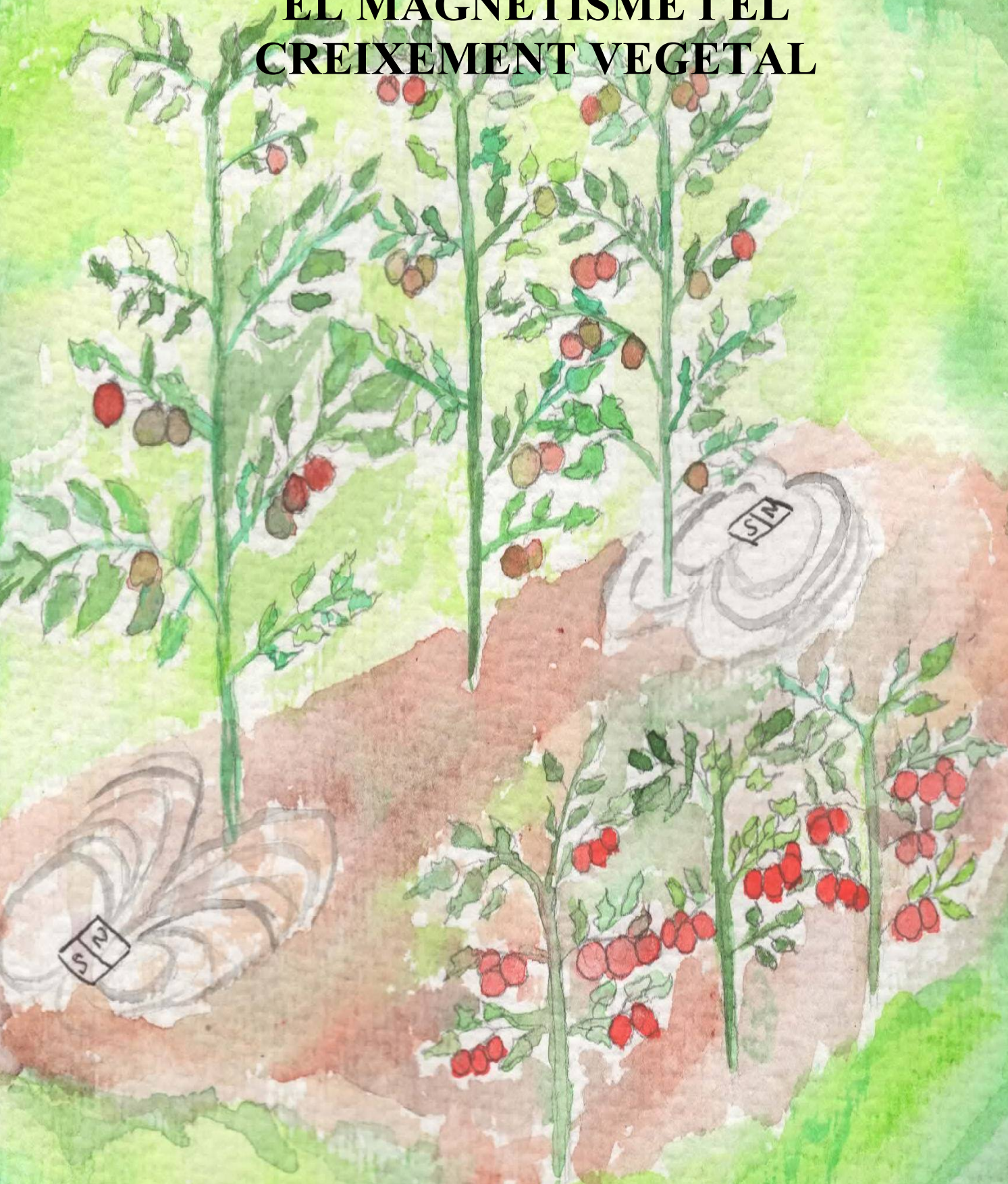


EL MAGNETISME I EL CREIXEMENT VEGETAL



“Quan prenem cert interès en els grans descobridors i en les seves vides és quan la ciència es fa suportable, però només quan prenem interès del desenvolupament de les seves idees és quan es fa fascinant”

-James Clerk Maxwell-

AGRAÏMENTS

Voldria expressar el meu agraïment a totes aquelles persones que han col·laborat i han fet possible aquest treball de recerca. M'agradaria agrair profundament el suport, la col·laboració i participació donada en tot moment pel meu tutor del treball, *****
*****. També agraeixo l'oportunitat d'haver pogut realitzar anàlisis a la depuradora de Vic gràcies al meu tutor i en Pere Parés. Finalment agraeixo profundament el suport mostrat per la meva família i amics.

ÍNDEX

0. INTRODUCCIÓ..... pg.7

PART TEÒRICA

I. EL MAGNETISME..... pg.11

 1.1 L'origen del magnetisme..... pg.11

 1.1.1.El camp magnètic terrestre i la magnetosfera..... pg.13

 1.1.2.La brúixola i les estacions de mesura:

 INTERMAGNET..... pg.16

 1.2 Propietats magnètiques dels materials..... pg.18

II. CAMPS I ONES ELECTROMAGNÈTIQUES..... pg.21

III. ELS IMANTS..... pg.24

IV. BIOELECTROMAGNETISME..... pg.28

 4.1 Processos biològics..... pg.28

 4.2. Contaminació electromagnètica..... pg.29

 4.3. La magnetoteràpia..... pg.30

V. ANTECEDENTS AL TREBALL..... pg.32

 5.1. Canvis en les propietats de l'aigua..... pg.32

 5.2. El tractament magnètic de l'aigua..... pg.33

 5.3. La refrigeració magnètica..... pg.35

 5.4. Sensibilitat dels éssers vius davant el camp
 magnètic terrestre..... pg.36

 5.5. El creixement vegetal..... pg.38

PART PRÀCTICA

VI.	DISSENY EXPERIMENTAL DE GERMINACIÓ.....	pg.41
VII.	DISSENY EXPERIMENTAL DE LES TOMAQUERES.....	pg.48
VIII.	POSSIBLES CAUSES DELS CANVIS DE LES PLANTES MAGNETITZADES.....	pg.61
	8.1. Canvi en les propietats de l'aigua.....	pg.62
	8.2. Anàlisi de la duresa de l'aigua.....	pg.67
	8.3. Anàlisi d'anions amb l'HPLC.....	pg.70
	8.4. Possible hipòtesi.....	pg.74
IX.	CONCLUSIONS.....	pg.77
X.	BIBLIOGRAFIA.....	pg.82
XI.	ANNEX	

0. INTRODUCCIÓ

El meu treball de recerca es basa en la realització de dos experiments per tal de comprovar si el magnetisme afecta al creixement vegetal. Un d'ells pretén comprovar si aquesta hipòtesi afecta en la germinació de les llenties i l'altra si el magnetisme afecta al creixement de tomaqueres i en la seva productivitat. El fet és que aquest fenomen no ha estat àmpliament investigat, i és per això que no hi ha conclusions exactes sobre com afecta l'aplicació d'un camp magnètic en organismes vius com són les plantes i el seu desenvolupament. Però personalment sempre he mostrat interès per la investigació científica i em va agradar la idea de poder realitzar per a mi mateixa aquests experiments per tal d'arribar a alguna conclusió viable sobre un tema poc investigat i que per tant la informació a l'hora d'elaborar les conclusions només la pugés obtenir a partir de les meves experiències. Un altre dels motius pels quals he elegit aquest tema entorn del magnetisme és perquè en un futur m'agradaria estudiar una carrera de ciències com química o física, i per tant amb aquest treball pretenia aprendre a realitzar experiments de forma metòdica, fet que em pot ser útil en un futur.

Els experiments els vaig elaborar durant l'estiu, ja que l'apreciació de canvis notables en el desenvolupament de vegetals requereix temps i unes temperatures adequades.

El primer de tots va ser la germinació de les llenties. Per aquest, vaig disposar sis plaques de Petri amb cotons humits i amb deu llenties a cadascuna d'elles. Excepte una de les plaques, totes les altres estaven influenciades per imants (amb el pol nord dels imants), els quals es trobaven a diferents distàncies a cadascuna de les plaques. Per tant, amb aquest experiment no tan sols pretenia comprovar si el procés de germinació era més ràpid en les llenties influenciades magnèticament respecte les pertanyents a les del grup control (placa de Petri sense influència magnètica), sinó que també pretenia constatar a quina distància un imant pot afectar més positivament a la germinació. Per tal de poder recollir uns resultats que em permetessin arribar a unes conclusions, cada dia realitzava fotos a les diverses plaques de Petri amb les corresponents llenties, mesurava la longitud de la tija i la radícula de les llenties que en presentaven i les recollia en una taula, i finalment anotava els canvis que dia rere dia les diferents germinacions experimentaven (aquestes observacions les podeu trobar a l'annex). I per suposat que durant els dies que va durar la realització de l'experiment (en concret 18

dies) vaig mantenir les mateixes condicions de temperatura i humitat en totes les càpsules, a les quals subministrava cada dia la mateixa quantitat d'aigua.

