

Electroconreu hidropònic de vegetals, una aproximació al seu coneixement



Institut La Serra
2n batxillerat A
Curs 2013/2014

Índex

1.	Introducció.....	Pàg. 3
2.	El corrent elèctric.....	Pàg. 5
2.1.	Característiques.....	Pàg. 5
3.	La hidroponia.....	Pàg. 8
3.1.	Història.....	Pàg. 8
3.2.	Característiques.....	Pàg. 9
3.3.	Usos.....	Pàg. 11
4.	L'electroconreu.....	Pàg. 13
4.1.	Què és?.....	Pàg. 13
4.2.	Origen.....	Pàg. 13
5.	Definició d'aspectes experimentals.....	Pàg. 15
5.1.	Disposició dels elèctrodes.....	Pàg. 15
5.2.	Temporitzacions en l'aplicació del corrent.....	Pàg. 19
5.3.	Variables a controlar en els medis de cultiu.....	Pàg. 20
6.	Desenvolupament Experimental.....	Pàg. 22
6.1.	Hipòtesi.....	Pàg. 22
7.	Programa Bàsic.....	Pàg. 23
8.	Circuit elèctric.....	Pàg. 26
9.	Sistema Hidropònic.....	Pàg. 39
10.	Hidroponia amb <i>Amaranthus Retroflexus</i>	Pàg. 31
11.	Experiment amb mongetes nanes.....	Pàg. 33
11.1.	Conclusions.....	Pàg. 34
12.	Electrocució escarola.....	Pàg. 35
12.1.	Conclusions.....	Pàg. 38
13.	Experiment final.....	Pàg. 40
13.1.	Conclusions.....	Pàg. 47
14.	Conclusió Final.....	Pàg. 48
15.	Conclusió Personal.....	Pàg. 49
16.	Línies obertes.....	Pàg. 50
17.	Agraïments.....	Pàg. 50
18.	Referències.....	Pàg. 51
19.	Annex: El llenguatge BÀSIC.....	Pàg. 53
19.1.	Història.....	Pàg. 53
19.2.	Sintaxi.....	Pàg. 55
19.3.	Exemple de programació.....	Pàg. 57

1. Introducció

En els inicis de l'existència de l'ésser humà l'agricultura va tenir un paper essencial pel desenvolupament cultural de les societats prehistòriques. Quan els nostres avantpassats van ser capaços de dominar les tècniques de cultiu, van començar a aparèixer els pobles i les ciutats i, paral·lelament, van poder començar a interessar-se en altres aspectes que no pas els relacionats amb la pura subsistència.

D'aquesta manera és com s'ha forjat el desenvolupament cultural de la societat al llarg de la història. Els pensadors van poder començar a reflexionar sobre les diferents incògnites que presenta la vida gràcies a què no s'havien de preocupar en cap moment de l'aliment, perquè en aquell moment ja es dominaven avantatjosament les tècniques agrícoles.

Tot i tenir l'alimentació assegurada, la inclinació innata que té l'ésser humà per millorar els processos productius el va fer començar a intentar desenvolupar diferents maneres d'obtenir una millor producció agrícola. En els primers temps el que s'acostumava a fer era agafar el fruit que millor expressés el caràcter desitjat (normalment grandària) i es replantava per tal de que produís còpies del seu DNA i, així, s'aconseguís una quantitat major de fruit amb el caràcter que es volia potenciar. Més tard s'han anat desenvolupant noves i millors tècniques per tal de millorar aquesta producció com són els aliments transgènics.

Degut a aquesta inclinació innata a millorar els processos es va decidir iniciar aquest estudi per tal de trobar una nova tècnica que permetés obtenir una major producció agrícola d'una manera moderna i eficaç.

Des del primer moment es va pensar en l'aplicació d'electricitat al medi en que es desenvoluparen les plantes per tal de poder crear un corrent iònic que transportés els nutrients d'aquest cap a les arrels i, així, evitar que les plantes malgastessin energia per captar el seu aliment. Aquesta suposició s'havia de comprovar mitjançant un estudi del desenvolupament de les plantes sotmeses a aquestes condicions.

La idea inicial consistia en establir el pas de corrent entre el sòl i les plantes. Més tard, però, va aparèixer la hidroponia com una alternativa molt positiva, ja que diversos estudis mostraven els bons resultats obtinguts utilitzant aquest sistema i, a més, afavoria el pas de corrent, ja que la conductivitat de l'aigua amb sals dissoltes és molt

més alta que la del sòl. Per tant, es va decidir unir aquests dos elements per intentar arribar a l'optimització de la producció

Per fer aquest estudi era necessària una base conceptual sòlida, ja que l'àmbit del coneixement en el que s'entrava era totalment desconegut i s'havia de fer una recerca acurada sobre nous conceptes. Només així es podria planificar correctament l'estudi i es podrien interpretar adequadament els resultats dels diferents experiments.

Abans d'iniciar els primers processos era essencial establir uns objectius a assolir, per tal de tenir un ordre de treball i aconseguir la meta marcada: aplicar correctament el mètode científic, arribant a unes conclusions finals sobre els resultats dels experiments.

Aquests objectius, estructurats en dues parts, el de la part teòrica i els de la part pràctica, són els següents:

- Part teòrica
 - Definir què és el corrent elèctric i quines són les seves característiques.
 - Explicar què és la hidroponia, els seus inicis, les seves característiques principals i per què s'utilitza.
 - Informar-se sobre el que és l'electroconreu i sobre els seus orígens.
 - Comentar què és el llenguatge de programació BÀSIC i per què va sorgir.

- Part pràctica
 - Observar quin és l'efecte que causa l'aplicació de corrent elèctric en les escaroles.
 - Determinar les diferències que ofereixen les escaroles convencionals i vers aquelles a les quals se'ls hi ha aplicat corrent elèctric.
 - Dissenyar correctament el muntatge de la instal·lació experimental.

2. El corrent elèctric

El corrent elèctric és un flux de càrregues elèctriques, normalment aplicat a través d'un fil de coure o de qualsevol altre material conductor. En els circuits elèctrics aquesta càrrega flueix gràcies al moviment dels electrons al llarg d'un conductor. També es pot realitzar pel moviment iònic en un electròlit, o pel moviment d'ambdós, ions i electrons, igual que passa en un plasma.

2.1. Característiques

La intensitat

La intensitat del corrent elèctric es defineix com la càrrega que passa per una secció d'un conductor en cada unitat de temps establerta. Aquesta magnitud s'expressa en Amperes, com a unitat del SI. A més, ens permet saber si el corrent és continu o altern. Sabrem que és continu si el sentit de circulació del flux de càrrega elèctrica és constant en el temps, i que és altern si el sentit de circulació del flux de càrregues no és constant.

Per poder definir-ho hem de mesurar la intensitat, mitjançant un amperímetre que s'ha de situar en sèrie al circuit, és a dir, de manera que els borns o terminals dels dispositius es connectin seqüencialment, perquè el dispositiu sigui travessat pel corrent.

La densitat

Definim la densitat de corrent com la quantitat de corrent que travessa una unitat de superfície. A més, es defineix com un vector la magnitud del qual és el corrent elèctric per l'àrea de la secció transversal, mesurada en el SI en amperes/m².

Aquest vector es pot definir segons la següent equació:

$$I = \int_A Nq\vec{v}_d \cdot \vec{n}dA$$

A partir d'aquesta primera equació, s'obté el vector de densitat de corrent. Sabent que:

- N = nombre de portador de càrrega per m³

- q = cadascuna de les càrregues que es mouen dins del conductor
- v_d = velocitat de càrrega
- n = vector perpendicular a A

Anomenem vector de densitat del corrent al vector:

$$\vec{J} = Nq\vec{v}_d$$

La llei d'Ohm

La llei d'Ohm estableix que el corrent que travessa un circuit elèctric és directament proporcional a la diferència de potencial que hi ha entre els seus extrems i inversament proporcional a la resistència del circuit.

En termes matemàtics la llei s'expressa per mitjà de l'equació: $I = \frac{V}{R}$

- V = diferència de potencial. [Volts]
- I = intensitat de corrent. [Ampers]
- R = constant de proporcionalitat, que és la resistència elèctrica del circuit. [Ohms]

Sentit del corrent elèctric.

A l'inici de la història de l'electricitat, el sentit del corrent elèctric es va definir com la direcció del flux de les càrregues positives, és a dir, que les càrregues es movien del pol positiu al negatiu. Per aquest motiu, avui en dia anomenem sentit convencional a la circulació del corrent elèctric en el sentit oposat al flux de càrregues negatives o bé en el sentit del camp elèctric establert al conductor.

Tot i així, avui sabem que el sentit real del corrent elèctric depèn de la naturalesa del conductor. En els sòlids les càrregues que constitueixen el flux del corrent són electrons lliures, en els líquids els portadors de corrents són els ions positius o negatius i en els gasos pot ser degut tant als ions com als electrons. El sentit real és el sentit del moviment de deriva de les càrregues elèctriques lliures. Si aquestes càrregues són negatives el moviment és en sentit contrari al camp elèctric, en canvi, si les càrregues són positives és en el mateix sentit. Tot i així, s'han trobat casos on les

càrregues es mouen en els dos sentits, això es dona quan el conductor presenta els dos tipus de càrregues lliures com en el cas dels conductors iònics.

En aquest treball hi haurà dos tipus de càrregues en acció depenent del canal de circulació:

- el corrent d'electrons es donarà durant la circulació pels cables elèctrics de coure.
- la circulació pel medi la durà a terme el corrent format pels ions que circularan per la solució.

Tipus de corrent elèctric

Hi ha dos tipus de corrent elèctric: el corrent continu i el corrent altern. Al llarg de tota la xarxa elèctrica trobem una alimentació amb corrent altern, per això, els electrodomèstics que requereixin corrent continu, incorporen circuits rectificadors que converteixen el corrent altern en continu.

- Corrent continu

El corrent continu es defineix per un flux de càrregues circulant sempre en el mateix sentit. S'origina gràcies a un generador connectat al circuit el qual s'encarrega de produir el desplaçament continu de càrregues que es mouen del terminal negatiu cap al positiu. Aquest tipus de corrent és simbolitzat amb les lletres *CC*, o en anglès *DC (Direct Current)*.

- Corrent altern

El corrent altern és aquell en el qual el flux de càrregues canvien de sentit periòdicament. Això implica que el generador canvia periòdicament la polaritat, aquesta freqüència de canvi és una de les característiques principals d'aquest tipus de corrent. S'utilitza abastament gràcies a la seva facilitat de transformació a diferents nivells de tensió, per mitjà de transformadors, fet que provoca una disminució de les pèrdues d'energia. Tot i així, avui en dia s'està començant a experimentar amb el transport d'elevades potències mitjançant *CC*. El corrent altern se simbolitza per *CA*, o en anglès *AC (Alternating Current)*.

3. La Hidroponia

3.1. Història

La hidroponia és un mètode agrícola utilitzat per cultivar plantes fent servir solucions minerals en lloc de sòl agrícola. La paraula hidroponia prové del grec, ὕδωρ (*hidro*) = aigua i πόνοσ (*ponos*) = labor, treball. En els conreus hidropònics les arrels reben una solució nutritiva equilibrada doncs, dissolta en aigua, i ha tots els elements químics essencials per al desenvolupament de les plantes.

Els investigadors van descobrir al segle XVIII que les plantes absorben els minerals essencials en forma de ions inorgànics de l'aigua. En condicions normals, el sòl actua com a reserva de nutrients minerals, però el sòl per si mateix no és essencial pel creixement de les plantes. Quan els nutrients del sòl es dissolen en aigua, les arrels també són capaces d'absorbir-los. En introduir a l'aigua de les plantes els nutrients requerits, el sòl ja no és necessari pel desenvolupament de la planta. Gairebé totes les plantes terrestres serien capaces de créixer en medis hidropònics. A més d'aquests usos en agricultura, la hidroponia també és una tècnica utilitzada en l'ensenyament i la recerca biològica.

El primer treball publicat sobre el creixement de plantes terrestres sense sòl va ser, *Sylva Sylvarum* (1627) de Sir Francis Bacon. Després d'aquesta publicació, la tècnica de l'aigua es va popularitzar en la investigació fins al punt que, el 1699, John Woodward publicà els seus experiments hidropònics amb la menta verda. Va observar que les plantes creixien pitjor en aigua destil·lada que en fonts d'aigua no tan purificada. Però, els primers ens perfeccionar les solucions de nutrients minerals per al cultiu sense sòl van ser els botànics alemanys Julius von Sachs i Wilhelm Knop a la dècada de 1860. Després d'això, el cultiu de plantes terrestres sense sòl en solucions minerals es va convertir ràpidament en una tècnica estàndard de la investigació i de l'ensenyament i, actualment, segueix sent àmpliament utilitzada.

El seu origen modern va tenir lloc el 1928, quan el professor William Frederick Gericke, de la Universitat de Berkeley, California, va ser el primer en suggerir que els cultius en solució mineral s'utilitzessin per a la producció vegetal agrícola. Gericke va causar sensació al fer créixer tomàquets i altres plantes que van arribar a dimensions notables en solucions minerals, més grans que les cultivades en el sòl. El 1937, per analogia amb el terme geoponia (agricultura en grec antic) ell va anomenar aquesta nova

ciència hidroponia. Tot i això, ell afirma que el terme va ser suggerit pel Dr. W.A. Setchell, de la Universitat de Califòrnia de *hydros* (regar) i *ponos* (tasca).

Un dels primers èxits que va tenir la hidroponia va tenir lloc durant la II GM, quan les tropes dels Estats Units que desplaçades al Pacífic van posar en pràctica mètodes hidropònics a gran escala per proveir-se de verdures fresques, ja que en aquelles illes no hi havia sòl disponible i era extremadament car transportar-les.

3.2. Característiques

El cultiu hidropònic ofereix diverses possibilitats i força variades respecte a les que ofereix el cultiu convencional.

