminosa i la fase fosca en la que es sintetitza matèria orgànica a partir de matèria inorgànica a través del cicle de Calvin.

La fase lluminosa s'anomena així perquè necessita que hi hagi llum per a poder dur-se a terme i se n'obtenen com a productes d'una sèrie de reaccions ATP i NADPH, unes molècules energètiques.

La fase fosca utilitza els productes de la fase lluminosa (ATP i NADPH) per

produir matèria inorgànica a partir de matèria orgànica, per tant no es pot realitzar si abans no s'ha produït la fase lluminosa. El nom de "fase fosca" no vol dir que només es realitzi en la foscor, també es pot produir en presència de la llum, però aquesta no influeix en el seu desenvolupament. Per tant, en aquesta fase no intervenen els pigments fotosintètics i es duu a terme a l'estroma.

1.4 FOTOMORFOGÈNESI

La fotomorfogènesi es defineix com el creixement i desenvolupament que depèn de la llum però no està relacionat amb la fotosíntesi.

Per a què la llum controli el desenvolupament de la planta, aquesta primer ha d'absorbir llum. Les encarregats d'absorbir-la són unes proteïnes anomenades fotoreceptors. Entre tots els receptors, els més importants en aquesta recerca són els fitocroms i els criptocroms.

1.4.1 ELS FOTORECEPTORS

El fitocrom es sintetitza al citoplasma i actua com a receptor de la llum de color vermell (660-700nm) i vermell llunyà (part de l'espectre electromagnètic no visible proper al vermell, de l'infraroig de 700-800nm). Depenent de la llum que absorbeix adopta un estat o un altre. En un dels estats es trasllada al nucli de la cèl·lula. Això suposa que el fitocrom regula l'expressió gènica, però el mecanisme exacte encara no s'ha descobert totalment.

El criptocrom rep la llum de color blau (450-495nm) i està situats al nucli cel·lular. En aquest cas, els criptocroms tenen un sol estat, independentment de la longitud d'ona que absorbeixin. El criptocrom també influeix en l'expressió gènica de la planta.

Normalment, aquest fotoreceptor està involucrat en la fotoperiodicitat, és a dir, en els canvis biològics de les plantes en funció dels canvis ambientals, com per exemple, el cas de la floració anteriorment esmentat. També influeix en la germinació de les plantes i en la detecció de camps magnètics. Per tant, els camps magnètics presents provoquen variacions en el creixement i desenvolupament de les plantes que reben llum blava.

Les fototropines són unes proteïnes que també capten la llum blava i estan situades a la membrana cel·lular. Juntament amb els criptocrom i els fitocroms permeten a les plantes respondre a l'estímul de la llum blava ambiental i provocar canvis en el seu creixement.

Les fototropines provoquen les curvatures de les tiges i l'obertura dels estomes. L'obertura dels estomes influeix en la fotosíntesi perquè són els que capten els gasos necessaris per a que es pugui produir.

Les fototropines produeixen en les plantes canvis reversibles, com els tropismes i l'obertura dels estomes, però els canvis provocats pels criptocroms no són reversibles.

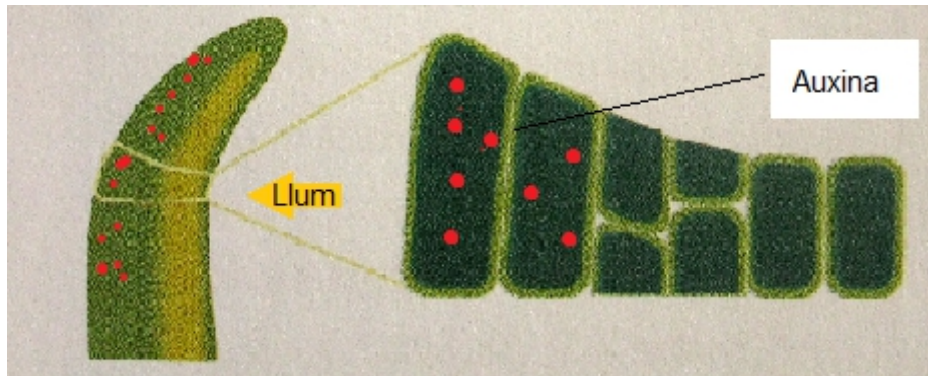
1.4.2 ELS FOTOTROPISMES

El fototropisme és una resposta del vegetal enfront de l'estímul lluminós.

Si la resposta a l'estímul lluminós és que la planta creix cap a la llum, com en el cas de les tiges, s'anomena fototropisme positiu; però si per contra, la resposta és un creixement cap a la direcció contrària d'on procedeix la llum, com les arrels, s'anomena fototropisme negatiu. Les encarregades de captar la llum que provoca tropismes són les fototropines.

La hormona auxina és la que provoca aquests tropismes, i ho fa segons el mecanisme següent:

L'auxina tendeix a concentrar-se en la part de la tija ombrejada, és a dir, on no hi arriba la llum. Aquesta hormona provoca la elongació cel·lular, per tant, les cèl·lules de la part ombrejada seran més allargades que les de la part on incideix la llum, fet que provocarà el tropisme cap a la direcció de la llum.



Imatge que representa el fototropisme d'una tija. Els punts de color vermell són representen l'auxina. Font: <http://ratonlaser.blogspot.com.es/2013/02/fototropismo.html>

2.MATERIAL I MÈTODES

2.1 MATERIAL

Dos bancs de llum	228 llavors de lletia (<i>Lens culinaris</i>)
	
Cotó	12 plats de plàstic
	
Cinta mètrica	Fil de llana
	
Adob líquid	Paper de cel·lofana de colors blau vermell i transparent
	

2.2 MÈTODES

Es realitzen dos experiments amb una durada de 30 dies cadascun amb l'objectiu d'analitzar com afecta el color de la llum al creixement de les plantes, en aquest cas, de la *Lens culinaris*.

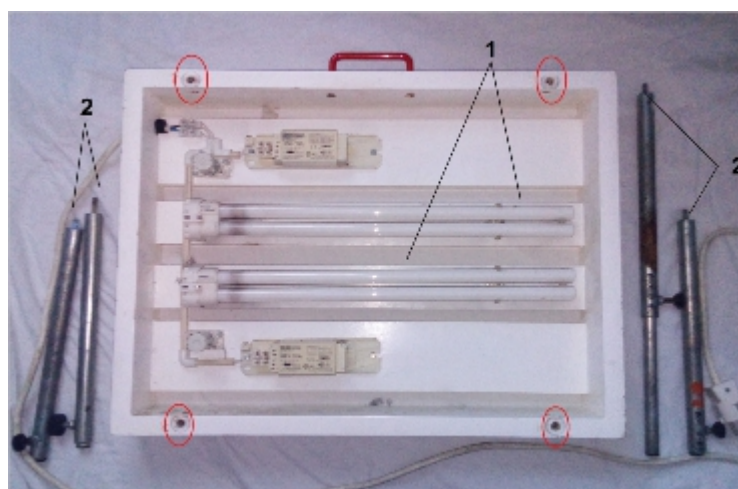
En el primer experiment es compara el creixement de 57 plantes que reben la llum blava d'un banc de llum amb unes altres que reben llum blanca d'un altre banc durant 30 dies.

El segon experiment consisteix, bàsicament, en el mateix que el primer però amb la diferència que en aquest cas s'utilitzarà llum vermella enlloc de blava.

2.2.1 PROCEDIMENT

Per començar, s'han de muntar els bancs de llum:

Un banc de llum és una estructura rectangular (51cm x 41cm x 7cm) de fusta amb dos fluorescents (1) i quatre potes que es poden allargar o escurçar. Per muntar-lo, s'han de cargolar les potes (2) en els forats (cercles vermells de la fotografia) corresponents i aquestes s'allarguen a la mesura adient.



Banc de llum.

Abans de muntar-lo i amb l'objectiu que la llum fos blava o vermella, es posa un paper de cel·lofana del color corresponent (depenent si es vol la llum blanca, blava o vermella) a sobre dels fluorescents. Tot seguit, es fan forats al paper per a poder cargolar les potes, com es mostra en la següent imatge:



Banc de llum amb el paper de cel·lofana a sobre dels fluorescents.

A continuació, el banc es capgira i s'envolta tot amb el paper de cel·lofana corresponent, enganxant-lo amb cinta adhesiva, per a que la llum exterior que arribés a les plantes també fos d'aquest color (blau o vermell, segons el cas).

Per tal que les plantes dels dos bancs de llum estiguessin en les mateixes condicions de temperatura i humitat (control de variables), s'ha d'envoltar el banc de llum blanca amb paper de cel·lofana transparent, tot i que aquest no canviava el color de la llum. Envoltar-les de plàstic fa el mateix efecte que un hivernacle, per tant, si a les plantes que reben la llum blanca no estiguessin envoltades per paper influiria en el seu creixement i desenvolupament.

Després d'haver envoltat amb paper els dos bancs, es col·loquen junts en una habitació, però amb un cartró entre tots dos per a la llum d'un banc no arribés a la de l'altre.



Bancs de llum envoltats de paper de cel·lofana.

Per preparar el lloc adient on creixerien les plantes, es posa una capa de cotó a sobre d'un plat de plàstic. Tot seguit, es col·loquen 19 llenties a sobre del cotó, intentant que estiguin separades entre elles 1cm aproximadament per a que no tinguin gaires dificultats a l'hora de créixer. Una cop col·locades les llenties, s'hi afegeix aigua per a que les llavors tinguessin la humitat que necessiten per a poder germinar.