El segon dels experiments realitzat fou el de les tomaqueres. Per aquest experiment vaig haver de disposar diverses tomaqueres en tres files, on hi vaig habilitar canyes per tal de lligar les tomaqueres i per així facilita'l-s'hi el creixement. Dues de les files d'aquestes plantes estaven influenciades magnèticament i la restant suposava el grup control, ja que no constava de cap tractament magnètic. En les files tractades vaig disposar a cadascun dels extrems un imant; en un extrem aquest imant influenciava a la filera amb el seu pol nord, i a l'altre extrem amb el seu pol sud. La diferència entre les dues fileres amb presència magnètica és que en la primera filera els imants utilitzats eren d'una intensitat de 4000 gauss, i en la segona els dos imants utilitzats tenien una intensitat de 2000 gauss. Per tant amb aquest experiment pretenia comprovar si la influència magnètica afecta positivament al creixement i a la productivitat de les plantes i si una major intensitat de camp magnètic accelera encara més el desenvolupament vegetal que no pas una intensitat menor. Amb aquest experiment també pretenia constatar si els resultats de la influència d'un pol d'un imant són diferents als de la influència que pot exercir l'altre. Per tal de poder obtenir uns resultats que em permetessin establir conclusions, cada setmana de les deu que va durar l'experiment feia una marca amb un bolígraf permanent (apuntant la data) a la canya a través de la qual les tomaqueres creixien. Seguidament mesurava amb un regle el creixement que havien realitzat des de la última mesura i ho anotava. També contava la quantitat de fruits quan les plantes en començaven a presentar. Així, aquestes dades recollides em van permetre realitzar cada setmana diversos comentaris sobre el desenvolupament de les diferents tomaqueres (aquestes observacions també les podeu trobar a l'annex juntament amb les fotografies que permeten veure aquesta evolució). Finalment, a partir dels valors de creixements agrupats en diverses taules he realitzat els gràfics corresponents per tal d'il·lustrar el desenvolupament de les diverses tomaqueres i la seva producció.

Així doncs, a partir d'aquests experiments, que probablement suposen la part més difícil del treball degut a la importància que els hi he dedicat, he pogut elaborar les meves pròpies conclusions sobre un fet que encara no ha esta gaire estudiat i per tant no es saben els motius pels quals els organismes com les plantes responen d'una manera diferent davant de l'aplicació d'un camp magnètic extern.

Malgrat la importància de la part pràctica del meu treball, aquest també consta d'una part teòrica. Aquesta es divideix en els següents cinc apartats: el magnetisme, els camps i ones electromagnètiques, els imants, el bioelectromagnetisme i els antecedents al treball.

L'apartat del magnetisme té l'objectiu d'introduir aquesta branca de la física i la seva evolució durant la història i la importància que té el magnetisme per la Terra (magnetosfera), per a la fabricació d'aparells que ens ajuden a la orientació, les diferents propietats magnètiques que poden presentar els materials...

El segon apartat fa referència a les diferents ones electromagnètiques pertanyents al espectre electromagnètic i com aquesta radiació pot afectar als organismes vius.

El tercer apartat tracta sobre les característiques principals d'un imant; així com les seves parts i els diferents tipus d'imants que podem trobar a la naturalesa o crear artificialment.

Amb el bioelectromagnetisme intento explicar d'on provenen els camps electromagnètics generats pels organismes vius, els tipus de contaminació electromagnètica (sobretot l'artificial) i com aquesta pot afectar a la salut humana. En aquest apartat també hi ha un subapartat dedicat a les aplicacions dels imants en la salut: la magnetoteràpia, tècnica que en l'actualitat tampoc està massa investigada.

Finalment, l'últim apartat de la part teòrica té l'objectiu de recollir tots els experiments relacionats amb imants que fins a dia d'avui s'han realitzat. La recerca d'aquesta informació m'ha estat d'ajuda a l'hora de pensar una possible hipòtesi que expliqui aquest canvi que experimenten les plantes amb la presència d'un camp magnètic.

Seguida de la part teòrica hi trobem la part pràctica, que no tan sols presenta els dos dissenys experimentals esmentats anteriorment, sinó que també hi consta un apartat que fa referència a les possibles causes dels canvis que experimenten els vegetals amb un camp magnètic extern. Per a investigar aquestes possibles causes, vaig realitzar anàlisis de les propietats de l'aigua (conductivitat, pH i oxigen dissolt), anàlisis de la duresa de dissolucions que contien diverses mostres de la terra de cultiu de les tomaqueres i finalment vaig tenir l'oportunitat de poder anar a la depuradora de Vic per realitzar una anàlisi dels anions presents en aquestes mateixes dissolucions (podeu trobar els gràfics detallats a l'annex). Aquests diferents anàlisis m'han proporcionat la informació necessària per interpretar els resultats i establir unes conclusions i una possible hipòtesi.

PART TEÒRICA

I. EL MAGNETISME

El magnetisme és un fenomen físic pel qual els cossos tendeixen a exercir forces de repulsió o d'atracció entre ells a altres materials degut a la naturalesa elèctrica de la matèria. Hi ha certs materials que manifesten més clarament aquestes propietats magnètiques, els quals anomenem imants. Però qualsevol cos pot interaccionar sota la presència d'un camp magnètic. Actualment, molts fenòmens magnètics ja no es poden explicar a través dels postulats de la física clàssica, i per tal d'explicar-los correctament hem de recórrer a la física quàntica.

1.1. Origen del magnetisme

La magnetita és un mineral constituït per òxid de ferro (II)-(III), el qual presenta qualitats altament magnètiques degut a les propietats ferromagnètiques que la caracteritzen. Aquest mineral fou el primer material magnètic descobert per l'home. Deu el seu nom a una regió de l'antiga Grècia, Magnèsia, on al voltant del 800 aC es trobaren els primers documents escrits en relació als jaciments d'aquest mineral a la regió, i del coneixement que els grecs tenien sobre les propietats d'atracció de la magnetita amb el ferro. No obstant, les primeres aplicacions tecnològiques es remunten cap a l'any 121 dC, quan els xinesos començaren a aplicar les propietats dels imants en la navegació. No fou fins el segle XII que es començaren a perfeccionar aquests instruments, fet que comportà que es desenvolupés un important element per a la història de la navegació; la brúixola.



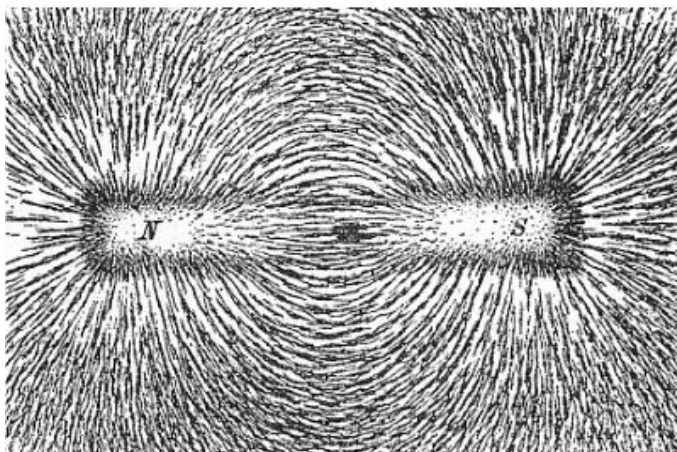
En la imatge es mostra un fragment de magnetita.

Al 1269, el francès Pierre de Maricourt va descobrir el fet que si una agulla es deixava caure en diferents posicions sobre un imant esfèric natural, aquesta tendia a orientar-se a dos extrems oposats. Per tant va descobrir que tot imant constava de dos pols, els quals són les zones del imant que presenten més intensitat; aquests pols, si són iguals experimenten entre ells una força de repulsió, en canvi si són diferents (pol nord i sud), s'atrauen.

Ara bé, quan un imant es trenca, s'obtenen dos imants, cadascun d'ells amb dos pols (nord i sud), però ambdós són de menor intensitat que l'inicial. Al llarg del temps s'ha especulat molt sobre la possibilitat d'obtenir un pol aïllat, i encara que recentment s'han dut a terme alguns experiments, no s'ha pogut arribar a una evidència conclouent.

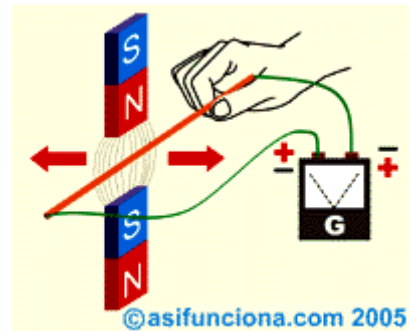
Al 1600, William Gilbert descobrí que la Terra es comportava com un imant natural, ja que també consta de dos pols magnètics molt propers als pols geogràfics. No obstant això, el pol nord geogràfic no coincideix exactament amb el pol nord magnètic, i viceversa.