Les seves avantatges i desavantatges són les següents:

<u>Avantatges</u>	<u>Desavantatges</u>
És independent als fenòmens meteorològics.	Sense el sòl com a substrat, qualsevol error en el sistema hidropònic condueix a una ràpida mort de la planta.
No necessita cap tipus de sòl, fet que produeix que es pugui cultivar en llocs on l'agricultura o la jardineria en el sòl no poden desenvolupar-s'hi.	Atacs de patògens com ara la humitat a causa del pansiment de <i>Verticillium</i> causada pels alts nivells d'humitat associats a la hidroponia.
L'aigua que s'utilitza és molt poca, amb l'afegit de què pot ser perfectament reutilitzable.	Moltes plantes que viuen en un medi hidropònic necessiten fertilitzants diferents, alhora que sistemes de contenció
Permet controlar totalment els nivells nutritius, per tant, aquests requisits nutritius són inferiors.	El cost inicial per al cultiu hidropònic és alt.
S'aconsegueix un rendiment tan alt com estable, gràcies a què les plagues i les malalties són més fàcils d'eliminar que en el sòl, gràcies a la mobilitat del contenidor.	És necessari un entrenament i un cert coneixement per tal de poder operar aquest sistema.
Les plantes creixen més saludablement, ja que no és necessari l'ús de pesticides que poden danyar la collita.	La matèria orgànica i els animals benèfics del sòl no hi són presents.
Pot ser una solució per evitar la contaminació del planeta, perquè gràcies a què és un sistema controlat, s'evita l'emissió de contaminació nutritiva al medi ambient.	
Pot arribar a produir rendiments molt més alts que el mètode convencional i, també,	

evita l'ús i l'alliberament de substàncies que contaminen el medi.	
S'evita la maquinària agrícola per a la producció.	
Permet produir cultius fora de la seva estació normal.	

A més d'aquestes característiques anomenades anteriorment, el cultiu hidropònic també té un altre tret significatiu, que és les diferents modalitats de conreu que engloba. Aquestes modalitats tenen grans diferències entre elles, ja que utilitzen sistemes i aparells molt diferents per tal de poder obtenir els resultats esperats per a cada modalitat. Aquestes modalitats de conreu són les següents:

- *Aeroponia*: És un dels sistemes de cultiu amb més alta tecnologia. El seu medi de creixement és principalment l'aire, ja que les arrels hi queden suspeses i reben els nutrients gràcies a que els hi subministra una bomba de nutrients.
- *Sistema de creixement per degoteig*: És el sistema de cultiu més utilitzat en sistemes de cultiu hidropònics. El seu funcionament es basa amb el subministrament de la solució nutritiva a la base de cada planta per mitjà d'una bomba de nutrients.
- *Sistema de creixuda i davallada*: Aquest sistema funciona fent surar, temporalment, el substrat on es troben les plantes en la solució nutritiva, de manera que les arrels poden agafar els nutrients; després la solució torna a la seva posició inicial, en un recipient. Aquest moviment està controlat per una bomba submergida, que s'activa seguint les instruccions d'un temporitzador.
- *Tècnica de pel·lícula nutritiva (NFT)*: És la idea més comuna sobre el que és un sistema hidropònic. Aquest sistema té un flux constant de nutrients, que va des del recipient de la solució nutritiva cap al substrat de les plantes, que està inclinat, de manera que la solució torna al recipient inicial.
- *Conreu aquàtic*: És un sistema molt simple. Consisteix en una plataforma de espuma de polièster que subjecta les plantes i que es troba surant el la solució nutritiva. També hi ha una bomba d'aigua, per tal de produir bombolles de

manera que les plantes obtinguin l'oxigen que necessiten. Aquest és el mètode que s'ha emprat en aquest treball de recerca.

- *Sistema de creixement per absorció*: És el més simple de tots els sistemes hidropònics. Es basa en la subministrament de la solució nutritiva al substrat de les plantes per mitjà d'un tub interconnectat entre els dos recipients.

3.3. Usos

El cultiu hidropònic s'utilitza bàsicament per dos aspectes. El primer és l'ús en l'agricultura, ja que moltes espècies de plantes creixen en molt menys temps i normalment la seva qualitat és major, donant com a resultat, que per sota de certes condicions mediambientals i econòmiques, la hidroponia ofereix la possibilitat d'un creixement més rendible econòmicament, és a dir, que proporciona més beneficis pel granger / productor. El segon aspecte pel qual s'usa, és per proveir un medi de creixement més controlat que el creixement en el sòl, ja que les tècniques hidropòniques eliminen moltes substàncies desconegudes que poden ser perjudicials.

Quan les plantes creixen en un medi hidropònic no hi ha el perill de la transmissió de malalties del terra, ni males herbes a treure, ni s'ha de conrear la terra i, a més, les plantes es poden col·locar molt a prop les unes de les altres. Això permet la producció d'una gran quantitat de menjar amb un espai molt petit, amb comparació amb el que es necessitaria amb el cultiu convencional. Una altra característica de la hidroponia és l'eficiència de l'aigua, ja que s'usen sistemes circulants d'aigua i, per tant, la fracció d'aigua necessària és molt més petita que la utilitzada en el mètode tradicional.



Figura 1: Imatge d'una instal·lació hidropònica intensiva

La hidroponia, doncs, és ideal pels qui volen fer créixer les plantes amb la màxima densitat i amb el màxim control de totes les variables agronòmiques del conreu. Aquestes qualitats es combinen per fer el cultiu hidropònic útil per a totes les persones que desitgin conrear de maneres diferents a la tradicional. A més, alguns escriptors de ciència ficció han especulat que la hidroponia podria, a la llarga, permetre que les estacions espacials tinguessin el seu propi aliment

4. L'electroconreu

4.1. Què és?

L'electroconreu consisteix en un conjunt de tècniques que utilitzen l'electricitat per ajudar i optimitzar el creixement de les plantes. Això es deu a què les plantes són sensibles a aquest fenomen. Els efectes que pot produir aquest tipus de conreu són l'optimització del creixement de la planta, l'augment de la densitat dels conreus, l'increment de la qualitat.

L'electroconreu utilitza com a bases les forces elèctriques de la natura per augmentar la fertilitat del sòl, el creixement de la planta i el seu desenvolupament i es refereix a les influències que té l'electricitat en el creixement de la planta i en la fertilitat del sòl.

A més, l'electroconreu és relaciona amb l'ús de l'electricitat, els camps elèctrics i els corrents per tal d'ajudar a la fertilitat del sòl, al creixement de les plantes i al seu desenvolupament.

Per acabar podríem resumir l'esmentat anteriorment, com que aquesta tecnologia de la qual tenim tants pocs coneixements pot accelerar les taxes de creixement, incrementar tant el rendiment com la qualitat dels cultius. Per tant, aquesta metodologia també permetria la reducció de fertilitzant o pesticides, que són grans contaminants del medi.

4.2. Origen

Els estudis de diferents científics, com són Kreuger, Bachman i Murr, entre d'altres, van demostrar a la dècada de 1970 que l'ús de l'electricitat per a millorar el creixement de les plantes tenia moltes possibilitats de ser una realitat. Per tant, en vista de poder millorar la producció de les collites, aquest assumpte va ser traspasat a l'atenció científica per tal de millorar els mecanismes i l'aplicació de les tècniques, amb l'objectiu d'optimitzar al màxim les collites.

Hi han hagut molts estudis sobre els efectes causats per l'aplicació del corrent elèctric en les plantes. La possible influència d'aquest corrent elèctric sobre la vegetació va ser ràpidament suggerida i provada pel Giambattista Beccaria, i explorada per científics com Bertholon, Gardini, Ingenhouse... A més, Lemström va observar que una descarrega elèctrica des d'alguns punts d'agulles col·locades sobre planters de cereals produïen una important estimulació pel seu creixement.

Blackman^{1, 2} va dur a terme un minuciós estudi sobre el creixement del coleòptil en planters d'ordi, conclouent que el màxim efecte es donava quan un corrent d'uns 50×10^{-12} A se subministrava a cada planta. També es va notar un efecte posterior, que era que l'augment de l'índex de creixement continuava hores després del cessament del corrent.

En els experiments de conreu interior, la collita d'ordi va incrementar un $18 \pm 2,4\%$ i el de panís un $27 \pm 5,8\%$. En els experiments de conreu exterior es van utilitzar cables elèctrics encadenats a 2,14 m damunt del nivell del sòl amb una tensió de 40 fins a 80kV, en ordi, en civada i en blat. D'aquests experiments, 14 van donar resultats positius en l'increment de les collites, i 4 van ser negatius.

Tot i això el criteri sobre els efectes beneficiosos d'aplicar corrent elèctric al creixement dels cultius no era unànime. Altres estudis de laboratori³ amb planters d'ordi i de panís, no va aconseguir detectar cap canvi apreciable en el creixement a causa dels camps elèctrics. De la mateixa manera, en Briggs^{4, 5} i els seus col·laboradors durant la dècada de 1930 van obtenir resultats negatius en estudis duts a terme en conreus d'hivernacles, realitzant experiments controlats minuciosament.

La persistència dels investigadors, malgrat els alts i baixos, van portar a un nou conjunt d'evidències convincent que no provaven, solament, que l'electroconreu augmenta el rendiment del cultiu, sinó que també permet reduir-lo, si així es desitja. Aquests nous descobriments es van produir gràcies a una creixent sofisticació dels nous mètodes de recerca.

1. Blackman, V. H., A. T. Legg, and F. G. Gregory. 1923. Proc. Roy. Soc. London, Series B 95, 214.

2. Blackman, V. H. 1924. Field Experiments in Electro-culture. J. Agric. Sci. 14, 240-257.

3. Collins G., L. H. Flint, and J. W. McLane. 1929. J. Agric. Res. 38, 585.

4. Briggs, L. J., A. B. Campbell, R. H. Heald, and L. H. Flint. 1926. Electroculture. U. S. Dept. of Agric. Bulletin #1379.

5. Briggs, L. J. 1938. in: Physiology of Plants, Ed. by W. Seifriz. J. Wiley and Sons, New York.

5. Definició d'aspectes experimentals

5.1. Disposició dels elèctrodes

Dividirem les plantes a estudiar en sis grups i s'experimentarà amb quatre tipus de circulació de corrent prèviament establerts com a mètodes d'estudi:

- Circulació de les plantes cap al medi (veure Figura 2 i 3)
- Circulació del medi cap a les plantes (veure Figura 2 i 3)
- Circulació a través del medi, transversalment a les arrels (veure Figura 4 i 5)
- En el quart no s'hi farà cap aplicació de corrent, ja que aquest ens servirà per poder comparar els resultats (veure Figura 6)



Figura 2: Imatge del recipient amb la solució nutritiva (5M) i les plaques d'acer inoxidable en els seus quatre costats, per proporcionar la circulació de les plantes cap al medi (en aquest cas, ja que en l'altre cas els cables serien blaus), gràcies als FAST-ON incorporats en les plaques que les connecta amb el circuit elèctric.

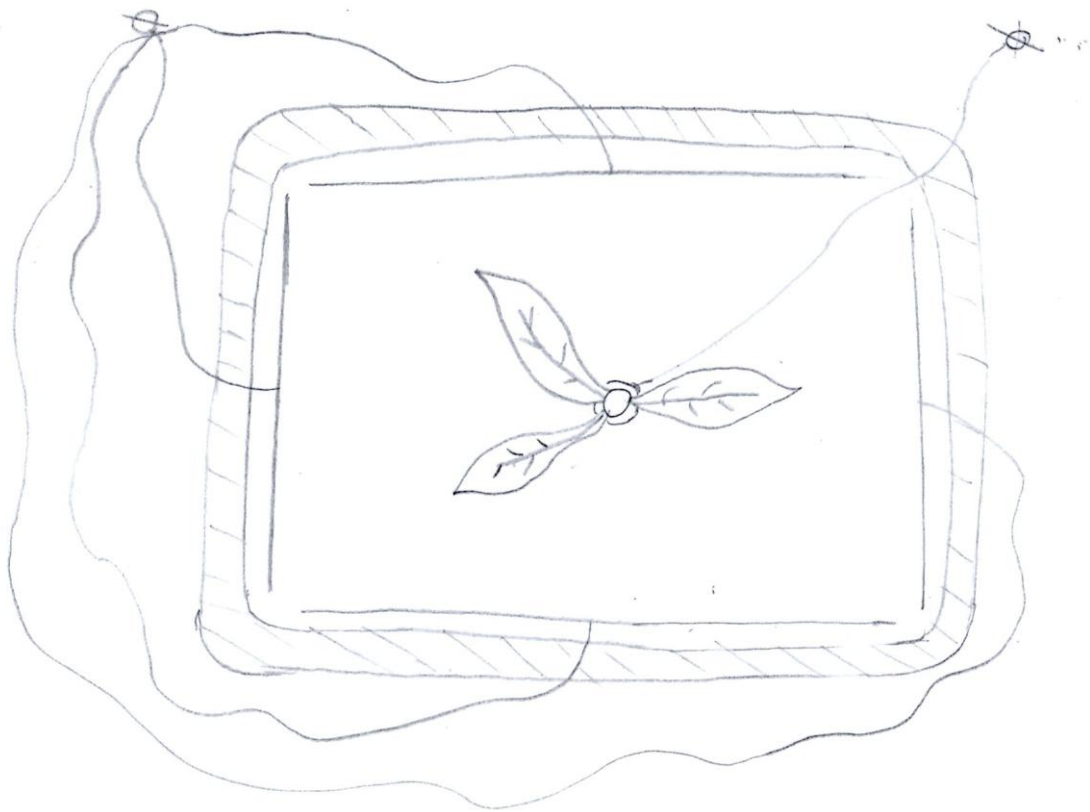


Figura 3: Disposició dels elèctrodes en la configuració planta-medi.



Figura 4: Imatge del recipient amb la solució nutritiva (5M) i les plaques d'acer inoxidable en els seus dos costats, per proporcionar la circulació del corrent, transversalment a les arrels, gràcies als FAST-ON incorporats en les plaques que les connecta amb el circuit elèctric.