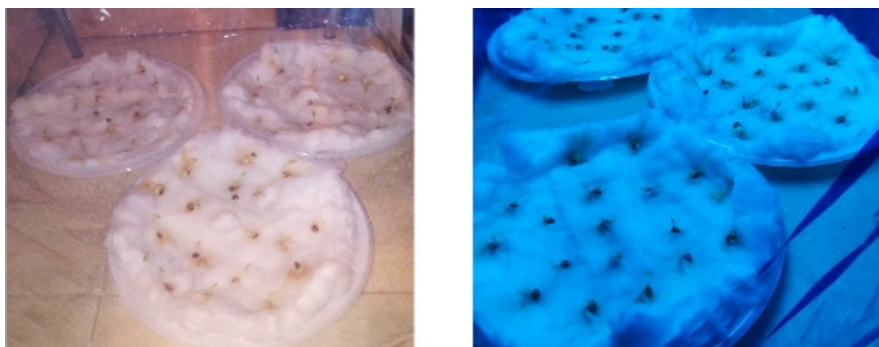


Llenties col·locades sobre el cotó en un plat de plàstic.

Cada banc havia de tenir un total de 57 llenties, per tant s'han de preparar els plats que faltaven i se'n tres a l'interior del banc de llum envoltat per paper blau/vermell, i uns altres tres al que estava envoltat per paper de cel·lofana transparent.

2.2.1.1 DESENVOLUPAMENT DE L'EXPERIMENT AMB LLUM BLAVA

A partir del primer dia que es va començar l'experiment i fins el tercer, es reguen les plantes cada dia i no s'endollen els bancs de llum, és a dir, que només rebien la llum de l'exterior del banc. Es fa així perquè les llavors d'aquesta planta trigaven tres dies en germinar, i durant aquest temps necessiten estar en medi molt humit, a més, el que es vol investigar no és com afecta la llum a la germinació, sinó el seu creixement, per això no reben la llum dels bancs fins que germinen.



En aquestes dues imatges podem observar els brots de les plantes de la llum blava i la blanca en el tercer dia després d'haver-les plantat.

A partir del tercer dia, ja no es reguen cada dia perquè aquesta planta no necessita grans quantitats d'aigua. Per regar les plantes que rebien la llum blava, s'han de treure els plats a fora del banc de llum. Això implica que s'ha d'estar a les fosques, només amb la llum blava del banc per poder veure. Per això s'han de tancar les finestres de l'habitació per a que no entrés llum blanca.

El banc de llum té unes obertures per sobre dels fluorescents per a que no s'acumuli la calor, i per allí surt llum blanca que prové dels mateixos fluorescents, per tant, només quan es reguen, es posa un altre paper de cel·lofana del color corresponent a sobre d'aquestes obertures. A més, s'ha de cobrir el banc de llum blanca per a que no rebés llum blava. Una vegada s'acaba de regar-les, es tornen a posar els plats a dins del banc de llum corresponent.

Per regar les plantes del banc de llum blanca, també s'han de treure les plantes de sota del banc, però com que aquestes sempre reben llum blanca, no és

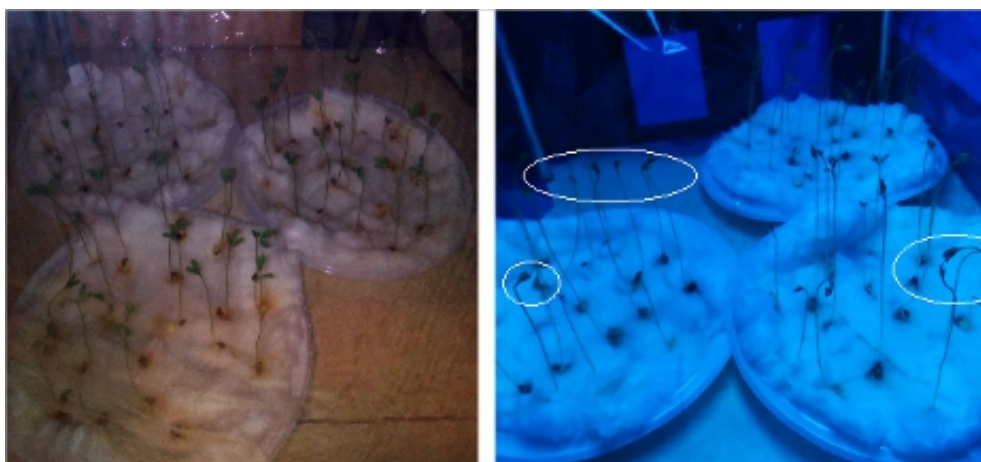
necessari estar a les fosques. Només cal que es desendolli el banc de llum blava per a que no els hi arribi la llum d'aquest color.



A la dreta de la imatge hi ha el banc de llum blau, on a sobre hi ha un altre paper de cel·lofana per a que la llum que surti sigui blava. A l'esquerra veiem com el banc de llum blau està cobert A més, l'habitació només hi ha llum blava.

El temps de llum al dia que reben totes les plantes es de deu hores (8:00-18:00h), i de fosc es de catorze hores (18:00-8:00h) durant 30 dies (fotoperíode). A més, per la nit, s'ha d'aixecar el plàstic davanter per a que es ventilés l'interior del banc de llum.

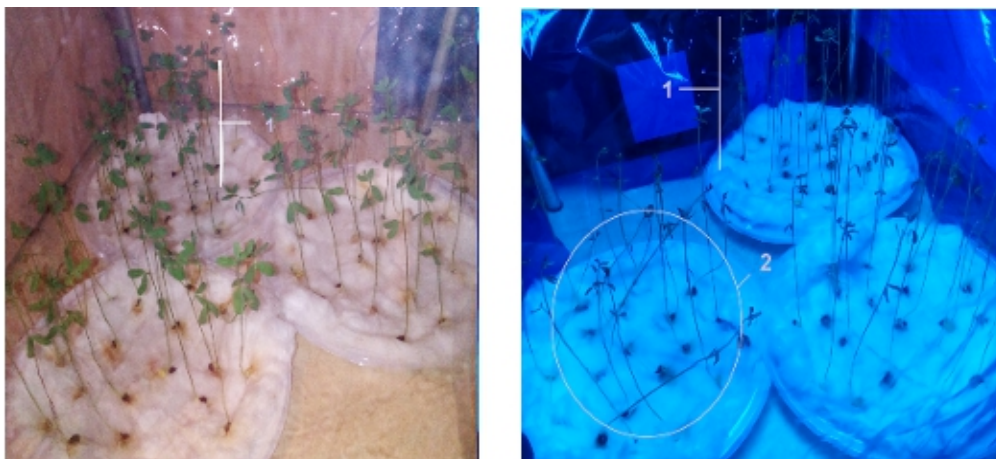
Al sisè dia ja es poden observar algunes diferències entre les plantes que reben llum blava i les que reben llum blanca:



Sisè dia. La curvatura de les plantes que reben la llum blava està marcada amb un cercle blanc.

En aquestes imatges es veu com les fulles de les plantes que reben la llum blanca són més grans i estan més obertes, mentre que les de les que reben la llum blava són més petites i estan tancades. A més les plantes que reben llum blava tenen una alçària major que les altres. També es comença a veure com la part superior de la tija de les plantes del banc de llum blava presenten un tropisme cap l'esquerra o la dreta, depenent de la planta, fet que en les que reben la llum blanca no s'observa.

El desè dia ja es pot veure clarament com les plantes que reben la llum blava tenen més alçària que les de la llum blanca, i a més continuen tenint les fulles petites i tancades, a diferència de les que reben llum blanca, que són més grans i estan obertes. També es pot veure com algunes de les tiges de les plantes que reben la llum blava comencen a corbar-se i s'orienten cap a la dreta.



Desè dia. 1) Comparació de l'alçària. 2) Les plantes que reben llum blava estan orientades cap a la dreta i tenen la tija corbada, mentre que les que reben la llum blanca són menys altes i tenen la tija recta.

Tres dies més tard, la totalitat de les plantes que reben la llum blava mostren una orientació cap a la dreta, amb una curvatura molt més pronunciada que al desè dia, sobretot en la part baixa de la tija, mentre que les tiges d'algunes de les plantes que reben la llum blanca estan començant a corbar-se, és a dir, comencen a mostrar algun tipus d'orientació. Les plantes del banc de llum blava van començar a corbar-se per la part superior de la tija i dies més tard es van orientar

cap a la dreta, però les que reben la llum blanca s'inclinen directament cap a direccions que semblen ser aleatòries.

Les fulles de les plantes de llum blava continuen sent molt més petites que les de la llum blanca, però es pot observar que estan una mica més obertes que al desè dia. Pel que fa a l'alçària de les plantes, les blaves continuen sent més altes que les blanques, tot i que ja no hi ha tanta diferència entre les dues.



Quinzè dia. Les fulles de les plantes que reben llum blava estan més obertes que abans, on es veu més clarament són les fulles que estan encerclades.

El quinze dia s'adoben les plantes amb un adob líquid perquè estan plantades en cotó, i aquest no té cap dels nutrients que les plantes necessiten per a poder continuar creixent. La composició d'aquest adob era de 1,6% de nitrogen ureic, 0,8% d'anhidre fosfòric i un 2% d'òxid de potassi.

Durant els següents dies no hi han canvis notables, les plantes de la llum blava continuen sent més altes, tot i que no gaire, i les fulles estaven una mica més obertes. Pel que fa a les plantes que reben la llum blanca, ja estan totes inclinades, i es pot observar que el tropisme és cap al centre d'on estan col·locats els tres plats.