Tot i que durant el transcurs de la història les propietats i els fenòmens magnètics eren mínimament coneguts, no fou fins mitjans del segle XIX quan es van formular teòricament totes les interaccions de tipus elèctric i magnètic, les quals venen descrites en les equacions de Maxwell. Durant aquesta època, Michael Faraday, fou qui descobrí les línies de camp magnètic d'un imant. Ho realitzà escampant làmines de ferro al voltant d'un imant. El que observà era com aquestes làmines traçaven una esfera que anava de pol a pol del imant. Aquestes són l'espectre magnètic del imant i ens permeten detectar la intensitat del camp magnètic. Faraday també fou qui va descobrir la inducció magnètica. Aquest fenomen es aquell que origina una força electromotriu a un cos exposat a un camp magnètic variable.



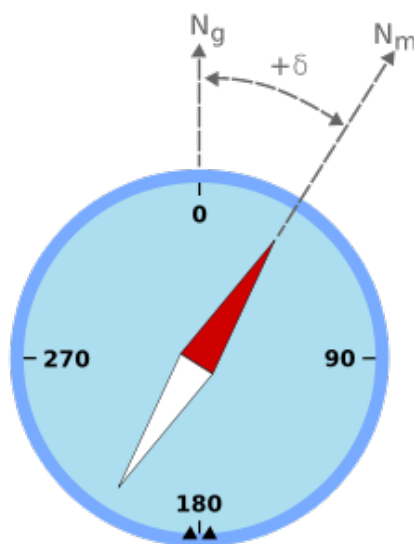
La imatge mostra l'espectre magnètic d'un imant per mitjà de les línies traçades per les làmines de ferro.

En la imatge de la dreta es mostra un procés d'inducció magnètica. La línia vermella representa un material conductor com el coure, el qual es disposa entre dos imants. Aquests induiran una força electromotriu al cable de coure que es podrà mesurar amb un galvanòmetre.



1.1.1. El camp magnètic terrestre i la magnetosfera.

La Terra es comporta com un gran imant, consta d'un pol nord i un pol sud magnètic. Però aquests no es corresponen amb els pols geogràfics; el pol nord magnètic el trobem situat al pol sud geogràfic, i el pol sud magnètic correspon al pol nord geogràfic. Tot i així el camp magnètic terrestre presenta una intensitat petita, d'aproximadament

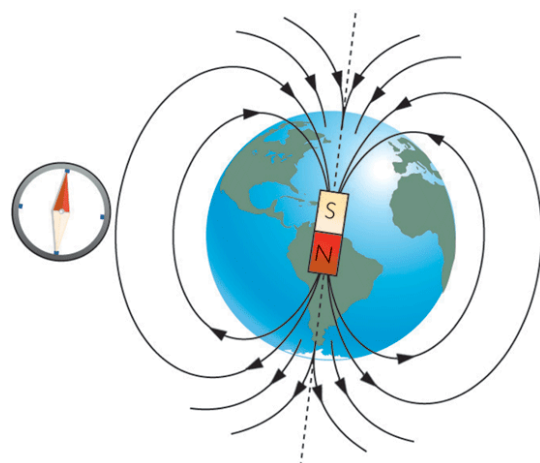


0'000010 T, que equival a 0'1 G. El camp magnètic terrestre té una forma similar al camp originat per un imant. Actualment l'eix geogràfic i l'eix magnètic formen un angle d'uns 11°. És per això que hi ha una desviació entre el que indica una brúixola (la direcció de l'agulla sempre ens marca el nord magnètic) i el veritable nord geogràfic. Aquest angle de desviació entre aquests dos eixos és el que es coneix com a declinació magnètica. En la imatge es pot observar aquesta diferència entre el nord geogràfic (Ng) i el nord magnètic (Nm) a través d'una brúixola.

L'angle α que forma un punt qualsevol de la superfície terrestre amb el pla horitzontal s'anomena inclinació magnètica. Aquest angle que es forma és degut al fet que les línies del camp magnètic no sempre són paral·leles al pla horitzontal.

L'angle α que forma un punt qualsevol de la superfície terrestre amb el pla horitzontal s'anomena inclinació magnètica. Aquest angle que es forma és degut al fet que les línies del camp magnètic no sempre són paral·leles al pla horitzontal.

En la imatge de l'esquerra s'observa el comportament de la Terra com un gran imant, on les línies de camp van del pol nord magnètic fins al pol sud magnètic.



La influència que el camp magnètic terrestre suposa sobre els organismes i els instruments com la brúixola no es justifica amb la seva intensitat, ja que aquesta és molt petita. Però si que trobem l'explicació d'aquesta gran influència que arriba a formar la magnetosfera en el moment magnètic del nostre planeta. El moment dipolar magnètic ve descrit per la fórmula:

$$\mu = I \cdot S$$

On μ és el moment magnètic, I la intensitat i S la superfície.

Per tant, tenint en compte que la superfície de la Terra és molt gran, això suposa que el seu moment magnètic sigui més elevat que qualsevol altre imant.

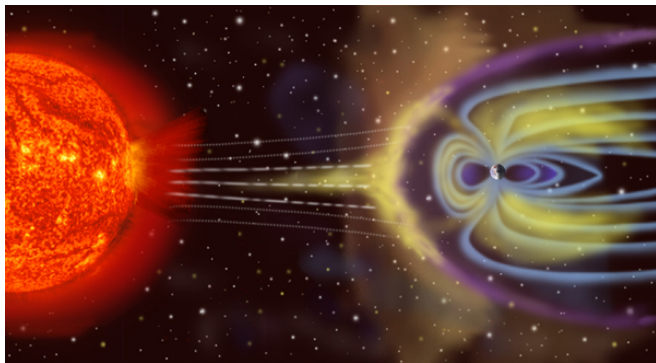
Hi ha dos hipòtesis que intenten explicar l'origen d'aquest camp magnètic. La més antiga i la qual ja ha estat refutada és la que defensava la presència d'un imant permanent en el nucli de la Terra. Aquest està constituït majoritàriament per ferro i níquel, substàncies altament magnètiques. Però aquests materials perden les seves propietats magnètiques quan sobrepassen l'anomenada temperatura de Curie* (770°C pel ferro i 360°C pel níquel). I com que al nucli terrestre les temperatures són al voltant de 2000°C, l'explicació d'un imant permanent al interior de la Terra com a origen del magnetisme no pot ésser vàlida. La hipòtesi que actualment és vigent i és acceptada per la majoria de la comunitat científica explica l'origen del magnetisme en el moviment de l'interior de la Terra com una dinamo auto induïda. El fenomen es basaria en que el moviment de circulació del material conductor del nucli (ferro i níquel), el qual es fluid i dens, en presència d'un camp magnètic genera corrents elèctriques que, al seu torn, alimenten al camp magnètic.

Aquest moviment intern de la Terra també provoca el que es coneix com a variació secular, la qual fa referència als canvis de distribució del camp geomagnètic que es mou lleugerament cap a l'oest a una velocitat molt petita, per tant parlem d'una variació de la declinació magnètica. Es calcula que d'aquí a 2000 anys, els dos pols s'hauran invertit (el pol sud magnètic correspondrà al pol nord geogràfic, i el pol nord magnètic correspondrà al pol sud geogràfic).

*El punt de Curie és la temperatura en la qual un material ferromagnètic perd les seves propietats magnètiques tot comportant-se com un material paramagnètic.

El camp magnètic terrestre no és constant, presenta variacions diàries de intensitat de l'ordre de 0'00010 gauss. Però hi ha vegades que aquesta intensitat és de 0'1 G. Això és degut a les tempestes elèctriques d'origen solar que tenen lloc a la ionosfera, on hi ha presents ions positius i negatius que modifiquen la conductivitat de l'aire. Aquestes corrents elèctriques generades a la ionosfera originen camps magnètics que són els causants d'aquestes variacions del camp magnètic.

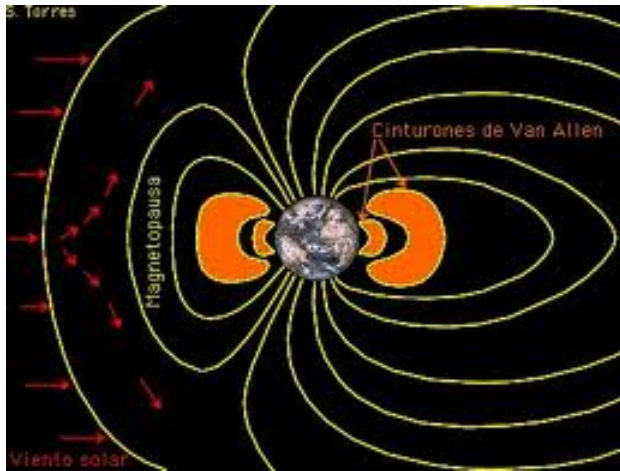
El camp magnètic però no es limita tan sols al nucli intern de la Terra. Aquest s'exten des del nucli fins a la seva confluència amb el vent solar, el qual és una corrent de



partícules d'alta energia que emanen del Sol. La regió que es troba per sobre la ionosfera i fins a desenes de mils de quilòmetres en l'espai, és el que es coneix com a magnetosfera. Aquesta regió, és la que protegeix a la Terra de la

perillosa radiació ultraviolada i dels raigs còsmics. La magnetosfera, comença a interaccionar amb el vent solar en un punt anomenat magnetopausa, el qual es troba a uns 60000km de la Terra. Però abans que es produeixi aquesta interacció, es produeix una interacció entre el camp magnètic i el vent solar. Després que aquesta hagi tingut lloc, el plasma solar es frena ràpidament per tal de que no es dispersi al voltant de tota la magnetosfera. Però encara que la magnetosfera eviti que les partícules provinents del vent solar travessin la nostra atmosfera, sempre hi ha algunes partícules que són transportades pel camp magnètic fins als pols terrestres. Un cop a la nostra atmosfera, les partícules interaccionen amb diversos gasos, fet que fa que aquests emetin un espectre al voltant dels pols de la Terra; aquest fenomen és el que coneixem com a aurores boreals o australs.