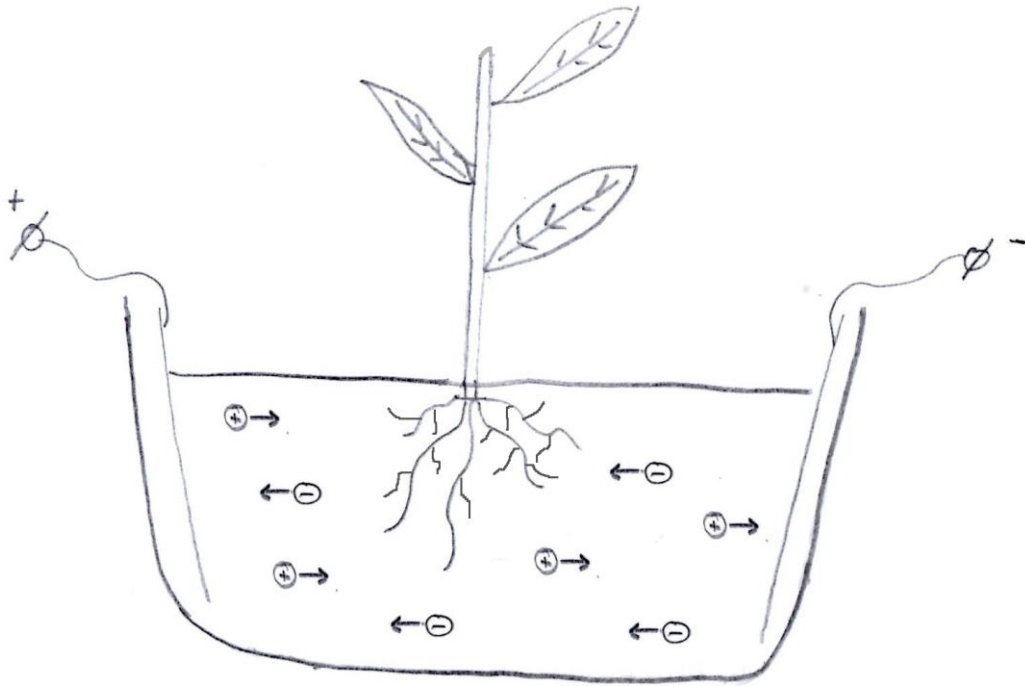


Figura 5: Disposició dels elctrodes en la configuració de pas de corrent transversal.



Figura 6: Imatge del recipient on hi viuran les plantes que formen el grup control, en aquesta fotografia també veiem que el recipient ja incorpora la solució nutritiva (5M).

La circulació del corrent en els dos primers grups, s'aconseguirà col·locant en la meitat de les plantes d'estudi dirigides a rebre el corrent des de la planta fins al medi, l'elèctrode negatiu directament connectat a la planta i el positiu connectat al medi. En les plantes de l'altre grup d'estudi, viceversa, l'elèctrode positiu estarà connectat a la planta i el negatiu al medi.

La connexió amb la planta s'obtindrà per mitjà de dos mètodes:

- envoltant un tros de la tija amb algun material conductor i, per mitjà d'unes pinces de cocodril, connectant el corrent a aquest material (veure Figura 7).



Figura 7: Connexió del circuit amb la planta mitjançant l'emboïllament d'una fulla amb paper d'alumini i el pinçament amb unes pinces de cocodril, connectades (per mitja del cables de la imatge) amb el circuit elèctric.

- col·locant dos materials conductors connectats amb el generador a la part superior i a la inferior d'alguna de les fulles, per tal que es pugui observar si el corrent aconsegueix travessar tota la planta fins a arribar a les fulles, lloc on es fa la fotosíntesis i on són necessaris els nutrients (veure Figura 8).



Figura 8: Connexió del circuit amb la planta per mitjà de la connexió d'aquest amb dos materials conductors (llana de ferro) situats a la part inferior i superior d'una de les fulles de la planta.

5.2. Temporitzacions en l'aplicació de corrent

Amb l'objectiu de poder obtenir uns resultats optimitzats en el creixement de les plantes sense una gran despesa d'energia elèctrica, fet que podria encarir bastant l'obtenció del fruit, s'ha decidit que l'aplicació del corrent seria intermitent. La finalitat d'aquesta intermitència, com ja s'ha dit, és obtenir la relació idònia entre el valor mínim de despesa de corrent elèctric i el valor màxim d'optimització, de manera que es pugui aconseguir una millora del creixement de les plantes que, alhora, sigui rentable econòmicament.

Aquesta intermitència s'assolirà gràcies al control d'un relé mitjançant un programa informàtic escrit en BÀSIC. Aquest llenguatge permetrà crear un programa específic per a cada valor d'intermitència que vulguem, ja que es trobarà connectat als relés esmentats, que seran els encarregats de gestionar l'aplicació dels corrents elèctrics a les diferents plantes sota estudi per part de la font d'alimentació.

Per tal d'iniciar l'estudi dels efectes d'una aplicació intermitent del corrent s'establirà un cicle de treball del 50%. Els cicle que se seguirà, anirà relacionat amb les hores de Sol, ja que se sap que la llum solar juga un paper molt important en el desenvolupament de les plantes essent dels elements més importants en la pròpia fabricació de la matèria orgànica a partir de matèria inorgànica.

5.3. Variables a controlar en els medis de cultiu

Per tal d'evitar resultats erronis a causa de factors externs que emmascarin els efectes produïts per l'aplicació del corrent elèctric, es disposarà un conjunt de plantes de control sota idèntiques condicions ambientals tret de l'aplicació del corrent elèctric. Aquesta acció permetrà aïllar els efectes produïts per les condicions ambientals dels derivats del mètode d'electroconreu objecte d'aquest treball experimental.

El nombre de plantes d'estudi serà de quatre per cada experiment, és a dir, s'agafaran quatre plantes a les quals se'ls aplicarà una connexió directa entre el corrent, la planta i el medi. Les altres quatre plantes estaran sotmeses a corrent transversal, aquest l'aconseguiem usant un recipient aïllant, on hi col·locarem unes plaques d'acer inoxidable als dos extrems, de manera que el corrent circularà d'una placa a l'altra. Finalment, les quatre últimes les utilitzarem per intentar esbrinar els efectes que té l'aplicació d'un camp elèctric al medi hidropònic on creixeran les plantes.

A més d'aquestes plantes electroconreades, també es disposaran quatre plantes més, les quals formaran el grup de control. Aquest grup estarà en un medi amb les mateixes condicions que tindrà el medi on creixeran les altres plantes d'estudi. Per tant, l'única diferència entre els dos grups serà l'aplicació o no del corrent elèctric, per tal d'observar si hi ha transport de nutrients i els efectes que aquest suposat avantatge pugui produir en el desenvolupament de la planta i els seus fruits.

Les variables a controlar del medi on viuran les plantes són les següents:

- Ph: serà neutre, és a dir, que el seu valor rondarà sobre el 7 a l'escala del pH.
- Temperatura: El valor de temperatura que establirem per al creixement de les plantes serà de 21°C durant el dia, i, durant la nit, la temperatura decreixerà fins als 18°C.

- Valors de corrent: El valor de corrent inicial serà de 20mA, però al ser un valor escollit al atzar es realitzaran experiments, per tal de comprovar si aquest és un valor adequat, o bé, si és necessari canviar-lo.
- Solució nutritiva: S'ha utilitzat el fertilitzant "*All Purpose*" de la marca *Jack's Classic*. Aquest fertilitzant conté un 20% en massa de Nitrogen, un altre 20% de Fòsfor i un altre 20% de Potassi. La solució nutritiva que s'utilitzarà per alimentar les plantes té una concentració d'1 g/l d'H₂O

6. Desenvolupament experimental

El principal objectiu d'aquest treball és esbrinar si la hipòtesi és compleix o bé si és errònia, en qualsevol dels dos casos s'haurà arribat a l'objectiu, ja que encara que la hipòtesi sigui errònia, aquesta investigació permetrà a futurs investigadors fer recerca per tal de trobar, quina és la causa d'aquest problema. En canvi, si es dona el cas que la hipòtesi es compleix i la investigació té èxit, significaria un gran avenç, ja que implicaria l'augment considerable de la producció d'una manera molt simple, amb l'afegit de totes les avantatges que comporta el cultiu hidropònic. A més, l'èxit d'aquesta recerca també donaria peu a futures investigacions encarades a perfeccionar el sistema utilitzat en aquest treball.

Per dur a terme aquesta investigació i per obtenir uns resultats fiables, s'ha seguit el mètode científic. Un conjunt de tècniques que s'utilitzen per investigar fenòmens, adquirir nous coneixements, o corregir i integrar coneixements previs. Normalment, aquestes tècniques permeten reunir un cos de dades fruit de l'observació i l'experimentació, a partir de les quals es poden formular teories. A més, l'ús del mètode científic permet la reproductibilitat de l'experiment en qualsevol lloc i per a qualsevol persona o la falsabilitat de l'experiment, que es dona quan els resultats són diferents als predits en la hipòtesi.

Pel control dels resultats obtinguts respecte els resultats predits en la hipòtesi s'han de tenir present els següents elements:

Variable Independent	Presència del pas de corrent elèctric
Variable dependent	Creixement de les plantes
Nombre de Rèpliques	3 rèpliques per grup d'estudi
Grup Control	El grup que no rep corrent elèctric

6.1. Hipòtesi

“El creixement de les Cichorium endivia és veurà optimitzat, gràcies a l'aplicació, en aquestes, d'un corrent o un camp elèctric, que provocarà l'aparició d'un canal iònic que s'encarregarà de dur els nutrients necessaris, del medi, cap a les plantes, de manera que elles no hauran de gastar energia per obtenir aliment, sinó que tan sols l'utilitzaran pel seu creixement, per tant, aprofitant-se d'aquest avantatge, el seu creixement es veurà incrementat”.

7. Programa BÀSIC

El programa que controlarà la circulació del corrent elèctric entre el medi i les plantes i que, suposadament, transportarà els nutrients de la solució nutritiva cap a les plantes sense que aquestes hagin de gastar energia per aconseguir-ho, serà un programa informàtic escrit en llenguatge BÀSIC.

Aquest programa està en un maquinari, el sistema operatiu del qual és el FreeDOS. Aquest sistema operatiu permet el control del port paral·lel de l'ordinador per mitjà de programes escrits en el programa QBÀSIC. Inicialment, es va utilitzar un computadora Windows per realitzar aquest control del port paral·lel, però es va observar que aquest sistema operatiu no el permetia, ja que no deixava modificar la tensió de sortida del port paral·lel.

Aquesta computadora està connectada a un circuit (veure Figura 9) que controla l'encesa i la parada d'un relé, que està connectat interrompent el pas del corrent provinent de la font d'alimentació que alimenta tot el circuit elèctric que proporciona l'electricitat al medi i a les plantes.

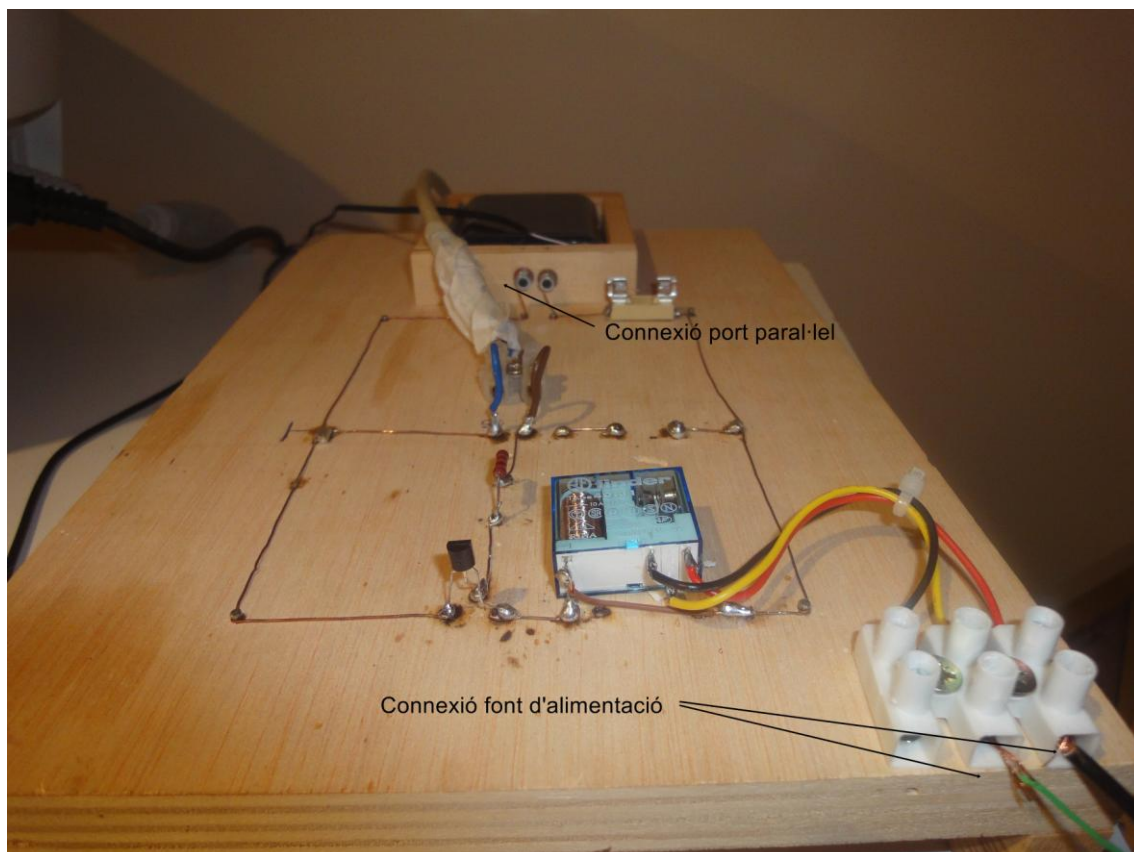
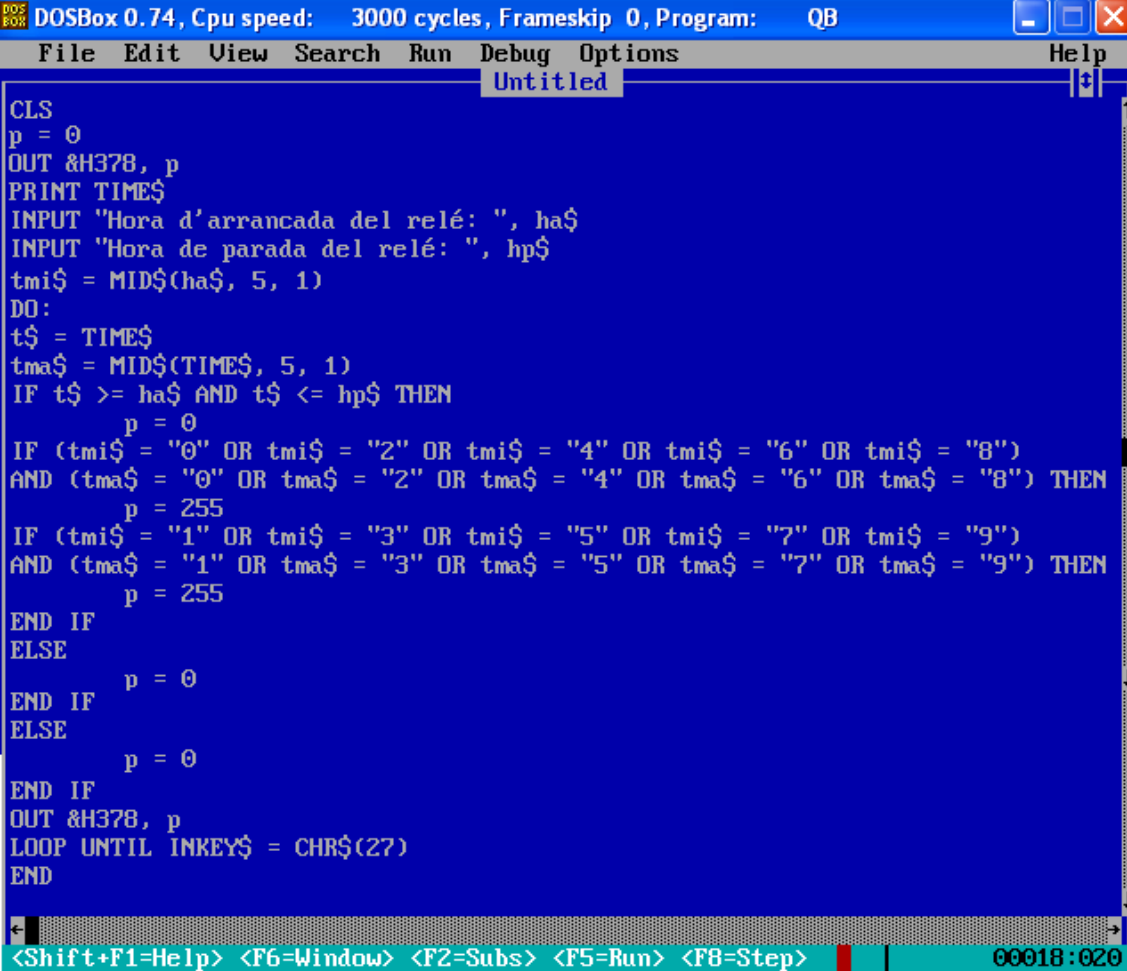