Dia vint-i-dosè. La majoria de les plantes de la imatge dreta estan orientades cap a la mateixa direcció, mentre que les de la imatge esquerra estan orientades cap al centre dels tres plats, com mostren les fletxes.

Durant la resta de dies no s'observen més canvis importants entre les plantes dels dos bancs de llum. Només continuen creixent i els tropismes cada dia són més pronunciats. També sembla que les plantes del banc de llum blava tenen un menor nombre de fulles que les del banc de llum blanca.

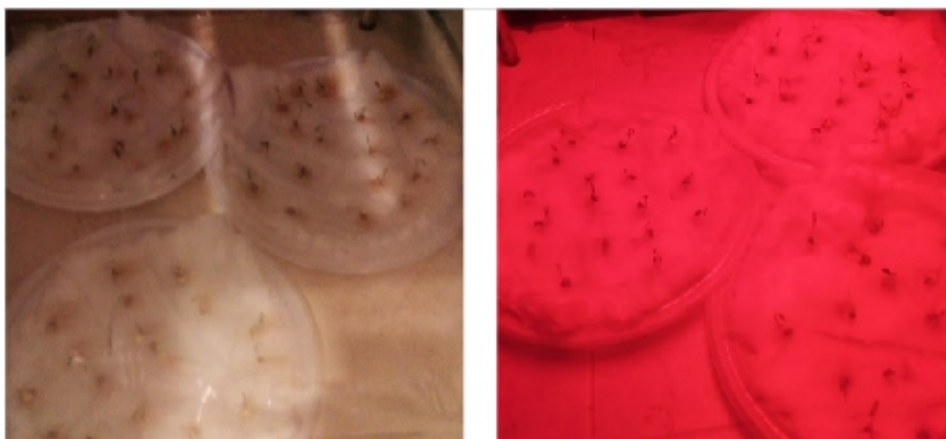


Plantes l'últim dia.

2.2.1.2 DESENVOLUPAMENT DE L'EXPERIMENT AMB LLUM VERMELLA

Per començar amb l'experiment de la llum vermella, s'han de desmuntar els bancs de llum per a canviar els papers de cel·lofana blaus per vermells i els transparents per uns de nous seguint el mateix procediment que amb l'experiment amb la llum blava. Primer es posen els papers de cel·lofana a sobre dels fluorescents i tot seguit s'envolten de paper. També s'han de preparar els tres plats amb el cotó per a cada banc, s'hi col·loquen el mateix nombre de llenties a cada plat, s'humiteja el cotó i es posen els plats sota dels bancs.

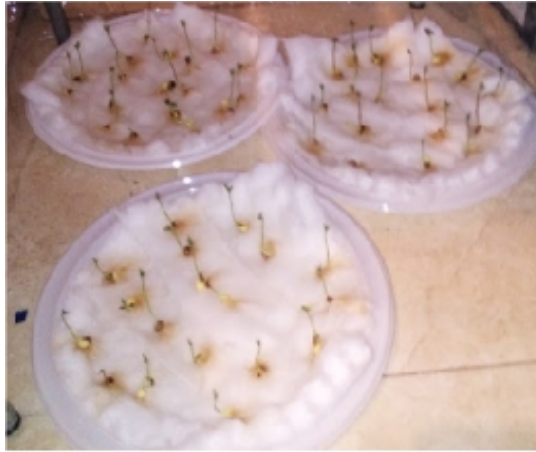
De la mateixa manera que amb la llum blava, no s'endollen els bancs de llum i es reguen les plantes cada dia fins al tercer dia, quan les llenties germinen.



Les plantes dels dos bancs van germinar el tercer dia.

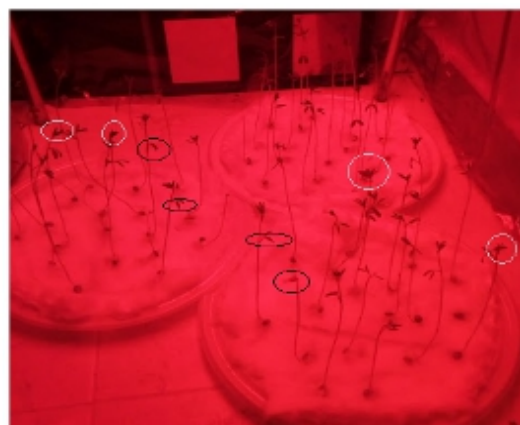
A partir del tercer dia s'han de regar un dia sí i un dia no, ja que era innecessari fer-ho cada dia, perquè com ja vaig mencionar en l'experiment anterior, les llenties no necessiten grans quantitats d'aigua per a poder sobreviure.

Després de dos dies, les plantes van germinar i s'observa la primera diferència: hi va haver una orientació de la part superior de les tiges cap a direccions aleatòries, mentre que les que reben la llum blanca encara no tenien cap curvatura. Pel que fa a l'alçària, cap de les dues és més alta que l'altra i les fulles encara no s'havien obert, per tant la curvatura o orientació va ser l'únic canvi.



Plantes el cinquè dia. En la imatge de l'esquerra podem veure com les plantes s'estan orientant cap al terra, on els casos més clars estan encerclats. Mentre que les de la dreta, que reben llum blanca, encara continuen rectes.

El desè dia, les plantes que reben la llum vermella tenen una alçària major que les que reben llum blanca i aquella orientació de les tiges gairebé havia desaparegut. Pel que fa a les fulles, les del banc de llum blanca ja eren grans i estaven completament obertes, mentre que les de l'altre banc eren petites i només estaven tancades les de la part superior de la tija. El tropisme negatiu ara es pot observar en les branques de les del banc de llum vermella, ja que les seves fulles estan orientades cap a baix.



Plantes el desè dia. El cercles negres assenyalen les branques que estan orientades cap a baix, i els blancs mostren algunes de les fulles tancades de la part superior de les plantes.

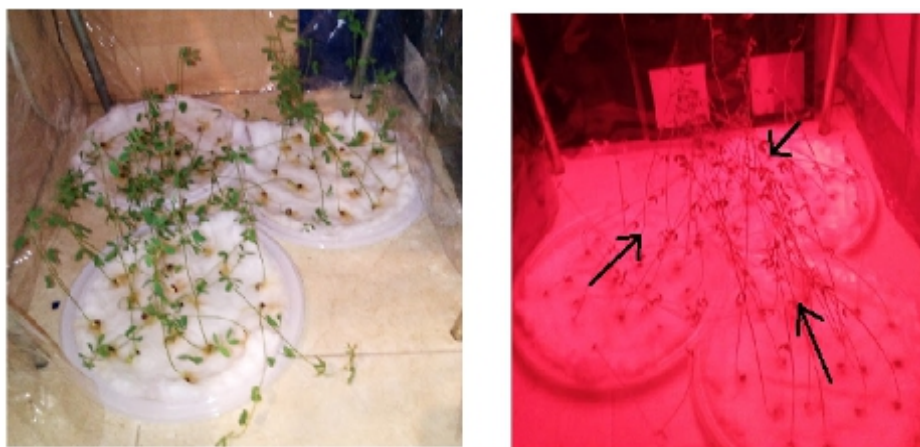
El quinzè dia també s'adoben les plantes amb el mateix adob que en el primer experiment.

Durant els següents dies, les plantes continuen creixent sense cap canvi notable; amb les mateixes diferències que s'han esmentat en les plantes del desè dia de l'experiment.

Però pels voltants del vintè dia, les plantes del banc de llum blanca comencen a mostrar tropismes orientats cap a diverses direccions (principalment cap el mig dels tres plats, com va passar en l'experiment anterior), mentre que les del banc de llum vermella encara continuen sent rectes i no mostren cap tipus de curvatura a la tija, és a dir, que des del desè dia només ha incrementat la alçària i han crescut.

Un parell de dies més tard, el vint-i-dosè dia, les plantes que no presentaven cap curvatura o orientació (les que rebien llum vermella), ja estan totes orientades cap al centre dels tres plats, però a diferència de les plantes de l'altre banc, ho fan de manera molt més ordenada, és a dir, totes les plantes tenen, aproximadament, el mateix grau de curvatura.

Aquestes orientacions s'ha produït de manera molt més ràpida en les que rebien la llum vermella que en les del banc de llum blanca.



Plantes el vint-i-dosè dia. Les fletxes assenyalen l'orientació de les plantes.

Pocs dies més tard i fins a l'últim dia, l'ordre que es pot veure en les plantes del banc de llum vermella ja ha desaparegut perquè van créixer més i van aparèixer més corbes principalment en la part superior de la tija. Les del banc de llum blanca estan en el mateix estat que les de l'altre banc quant a orientació.

L'últim dia, deixant del banda les curvatures i orientacions de les plantes, les diferències principals són la mida més gran de les fulles que han rebut llum blanca, l'alçària de les plantes del banc de llum vermella és notablement superior a les de l'altre banc i per últim, no s'observa una gran diferència en el nombre de fulles entre les plantes dels dos bancs.



Plantes el trentè dia.

3. RESULTATS I ANÀLIS

3.1 L'ALÇÀRIA DE LES PLANTES

L'últim dia (el dia 30) de cada experiment s'han de quantificar totes les diferències esmentades en l'apartat anterior.

En primer lloc, es mesura l'alçària de cada planta. Per fer-ho, s'utilitza un fil de llana i una cinta mètrica. Es marcava la mesura de la tija al fil de llana, començant des de la part baixa fins a la part superior de la tija. Tot seguit, amb la cinta mètrica, es mesura el que s'havia marcat al fil de llana.