En color taronja es mostren els anomenats cinturons de van Allen, els quals són zones de la magnetosfera terrestre on es concentren partícules carregades.

1.1.2. La brúixola i les estacions de mesura. INTERMAGNET.

La brúixola és un instrument que es creu que va ser inventat per primera vegada al voltant del 120dC a Xina. No obstant, aquest aparell es va anar perfeccionant i expandint per a Europa gràcies a la ruta de la seda en torn el segle XI i XII. Tot i així també es creu que tant a Europa com a l'Àsia hi va haver-hi una creació independent i coexistent d'aquest instrument.



La brúixola és un aparell constituït per una agulla magnetitzada que gira entorn un eix i ens indica la presència de forces i camps magnètics. Aquesta agulla imantada sempre senyala al nord geogràfic, ja que la fletxa correspon al imant nord de l'agulla, i per tant serà atret pel pol sud magnètic terrestre; el qual el trobem situat al nord geogràfic.

Aquest instrument tan sols és inútil en les zones polars nord i sud, degut a la convergència de línies del camp magnètic terrestre. Degut a les variacions del camp magnètic, les brúixoles no funcionen per igual en totes les zones i hemisferis de la Terra, és per això que moltes brúixoles incorporen al interior algun líquid, el qual acostuma a ser oli, querosè o alcohol, que permet que les agulles del instrument no oscil·lin repetidament.

Encara que actualment les brúixoles continuen essent utilitzades en moltes activitats relacionades amb l'orientació, aquestes han estat reemplaçades per elements més

precisos com ara els GPS. Aquest sistema dona les coordenades exactes de qualsevol punt del planeta.

L'INTERMAGNET (**I**nternational **R**ea-time **M**agnetic Observatory **N**etwork), és una xarxa mundial d'observatoris que controlen el camp magnètic terrestre. Hi ha una estació al delta de l'Ebre, en concret a Roquetes, la qual va tenir una concessió per establir també un observatori a l'illa Livingston, a l'Antàrtica. Les dues estacions formen part de la xarxa mundial d'observatoris geomagnètics, on es contribueix a l'elaboració de models com el del Camp Geomagnètic Internacional de Referència (IGRF) i altres estudis com per exemple la relació Sol-Terra. Aquest observatori conserva registres de les variacions magnètiques des del 1910. Fins el 2000 les dades eren recollides analògicament, però ara ja s'han digitalitzat totes les dades. L'observatori també compta amb els magnetòmetres (aparells per a quantificar la força o la direcció del senyal magnètic d'un lloc) de més alta precisió, com per exemple el Magnetòmetre Fluxgate FGE amb sensor suspès. L'alta precisió d'aquests instruments comporta que tant a l'observatori de l'Ebre com el de l'Antàrtica siguin capaços d'informar acuradament sobre el camp magnètic cada segon. Les dades obtingudes diàriament són enviades al node d'Edimburg.

Per tant l'objectiu principal d'aquests observatoris consisteix en determinar l'evolució temporal del vector camp magnètic terrestre del punt on es troba l'estació. Les variacions del camp magnètic enregistrades durant un gran període de temps són importants per poder entendre el camp magnètic terrestre. I les seves relacions i variacions amb el vent solar i la Terra també són estudiades.

També es realitzen estudis meteorològics, on es recullen dades diàries i es registren paràmetres com: la temperatura, la pressió, la humitat, la velocitat i direcció del vent, precipitació... Aquesta recerca es centra en l'estudi del cicle hidrològic continental a regions mediterrànies per tal de estudiar l'impacte del canvi climàtic en ecosistemes aquàtics o recursos agrícoles.

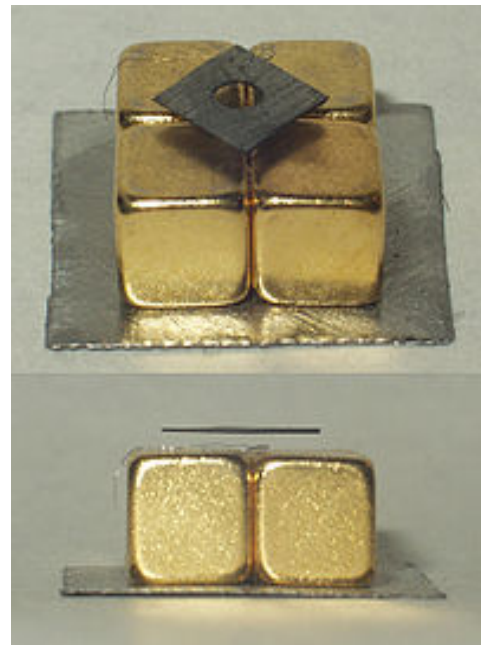
I malgrat que aquest observatori de l'Ebre va ésser dissenyat per a l'estudi de la física solar i terrestre, des del moment de la seva inauguració (1904) també consta una secció sísmica, ja que en aquell moment es creia que hi existia una relació entre l'activitat sísmica i solar. Tot i així, l'observatori continua mantenint aquesta secció i desenvolupant les tasques adequades d'observació i interpretació sismològiques.

1.2. Propietats magnètiques dels materials

El magnetisme és el fenomen pel qual els materials mostren una força atractiva, repulsiva o influeixen a altres materials. Hi ha certs materials que són més propensos a presentar propietats magnètiques, els quals són sobretot el ferro, la magnetita i alguns tipus d'acer. Aquestes diferents comportaments que poden presentar els materials s'originen a partir del moviment de càrrega bàsica; l'electró. Tenint en compte l'estructura interna de la matèria, els electrons giren al voltant dels àtoms (moviment orbital) alhora que també giren sobre si mateixos (espín). Aquests girs expressen la intensitat magnètica que pot tenir un material i determinen a cada electró una direcció, fet que fa que l'electró es comporti com un petit imant. La magnetització d'un material és la suma total de moments magnètics o dipolars per unitat de volum. Hi ha cossos que encara que no siguin imants es poden imantar quan se'ls hi aplica un camp magnètic que fa que els dipols magnètics s'arreglerin, provocant així un augment de la intensitat del camp magnètic i un moment dipolar magnètic net. El grau d'imantació que un camp magnètic extern pot produir a un cos, permet classificar els diferents materials en aquests tres grups:

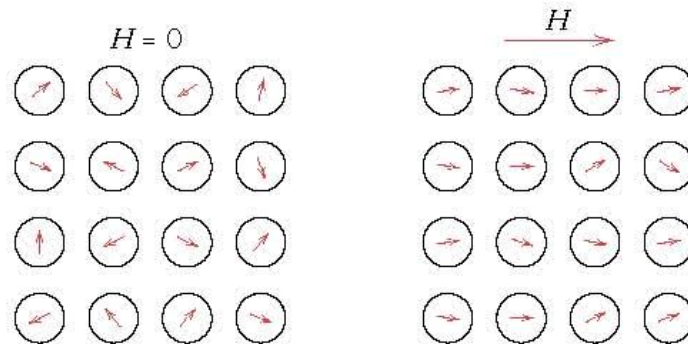
Materials diamagnètics:

Els àtoms dels materials diamagnètics presenten un moment magnètic nul. Per tant el magnetisme tan sols persisteix quan s'aplica un camp magnètic al material de manera que els electrons dels diferents orbitals adquireixen moviment que permet al material magnetitzar-se instantàniament; tot i així aquesta imantació és molt dèbil i té un sentit oposat al camp aplicat. I és per això que a vegades aquests materials són repel·lits pels imants i causen el fenomen conegut com a levitació diamagnètica (tal i com es mostra a la imatge). Alguns dels materials que presenten aquestes propietats són el bismunt, el coure, el diamant i l'or.



Materials paramagnètics:

Cada àtom dels materials paramagnètics presenta un moment magnètic permanent, però si aquests no es veuen influenciats per un camp magnètic extern, estan orientats a l'atzar. La influència d'un camp magnètic aliè fa que aquests s'arreglerin en la direcció del camp aplicat d'una manera bastant feble. Per tant quan aquest camp magnètic extern deixa de influenciar, l'efecte paramagnètic desapareix. Són exemples de materials paramagnètics l'alumini, el magnesi, el titani i el tungstè.