Figura 9: Circuit que connecta el relé amb el port paral·lel de l'ordinador i a la font d'alimentació.

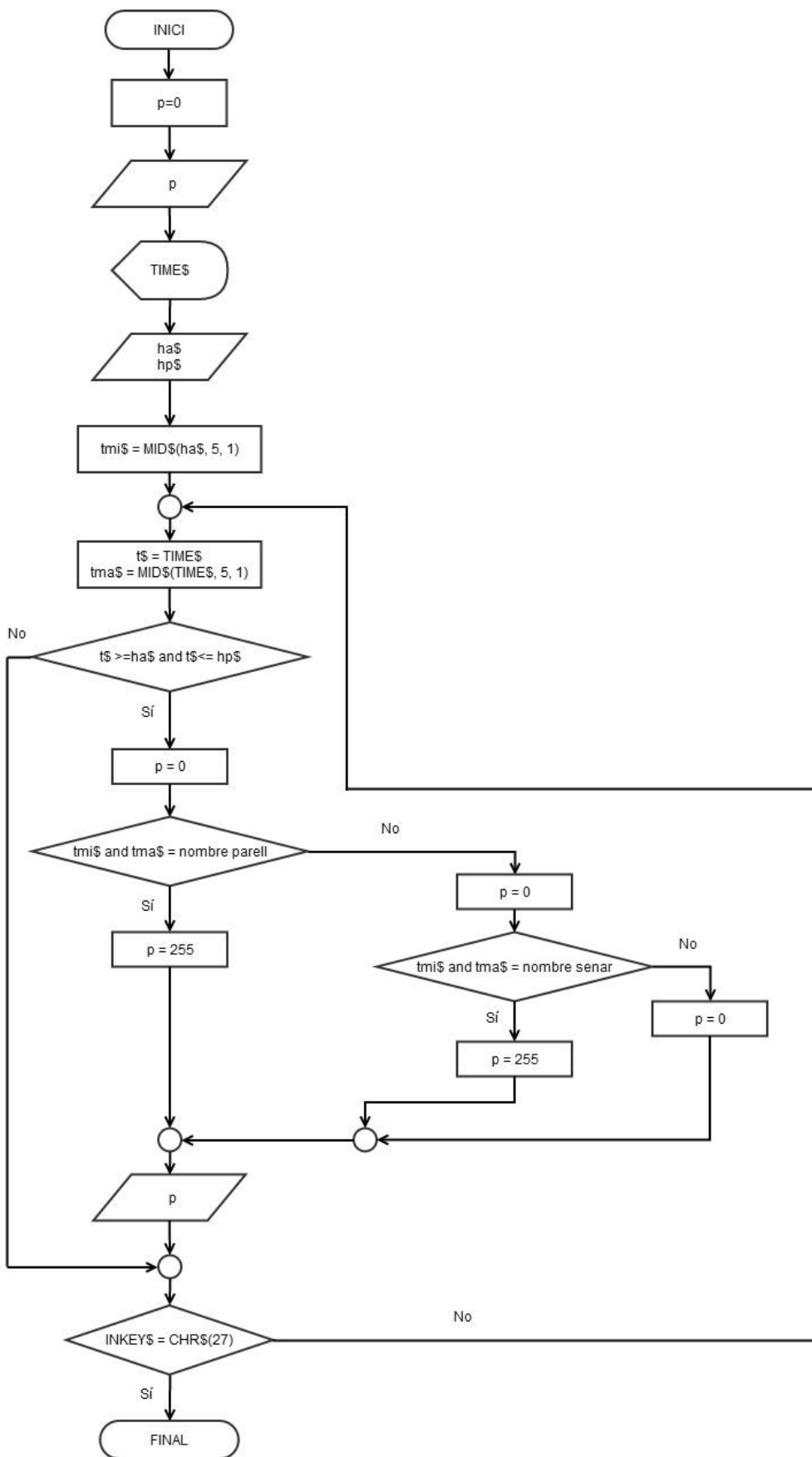
El programa que s'utilitza per controlar el pas intermitent de corrent elèctric és el de la Figura 10. Aquesta intermitència té un període d'activació d'un minut, per tal d'evitar el màxim possible la electròlisi.



```
DOS
BOX
DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: QB
File Edit View Search Run Debug Options Help
Untitled
CLS
p = 0
OUT &H378, p
PRINT TIME$
INPUT "Hora d'arrancada del relé: ", ha$
INPUT "Hora de parada del relé: ", hp$
tmi$ = MID$(ha$, 5, 1)
DO:
t$ = TIME$
tma$ = MID$(TIME$, 5, 1)
IF t$ >= ha$ AND t$ <= hp$ THEN
    p = 0
    IF (tmi$ = "0" OR tmi$ = "2" OR tmi$ = "4" OR tmi$ = "6" OR tmi$ = "8")
    AND (tma$ = "0" OR tma$ = "2" OR tma$ = "4" OR tma$ = "6" OR tma$ = "8") THEN
        p = 255
    IF (tmi$ = "1" OR tmi$ = "3" OR tmi$ = "5" OR tmi$ = "7" OR tmi$ = "9")
    AND (tma$ = "1" OR tma$ = "3" OR tma$ = "5" OR tma$ = "7" OR tma$ = "9") THEN
        p = 255
    END IF
ELSE
    p = 0
END IF
ELSE
    p = 0
END IF
OUT &H378, p
LOOP UNTIL INKEY$ = CHR$(27)
END
<Shift+F1=Help> <F6=Window> <F2=Subs> <F5=Run> <F8=Step> 00018:020
```

Figura 10: El programa escrit en llenguatge BÀSIC que s'encarrega de controlar l'activació i l'aturada del relé.

- Funcionament:



8. Circuit elèctric

El circuit elèctric està dividit en dues parts:

- La part de control, formada per un relé activat per un senyal obtingut del port paral·lel d'un ordinador personal
- El circuit que connecta la font d'alimentació amb les plantes i el medi, depenent del grup d'estudi al que pertanyin les plantes. Aquest circuit es podria dividir en dues subseccions.
- La part de potència, formada per una font d'alimentació i una xarxa de cables que, convenientment derivats (veure Figura 11), alimenten els diferents recipients hidropònics.

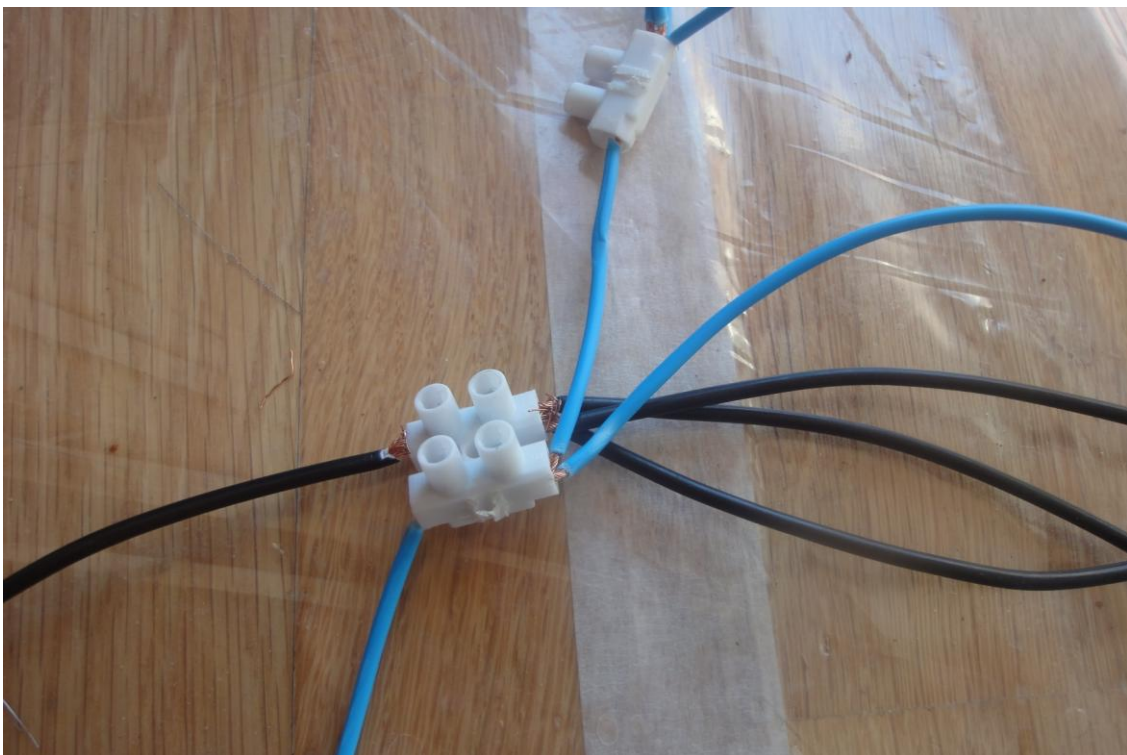


Figura 11: Imatge de la derivació dels cables mitjançant les regletes de connexió.

A més, els cables del circuit que subministra corrent transversalment a les arrels, estan connectats a un commutador d'encreuament (veure Figura 12). Aquest fet és degut a què si la hipòtesi que es planteja és correcta i, efectivament, el corrent aconsegueix moure els nutrients que es troben dissolts en el medi. Sinó s'alterés el sentit del camp elèctric creat en el medi, els nutrients, després d'un cert temps, es trobarien tots en un dels laterals del recipient, de manera que les plantes haurien de destinar una certa energia per anar a buscar aquests nutrients i, per

tant, l'experiment no serviria de res, ja que les plantes haurien de gastar energia, per tant la producció no es veuria optimitzada. En canvi, incorporant aquest commutador d'encreuament (i suposant que la hipòtesi és correcta) es pretén evitar que els nutrients s'allunyin de les plantes, ja que al canviar la polaritat de les plaques, quan ha transcorregut la meitat del temps des de l'activació del relé fins a la seva aturada; suposadament s'aconseguirà que el flux de nutrients es quedi en la zona del medi on hi ha les arrels, de manera que aquestes no els hauran d'anar a buscar tant lluny.