Com prenia la mesura de les plantes.

Del total de 114 plantes que es van plantar, hi va haver algunes que no van germinar; unes altres tenien un creixement més lent i mesuraven molt menys que la resta, i per últim, n'hi van haver que van créixer massa i no es podien comparar amb la majoria. Aquests resultats no els vaig tenir en compte (són els guionets (-) que apareixen en la taula següent) perquè el fet que fossin més o menys altes que la resta o que no haguessin germinat no era a causa del color de la llum, sinó per algun defecte que tenia la llavor. Per tant, vaig acceptar com a rang d'altura per a la llum blanca de 19,5 – 29,5cm, per a les de la llum blava 20,5-30,5cm.

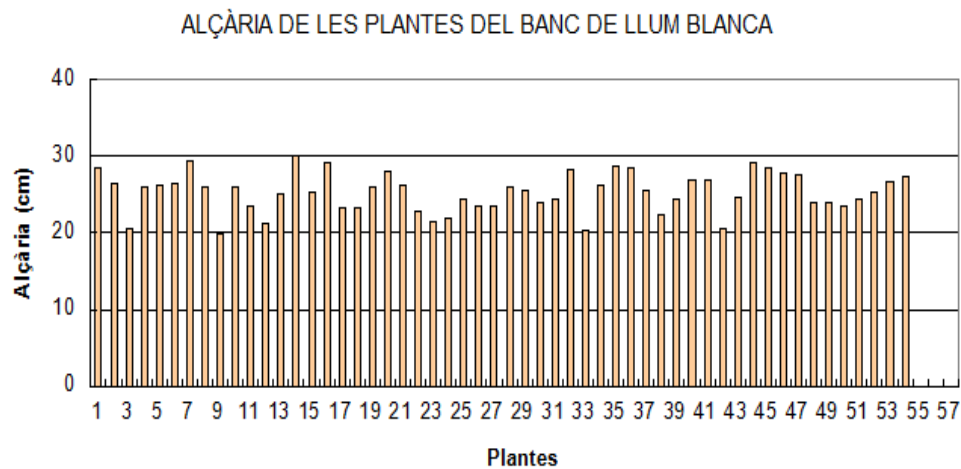
La taula següent mostra l'alçària de totes les plantes dels dos bancs de llum:

ALTURA DE LES PLANTES QUE HAN REBUT LA LLUM BLANCA (cm)			ALTURA DE LES PLANTES QUE HAN REBUT LA LLUM BLAVA (cm)		
1) 28,5	2) 26,5	3) 20,6	1) 27,3	2) 24,2	3) 22,9
4) 26	5) 26,2	6) 26,5	4) 24,6	5) 25,6	6) 27,1
7) 29,3	8) 26,1	9) 19,9	7) 28,1	8) 27,8	9) 24,9
10) 26	11) 23,5	12) 21,3	10) 25,7	11) 22,6	12) 28,3
13) 25,1	14) 30,1	15) 25,4	13) 26,3	14) 28,6	15) 25,6
16) 29,2	17) 23,2	18) 23,2	16) 20,8	17) 31,1	18) 27,6
19) 26	20) 28	21) 26,3	19) 30,2	20) 25,9	21) 26,9
22) 22,8	23) 21,5	24) 22	22) 27,6	23) 27,5	24) 24,8
25) 24,5	26) 23,5	27) 23,5	25) 29	26) 27,8	27) 30,2
28) 26	29) 25,6	30) 24	28) 27,5	29) 27,1	30) 27,3
31) 24,5	32) 28,3	33) 20,3	31) 28,1	32) 22,6	33) 25,6
34) 26,2	35) 20,8	36) 28,5	34) 23,6	35) 22	36) 27,5
37) 25,5	38) 22,3	39) 24,3	37) 30,1	38) 21,9	39) 25
40) 26,8	41) 27	42) 20,6	40) 29,4	41) 27,5	42) 25,9
43) 24,7	44) 29,1	45) 28,5	43) 24,2	44) 27,6	45) 25,3
46) 27,8	47) 27,6	48) 24	46) 23,1	47) 28,4	48) -
49) 24	50) 23,6	51) -	49) 30,3	50) 28,1	51) -
52) 24,5	53) 25,2	54) -	52) 26	53) 28	54) -
55) 26,7	56) 27,3	57) -	55) 25,9	56) 25,9	57) -
MITJANA: 23,7 cm			MITJANA: 24,6cm		

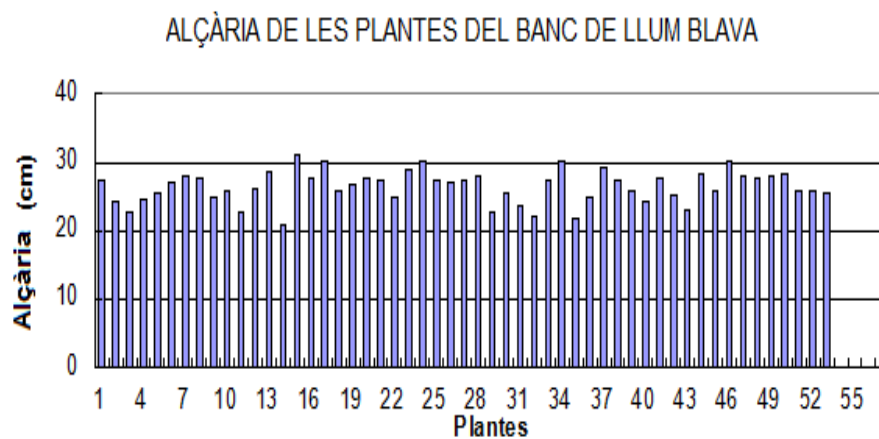
1.1 Taula de mesures de l'experiment de la llum blava.

Del total de les 57 plantes del banc de llum blanca, es van eliminar 3 resultats, perquè una d'elles no arribava als 10cm i les altres dos no van germinar. De les 57 que van rebre llum blava se'n van eliminar 4, però en aquest cas només va ser una que no va germinar, dos d'elles no arribaven a mesurar 15cm i una d'elles superava els 40cm.

A continuació, es representen gràficament els resultats de la taula 1.1:

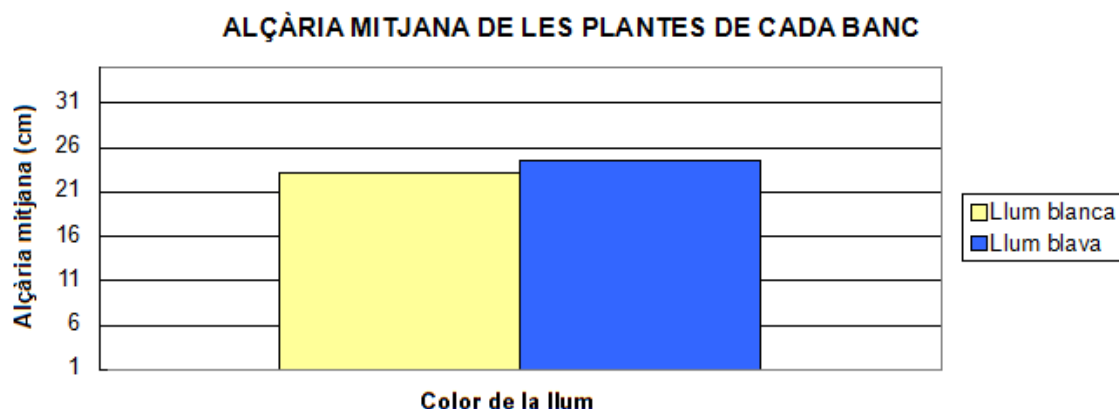


1.2 Gràfic de l'alçària de cada planta que ha rebut llum blanca durant 30 dies en l'experiment de la llum blava.



1.3 Gràfic de l'alçària de cada planta que ha rebut llum blava durant 30 dies en l'experiment de la llum blava.

En aquests gràfics (1.2 i 1.3) estan representades totes les dades de la taula 1.1, és a dir, l'alçària de cada planta. Si es comparen aquests dos gràfics, es veu com les plantes que han rebut llum blanca mesuren entre 20 i 30cm, hi ha molt poques que arriben als 30cm i la majoria estan pel voltant dels 25cm. Les que van rebre llum blava també estan entre els 20 i 30cm, però en aquest cas, la majoria superen els 25cm.



1.4 Gràfic que representa les alçàries mitjanes de les plantes de cada banc de llum en l'experiment de la llum blava.

En aquest tercer gràfic estan representades les mitjanes de les mesures de cada planta, i es pot observar com les plantes que han rebut la llum blanca tenen com a mitjana d'alçària 23,7 cm i les que han rebut llum blava tenen una mitjana de 24,6 cm. Per tant, la diferència és de 0,9 cm o d'un 3,79% . Aquesta diferència en l'alçària es podria considerar menyspreable, però cal tenir en compte que a mitjan experiment, tot i que no es va poder mesurar, la diferència era clarament superior a 1cm, però per alguna raó, que més endavant s'explicara, el seu creixement va ser més lent.