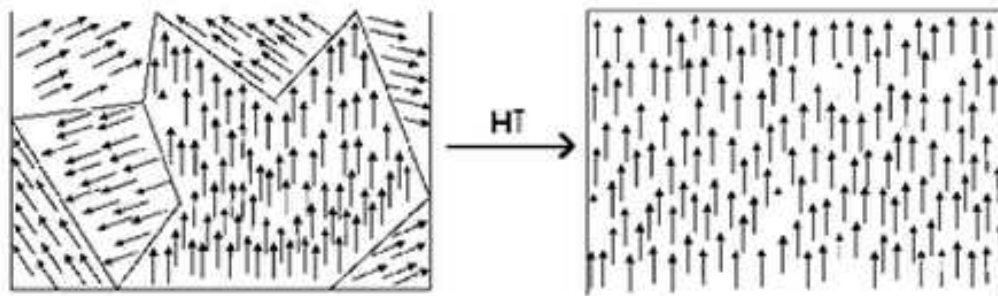
En la primera imatge es veu un material paramagnètic en absència de camp magnètic; en canvi la segona imatge mostra un material paramagnètic sota l'acció d'un camp magnètic aplicat.

Materials ferromagnètics:

Són aquells materials que poden arribar a magnetitzar-se permanentment amb l'aplicació d'un camp magnètic extern. Aquest fet indueix una forta ordenació i arreglament dels moments magnètics dels àtoms; fet que a vegades converteix a aquest material en un imant capaç de superar el camp magnètic exterior. Els exemples més importants de materials ferromagnètics són el ferro pur, el cobalt, el níquel, el neodimi (imants de terres rares) i aliatges compostos per aquests materials.

En els materials ferromagnètics hi ha una ordenació dels espins dels electrons que suposa la formació de regions d'alineació magnètica anomenades dominis de Weiss. El camp magnètic dins dels dominis és intens, però globalment aquest material ferromagnètic no estarà magnetitzat degut a que aquests dominis estan orientats entre ells de forma aleatòria, fet que suposa una magnetització total igual a zero. Tot i així, si s'aplica un camp extern al material ferromagnètic, els dominis d'aquest seguiran la direcció del camp extern, i s'alinearan, obtenint així un material amb propietats magnètiques. Totes les substàncies ferromagnètiques tenen una temperatura màxima on

desapareixen les propietats magnètiques com a resultat de l'agitació tèrmica; és l'anomenada temperatura de Curie.



www.experimentosdefisica.net

La primera imatge correspon als dominis magnètics d'un material ferromagnètic, i es pot veure com els espins dels electrons de cadascun d'ells estan alineats en una mateixa direcció, la qual no coincideix amb la dels espins dels electrons pertanyents als altres dominis. En canvi la segona il·lustració fa referència a un material ferromagnètic influenciat per un cap magnètic extern, ja que tots aquests dominis s'han alineat en una sola direcció.

II. CAMPS I ONES ELECTROMAGNÈTIQUES

La radiació electromagnètica és una combinació de camps elèctrics i magnètics oscil·lants que es propaguen per l'espai transportant energia. Les radiacions electromagnètiques no necessiten un medi per tal de propagar-se; per tant són capaces de propagar-se al buit, i ho fan en forma d'ona electromagnètica. En canvi la intensitat que posseeixen aquestes ones creen un camp magnètic. Per exemple, els imants amb la seva corresponent intensitat creen un determinat camp magnètic. Aquest es defineix com el conjunt de vectors d'inducció magnètica que corresponen a la direcció i sentit de la brúixola en un punt determinat.

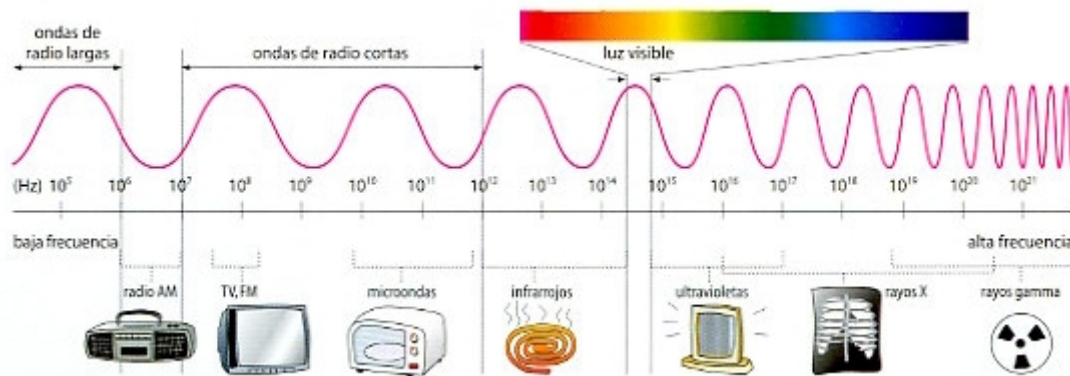
L'electromagnetisme és la branca de la física que estudia i unifica els fenòmens elèctrics i magnètics. Aquests venen descrits per les quatre equacions de Maxwell, les quals expliquen com un camp elèctric variable en el temps genera un camp magnètic i com la variació temporal del camp magnètic també genera un camp elèctric. Per tant, podem definir la radiació electromagnètica com dos camps que es generen mútuament i no necessiten cap medi físic per desplaçar-se. La seva velocitat de propagació en el buit és la de la llum ($c=299792 \text{ km/s}$) i la seva direcció de propagació és perpendicular a les oscil·lacions del camp elèctric i magnètic, que a la vegada són perpendiculars entre si mateixos.

El fotó és la partícula principal causant de la força electromagnètica. Per tant la radiació està constituïda per aquests tipus de partícules, les quals són característiques per a cadascuna de les diferents radiacions electromagnètiques. Les radiacions electromagnètiques són considerades partícules i per tant fotons quan interactuen amb la matèria. Però es consideren ones quan es propaguen en l'espai. Aquestes dues característiques pròpies de la radiació electromagnètica és el que es coneix com la dualitat ona-partícula.

Les diferents radiacions electromagnètiques es troben ordenades per freqüència creixent o longitud d'ona decreixent en l'espectre electromagnètic. La freqüència és la magnitud que defineix el nombre d'oscil·lacions que tenen lloc per segon. La unitat més utilitzada és el Hertz (Hz) o el s^{-1} . En canvi la longitud d'ona és la distància que separa a dos màxims consecutius de l'ona, i la seva unitat són els metres. Aquestes magnituds són inversament proporcionals i venen relacionades per la fórmula següent:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

On c és la velocitat de la llum, λ és la longitud d'ona i ν és la freqüència.



Les diferents radiacions que trobem a l'espectre electromagnètic són (ordenats de menys a més freqüència):

- **Ones de radio o Hertzianes:** aquest tipus d'ones són les que posseeixen una energia més baixa. El Hertz és la unitat de mesura de la freqüència i correspon a un cicle per segon.
- **Microones:** posseeixen una energia baixa. Tot i així tenen nombroses aplicacions degut al fet que interaccionen amb la matèria incrementant la velocitat de rotació de les molècules. Aquesta característica permet determinar estructures moleculars i comunicar energia a l'aigua dels aliments, la qual es transforma en calor radiant i per tant permet escalfar els aliments.
- **Infraroig:** s'abreua com a IR i és una radiació d'energia mitja.
- **Llum visible:** hi pertanyen aquelles radiacions que ens són visibles.
- **Ultraviolat:** s'abreua com a radiació UV i posseeix una energia relativament alta. En els éssers humans una exposició prolongada a aquesta radiació pot causar cremades i en casos més extrems càncer. La radiació ultraviolada més propera al visible es denomina UVA i és la responsable del bronzejat, i la més energètica, que s'anomena UVB, és la causant de les cremades.
- **Raig X:** també són radiacions molt energètiques i són originades pels salts electrònics entre els orbitals interns dels àtoms.
- **Raig gamma:** és la radiació més energètica de tot l'espectre electromagnètic, ja que es la que presenta una freqüència més elevada i per tant una longitud d'ona més petita. Els raig gamma s'originen per la desintegració nuclear i també es poden originar per aniquilació de la matèria amb l'antimatèria.

Dins de les radiacions electromagnètiques podem distingir entre les radiacions ionitzants i les no ionitzants. Les primeres són radiacions que posseeixen una elevada energia, com per exemple la radiació gamma, X i còsmica (majoritàriament procedent dels raigs solars). Aquesta elevada freqüència els permet trencar els enllaços entre les molècules i per tant formar ions. En canvi les segones radiacions són aquelles que posseeixen unes freqüències força baixes com serien les microones i les ones de radiofreqüència. Aquestes, a diferència de les radiacions ionitzants no disposen d'energia suficient per a ionitzar una molècula i tan sols són capaces de generar calor. Dins de les radiacions no ionitzants hi distingim dues classes de radiacions.

Les radiacions de baixa freqüència són aquelles que corresponen a freqüències entre 0Hz i 3000Hz. Per tant en aquesta regió només trobem camps (tan elèctrics com magnètics) que no es propaguen en l'espai. Per contra, també trobem les radiacions d'alta freqüència, les quals corresponen a ones amb freqüències entre els 3000Hz i 3×10^{11} Hz, on inclourem les radiofreqüències i les microones.