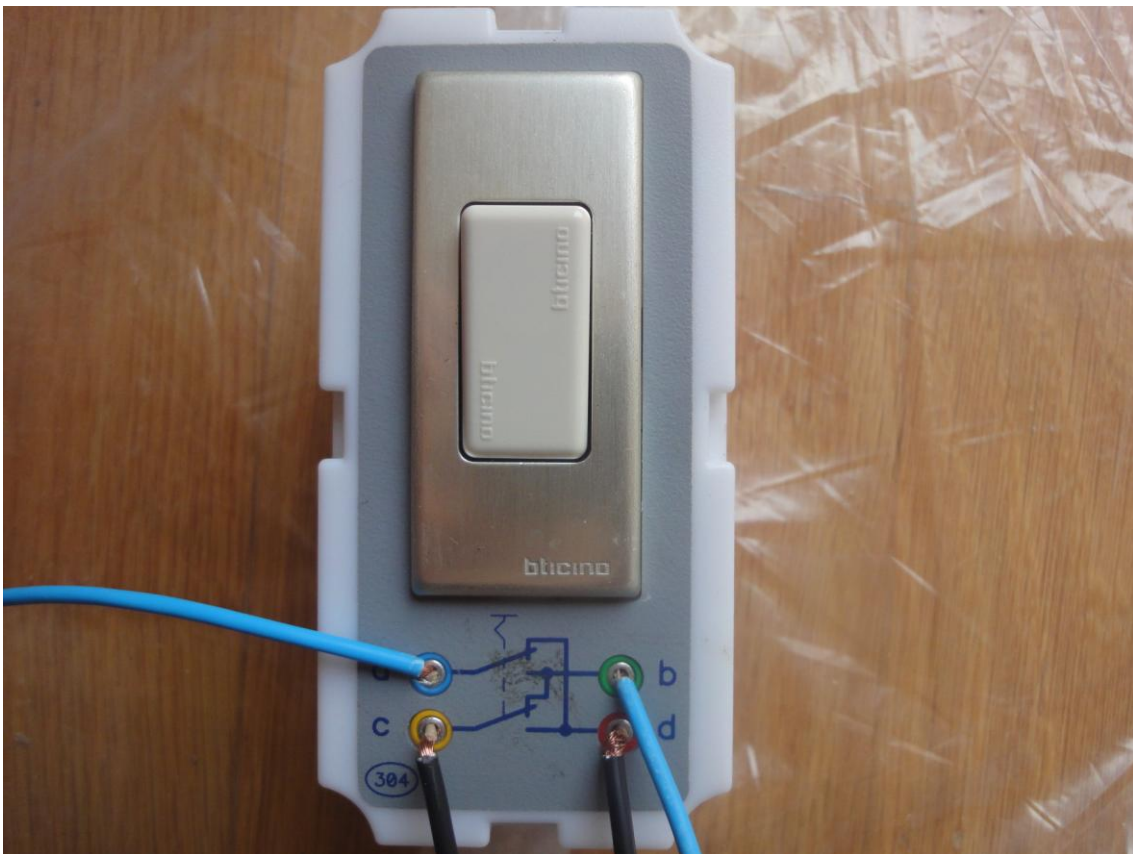


Figura 12: Imatge de la connexió dels cables al commutador de creuament.

- La segona subsecció fa referència al circuit elèctric que subministra el corrent des de la font d'alimentació fins als recipients on s'hi troben les plantes (veure Figura 13). Com bé s'ha esmentat anteriorment, els cables que surten de la font d'alimentació es subdivideixen, gràcies a la incorporació de regletes de connexió, fins a poder proporcionar corrent a cadascuna de les plantes d'estudi, tal i com es mostra en la Figura 10.

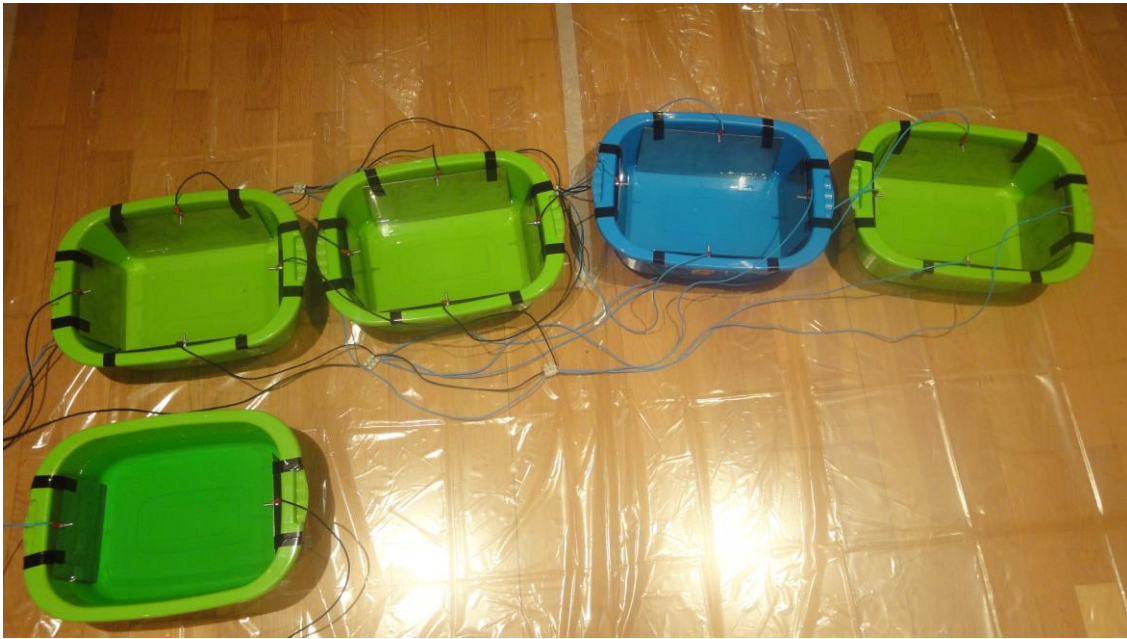


Figura 13: Imatge de tots els recipients del grup d'estudi connectats al circuit elèctric.

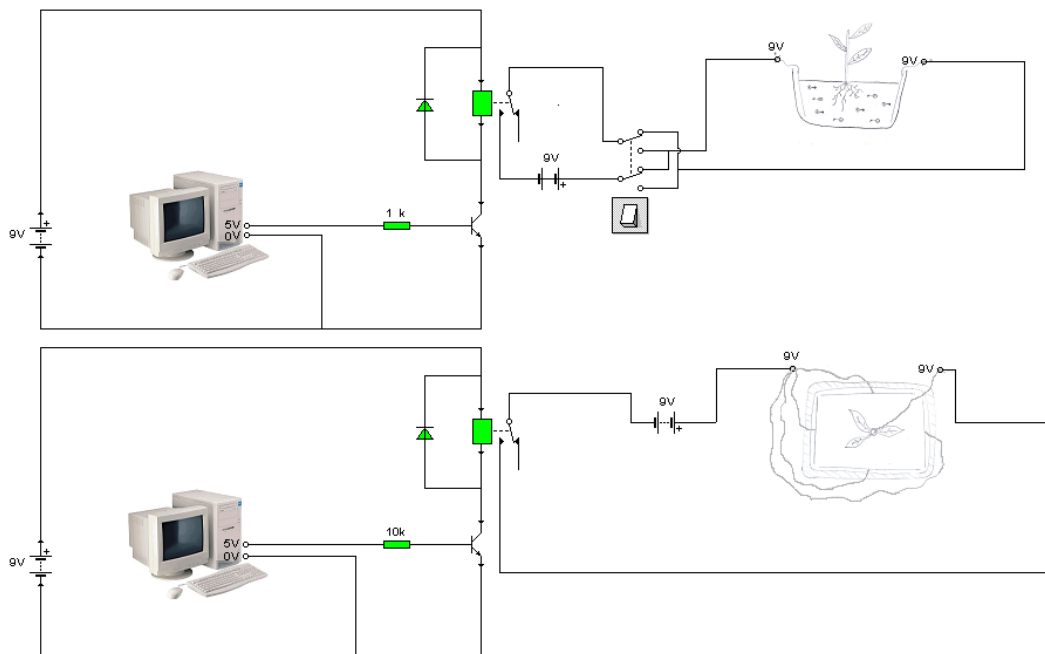


Figura 14: Esquema elèctric del muntatge experimental.

9. Sistema hidropònic

El sistema hidropònic emprat en aquest treball té diversos elements constituents per poder garantir la supervivència de les plantes en aquest medi. Inicialment, aquestes plantes obtindran nutrients de la solució nutritiva, la qual té una concentració de 1 g/L, de manera que les plantes tindran en el medi la quantitat òptima de nitrogen (200 mg/L). Aquesta solució nutritiva tindrà un volum de 5L i es renovarà cada deu dies, per evitar que l'estancament de l'aigua pugui provocar l'aparició d'alguns organismes que podrien tenir algun efecte sobre les plantes que alterés el resultat.

A més de la solució nutritiva, un dels elements més importants per a la supervivència de les plantes és l'oxigenació de l'aigua. Aquesta s'aconsegueix mitjançant la incorporació d'un difusor d'aire a cada recipient, per tal de proporcionar l'oxigen que les plantes necessiten i evitar, d'aquesta manera, que es morin ofegades. Aquest difusor, de la marca TurboJET, té diverses sortides, en les quals s'hi connecta un tub que en l'altre extrem incorpora una pedra difusora d'aire, que és la que s'encarrega de produir les bombolles que oxigenen l'aigua.

A part dels difusors d'aire i els recipients on hi ha la solució nutritiva, l'altra part essencial d'aquest sistema és el conjunt d'elements que s'encarreguen de mantenir les plantes en flotació damunt de la solució, mantenint submergides, només, les arrels i està format per dos components:

- Una plataforma de plàstic rectangular estreta d'un plegador de roba i foradada mitjançant l'ús d'una broca de corona de 7,8 cm de diàmetre.
- Un vas de plàstic retallat per la part inferior, de manera que queda com un tronc de con. Per substituir la part retallada s'hi incorpora una malla de plàstic dur subjectada amb cinta adhesiva, que serveix per sostenir la planta, de manera que només les arrels quedin submergides en l'aigua (veure Figura 15).



Figura 15: Imatge del conjunt que s'utilitza per mantenir les plantes flotant, mantenint únicament les arrels submergides en l'aigua. Conjunt format per la placa de plàstic foradada i els vasos units amb la malla de plàstic.

10. Hidroponia amb *Amaranthus Retroflexus*

La *Amaranthus Retroflexus* col·loquialment anomenada, marxant gros o blet gros, és una planta anual i herbàcia que creix erecta. El nom de blet gros o marxant gros es deu a que hi han mates que poden arribar fins als 2,5 m d'alçada, però normalment no passen dels 1,5 m. Les fulles poden arribar a fer 15 cm de llargada, de color verd fosc, sovint glauques. La tija és glabra i de color verd clar amb una zona que tendeix al rosa a la vora de l'arrel.

Aquest experiment consistia en comprovar la supervivència de plantes d'aquesta espècie en un medi hidropònic. Es va decidir utilitzar aquestes plantes perquè se sap que poden viure en un gran nombre d'hàbitats i que són molt abundants, de manera que no era difícil d'aconseguir. A més, està considerada com a mala herba, és a dir, no calia comprar-la. Ambdós factors, feien molt adequada aquesta elecció, ja que era molt probable que les plantes poguessin sobreviure i, a més, els resultats no eren els esperats no era necessària cap inversió econòmica.

Es van en agafar sis blets i es van trasplantar d'un medi sòlid a un medi hidropònic i observar els resultats. Aquest experiment té dues fases:

- La primera fase començà el 5 de setembre on es va intentar fer un trasplantament molt directe, és a dir, arrancant les plantes del medi sòlid amb les arrels nues i col·locar aquestes plantes en el medi hidropònic.

Al dia següent aquestes plantes estaven mortes, ja que no van aconseguir arrelar-se al nou medi i es van trobar sense aliment. La causa d'aquesta mort va ser un canvi massa brusc en el medi.

- La segona fase de l'experiment va ser més satisfactòria. Aquesta s'inicià el dia 9 de setembre, després de l'experiència amb els primer blets, els de la segona fase, es van arrancar juntament amb la terra en la qual estaven arrelats. Abans de trasplantar-los al medi hidropònic es va treure part de la terra, de manera que les arrels estiguessin en contacte directe amb el medi.

Aquest cop les plantes sí que van aconseguir sobreviure, però hi van haver plantes que van morir-se un temps després d'haver estat trasplantades. Les sis plantes es van distribuir en dos grups de tres, on cada grup estava en un recipient diferent.

Les tres plantes que es van morir, van tardar dues setmanes a fer-ho i totes tres estaven en el mateix recipient. Aquestes plantes van morir d'una manera progressiva, és a dir, no es van morir totes alhora. Aquest fet fa pensar en la possibilitat que la primera en morir-se va contaminar el medi, matant així les altres dues, ja que totes tres es van morir en la mateixa setmana, sense que hi hagués renovació de la solució nutritiva.



Figura 16: Imatge del blet gros vivint en el medi hidropònic.

11. Experiment amb mongetes nanes

La mongeta nana, en anglès anomenada *GoldMine Bean*, es va decidir de provar d'utilitzar per diversos motius:

- La seva mata era baixa, l'alçada aproximada oscil·la al voltant dels 0,5 metres. D'aquesta manera, aquestes plantes eren idònies per al sistema hidropònic proposat en l'estudi, ja que aquest no disposava de cap suport per a mantenir rectes plantes que tinguessin una gran alçada.
- El seu creixement és molt ràpid. Es calcula que, aproximadament, uns 55 dies després d'haver-la sembrat, aquesta planta ja treu el fruit. És a dir, que els terminis de creixement entraven dins del temps del qual es disposava i, a més, utilitzant aquesta planta, també podríem observar quin era l'efecte de l'aplicació de corrent en el fruit.
- La seva alta producció. Aquest tipus de mongeteres garanteix un gran rendiment de producció, de manera que s'evitava el problema que podia sorgir si hi havia escassetat de fruit.
- Presentava la possibilitat de sobreviure a les temperatures inicials de la tardor, per tant, no hi havia cap problema per tenir-les a un hort mentre creixien el suficient per poder ser trasplantades al medi hidropònic. A més, donava fruit, mentre que moltes de les plantes que viuen durant aquest període de l'any no en donen.

Com a resultat de totes les possibilitats que oferia aquesta planta, el dia 27 d'agost de 2013 es van plantar trenta llavors, ja que la fitxa tècnica informava que el percentatge màxim d'èxit d'aquestes llavors, és a dir, en condicions ideals; era del 70% i, per assegurar-se d'obtenir les divuit plantes desitjades es va decidir plantar aquesta quantitat.