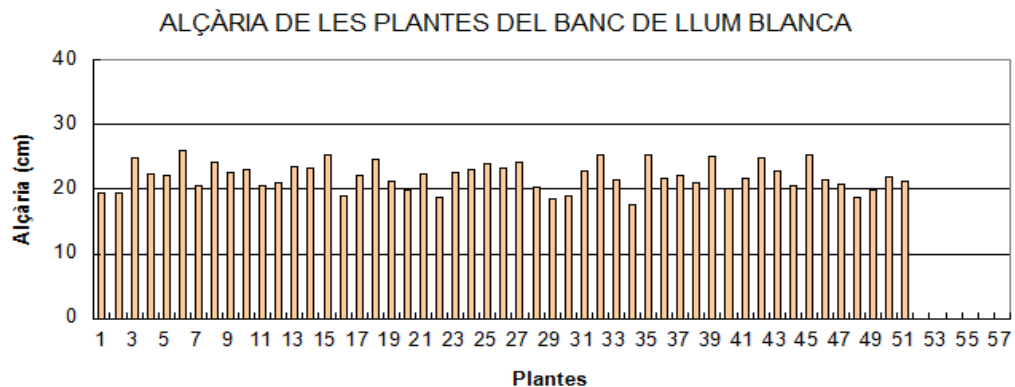
La taula següent mostra els resultats obtinguts de les mesures d'alçària de les plantes del segon experiment:

ALÇÀRIA DE LES PLANTES QUE VAN REBRE LLUM BLANCA (cm)			ALÇÀRIA DE LES PLANTES QUE VAN REBRE LLUM VERMELLA (cm)		
1) 19,4	2) 19,5	3) 24,9	1) 36,1	2) 30,5	3) 29,7
4) 22,3	5) 22,2	6) 26	4) 31,5	5) 30,2	6) 31,2
7) 20,5	8) 24,1	9) 22,5	7) 31,9	8) 29	9) 31,3
10) 23	11) 20,6	12) 21	10) 32	11) 32	12) 30,4
13) 23,4	14) 23,2	15) 25,3	13) 28,5	14) 30,2	15) 28,5
16) 19	17) 22,1	18) 24,7	16) 30,2	17) 34,5	18) 29,1
19) 21,2	20) 19,8	21) 22,3	19) 29,8	20) 34,5	21) 33,4
22) 18,7	23) 22,5	24) 23	22) 33	23) 35	24) 34
25) 24	26) 23,2	27) 24,2	25) 31,5	26) 38,2	27) 30,7
28) 20,3	29) 18,6	30) 19	28) 35,5	29) 33,5	30) 31,2
31) 22,9	32) 25,3	33) 21,5	31) 33,2	32) 29,5	33) 29,7
34) 17,5	35) 25,3	36) 21,6	34) 32,4	35) 29,6	36) 31,7
37) 22,1	38) 21	39) 25	37) 33,1	38) 34,3	39) -
40) 20	41) 21,6	42) -	40) 29,6	41) 27,6	42) -
43) 24,9	44) 22,8	45) -	43) 33	44) 37,8	45) -
46) 20,5	47) 25,4	48) -	46) 35,5	47) 30,6	48) -
49) 21,2	50) 20,7	51) -	49) 33,5	50) 37,5	51) -
52) 18,7	53) 19,9	54) -	52) 31	53) 29,9	54) -
55) 21,9	56) 21,3	57) -	55) 31,5	56) 27,8	57) -
MITJANA: 22,1 cm			MITJANA: 31,9 cm		

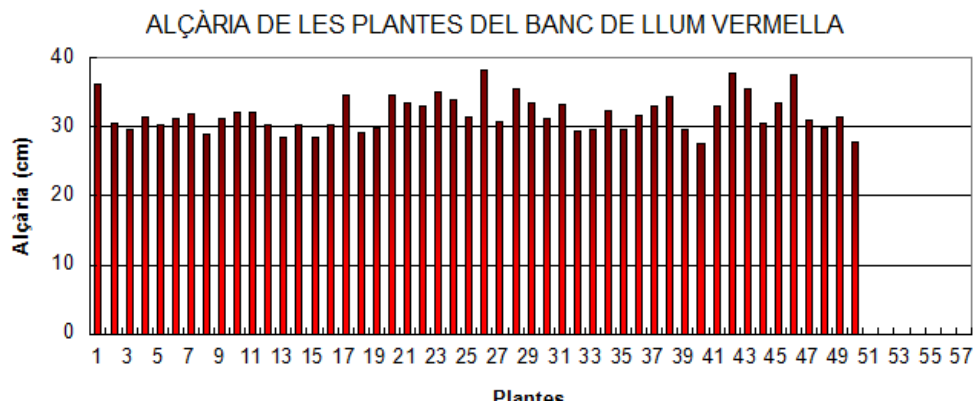
1.5 Taula de mesures de l'experiment de la llum vermella.

En aquesta taula hi han les mesures de les plantes de l'experiment de la llum vermella, i en aquest cas es pot veure com els resultats que van ser eliminats són majors que en l'experiment de la llum blava, ja que de les plantes que han rebut llum blanca s'en van eliminar 6 i de les que van rebre llum vermella 7. La causa per la que van ser eliminats va ser, en la majoria dels casos, perquè no van germinar o bé perquè no arribaven als 10cm.

A continuació, es representen gràficament els resultats de la taula 1.5:



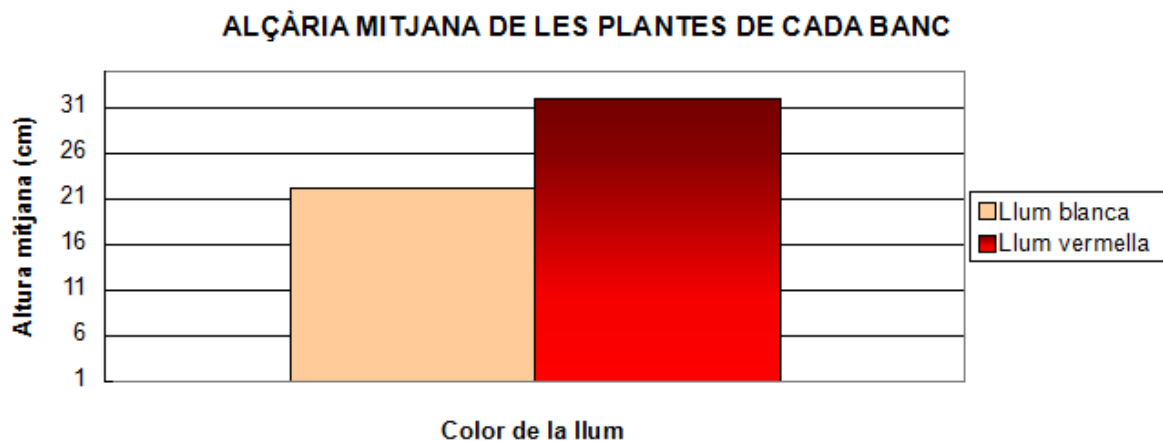
1.6 Gràfic de l'alçària de les plantes que han rebut llum blanca en l'experiment de la llum vermella



1.7 Gràfic de l'alçària de les plantes que han rebut llum vermella.

En aquests dos gràfics (1.6 i 1.7) s'hi troben representades les dades de la taula 1.5. El primer gràfic (1.6) representa l'alçària de les plantes que han rebut llum blanca en el segon experiment. L'alçària màxima és de 25cm, i la mínima és de 17cm. La majoria mesuren entre 20 i 25cm.

El gràfic 1.7 representa totes les mesures de les plantes que han rebut llum vermella durant 30 dies. En aquest cas, l'alçària màxima és de 38cm, mentre que la mínima és de 28cm. Gairebé totes les plantes estan pel voltant dels 30cm, n'hi ha algunes que superen els 35cm i d'altres que no arriben a 30, però per molt poc.



1.8 Gràfic de l' alçada mitjana de les plantes dels dos bancs de llum en l'experiment de la llum vermella.

El gràfic 1.8 representa l'alçada mitjana de les plantes de cada banc de llum, és a dir, la mitjana de les dades dels dos gràfics anteriors. La mitjana de les plantes que han rebut llum blanca tenen una mitjana de 22,1cm i les que han rebut llum vermella tenen una altura mitjana de 31,9cm. Per tant, la diferència d'alçada és de 9,8cm o d'un 44,34%. Aquesta diferència és molt més gran que en el cas de les plantes que van rebre llum blava.

En el primer experiment, les plantes que van rebre llum blanca tenen una alçada mitjana de 23,7cm, mentre que les del segon experiment, la seva alçada mitjana és de 22,1cm. Aquesta diferència d'alçada és molt petita i pot ser causada per les condicions ambientals, una variable que, en aquest cas, no es pot controlar.

Si es compara l'alçada mitjana de les plantes que han rebut llum blava i vermella, s'observa una diferència de 8,2 cm. Una diferència tant gran no pot ser causada per haver estat sotmeses a condicions ambientals diferents, per tant, és causada per haver rebut llum de colors diferents al blanc durant 30 dies.