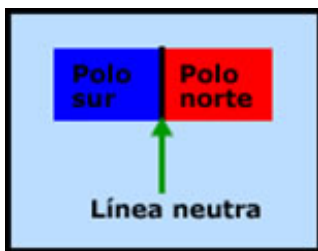
Pel que respecte als camps electromagnètics, aquests desapareixen quan es desconnecten de la font de la qual provenen. Aquesta té origen en les corrents elèctriques, i per tant com més forta és aquesta més intens serà el camp magnètic. Aquest origen elèctric fa que quan el camp es desconnecti de la font només perduri el camp elèctric i el camp magnètic es vagi consumint. Les fonts que donen lloc a camps electromagnètics poden ésser naturals o bé generades per l'home.

Per exemple serien fonts naturals els camps elèctrics que es produeixen per l'acumulació de càrregues en certes zones de l'atmosfera per efecte de les tempestes. El camp magnètic terrestre també seria un camp originat per fonts naturals. En canvi les fonts artificials són aquelles que generen un camp magnètic a partir d'algun dispositiu creat per l'home, com podrien ser les aplicacions mèdiques dels raigs X, les ones de radio utilitzades per a transmetre informació...

III. ELS IMANTS

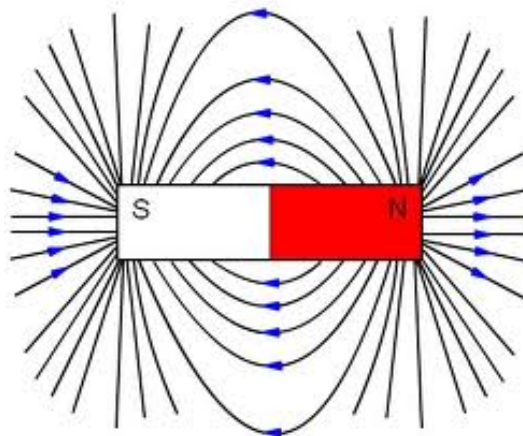
Un imant és un cos capaç de produir un camp magnètic propi, el qual provoca una atracció amb certs materials i una força de repulsió amb d'altres. Els imants consten bàsicament de tres parts:

- L'eix magnètic és la línia que uneix als dos pols.
- La línia o zona neutre és on no existeix cap tipus d'atracció o repulsió magnètica; i per tant separa a les zones polaritzades.
- Finalment els pols representen els extrems d'un imant, i és on hi trobem la màxima intensitat de les forces d'atracció. Tot imant consta de dos pols, un pol sud i un pol nord. Si aquests són iguals es repel·leixen, i si són diferents s'atrauen.



En la imatge es mostren les parts d'un imant.

Les línies de força que forma un imant emergeixen del pol nord al pol sud per fora de l'imant i del pol sud al pol nord per dins de l'imant; tot i així manquen d'un principi i fi. Així doncs, l'espectre electromagnètic de les línies de camp d'un imant seria com el que es mostra en la fotografia (conformat per unes línies de camp tancades). Experimentalment es pot visualitzar escampant làmines de ferro, les quals seran atretes pels pols i deixaran un espai entre ambdós, el qual coneixem com a zona neutra.



Una característica dels imants és que quan un imant és partit en dos trossos origina dos nous imants, amb el seu corresponent pol nord i pol sud, però d'intensitats inferiors. Si es tornen a dividir aquests nous imants originaran també dos nous imants cadascun. Per tant, a mesura que dividim un imant les intensitats dels resultants es van reduint. Però mai podem arribar a tenir un pol aïllat. Tot i així podríem arribar a concloure que els àtoms són uns dels imants més petits que existeixen. Ara bé, això no significa que tots els àtoms tinguin propietats magnètiques, ja que això depèn de la seva estructura electrònica. L'àtom d'hidrogen és l'àtom més senzill que pot presentar característiques magnètiques. I és el moviment de l'electró de l'àtom d'hidrogen al voltant del nucli el que crea aquest camp magnètic. Això és degut al fet que aquest moviment crea un camp elèctric que comporta la formació d'un camp magnètic entorn de l'àtom.

Segons la seva naturalesa podem classificar els imants de formes diferents; aquests poden ser naturals o artificials.

Imants naturals:

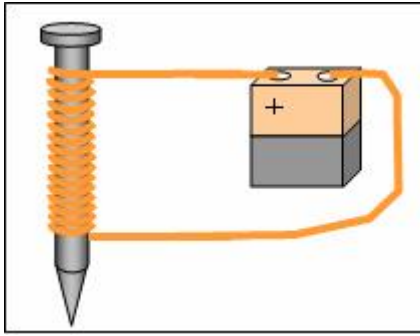
La magnetita és el imant natural per excel·lència. Aquest mineral, compost per òxid ferrós, té la propietat d'atraure totes les substàncies magnètiques, com ara el ferro i a altres materials amb propietats ferromagnètiques.

Imants artificials:

Un imant artificial és un cos de material generalment ferromagnètic al qual se li comunica un camp magnètic extern per mitjà de fregament amb un imant natural o per l'aplicació de corrents elèctriques (electroimant), per tal que adquireixi propietats magnètiques. Segons la durada d'aquestes propietats podem classificar-los en imants temporals o permanents.

Els imants temporals són aquells que quan ja no estan sotmesos en una camp magnètic extern o a un corrent elèctric deixen de tenir propietats magnètiques. El ferro és un imant temporal, i és per això que és utilitzat en els electroimants, motors transformadors... Els nuclis de les bobines sempre són constituïts per imants temporals, els quals solen ser una aliatge entre el ferro i el silici.

Els electroimants són exemples de imants temporals. En aquests imants el camp magnètic és produït per mitjà d'un corrent elèctric. Solen estar compostos per una bobina per on hi passa el corrent, i per un nucli de material paramagnètic o



ferromagnètic (normalment de ferro). Aquest últim concentra el camp magnètic, el qual és més fort que el que produeix la mateixa bobina. Un dels avantatges d'un electroimant és que el camp magnètic pot ésser manipulat encara que s'hagi de subministrar contínuament energia elèctrica per a mantenir el camp. Aquest fet s'explica per la raó

que quan s'intensifica el corrent que passa per la bobina, les partícules que componen el material del nucli s'alineen, provocant així un augment de la força del camp magnètic. La part de l'imant per on surten les línies de camp serà el pol nord d'aquest.

Els imants permanents són aquells que un cop han estat sotmesos als efectes d'un camp magnètic o elèctric conserven les propietats adquirides durant molt de temps. El millor exemple és l'acer, i és per això que s'utilitza principalment aquest material amb aliatges per a formar imants permanents. Alguns dels aliatges serien acer-cobalt, acer-tungstè...

Durant els últims anys s'ha dut a terme l'exploració de les anomenades terres rares. Aquestes són un grup compost per uns 17 elements del grup dels lantànids (els més abundants són el ceri, l'itri i el neodimi) i que presenten unes propietats úniques per a la innovació tecnològica. Amb aquests minerals no tan sols es poden fabricar i desenvolupar elements tecnològics, indústries diverses... Sinó que també s'utilitzen per a fabricar imants permanents. Aquests imants permanents acostumen a ser d'una intensitat molt elevada. El primer en ser comercialitzat fou el de samari-cobalt; però avui en dia és més utilitzat un imant molt més potent: el imant de neodimi, el qual va ser creat per primera vegada al 1982 per General Motors i fins ara és molt utilitzat en tot tipus d'indústries degut a les seves propietats magnètiques. Aquests imants amb estructura tetragonal posseeixen una intensitat d'uns 7 Tesles, fet que els hi atorga una alta coercivitat (resistència a ser desmagnetitzat). Tot i així la seva temperatura de Curie (temperatura a la qual un material perd el seu magnetisme) és bastant baixa.

Algunes de les aplicacions més importants són: la producció de imatges per ressonància magnètica nuclear (MRI), altaveus, auriculars, motors elèctrics...

La gran intensitat que presenten aquests imants de terres rares es pot justificar per mitjà de la seva configuració electrònica. Aquests elements tenen la subnivell electrònic f incomplet: tenen 7 electrons desaparellats, fet que els hi dóna grans moments magnètics i donen lloc a aquesta alta intensitat.



En la imatge es mostren imants de neodimi cúbics, coberts per una capa de níquel per evitar la corrosió.

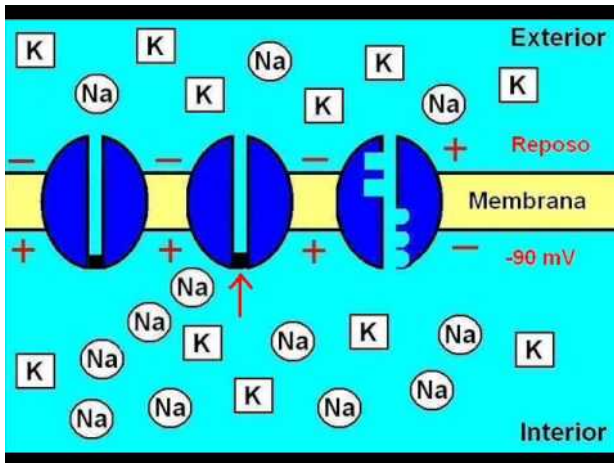
IV. BIOELECTROMAGNETISME

El bioelectromagnetisme és la ciència que estudia els camps magnètics i elèctrics que produeixen els éssers vius a través de diversos processos biològics, com per exemple el transport cel·lular de gradient elèctric o els corrents elèctrics que flueixen entre músculs i nervis com a conseqüència del seu potencial d'acció. També es defineix com a bioelectromagnetisme la interacció dels éssers vius amb els diversos camps electromagnètics que els envolten. Aquests poden ser naturals, com els procedents del magnetisme terrestre, l'activitat dinamoelèctrica atmosfèrica... O artificials, és a dir creats per l'home degut als seus desenvolupaments tecnològics (línies d'alta tensió, telecomunicacions...) que provoquen l'anomenada contaminació electromagnètica.