Aquestes llavors es van plantar en grups de quatre plantes cada un, excepte dos que eren de tres. D'aquesta manera es van fer dues fileres amb quatre regions diferents a cada una. A cada regió s'hi va plantar un grup de llavors, de manera que al final hi havia sis regions on hi havia 4 llavors plantades i dos on n'hi havia 3 de plantades.

Al cap d'un cert temps, quan es va creure que les plantes ja havien crescut el suficient com per a ser capaces d'adaptar-se al medi hidropònic correctament es va decidir llevar-les del sòl agrícola. El nombre de plantes que havia crescut satisfactòriament i

que, per tant, podrien ser trasplantades va se de 19 plantes. Aquestes es trobaven en grups de dos o de tres en les diverses regions esmentades anteriorment, de manera que al ser arrancades van perdre tota la terra, perquè a l'estar diverses plantes juntes no es van poder arrelar suficientment a la terra i, per tant, a l'arrancar-les, les seves arrels van quedar totalment nues. Per tal d'intentar trobar una solució a aquest fet, es va agafar més terra i es van recobrir les arrels (veure Figura 17) i, finalment, aquestes plantes van ser trasplantades al medi hidropònic.



Figura 17: Imatge d'una de les mongeteres amb les arrels recobertes de terra, per tal d'intentar que pogués sobreviure al trasplantament.

Com era de preveure, després que les arrels perdessin tota la terra de la qual s'alimentaven, les plantes no van sobreviure al trasplantament, ja que tot i haver recobert les arrels amb més terra, aquestes no van arrelar-se, ni tampoc van poder adaptar-se al nou medi i, per tant, van morir.

11.1. Conclusions

Després dels resultats obtinguts en aquest experiment es va poder concloure que en cas de trasplantament, el sòl que envolta les arrels és essencial per permetre que les plantes trasplantades puguin sobreviure, ja que sense ell el canvi és massa brusc i la planta no té el suport de la terra que li permeti superar el període de transició entre el sòl i el medi hidropònic.

12. Electrocutió de *Cichorium endivia*

Com s'ha esmentat en el la secció **Variables a controlar en els medis de cultiu** (pàg. 23) el fet d'escollir a l'atzar el valor inicial del corrent evita conèixer si és el correcte i, per tant, abans de provar-lo en l'experiment final, es va decidir intentar de trobar el valor letal, és a dir, tenir una valor orientatiu del qual sabíem que si s'aplicava les plantes es moririen i no podríem veure cap tipus de resultat. Tot així, tampoc se sabia si aquest valor que es trobaria seria letal per a totes les plantes, però se suposava que no variaria molt entre les plantes que s'havien escollit per a fer l'estudi.

Per a aquest experiment es va decidir utilitzar escaroles (*Cichorium endivia*), ja que és una planta que no assoleix una gran alçada i perquè és resistent a les baixes temperatures que es donen durant la tardor. Després d'haver observat els resultats del trasplantament de les mongetes es va optar per una solució diferent. Es van comprar plantes d'escaroles, de manera que s'assegurava que les plantes estaven arrelades a la terra i que, per tant, el canvi de medi no seria tan brusc, el que disminuiria molt el risc que les plantes es morissin com a conseqüència del trasplantament. Efectivament aquestes escaroles van sobreviure perfectament al trasplantament, dut a terme el 23 d'octubre.

Després del trasplantament es va deixar a les escaroles vivint un temps en el medi hidropònic sense cap mena d'aplicació de corrent, perquè s'hi acabessin d'adaptar. Les sis plantes es van col·locar en dos recipients diferents. En un s'hi produïa el pas de corrent transversalment a les arrels i en l'altre s'hi establí el pas de corrent del medi a les plantes, utilitzant els mètodes de connexió esmentats en l'apartat **Disposició dels elèctrodes** (pàg. 19).

L'experiment va començar cinc dies després del trasplantament, el primer valor de tensió que es va aplicar va ser de 5,5 V i ja es van observar els primers resultats. Les fulles que estaven en contacte amb la llana de ferro (veure Figura 8) van aparèixer totalment socarrimades i, fins i tot, s'havien necrosat (veure Figura 18) i les fulles que estaven envoltades amb paper d'alumini i connectades al circuit elèctric amb una pinça de cocodrill (veure Figura 7) també presentaven certs indicis de què aquella tensió era massa elevada (veure Figura 19). Per aquest motiu, es va decidir que el següent valor havia de ser inferior, ja que es volia trobar el valor que no causava cap efecte perjudicial.



Figura 18: Imatge dels efectes que va provocar el contacte de la llana de ferro connectada a 5,5V de tensió amb la fulla de l'escarola.



Figura 19: Imatge dels efectes que va provocar el contacte del paper d'alumini connectat a 5,5V de tensió amb la fulla de l'escarola.

El següent valor va ser de 3,5 V i van aparèixer cremades en les fulles connectades al circuit mitjançant la llana de ferro (veure Figura 20) i, en canvi, a les altres quatre escaroles, les dos que rebien el corrent transversalment a les seves arrels i les dos, les fulles de les quals estaven envoltades amb paper d'alumini, no s'hi observaven canvis aparents. Finalment, l'últim valor que es va aplicar va ser 0,6 V, que era el valor de tensió pel qual les plantes que estaven en contacte amb la llana de ferro rebien una intensitat d' 1µA. Tot i així, amb aquest nou valor també van aparèixer cremades en les noves fulles de la mateixa planta -noves ja que cada cop que es canviava de valor s'utilitzava una altra fulla-. Després de veure que amb un valor tant petit, com és el d' 1µA, hi continuaven apareixent cremades es va suposar que aquests efectes no eren causats per l'aplicació, sinó que eren provocats per algun factor extern, com podria ser el contacte de la fulla amb la llana de ferro.

Tensió (V)	I. Corrent transvers. (mA)	I. Llana de ferro (µA)	I. Paper alumini (µA)
5,5	14,5	6,6	5,2
3,5	5,6	4,5	3,2
0,6	$9,2 \times 10^{-3}$	1,0	0,8

Taula 1: Relació entre la tensió i les diferents intensitats rebudes per les diferents plantes d'estudi.



Figura 20: Imatge de les cremades produïdes pel contacte entre la llana de ferro amb la fulla de l'escarola amb una intensitat d' 1µA

A més, en aquest experiment també es va suposar que l'absència de llum de les fulles que rebien el corrent elèctric podia provocar efectes contraris, fins al punt que al no rebre llum solar la planta decidís prescindir d'aquella fulla i, per tant, l'experiment no serviria de res. Per tal de comprovar si aquesta suposició era o no correcta, es va optar per tancar una de les fulles de les plantes per poder observar si experimentaven algun canvi (veure Figura 21). Aquesta suposició va resultar errònia, ja que després de deu dies d'absència de llum les fulles no presentaven cap canvi aparent.



Figura 21: Imatge de com es va evitar el contacte de llum amb la fulla, el comportament de la qual respecte a l'absència de llum va estar sotmès a estudi.

12.1. Conclusions

- La primera de les conclusions té a veure amb un dels materials utilitzats en aquest experiment. Després d'observar els diferents efectes en les fulles d'aquestes plantes, es creu que la llana de ferro crea efectes perjudicials quan està en contacte amb les plantes si aquestes estan connectades a la corrent, ja que, malgrat que la intensitat és molt petita ($1\mu\text{A}$), els efectes en les fulles són molt notables. A més, amb intensitats semblants ($3,23\mu\text{A}$), però amb altres materials, els resultats són molt diferents.

- La segona conclusió es va extreure després d'observar els diversos resultats obtinguts sobre els efectes causats en les escaroles quan la tensió de sortida del circuit és de 5,5 V. Es va deduir que aquesta tensió era massa elevada per les escaroles i que s'havia de reduir en futurs experiments, ja que quan es va aplicar es van observar efectes perjudicials per a les plantes en els grups d'estudi en el qual el corrent té un contacte directe amb les plantes. En el grup en el que l'elèctrode era la llana de ferro, es va observar que les fulles havien sofert danys biològics greus, la qual cosa va provocar la mort instantània de la fulla. En el grup en que l'elèctrode era el paper d'alumini, els efectes no van ser tant letals, però si que bona part de la fulla va quedar totalment resseca, la qual cosa indicava que si s'hagués aplicat durant més temps, hagués acabat morint. A més, aquest experiment va determinar que el valor de corrent establert com a inicial en l'apartat **Variables a controlar en els medis de cultiu** (pàg. 23) era erroni, ja que al calcular la intensitat que rebien les plantes amb la tensió de 5,5V (veure Taula 1) es va observar que en rebien una de molt inferior als 20mA esmentats en aquest apartat.
- Després d'observar les diferents intensitats que rebien les plantes i els diferents efectes que apareixien en aquestes es va poder arribar a una nova conclusió. Al ser aquestes intensitat molt petites, de l'orde de 10^{-6} A en els grups d'estudi en què el corrent té un contacte directe amb les plantes i de 10^{-2} A en el grup de circulació transversal de corrent, es va poder afirmar que amb una intensitat molt petita ja s'observen efectes bastant significatius en les *Cichorium endivia*.
- Una altra conclusió que es va poder obtenir després de realitzar aquest experiment és que els efectes provocats en les plantes son molt més perjudicials en els grups de connexió directa entre el corrent i les plantes que en el pas de corrent transversal a les arrels, tot i que el corrent que reben les primeres en les seves fulles és inferior al que circula pel medi de les plantes que el reben transversalment. Aquesta observació permet afirmar que el contacte directe de la planta *Cichorium endivia* amb un elèctrode metàl·lic subministrador de corrent és perjudicial pel desenvolupament d'aquesta planta.
- Finalment, l'última conclusió està relacionada amb l'absència de llum. Després de tenir una fulla de dues escaroles diferents tapada completament per dos cartrons durant deu dies no es va detectar cap efecte, en cap d'elles; per tant, es va determinar que l'absència de llum no suposa cap problema per a les fulles de les *Cichorium endivia*.

13. Experiment final

Tot i els múltiples experiments realitzats, a mitjans de desembre encara no s'havia dut a terme un experiment que servís per validar la hipòtesi d'aquest Treball de Recerca. Cada cop que es feia un experiment apareixia algun aspecte sobre el qual s'havia d'investigar el per què de la seva aparició, ja que no se sabia res al respecte. Tot això ha anat provocant que la planificació inicial s'alterés, perquè s'ha hagut de passar força temps buscant explicacions a aspectes que no van ser previstos inicialment.

Com a conseqüència del poc temps del qual es disposava abans de la data d'entrega se sabia que el ritme biològic de creixement de les *Cichorium endivia* no seria prou ràpid com per tenir una grandària suficient que permetés determinar si la producció s'havia incrementat o no. Arribat l'hivern, les poques hores de llum i la seva poca intensitat alentien el creixement de les plantes. Per aquest motiu s'havia de trobar una manera que ens permetés accelerar aquest creixement. La solució es va trobar després de consultar un enginyer agrònom, el qual ens va proposar la instal·lació d'un fluorescent que proporcionés 14h de llum i d'aquesta manera en tres setmanes les *Cichorium endivia* ja tindrien una grandària prou notable com per veure els efectes de l'aplicació del corrent.

Conseqüentment, el dia després de rebre aquesta informació es van anar a buscar els 18 planters de *Cichorium endivia* que es necessitaven per començar un nou experiment, els quals es van trasplantar al medi hidropònic. Per tal que s'adaptessin bé es van deixar durant una setmana sense que se'ls hi apliqués corrent, ja que després d'haver realitzat l'experiment de l'electrocució es va arribar a la conclusió que el temps necessari per veure els efectes que tenia el corrent sobre les escaroles era molt curt i que, per tant, amb dues setmanes n'hi hauria prou.

Un cop va passar aquesta setmana d'adaptació va començar l'aplicació del corrent. La tensió que es va decidir aplicar va ser de 3V, ja que el temps era mínim i s'havia de decidir un valor a l'atzar, el qual en una futura investigació seguint aquest estudi pot ser descartat totalment pels seus efectes perjudicials, però a l'haver de respondre a la hipòtesi es va optar per aquesta solució. A més, aquest valor tampoc va ser escollit completament a l'atzar, sinó que després de veure els resultats obtinguts amb una tensió de 5,5V es va decidir agafar un valor que s'aproximés a la meitat d'aquesta tensió, és a dir, 3V.

En aquest experiment també es va introduir un altre canvi, el contacte entre el cable elèctric i la planta no es va fer a les fulles tal i com està esmentat en l'apartat **Disposició dels elèctrodes** (pàg. 19), ni com es va fer en l'experiment anterior amb les escaroles. En aquest cas el contacte era entre el cable i la tija, per mitjà de paper d'alumini (veure Figura 22) i de malla de coure, perquè es va veure que la llana de ferro era perjudicial. Aquest canvi es va introduir perquè si es complia la hipòtesi i, efectivament, el corrent iònic creat per l'aplicació de corrent elèctric aconseguia portar els nutrients cap a les planes, un cop aquests nutrients es trobarien a la tija ja s'hauria complert l'objectiu, ja que la mateixa tija ja s'encarregaria de distribuir-los equitativament per totes les fulles.



Figura 22: En aquesta imatge es pot observar la connexió entre el cable elèctric, connectat a una pinça de cocodrill, i la tija d'una *Cichorium endivia*, connectades mitjançant el paper alumini envoltat a la tija. En el cas de la malla de coure la connexió és la mateixa, però la tija està envoltada amb malla de coure.

L'experiment final va començar amb les *Cichorium endivia* de tots els grups d'estudi en perfecte estat i amb una edat aproximada de dues setmanes. El dia en què es va iniciar aquest experiment, es va encendre el fluorescent a les 8h del matí juntament amb l'activació del programa BÀSIC, el qual ha durat 12h, de les 8h a les 20h amb una intermitència del pas de corrent del 50%. En canvi, el fluorescent ha estat encès durant 14h tots els dies que ha durat l'experiment, de les 8h a les 22h.