3.2 NOMBRE DE BRANQUES

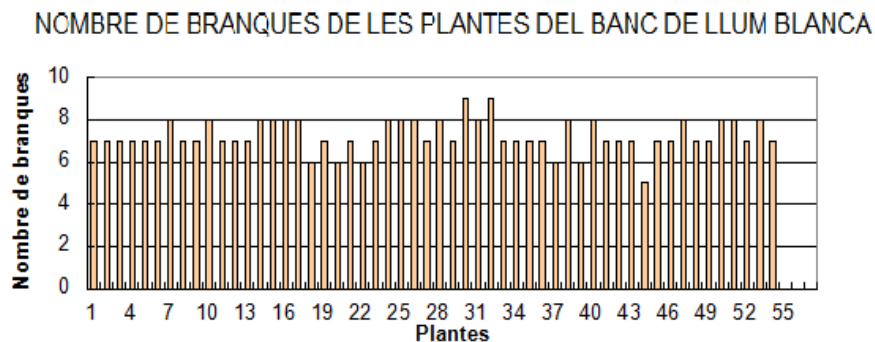
Després d'haver mesurat les plantes, es compta el nombre de branques que té cadascuna. Els resultats obtinguts del primer experiment es troben en la taula següent:

NOMBRE DE BRANQUES QUE TENEN LES PLANTES DEL BANC DE LLUM BLANCA			NOMBRE DE BRANQUES QUE TENEN LES PLANTES DEL BANC DE LLUM BLAVA		
1) 7	2) 6	3) 6	1) 5	2) 5	3) 4
4) 7	5) 7	6) 8	4) 5	5) 6	6) 5
7) 7	8) 6	9) 7	7) 5	8) 5	9) 5
10) 7	11) 7	12) 7	10) 5	11) 5	12) 4
13) 7	14) 8	15) 7	13) 5	14) 6	15) 5
16) 7	17) 8	18) 5	16) 4	17) 6	18) 3
19) 8	20) 8	21) 7	19) 5	20) 5	21) 5
22) 7	23) 7	24) 7	22) 5	23) 5	24) 5
25) 7	26) 8	27) 8	25) 4	26) 5	27) 6
28) 8	29) 7	30) 7	28) 5	29) 3	30) 5
31) 7	32) 9	33) 7	31) 5	32) 4	33) 4
34) 7	35) 8	36) 8	34) 4	35) 5	36) 5
37) 7	38) 9	39) 8	37) 4	38) 5	39) 4
40) 8	41) 7	42) 7	40) 6	41) 5	42) 5
43) 8	44) 7	45) 8	43) 4	44) 5	45) 6
46) 8	47) 7	48) 7	46) 4	47) 6	48) -
49) 8	50) 7	51) -	49) 4	50) 5	51) -
52) 6	53) 8	54) -	52) 5	53) 6	54) -
55) 7	56) 6	57) -	55) 5	56) 4	57) -
MITJANA: 7 (6,87)			MITJANA: 4 (4,49)		

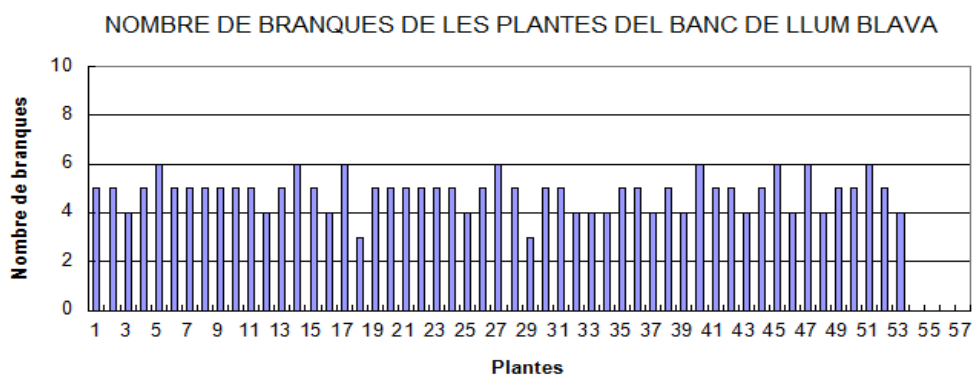
2.1 Taula del nombre de branques de cada planta en l'experiment amb la llum blava.

Com en els resultats de l'alçària de les plantes, hi han hagut tres resultats eliminats en el cas de la llum blanca, i quatre en el cas de la llum blava. A l'hora de fer la mitjana del nombre de branques, es van obtenir resultats amb decimals que es van aproximar a nombres enters segons el criteri següent: si es superior a 0,5 s'arrodoneix a la següent xifra, però si es menor de 0,5 (incloent el 0,5) s'arrodoneix a la xifra actual.

A continuació, es representen gràficament els resultats de la taula 2.1



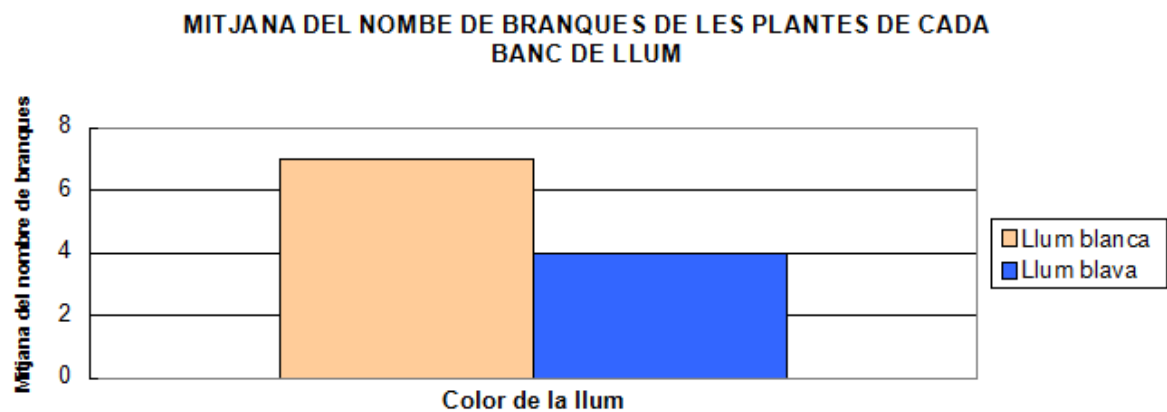
2.2 Gràfic del nombre de branques de les plantes del banc de llum blanca en el primer experiment



2.3 Gràfic del nombre de branques de cada planta del banc de llum blava en el primer experiment.

Al gràfic 2.2 hi són representats el nombre de branques de cada planta del banc de llum blanca de l'experiment de la llum blava. Com es pot observar, una part de les plantes tenen vuit branques o més, una altra grup de plantes tenen entre sis i vuit branques (majoritàriament set) i la resta, que són el grup més minoritari, en tenen sis o menys.

El gràfic 2.4 s'observa el nombre de branques de cada planta que han rebut llum blava durant els 30 dies del primer experiment. En aquest cas, hi ha una minoria de plantes que arriben a tenir sis branques, la resta tenen entre quatre i cinc menys algunes poques plantes que en tenen menys de cinc.



2.4 Gràfic de les mitjanes del nombre de branques per planta de cada banc de llum del primer experiment.

El tercer gràfic, el 2.4, representa la mitjana de branques per planta dels dos grups de l'experiment, és a dir, la mitjana de branques que tenen les plantes del banc de llum blanca i la mitjana de branques del banc de llum blava. En el cas de la llum blanca, la mitjana és set branques per planta, mentre que les del banc de llum blava tenen com mitjana quatre branques per planta. Com ja s'ha vist en els gràfics anteriors i la taula, les plantes que han rebut llum blava tenen menys branques que les que han rebut llum blanca.

En taula següent s'hi troben les branques de cada planta de l'experiment de la llum vermella:

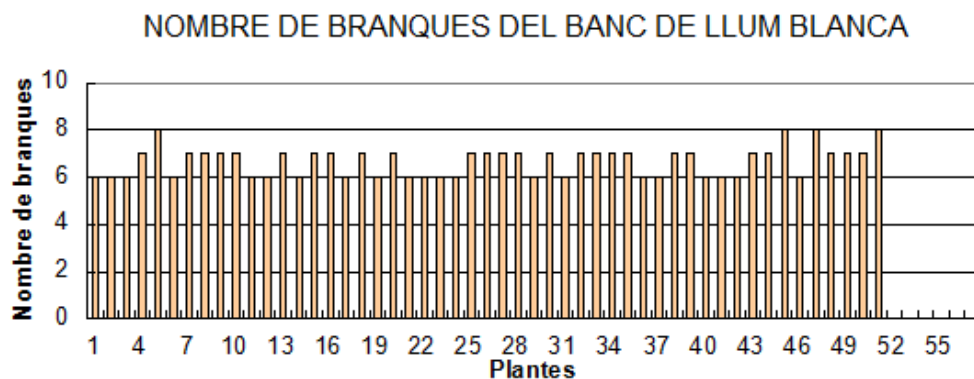
NOMBRE DE BRANQUES QUE TENEN LES PLANTES DEL BANC DE LLUM BLANCA			NOMBRE DE BRANQUES QUE TENEN LES PLANTES DEL BANC DE LLUM VERMELLA		
1) 6	2) 6	3) 6	1) 7	2) 6	3) 6
4) 7	5) 8	6) 6	4) 7	5) 7	6) 6
7) 7	8) 7	9) 7	7) 6	8) 6	9) 7
10) 7	11) 6	12) 6	10) 7	11) 7	12) 6
13) 7	14) 6	15) 7	13) 6	14) 6	15) 7
16) 7	17) 6	18) 7	16) 5	17) 6	18) 7
19) 6	20) 7	21) 6	19) 7	20) 6	21) 6
22) 6	23) 6	24) 6	22) 7	23) 6	24) 6
25) 7	26) 7	27) 7	25) 6	26) 7	27) 7
28) 7	29) 7	30) 6	28) 7	29) 6	30) 6
31) 7	32) 6	33) 7	31) 6	32) 6	33) 6
34) 7	35) 7	36) 7	34) 6	35) 5	36) 6
37) 6	38) 6	39) 7	37) 6	38) 6	39) -
40) 6	41) 6	42) -	40) 7	41) 6	42) -
43) 6	44) 7	45) -	43) 6	44) 6	45) -
46) 8	47) 7	48) -	46) 6	47) 7	48) -
49) 6	50) 8	51) -	49) 6	50) 5	51) -
52) 7	53) 7	54) -	52) 6	53) 6	54) -
55) 7	56) 8	57) -	55) 7	56) 6	57) -
MITJANA: 6 (5,96)			MITJANA: 5 (5,49)		