4.1. Processos biològics

Les cèl·lules són les unitats estructurals, fisiològiques (són el medi on es duen a terme gran part de les reaccions químiques de l'organisme) i reproductores dels éssers vius. Aquestes unitats bàsiques estan formades per una bicapa de fosfolípids de permeabilitat selectiva; tan sols permeten l'intercanvi d'aquelles substàncies necessàries per a la cèl·lula. Hi ha diverses formes de transport cel·lular, on hi actuen diversos mecanismes i hi estan implicades nombroses substàncies, molècules i també ions. El transport d'aquests últims ve condicionada per la concentració de gradient elèctric. Un dels transports més importants de ions és l'anomenada bomba de Na^+ / K^+ , la qual va en contra de gradient elèctric, i és per això que es gasta energia en forma d'ATP durant aquest procés. S'encarrega de transportar dos ions de potassi cap a l'interior de la cèl·lula alhora que bombeja tres ions de sodi cap a l'exterior. Això converteix el medi intern en un medi electronegatiu respecte el medi extracel·lular. Per tant, el camp electromagnètic d'una cèl·lula normal, té origen en el moviment de càrregues elèctriques, el qual és causat per transports com la bomba de Na^+ / K^+ .

Les senyals electromagnètiques que formen part del sistema de comunicació nerviós, són l'altra explicació a les senyals elèctriques biològiques. Aquestes senyals compten amb una xarxa de distribució que engloba tots els components del sistema nerviós, des de les neurones, fins als músculs, el cor, glàndules...



La il·lustració mostra aquest transport actiu de les membranes cel·lulars que donen com a resultat un medi electronegatiu al citosol.

4.2. Contaminació electromagnètica

El bioelectromagnetisme també fa referència a la interacció dels éssers vius amb els diferents camps magnètics, ja siguin naturals com la llum del sol, els raigs còsmics... o bé artificials i per tant produïts per l'home, els quals són els causants de la contaminació electromagnètica. Dins de l'espectre electromagnètic, podem dividir aquestes radiacions en dos grups (sense incloure la llum visible que no seria contaminant):

- La radiació electromagnètica indirectament ionitzant:
Inclou els raig ultraviolats, els raig X i gamma. Aquestes ones poden induir canvis moleculars deguts a la gran quantitat d'energia que contenen.
- La radiació no ionitzant:
Formada pels raigs infraroigs, les microones i les radiofreqüències. Aquest rang d'ones de l'espectre electromagnètic produeix efectes tèrmics, ja que no disposen d'energia suficient per a ionitzar les molècules, i també hi trobem els efectes no tèrmics. Els possibles efectes nocius d'aquestes estan dins d'una àmplia discussió i investigació. Els efectes tèrmics causen un augment en l'energia cinètica de la molècula, provocant així el seu escalfament. Això causa l'establiment de gradients tèrmics en l'interior dels organismes, fet que pot ser perjudicial per a la seva salut. Per contra, els efectes no tèrmics són aquells que afecten a nivell molecular o cel·lular i en el metabolisme i també poden provocar alteracions en la transmissió genètica.

Aquests camps electromagnètics poden tenir uns efectes en la salut dels organismes. Ara bé, no es sap del cert quins factors cal tenir en compte a l'hora de identificar quan un d'aquests camps electromagnètics esdevé perillós per a la salut. Es creu que pot dependre del temps que un organisme estigui influenciat per un camp o bé pel nombre de cops que s'entra i es surt de l'exposició d'un camp electromagnètic. Tot i així aquests camps disposen d'una quantitat d'energia per fotó que es insuficient per provocar la destrucció de les cèl·lules però és suficient per provocar canvis en la seva morfologia, metabolisme, reproducció o duració de la vida cel·lular. És per això que els efectes biològics produïts sobre els éssers vius depenen de la quantitat d'energia absorbida per aquests.

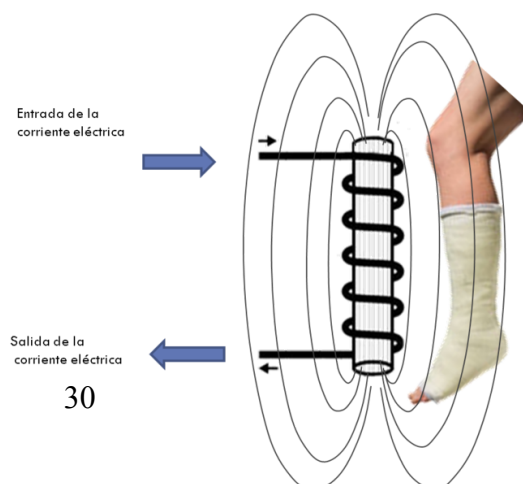
Alguns dels possibles efectes de la radiació electromagnètica són el debilitament del sistema immunològic, pèrdues d'energia, trastorns del son, inestabilitat emocional...

4.3. La magnetoteràpia

La magnetoteràpia és una pràctica de medicina alternativa que implica l'ús de camps magnètics, normalment permanents, sobre les zones del cos adolorides. Encara que hi ha persones que han respòs positivament al tractament, no hi ha cap estudi científic que hagi comprovat l'eficàcia d'aquesta pràctica. La magnetoteràpia s'ha aplicat a diferents malalties com podrien ser: les malalties vasculares, les cardiopaties, les malalties pulmonars, les neurològiques...

Els últims avenços en magnetoteràpia han permès afirmar que l'exposició davant d'un camp magnètic és eficaç quan el pacient ha estat sotmès a aquest durant un període relativament llarg de temps. Tot i així es creu que els camps de radiofreqüència, al tenir més freqüència que els camps magnètics, són molt més efectius, sobretot en la reducció de dolors.

Una de les aplicacions més importants de la magnetoteràpia és la utilització de camps magnètics en la reparació de fractures òssies. Als pacients amb aquest tipus de problema se'ls hi sol aplicar camps electromagnètics polsants al lloc de la fractura durant vuit o deu hores diàries. La funció



d'aquests camps és la de induir corrents elèctriques similars a les que existeixen als ossos que no han estat fracturats.

Un dels mètodes més freqüents és la utilització d'una bobina. Aquesta es disposa a la vora de l'os fracturat o teixit tou, sense necessitat d'extreure el guix (tal i com es mostra a la imatge). Per la bobina hi passa un corrent elèctric variable, fet que genera un camp magnètic polsant que penetra el cos i el travessa. Aquesta inducció magnètica facilita el reg sanguini que aporta els elements necessaris per tal que es pugui realitzar una unió òssia sòlida.

També es creu que l'aigua magnetitzada té unes propietats que ajuden als individus a millorar els possibles dolors.

V. ANTECEDENTS AL TREBALL

En els següents apartats hi ha un recull d'experiments i observacions que estan relacionades amb el magnetisme, però que a dia d'avui encara no es sap exactament com aquest afecta als diversos processos i als organismes en qüestió.

5.1. Canvis en les propietats de l'aigua

La magnetització de l'aigua no tan sols permet la reducció de crostes en les canonades, sinó que presenta altres propietats. Unes d'elles són les terapèutiques, explicades en l'apartat 4 que fa referència al bioelectromagnetisme i a la magnetoteràpia. També s'utilitza per intentar accelerar el creixement vegetal, o en la construcció, aplicant aigua magnetitzada al ciment per tal que aquest sigui més resistent.

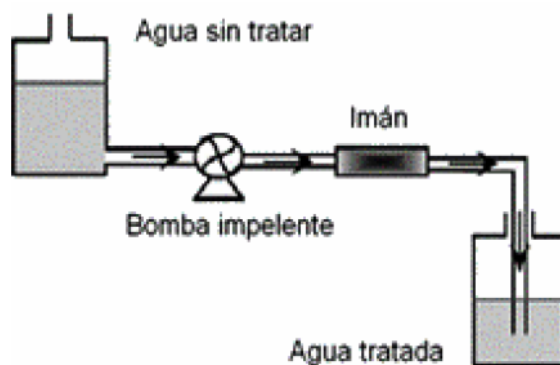
Hi ha diferents mètodes per a canviar les propietats de l'aigua. Amb tots ells el que es fa és induir i ordenar els ions que la formen. El grau de magnetització de l'aigua dependrà de la quantitat d'aquesta que s'utilitzi, la potència del imant permanent emprat i del temps de contacte de l'aigua amb el imant. Per tal d'aconseguir aquesta aigua imantada simplement s'ha d'aplicar sota un recipient que contingui aquest líquid un imant permanent. Es creu que les propietats beneficioses que proporciona aquesta aigua modificada és degut al fet que hi ha una organització molecular que dóna a l'aigua un ordre molecular perfecte. Aplicant aquest mètode és possible obtenir tres tipus d'aigua diferents: unipolar negativa (la que ha estat en contacte amb el pol nord del imant), unipolar positiva (la que ha estat en contacte amb el pol sud del imant), i bipolar (una barreja de les dues). I és que l'aigua obté unes propietats o unes altres depenent del pol amb la qual hagi estat magnetitzada.