Ràpidament es van poder observar alguns resultats, després de molt pocs dies d'haver iniciat el pas de corrent, van començar a aparèixer efectes bastant perjudicials en els grups en què les plantes estaven en contacte directe amb el corrent elèctric. Tot i així, aquests efectes depenien de la superfície conductora que envoltava les tiges. Les plantes dels grups connectats per mitjà de la malla de coure presentaven resultats molt més perjudicials que les del grup del paper d'alumini, tot i que ambdós grups presentaven efectes molt dolents.

Tan dolents eren els efectes que tenia el contacte directe entre plantes i corrent que poc temps van resistir les *Cichorium endivia* amb vida. Algunes plantes connectades amb malla de coure van acabar morint (veure Figura 23), mentre que altres van poder salvar algunes fulles, però tot i així la resta de la planta es va quedar en un estat pèssim de salut.



Figura 23: Imatge dels resultats letals provocats pel contacte directe entre el corrent elèctric i les *Cichorium endivia*, en la qual es veu una escarola que pertany al grup en el qual les plantes estaven connectades amb el cable positiu per mitjà de malla de coure.

En canvi, les plantes que estaven connectades mitjançant el paper d'alumini no van tenir uns efectes tan dràstics, ja que cap d'elles va morir durant el temps que va durar l'experiment, però hi havia indicis bastant clars que indicaven una mort futura si continuava l'aplicació de corrent elèctric, ja que algunes fulles ja s'havien anat morint

durant l'experiment (veure Figura 24) i, per tant, si aquest hagués durat més temps els resultat hagués sigut la seva mort.



Figura 24: Fotografia que mostra l'estat d'una de les *Cichorium endivia* del grup d'estudi en el qual les plantes estaven en contacte directe amb el cable negatiu mitjançant el paper d'alumini.

Tot i aquests resultats gairebé letals en ambdós grups, en el grup amb pas de corrent elèctric transversal a les arrels es van observar uns resultats molt diferents. Les plantes no presentaven tants efectes perjudicials, sinó que mostraven millors condicions que les *Cichorium endivia* del grup control, les quals tenien tot el voltant de les fulles ressec (veure Figura 25). En canvi, les que rebien corrent elèctric transversalment les seves arrels presentaven les fulles amb millor estat, sense tant ressecament (veure Figura 26).



Figura 25: Imatge de l'estat de les fulles de les *Cichorium endivia* que formaven part del grup control d'aquest experiment.



Figura 26: Imatge de les fulles d'una de les plantes que estava inclosa dins del grup d'estudi en el qual la circulació de corrent elèctric es produïa transversalment a les arrels.

A més, en aquest experiment es va observar, també, que la hipòtesi no és del tot errònia, ja que una planta que rebia corrent transversalment a els seves arrels

mostrava els resultats que es predeien en la hipòtesi. És a dir, que aquesta planta no hauria gastat massa energia per desenvolupar les arrels, perquè seria el corrent qui portaria els nutrients cap a elles i, per tant, les d'aquesta planta haurien de ser més curtes i menys abundants que les de les plantes normals i com a conseqüència la producció d'aquesta *Cichorium endivia* hauria de ser major que la de les normals. Tot això és el que ha passat amb la planta d'aquest grup, la qual s'ha comparat amb una planta del grup control, corroborant així aquests suposats resultats, tal i com es pot veure en les Figures 27 i 28.



Figura 27: En aquesta fotografia es pot veure els diferents nivells de desenvolupament que han tingut les arrels de les diferents plantes incloses en tots els grups. D'esquerra a dreta les plantes pertanyen al: grup control (1), grup connectat amb malla de coure i contacte directe entre cable negatiu i planta (2), grup connectat amb paper alumini i contacte directe entre cable negatiu i planta (3), grup connectat amb malla de coure i contacte directe entre cable positiu i planta (4), grup amb corrent transversal a les arrels de les plantes (5) i, finalment, grup connectat amb paper d'alumini i contacte directe entre cable positiu i planta (6).



Figura 28: Fotografia que serveix per comparar el nivell de creixement d'una de les *Cichorium endivia* del grup control amb aquella que s'ha desenvolupat de manera extraordinària del grup de plantes que rebia la circulació de corrent elèctric transversal a les seves arrels.

Tot i els bons resultats obtinguts en aquesta planta, les altres dues d'aquest mateix grup d'estudi es van quedar molt més petites que les del grup control, però en cap moment van arribar als nivells de dany de les del contacte directe, sinó que el seu estat era bastant semblant al de les plantes del grup control però amb una producció foliar molt més petita.

Finalment, l'últim resultat que es va aconseguir d'aquest experiment són els diferents corrents que rebien les plantes dels diferents grups d'estudi i el càlcul de la resistència que oposava cada grup al pas de corrent, dades que es poden observar en la Taula 2.

		Tensió (V)	Intensitat (mA)	Resistència (kΩ)
Grup Corrent Transversal		2,5	3,4	0,7
Grup Malla Coure	+	2,5	0,2	14,7
	-	2,5	0,3	10,0
Grup Paper alumini	+	2,5	0,7	3,7
	-	2,5	0,5	5,0

Taula 2: En aquesta taula es mostren les diferents dades de tensió, intensitat i resistència obtingudes dels diferents grups d'estudi. En aquesta taula també apareixen el símbol + i - que serveixen per diferenciar entre els grups en que les plantes estaven connectades al pol positiu de la font d'alimentació d'aquelles que ho estaven al negatiu, ja que tal i com es mostra en aquesta taula els resultats són ben diferents i, per tant, no es podien englobar dins el mateix grup.

13.1. Conclusions

- La primera conclusió que s'ha pogut extreure d'aquest últim experiment és que els efectes que provoca el corrent elèctric s'han pogut detectar molt ràpidament. En el cas dels grups que estaven en contacte directe amb el corrent elèctric van tardar molt poc a presentar els diversos resultats, totalment perjudicials per a les *Cichorium endivia*. En el cas del grup control i del grup d'estudi que rebia el corrent transversalment a les seves arrels els resultats també es van observar amb un curt període de temps gràcies a la instal·lació del fluorescent, la llum del qual va accelerar el creixement de totes les plantes i va fer possible que s'aconseguissin els resultats molt abans del que s'haguessin aconseguit sense aquesta llum.
- La segona conclusió que es va obtenir d'aquest resultat és que els efectes que té el corrent elèctric sobre les *Cichorium endivia* són molt més perjudicials en els grups connectats directament amb el corrent elèctric i, dintre d'aquest grup els efectes més dolents els van mostrar les plantes connectades mitjançant la malla de coure, ja que va ser l'únic grup d'estudi on algunes de les seves plantes van morir durant el període que va durar l'experiment.

A més, amb aquest experiment també es va poder determinar que les plantes més malmeses eren aquelles que les seves tiges estaven en contacte amb el cable que estava connectat al pol positiu de la font d'alimentació, és a dir, que dintre del grup de plantes que rebia contacte directe, els pitjors resultats es van obtenir en aquests grups.

- Finalment, amb aquest experiment també es va poder arribar a una última conclusió. Les plantes que rebien corrent elèctric, independentment del seu grup d'estudi, presentaven unes arrels molt més curtes que les del grup control, el que sembla indicar que es va aconseguir reduir el desgast energètic que fan les plantes per desenvolupar les seves arrels per tal d'obtenir nutrients.

14. Conclusió final

Després d'haver desenvolupat tots els experiments s'ha pogut arribar a una conclusió final que serveix per donar resposta a les preguntes que van ocasionar aquest estudi.

Tots els resultats obtinguts en els diferents experiments s'han anat relacionant i així s'han pogut extreure tres conclusions que resumeixen a la perfecció aquests resultats. A més, la unificació d'aquestes tres conclusions és el que dóna peu a la conclusió final d'aquest estudi.

La primera conclusió serveix per respondre la hipòtesi plantejada inicialment. Després de veure els resultats de l'últim experiment sembla que la hipòtesi no era totalment errònia, ja que en una de les plantes del grup de circulació de corrent transversal a les arrels sí que l'ha complert i, fins i tot podria haver una explicació sobre el perquè les altres dues plantes del mateix grup d'estudi no han seguit el mateix desenvolupament. La planta que ha tingut més èxit estava situada al centre del recipient mentre que les altres estaven en dues cantonades, per tant, podria ser que aquesta situació hagués afectat al seu desenvolupament. A més, el fet que les arrels de les plantes electroconreades no s'hagin desenvolupat tant com les arrels de les plantes del grup control també sembla indicar la veracitat de la hipòtesi continguda en aquest estudi.

La segona conclusió té relació amb la qualitat del sistema hidropònic utilitzat, ja que després d'observar l'estat en què van acabar les plantes del grup control l'experiment final, es va poder deduir que aquest sistema no és el més adequat pel creixement de les *Cichorium endivia* i, per tant, de cara a futures investigacions seria essencial millorar-lo per tal d'aconseguir uns millors resultats.

L'última conclusió de tot aquest estudi ens porta a, gairebé, descartar el contacte directe entre la planta i els elèctrodes, ja que després d'haver vist els diferents resultats que ha produït en les *Cichorium endivia*, sembla mostrar grans perjudicis per a les plantes. El treball fa evident que l'aplicació de tensions de l'ordre de 3V o superiors fa inviable el desenvolupament de les plantes, però en futures investigacions s'hauria d'intentar esbrinar si, efectivament, aquest contacte directe és perjudicial per a tots els corrents.

15. Conclusió personal

Per donar el punt i final a aquest treball de recerca m'agradaria explicar la meva experiència i les sensacions que he tingut durant tot el període en què he estat immers en aquest estudi.

Primerament voldria esmentar la satisfacció que tinc per haver triat un tema sobre el qual no se'n sabia gairebé res, ja que sóc una persona que està sempre oberta a nous coneixements i durant tot el període en què he estat realitzant aquest treball, contínuament he anat obtenint coneixements nous que al final m'han ajudat a entendre els resultats que han anat apareixent, activitat que no hauria estat capaç de dur a terme ens els inicis d'aquest estudi.

També crec que és important expressar els moments de dubtes i de nervis que han anat apareixent al llarg de tot el treball, ja que a vegades els resultats no s'acaben d'entendre correctament i això comporta cert nerviosisme. En aquests moments m'ha anat molt bé el suport que he rebut en tot moment del meu tutor, part essencial d'aquest treball, ja que sense la seva ajuda hagués sigut gairebé impossible poder dur a terme tot aquest treball. A més, la compenetració que hem tingut en tot moment m'ha permès poder anar avançant, ja que sempre ha estat obert a escoltar tots els meus dubtes i a donar-me la seva opinió per tal de millorar els diferents aspectes que hem discutit des del moment en què vam decidir començar aquest treball.

Finalment, m'agradaria acabar aquesta reflexió personal sobre la meva experiència durant la realització d'aquest estudi dient que, tot i que molts cops he estat nerviós perquè les coses no em sortien com volia, la realització d'aquest ha sigut una de les millors experiències vitals que he tingut fins al moment. Em sento totalment orgullós de la feina feta ja que he aconseguit complir tots els objectius que m'havia proposat: gaudir al màxim de tots els moments relacionats amb ell, assolir nous coneixements sobre el tema estudiat i poder arribar a una conclusió final, la qual fos capaç d'explicar a algú altre i divulgar-la correctament.

Per acabar deixo una frase d'un llibre que estic llegint actualment que resumeix a la perfecció els sentiments que he tingut durant tot aquest treball i amb la qual m'identifico completament.

“El trabajo te termina devolviendo el esfuerzo” (Diego Simeone, a El efecto Simeone).

16. Línies obertes

Malgrat poder haver extret diverses conclusions que proporcionen informació molt valuosa sobre l'estudi realitzat, aquest treball no està completament finalitzat, sinó que és un encebador de futurs treballs que el puguin emprar com a base d'inici.

En aquest futurs estudis s'hauria de poder investigar diversos aspectes sobre els quals no s'ha acabat d'aprofundir en aquest, com és el tema del contacte directe entre les plantes i el corrent elèctric, per tal de descartar-lo completament, o bé trobar el valor beneficiós per les plantes. També, es podria realitzar un experiment, seguint les dades d'aquest estudi, amb alguna planta que proporcionés fruit, per tal de poder observar els resultats en els fruits.

Finalment, un aspecte observat que ofereix motius per fer recerca és esbrinar el per què, quan es mesura la intensitat que circula transversalment a les arrels l'amperímetre, inicialment marca un corrent d'uns 16mA que es va reduint fins a establir-se als 3,4mA.

17. Agraïments

La primera persona a la qual li vull agrair tota la seva atenció, la seva dedicació, la seva feina i el tracte que ha tingut amb mi en tot moment (fets que han permès que es pogués dur a terme aquest treball) és al professor de tecnologia de l'Institut La Serra de Mollerussa, el Xavier Segura i Riu.

Tot seguit, també voldria agrair a l' Institut La Serra (Mollerussa) la seva ajuda i la seva implicació, ja que sense el préstec de diversos aparells tecnològics aquest treball tampoc hagués pogut arribar a realitzar-se. També m'agradaria donar les gràcies al professor de tecnologia, Josep Balcells, per estar sempre disposat a oferir els seus coneixements per tal que el treball tirés endavant; a la Dolors Visa, professora de química, per oferir-me les seves estones de descans perquè jo pogués utilitzar la balança del centre per realitzar les pesades de fertilitzant i a la professor a de física, la Carme Moncasí per tenir una resposta per tots els meus dubtes sobre el treball.

Finalment, m'agradaria expressar la meva gratitud al gerent de l'empresa Terlas Software S.L. (Golmés, Lleida), l'Albert Salvia, per resoldre tots els meus dubtes durant la confecció del programa BÀSIC que exerceix el control dels relés; al Pere Saüch Freixes, de Vilanova de Bellpuig, per oferir-me la seva ajuda i per donar-me planters per als meus experiments; als meus veïns, la Mercè Soler i el Miquel Sans,

per col·laborar desinteressadament aportant els seus coneixements. Als meus pares, per estar sempre disposats a oferir-me la seva ajuda i per tractar-me de la millor manera possible en tot moment, i al Jaume Cabau, per tot l'amor que ha ficat perquè aquest treball tingués èxit i per la seva ajuda en temes agrícoles.