2.5 Taula del nombre de branques del segon experiment.

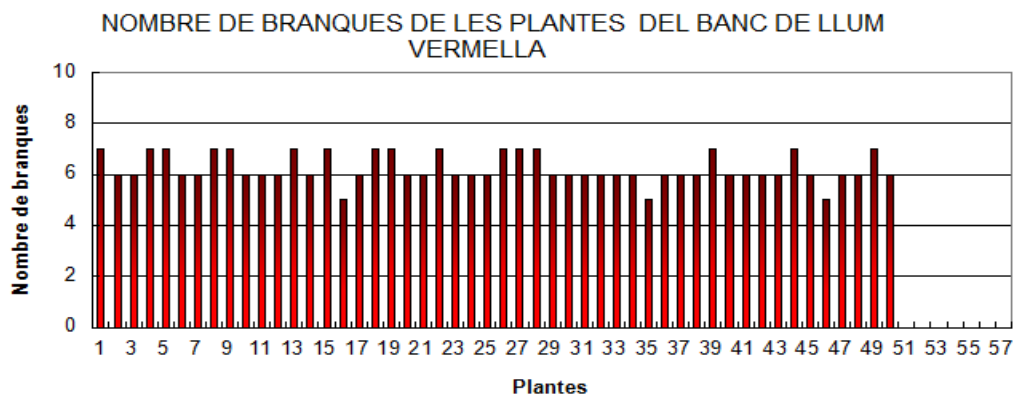
En la taula 2.5 hi ha el nombre de branques de cadascuna de les plantes del segon experiment. Com es pot veure, en el banc de llum blanca se'n van eliminar sis resultats i en el banc de llum vermella, set; per les raons que ja s'han esmentat anteriorment.

En aquesta taula també s'ha realitzat la mitjana de totes les plantes de cada banc, seguint el mateix criteri que en la mitjana del nombre de branques per planta de l'experiment amb la llum blava.

A continuació, es representen gràficament els resultats de la taula 2.4:



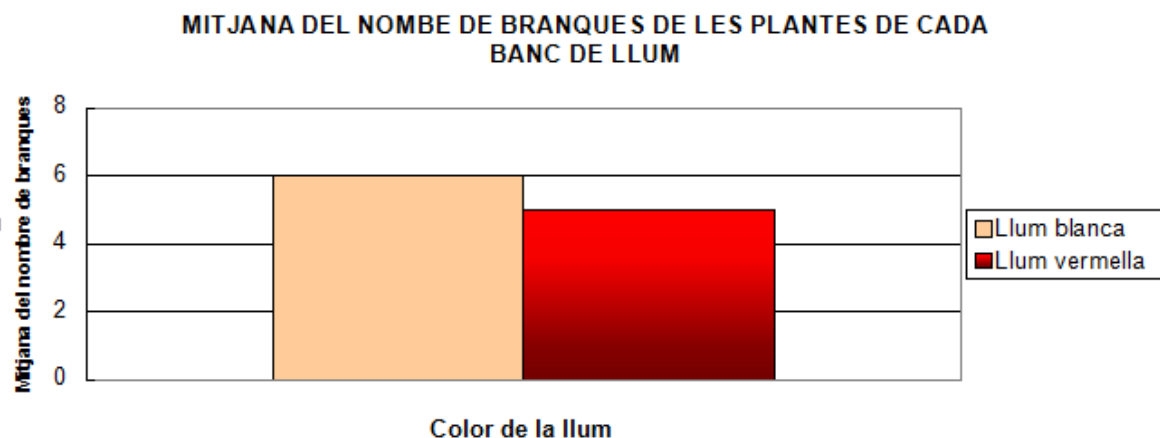
2.6 Gràfic del nombre de branques de les plantes del banc de llum blanca del segon experiment.



2.7 Gràfic del nombre de branques de les plantes que han rebut llum vermella en el segon experiment.

Al gràfic 2.6 estan representades les dades de la primera part de la taula, és a dir, el nombre de branques de les planta que han rebut llum blanca durant el segon experiment. En aquest cas, gairebé totes tenen sis branques, algunes altres en tenen set i molt poques arriben a tenir vuit branques.

El gràfic 2.7 representa el nombre de branques de cadascuna de les plantes que han rebut llum vermella durant el segon experiment. El gràfic no es gaire diferent del 2.7; la majoria de plantes tenen sis branques, unes altres tenen set branques, tres d'elles en tenen cinc i cap planta arriba a tenir vuit branques.



2.8 Gràfic de les mitjanes del nombre de branques per planta de cada banc de llum del segon experiment.

El gràfic de les mitjanes de branques per planta de cada banc (gràfic 2.8) mostra que la mitjana de branques per planta del banc de llum blanca és de 6 i la del banc de llum vermella és d'una branca menys, de 5. Aquesta diferència és molt petita, ja que només és d'una branca, per tant, és probable que no sigui causada per haver rebut colors de llum diferents, sinó per altres factors.

Si es comparen els resultats del nombre de branques dels dos experiments, la diferència entre la mitjana del nombre de branques del banc de llum blava i vermella és d'una branca. En aquest cas, el fet que la diferència sigui tant petita sí que pot ser causada per haver rebut llums de colors diferents.

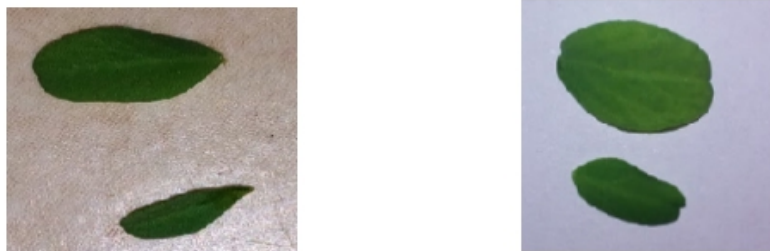
Si es miren els gràfics del segon experiment (2.6 i 2.7) es veu com la diferència és realment d'una branca, ja que el mínim de les plantes que han rebut llum blanca és de 6 mentre de les que han rebut llum vermella és de 5; quant al màxim passa el mateix, el nombre màxim de branques del banc de llum vermella també està un per sota de les del banc de llum blanca.

Però ara bé, si es comparen el nombre de branques de les plantes que han rebut llum blava i vermella es veu com aquesta diferència d'una branca no és tant clara. En el gràfic de llum blava (2.3) es veu com el nombre de branques per planta és molt més irregular que el cas del gràfic de les plantes que han rebut llum

vermella (2.7): mentre que en el banc de llum vermella la gran majoria de plantes tenen sis branques, en el banc de llum blava només vuit d'elles arriben a tenir sis branques i aquest és el nombre màxim de branques que tenen; en el gràfic de la llum vermella es veu com només tres d'elles tenen 5 branques (el mínim nombre de branques), mentre que en el banc de llum blava n'hi ha una nombrosa part de les plantes que en té 5, però aquest no és el nombre mínim, n'hi ha una altra part aproximadament igual a aquesta última que té de 3 a 4 branques. És per aquest fet que, malgrat el que indiqui la mitjana, és veu clarament com aquesta diferència sí que ha estat provocada per haver rebut llums de colors diferents, i no per altres factors.

3.3 LES FULLES

També es poden observar diferències entre les fulles dels dos bancs de llum:



La imatge de l'esquerra correspon al primer experiment; mentre que la dreta, al segon. Les fulles de la part superior d'ambdues fotografies han rebut llum blanca, mentre que les de sota han rebut llum blava (primera fotografia) i llum vermella (segona fotografia).

Si es comparen les fulles que han rebut llum blanca amb les que han rebut llum blava i vermella, es pot dir que la diferència principal és la mida. Les que han rebut llum blanca són el doble de grans que les que han rebut les altres.

A més, les que han rebut llum blanca estan més obertes que les dels altres bancs, és a dir, tenen la superfície de la fulla més plana. Si es tallessin de dalt a baix (en el sentit en que estan orientades en la imatge) i es miressin des d'algun costat (dreta o esquerra), es veuria com les fulles que han rebut llum blava i vermella

tenen una forma semblant a una "v", mentre que les que han rebut llum blanca són gairebé planes.

3.4 LES TIGES

A part de l'alçària i el nombre de branques, en la forma de les tiges també s'observen diferències:



La imatge de l'esquerra correspon al primer experiment i la de l'esquerra, al segon. Les plantes situades a la dreta de cada imatge han rebut llum blava (imatge de l'esquerra) i llum vermella (imatge de la dreta). Les que estan situades a l'esquerra han rebut llum blanca.

En aquestes dues imatges es poden observar les diferències ja esmentades; com la planta que ha rebut llum blava té menys branques i mesura aproximadament el mateix, la que ha rebut llum vermella té les mateixes branques però té més alçària, etc. Però a part d'aquestes diferències, se n'observen algunes altres:

Per començar, en la primera imatge es pot veure com la planta que ha rebut llum blava és d'un color més clar que la planta que va rebre llum blanca.

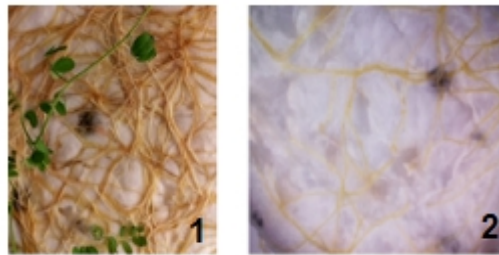
Ambdues tiges de les plantes d'aquesta mateixa imatge estan corbades, però les corbes de la planta de la dreta són molt més pronunciades que les de la de l'esquerra. Pel que fa al guix de la tija, sembla que la part inferior de la que va rebre llum blava és més gruixuda que l'altra, però no es va poder mesurar perquè no es disposava d'una eina suficientment precisa. Per tant, com que el gruix de la tija no es veu clarament hi hauria d'estar quantificat per comprovar-ho, no s'ha

tingut en compte alhora d'enumerar els resultats en apartats següents.

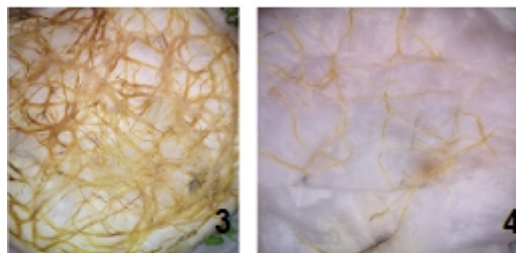
En la segona imatge, les tiges de les plantes que van rebre llum vermella eren d'un verd més clar que les de les plantes del banc de llum blanca. A més, les plantes de la llum vermella mostren una curvatura en la part superior molt més pronunciada que en les plantes del banc de llum blanca d'aquest mateix experiment.

3.5 LES ARRELS

En les arrels de les plantes que van rebre llum blanca i de color blau i vermell s'observa una clara diferència:



Arrels de les plantes del primer experiment. 1) Llum blanca. 2) Llum blava.



Arrels de les plantes del segon experiment. 3) Llum blanca. 4) Llum vermella.

Les arrels dels dos grups de plantes que han rebut llum blanca són molt llargues, gruixudes i nombroses, mentre que les arrels dels banc de llum blava i vermella són molt més fines i molt poc nombroses. No es va poder mesurar la llargària d'aquestes arrels perquè estaven enganxades amb el cotó, i si s'hagués intentat separar-les s'haurien trencat. Tot i que aquest resultat no està quantificat, és pot veure clarament en les imatges.

3.6 ANÀLISI GENERAL

Per tant, els resultats obtinguts més importants han estat els següents:

- Les plantes que reben llum blava tenen un creixement més ràpid, però només durant els primers dies.
- Les plantes que reben llum vermella tenen una alçària major.
- Les plantes que reben llum blava i vermella tenen les fulles més petites.
- Les plantes que reben llum blava tenen un menor nombre de branques.
- Les plantes que reben llum blava i vermella tenen menys arrels.

L'acceleració del creixement de les plantes que han rebut llum blava pot ser causat perquè la llum blava estimula l'obertura dels estomes, fet que provoca una acceleració del seu metabolisme, i en conseqüència, el seu creixement.

El fet que en les plantes que reben llum blava s'inhibeixi el creixement accelerat pot ser causat per l'acció del criptocrom, que provoca que no es sintetitzi una proteïna que possiblement està relacionada amb el creixement de la planta.

Les plantes que han rebut llum blava i vermella tenen les fulles més petites per controlar l'absorció de la llum, ja que aquesta era molt intensa i podria provocar danys en les seves cèl·lules.

Pel que fa als fets de tenir un menor nombre de branques i menys arrels no s'ha pogut trobar una explicació. En aquest apartat d'anàlisi de resultats, s'han fet un seguit d'hipòtesis basades en els antecedents bibliogràfics, per tant s'hauria de comprovar si realment són certes o no.

4. CONCLUSIONS

Diferents longituds d'ona de l'espectre visible de la llum provoca els efectes següents en el desenvolupament vegetal de la *Lens culinaris*:

1. La llum blava provoca un creixement accelerat de la tija que es veu inhibit al cap d'uns dies.
2. La llum vermella també provoca un creixement accelerat que no s'inhibeix, per aquesta raó les que van rebre llum vermella eren un 29,67% més altes que les que van rebre llum blava.
3. Les plantes que han rebut llum blava tenen un menor nombre de branques en comparació a les plantes que han rebut llum blanca i vermella.
4. Les plantes que han rebut llum blava i vermella tendeixen a tenir les fulles més petites i allargades que les plantes que han rebut llum blanca.
5. Les tiges de les plantes que han rebut llum blava i vermella són d'un to de verd més clar que les tiges de les plantes que han rebut llum blanca.
6. Tant les plantes que reben llum blava com les que reben vermella tenen unes arrels més curtes, menys nombroses i més fines que les arrels de plantes que han rebut llum blanca.
7. Les plantes que han rebut llum vermella presenten curvatures més pronunciades que les de la llum blanca i blava.
8. Per a poder donar una explicació d'aquests resultats, caldria aprofundir més en la recerca.
9. Amb aquest estudi ha quedat demostrat que les diferents longituds d'ona

també afecten a altres plantes, però només s'ha pogut estudiar el seu creixement. Per tant, per tal de comprovar si també influeix l'augment de producció s'hauria de continuar amb la investigació.

5. BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA

5.1 BIBLIOGRAFIA

- BARCELÓ, Juan, NICOLÁS, Gregorio; SABATER, Bartolomé i SÁNCHEZ, Ricardo. *Fisiologia vegetal: Piràmide*, 2000.
- LINCOLN, Taiz i ZEIGER, Eduardo. *Fisiología Vegetal Volumen I: Publicacions de la Universitat Jaume I, Castelló de la Plana* 2006.
- LINCOLN, Taiz i ZEIGER, Eduardo. *Fisiología Vegetal Volumen II: Publicacions de la Universitat Jaume I, Castelló de la Plana* 2006.

5.2 WEBGRAFIA

- http://almez.pntic.mec.es/~jrem0000/dpbj/Fotosintesis/clorofila_y_pigmentos_accesorios.html (30-09-2016)
- <http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?id=779> (27-10-2016)
- <http://cienciaexplicada.com/desarrollo-vegetal.html> (15-11-2016)
- <http://es.slideshare.net/nuriag69/anabolisme-autotrof-27646626> (9-09-2016)
- <http://fisiolvegetal.blogspot.com.es/2012/10/crecimiento-y-desarrollo.html> (25-09-2016)
- <http://html.rincondelvago.com/fotomorfogenesis.html> (14-10-2016)
- <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Campo/Campo07.htm> (26-11-2016)
- <http://jmmulet.naukas.com/2014/07/08/como-funciona-el-desarrollo-de-las-plantas/> (6-12-2016)
- <http://labeledelazplantas.blogspot.com.es/2013/11/pigmentos-fotosinteticos.html> (14-11-2016)
- <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la->

- [ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema3/FOTOMORFOGENESIS.pdf](#)
(21-11-2016)
- <http://pandoxo61.blogspot.com.es/2013/12/fotosistema-fotosistema-i-los-procesos.html> (28-12-2016)
 - <http://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=1011797732&topicorder=2&maxto=10> (14-11-2016)
 - <http://ratonlaser.blogspot.com.es/2013/02/fototropismo.html> (29-09-2016)
 - <http://www.asturnatura.com/articulos/organulos-energeticos/cloroplastos-estructura-composicion.php> (03-12-2016)
 - <http://www.botanica.cnba.uba.ar/Trabprac/Tp6/Pigmentos.htm> (28-11-2016)
 - <http://www.cannabiscafe.net/foros/showthread.php/293726-La-teoria-de-los-colores-y-los-espectros-en-las-plantas> (19-09-2016)
 - <http://www.ecofisiohort.com.ar/?p=28> (07-12-2016)
 - <http://www.eis.uva.es/~qgintro/atom/tutorial-09.html> (23-11-2016)
 - http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_15.htm (16-10-2016)
 - http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/crecimiento_vegetal/ (25-10-2016)
 - <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/03/10/86307> (14-11-2016)
 - http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema5/ (11-12-2016)
 - <http://www.sebbm.es/web/es/divulgacion/rincon-profesor-ciencias/articulos-divulgacion-cientifica/157-los-fotorreceptores-esas-fascinantes-celulas> (23-11-2016)
 - <http://www.technology-hydro-culture.com/es/content/11-influencia-del-color-en-las-plantas-> (06-11-2016)
 - https://ca.wikipedia.org/wiki/Desenvolupament_vegetal (01-10-2016)
 - <https://es.wikipedia.org/wiki/Cloroplasto> (26-11-2016)
 - https://es.wikipedia.org/wiki/Dualidad_onda_corp%C3%BAculo
(14-12-2016)
 - <https://es.wikipedia.org/wiki/Fotos%C3%ADntesis> (15-10-2016)
 - <https://es.wikipedia.org/wiki/Fotosistema> (26-11-2016)
 - <https://mmegias.webs.uvigo.es/5-celulas/6-cloroplastos.php> (29-11-2016)

6. AGRAÏMENTS

En aquest apartat m'agradaria donar les gràcies a tots aquells que han fet possible, d'una manera o una altra, la realització d'aquest treball de recerca.

En primer lloc, agrair al Centre de Recursos Pedagògics Específics de Suport a la Innovació i la Recerca Educativa (CESIRE) el seu préstec dels dos bancs de llum, ja que sense aquest ells, aquest treball no hauria estat possible.

També cal agrair als meus companys, amics, família... per haver-me ajudat en petites coses, per haver-me deixat material necessari, per pagar algunes de les despeses d'aquest treball...

I per últim, donar les gràcies a la meva tutora del treball de recerca, per ajudar-me a orientar el treball cap a la direcció correcta, per aclarir els meus dubtes, per corregir els meus errors, per donar-me idees, i per moltes coses més.