18. Referències

Anònim. "Corrent elèctric" http://ca.wikipedia.org/wiki/Corrent_el%C3%A8ctric
Consultat el 20/06/2013

Anònim. "Hydroponics" <http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroponics> Consultat el
25/06/2013 i el 26/06/2013

Anònim. "Hidroponía" <http://es.wikipedia.org/wiki/Hidropon%C3%ADa> Consultat el
25/06/2013

Anònim. "Electrotropism" <http://en.wikipedia.org/wiki/Electrotropism> Consultat el
26/06/2013

Anònim. "Uses of Hydroponics" <http://www.77hydrostore.com/uses-of-hydroponics.html>
Consultat el 29/06/2013

Anònim. "Electric current" http://en.wikipedia.org/wiki/Electric_current Consultat el
06/07/2013

Anònim. "Llei d'Ohm" http://ca.wikipedia.org/wiki/Llei_d'Ohm Consultat el 06/07/2013

Anònim. "Tomates" <http://articulos.infojardin.com/huerto/Fichas/tomate.htm> Consultat
el 10/07/2013

Van Doorne Y. "History of Electroculture and Magnetoculture"
<http://www.electrocultureandmagnetoculture.com/history.html> Consultat el 11/07/2013

Anònim. "Six types of Hydroponic Growing Systems"
<http://www.hannainst.com/hydroponics/> Consultat el 16/07/2013

Anònim. "Aeroponic Growing System"
<http://www.hannainst.com/hydroponics/aeroponic-system.html> Consultat el 16/07/2013

Anònim. "Hydroponic Drip Growing System"
<http://www.hannainst.com/hydroponics/hydroponic-drip-system.html> Consultat el
16/07/2013

Anònim. "Ebb and Flow Growing System" <http://www.hannainst.com/hydroponics/ebb-and-flow-system.html> Consultat el 16/07/2013

Anònim. "Nutrient Film Technique (N.F.T.) Growing Sytem"
<http://www.hannainst.com/hydroponics/nft-hydroponic-system.html> Consultat el
16/07/2013

- Anònim. "Water Culture Growing System"
<http://www.hannainst.com/hydroponics/hydroponic-water-culture-system.html> Consultat el 16/07/2013
- Anònim. "BÀSIC" <http://es.wikipedia.org/wiki/BÀSIC> Consultat el 16/07/2013
- Anònim. "BÀSIC" <http://en.wikipedia.org/wiki/BÀSIC> Consultat el 16/07/2013
- Hidroentornament. "Técnicas hidropónicas"
http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=30&chapter=1
Consultat el 22/07/2013
- Peters J. R. "All Purpose" <http://www.irpeters.com/Products/Jack-s-Classic/All-Purpose.html> Consultat el 09/08/2013
- Anònim. "Pie (unidad)" [http://es.wikipedia.org/wiki/Pie_\(unidad\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Pie_(unidad)) Consultat el 09/08/2013
- A. Pérez Monfort "Connexió de dispositius a un ordinador"
<http://www.xtec.cat/~jregales/ControlPC.htm> Consultat el 14/08/2013
- P. Bango *et al.*, "Conductores iónicos y superconductores"
<http://es.scribd.com/doc/96764360/Conductores-Ionicos-y-superconductores> Consultat el 15/08/2013
- Anònim. "Llenguatge de programació"
http://ca.wikipedia.org/wiki/Llenguatge_de_programaci%C3%B3 Consultat el 06/09/2013
- Anònim. "Lenguaje de programación"
http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_de_programaci%C3%B3n Consultat l' 11/09/2013
- Anònim. "Lenguaje de alto nivel" http://es.wikipedia.org/wiki/Lenguaje_de_alto_nivel
Consultat l' 11/09/2013
- Anònim. "Mètode científic"
http://ca.wikipedia.org/wiki/M%C3%A8tode_cient%C3%ADfic Consultat el 26/10/2013
- Anònim. "QBÀSIC Commands"
<http://www.freewebs.com/computerghost/QBÀSIC/Commands.htm> Consultat el 29/10/2013
- Anònim. "Marxan gros" http://ca.wikipedia.org/wiki/Marxant_gros Consultat el 03/11/2013
- Anònim. "Bean, Gold Mine" <http://www.burpee.com/vegetables/beans/snap/bean-gold-mine-prod000585.html> Consultat el 27/11/2013
- H. A. Pohl and G. W. Todd (1981) Electroculture for Crop Enhancement by Air Anions. Int. J. Biometeor 25: 309-321
- M. Aragüés Peñalba, E. Prieto Araujo, A. Egea Alvarez, O. Gomis Bellmunt (2013) Superredes, las redes eléctricas del futuro. Buran 27

19. Annex: El llenguatge BÀSIC (Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code)

Per tal de controlar la intermitència del pas de corrent a les safates d'electroconreu, es va optar per la utilització del llenguatge de programació BASIC per escriure un programa que controlés el funcionament d'un relé. Quan es decidí fer-ho d'aquesta manera es coneixia perfectament la possibilitat d'adquirir un temporitzador i instal·lar-lo en el circuit elèctric. Malgrat això, es va optar per augmentar els coneixements i endinsar-se en el fantàstic món de la programació informàtica mitjançant un llenguatge d'alt nivell com és el BASIC.

El llenguatge BÀSIC, és un llenguatge de programació informàtic, és a dir, és un llenguatge formal dissenyat per expressar processos que poden ser duts a terme per màquines com les computadores. Podent ser utilitzat per crear programes que controlen el comportament físic i lògic d'una màquina, per expressar algorismes amb precisió o com a mètode de comunicació humana.

Cada llenguatge té una sèrie de regles sintàctiques i semàntiques estrictes que cal seguir per escriure un programa informàtic, i que en descriuen l'estructura i el significat respectivament. Aquestes regles permeten especificar tant la classe de dades amb què treballarà el programa com les accions que realitzarà.

El llenguatge BÀSIC és una família de llenguatges de programació d'alt nivell, per tant és un llenguatge que es caracteritza per expressar els algorismes d'una manera adequada a la capacitat cognitiva humana, en lloc de la capacitat executora de les màquines. El primer BÀSIC original, el Dartmouth BÀSIC, va ser dissenyat el 1964 pel John George Kemeny y pel Thomas Eugene Kurtz, al Dartmouth College (New Hampshire, Estats Units), com un mitjà per facilitar la programació de computadores a estudiants que no fossin del camp científic, ja que en aquella època gairebé totes les computadores necessitaven una codificació específica per a cada màquina.

19.1. Història

A principis de la dècada de 1960, les computadores eren summament cares i tan sols s'usaven per a propòsits especials, executant una sola tasca a la vegada. Malgrat això, al llarg de la dècada els preus van anar baixant, fet que va produir una major accessibilitat a aquestes màquines. A més, va augmentar tant la velocitat de processament que, sovint, es quedaven massa temps inactives, perquè no hi havien prou tasques per a elles. Això va provocar que aparegués la idea d'executar més d'una

tasca a la vegada, així va sorgir el concepte de sistema de temps compartit. Aquests sistemes dividien el temps de processament del processador central i s'atorgava una petita porció de temps a cada usuari. Aquest fet va fer que el preu de la computació disminuís, gràcies a què una sola màquina podia ser compartida per més d'un usuari.

El 1964, com ja s'ha dit, es va inventar el llenguatge BÀSIC, dissenyat per permetre als estudiants escriure els seus programes fent servir terminals d'un computador en temps compartit. Estava pensat per reduir la complexitat dels altres llenguatges del moment, dissenyat específicament pel nou tipus d'usuaris que no tenien els coneixements necessaris per fer servir un llenguatge de programació tan complex com els usuaris tradicionals i que tampoc tenien l'interès per obtenir-lo, sinó que tan sols volien ser capaços de programar i de fer servir la màquina sense complicacions. Per donar la possibilitat a aquests nous usuaris de satisfer els desitjos, els dissenyadors d'aquest llenguatge van seguir vuit principis que van regir el disseny de BÀSIC:

- Ser fàcil d'utilitzar per principiants
- Ser un llenguatge de propòsit general
- Permetre als experts afegir característiques avançades, conservant simple el llenguatge pels principiants
- Ser interactiu
- Proveir missatges d'error clars i amigables
- Respondre ràpid en el programes petits
- No requerir un coneixement del maquinari
- Protegir a l'usuari del sistema operatiu

El llenguatge va estar basat en FORTRAN II amb algunes influències d' ALGOL 60, amb adicions per fer-lo apropiat a sistemes de temps compartit. Va ser implantat per primer cop a la màquina *mainframe* GE – 265, que suportava múltiples terminals. Després, amb l'objectiu que aquest llenguatge es generalitzés en la societat, els dissenyadors van decidir que el compilador estigués disponible de manera gratuïta. A més, ells van fer-lo disponible en instituts a l'àrea de Hanover, New Hampshire, fent un gran esforç per a què es promogués aquest llenguatge. Gràcies a tot això, BÀSIC es va estendre cap a moltes màquines i plataformes, i es va popularitzar moderadament en microcomputadores.

19.2. Sintaxi

La sintaxi es coneix com la forma visible d'un llenguatge de programació. La majoria dels llenguatges de programació són purament textuals, és a dir, utilitzen seqüències de text que inclouen paraules, nombres i puntuació, de manera similar als llenguatges no escrits. Per una altra part, hi ha alguns llenguatges de programació que són més gràfics en la seva naturalesa, utilitzant relacions visuals entre símbols per especificar un programa.

La sintaxi d'un llenguatge de programació descriu les combinacions possibles dels símbols que formen un programa sintàcticament correcte. El significat que se li dona a una combinació de símbols es controla per la seva semàntica.

Instruccions típiques de BÀSIC:

- Manipulació de dades
 - LET : assigna un valor, que pot ser el resultat d'una expressió, a una variable
 - DATA: sosté una llista de valors assignats seqüencialment fent servir la comanda READ.
- Control del funcionament del programa
 - IF ... THEN ... ELSE: es fa servir per realitzar comparacions o per prendre decisions
 - FOR ... TO ... {STEP} ... NEXT: repeteix un secció del codi un nombre de cops determinat.
 - WHILE ... WEND and REPEAT ... UNTIL: repeteix una secció del codi mentre la condició específica es compleix.
 - DO ... LOOP {WHILE} or {UNTIL}: repeteix una secció del codi Sempre or Mentre/Fins que la condició específica es compleix.
 - GOTO: salta fins a alguna línia numerada o etiquetada del programa.
 - GOSUB: salta fins a alguna línia numerada o etiquetada del programa, executant el codi que troba allí, però en trobar la comanda RETURN, torna a la línia següent a la que provocà el salt.
 - ON ... GOTO/GOSUB: escull on ha de saltar basant-se en unes condicions específiques.
 - DEF FN: Serveix per definir funcions.

- Entrades/sortides
 - PRINT: mostra un missatge a la pantalla o a algun altre dispositiu de sortida
 - OUTPUT: s'especifica que el contingut del fitxer s'ha d'eliminar perquè l'usuari pugui començar a escriure en el fitxer des del principi.
 - INPUT: demana a l'usuari que introdueixi un valor per a una variable.
 - TAB or AT: estableix la posició on el pròxim caràcter es mostrarà a la pantalla o imprès en un paper.

- Altres
 - REM: sosté un comentari o una observació del programador; normalment s'utilitza per posar un títol al programa i per ajudar a identificar el propòsit d'una secció determinada del codi.
 - USR: transfereix el control del programa a una subrutina de llenguatge de màquina.
 - TRON: encén una representació visual en la pantalla del flux d'ordres de BÀSIC, mostrant el nombre de cada comanda a mesura que es van executant.
 - TROFF: apaga la representació del nombre de cada comanda que s'executa després que la comanda TRON s'hagi utilitzat.

5.3. Exemple de programació: Gestió del port LPT1

```
DOSBox 0.74, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: QB
File Edit View Search Run Debug Options Help
Untitled
REM *** Exemple d'aplicació amb el port paral·lel ***
a = 1
WHILE a$ = INKEY$: REM *** Espera que es premi alguna tecla per acabar ***
OUT &H378, a
FOR K = 1 TO 100000: NEXT K: REM *** Espera ***
a = a + 1
WEND
END
Immediate
<Shift+F1=Help> <F6=Window> <F2=Subs> <F5=Run> <F8=Step> C 00006:010
```

Figura 29: Exemple d'un programa escrit amb el programa QBÀSIC que controla el subministrament de tensió al port paral·lel de la computadora (&H378), en la qual s'executa aquest programa.

El funcionament del programa anterior està regit pels següents punts:

- Serveix per crear una sortida intermitent de tensió pel port paral·lel &H378 de l'ordinador, tal com indica la funció OUT del programa, que significa que la sortida de tensió és pel port esmentat.
- La intermitència és d'un segon, ja que l'ordinador triga aquest temps per contar des del primer nombre de la variable K fins a l'últim. Un cop arriba a aquest últim valor la variable "a" canvia el seu valor, passant de parell a senar o a l'inrevés. Aquest fet fa canviar el nivell de alt a baix, depenent de si és parell o senar, respectivament. Un cop es produeix aquest canvi de variable, el programa llegeix la instrucció WEND, que fa que l'ordinador torni a la línia del WHILE, és a dir, fa que es repeteixi el cicle.
- La presència o no de tensió a les diverses sortides del port paral·lel ve determinada pel valor que té en aquell moment la variable a, que controla si la línia de dades està a nivell alt o a nivell baix. Això és així gràcies a què aquest valor està codificat en el sistema de numeració binari, és a dir, escrit amb zeros i uns. Això significa que la sortida DATA que tingui un 1 estarà a nivell alt, és a dir, hi haurà tensió, en canvi, si té un 0 estarà a nivell baix i no hi haurà tensió.

- El programa s'anirà repetint fins que es premi alguna tecla, tal com està indicat amb l'expressió `INKEY$`, ja que el programa s'aturarà quan la variable `a$` sigui un caràcter. Aquesta funció fa que s'origini aquesta repetició del programa tal com indica la funció `WHILE`.