Normalment les aplicacions que sorgeixen d'aquest tractament de l'aigua són bàsicament terapèutiques o s'apliquen en la reducció de crostes, però també es creu que aquesta aigua pot accelerar el creixement vegetal. Tot i així aquests beneficis no han estat científicament comprovats.

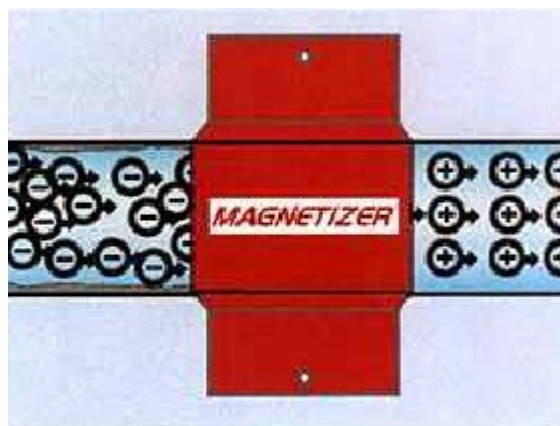
5.2. El tractament magnètic de l'aigua

Des de fa anys s'ha intentat millorar a través del magnetisme l'aigua que circula per les canonades i calderes per tal de reduir les formacions de crostes de carbonat de calci en les seves parets. També hi ha moltes especulacions sobre el tractament magnètic en combustibles podria millorar el seu rendiment.

Per a tractar l'aigua magnèticament es sol realitzar un dispositiu o circuit on l'aigua passa per la canonada a una determinada velocitat a la vegada que se li aplica un camp magnètic extern. Normalment s'estudia la dependència d'aquest efecte sobre l'aigua en funció de la seva velocitat i de la intensitat del camp aplicat, però també es poden tenir en consideració altres paràmetres com la temperatura.



Tot i així la majoria dels efectes beneficiosos que pot aportar aquesta aigua magnetitzada són bàsicament suposicions i especulacions, ja que no s'ha pogut arribar a una conclusió satisfactòria. Hi ha molts anuncis comercials que divulguen aquests efectes beneficiosos sense tenir la seguretat de si realment és així. Un exemple seria la difusió de com un magnetitzador pot fer que les partícules "negatives" del aigua es tornin "positives" i s'arreglerin entre elles després d'haver estat magnetitzades (com es mostra a la imatge).



Altres d'aquets hipotètics beneficis de l'aigua tractada són: la reducció de la irritació dels ulls, l'acció desionitzant, estabilització del pH, la reducció de crostes dels tractaments amb clor o altres components químics... Hi ha investigacions que afirmen

aquestes conclusions i d'altres que les rebutgen. Però uns dels mecanismes proposats per a explicar aquests efectes serien:

- Les interaccions intrainòniques o intramoleculares.
- Els efectes causats per la força de Lorentz, que és la força que exerceix un camp electromagnètic quan rep una partícula carregada o una corrent elèctrica.
- La dissolució de contaminants.
- Els canvis en la morfologia dels cristalls.

Tot i la incertesa de la majoria d'investigacions, la reducció de crostes en les canonades ha estat força comprovada, i els resultats obtinguts en aquestes investigacions són més evidents que en la resta.

S'han dut a terme experiments que confirmen que els sediments obtinguts després de magnetitzar l'aigua amb ions de Ca^{2+} són sediments d'aragonita en comptes de calcita (l'habitual en aigües no tractades). Tant l'aragonita com la calcita són dues formes cristal·lines diferents del carbonat de calci (CaCO_3). Aquests experiments demostren que el tractament magnètic de l'aigua activa la precipitació del carbonat de calci, el qual queda en suspensió en el líquid i per tant no pot contribuir a la conductivitat ni cristal·litzar en les parets de les canonades. Aquest carbonat de calci en estat sòlid, es arrossegat a través de l'aigua i es pot eliminar filtrant o extraient els residus resultants. També s'ha comprovat que les crostes ja existents desapareixen quan se'ls hi aplica aquest tipus de tractament i que el material de les canonades també influeix en aquest tractament. Les reduccions del contingut de Ca^{2+} són més elevades en les canonades d'acer i de coure (és d'un 28%) i en les compostes per clorur polivinil dur són d'un 18%. En canvi les reduccions pel clorur polivinil tou són zero.

Per tant, és pot concloure que el tractament magnètic de l'aigua en circulació per les canonades és un procés comprovat per a l'eliminació de les crostes que es poden formar en les seves parets. Encara que no tots els investigadors estan d'acord amb les possibles causes, les més provables serien la intensitat i la distribució dels imants, la velocitat de l'aigua i el material que forma la canonada o caldera. Però el que si es sap de cert és que no hi ha una teoria que expliqui satisfactòriament qualsevol d'aquests possibles processos beneficiosos.

5.3. La refrigeració magnètica

Fins fa poc, els fluids emprats en la transmissió de calor entre una font freda i una font calenta eren els coneguts CFC, els quals són els principals compostos de les neveres domèstiques i suposen un gran inconvenient per al manteniment de la capa d'ozó. Una alternativa a la refrigeració convencional de gas és la refrigeració magnètica. El procés de refredament magnètic és semblant al procés convencional dels frigorífics domèstics. Aquests últims realitzen processos de compressió i descompressió, en canvi amb el refredament magnètic es duen a terme processos cíclics de magnetització i desmagnetització. En el refredament magnètic també s'utilitzen materials magnètics (en comptes de gasos refrigerants) per extreure energia mitjançant calor de l'interior de la nevera tot reduint la seva temperatura.

La refrigeració d'un frigorífic magnètic consta dels següents passos:

- Situar un material magnètic sotmès a un camp magnètic dins del recipient que volem refredar.
- Eliminar el camp magnètic per tal que el material magnètic es refredi fent així que absorbeixi calor del seu entorn (del interior del recipient que es vol refredar).
- Seguidament s'ha d'extreure el material magnètic del recipient per tal que es dissipï la calor absorbida a l'entorn (a l'aire que envolta la nevera). D'aquesta manera es treu calor, en concret energia a través de calor, del recipient.

Si es realitza contínuament aquest procés es pot refredar l'interior del recipient. El problema sorgeix quan s'intenta aplicar aquest procés a temperatura ambient. Els refrigeradors magnètics són realment efectius a temperatures molt baixes. Tot i així hi ha estudis recents que demostren que els refrigeradors que utilitzen gadolini com a material refrigerant, el qual es fa passar per una regió on hi ha un camp magnètic, són energèticament eficients i competitius amb la tecnologia refrigerant basada en la compressió de gasos a temperatura ambient. No obstant, aquest material és realment car, i és per això que s'està intentant trobar un material substituït al gadolini. És possible que aquest substituït siguin les perovskites, tot i que no suposarien un rendiment tan efectiu.

5.4. Sensibilitat dels éssers vius davant el camp magnètic terrestre

Nombroses comprovacions han evidenciat que el camp magnètic terrestre és capaç d'influenciar en la conducta de molts organismes. Tot i així no es saben exactament els motius pels quals alguns individus es veuen afectats per aquest magnetisme. Els efectes que poden causar en els organismes es poden traduir en respostes magnetotàxiques o en la conducta migradora o d'orientació. Aquests dos efectes es poden explicar a través de dos possibles sistemes sensorials magnètics: els sistemes de compàs direccional o de brúixola i els sistemes de percepció de la intensitat magnètica.

Per a poder transmetre el geomagnetisme al sistema nerviós serien necessaris mecanismes de caràcter biofísic que continguessin magnetita o una altra classe de magnetoreceptors. La major part dels organismes estan compostos per elements diamagnètics (experimenten una repulsió dèbil del camp magnètic) o bé paramagnètics, els quals experimenten una atracció dèbil. Tot i així el descobriment de la presència de materials ferromagnètics en els teixits d'alguns organismes ha fet obrir un gran debat sobre com aquests poden interaccionar amb el camp geomagnètic i com poden afectar en el seu comportament.

Els sistemes sensorials del geomagnetisme de compàs direccional venen representats per microorganismes, bacteries i algues principalment. La magnetotàxia és el mecanisme d'interacció entre el camp magnètic terrestre i aquests individus, i la interacció d'aquests amb el camp magnètic terrestre és la que ha estat més comprovada i ha obtingut uns resultats més clars. Per exemple, hi ha microorganismes que en la seva composició contenen magnetita i l'alineació dels cristalls d'aquest compost en cadenes proporciona a la cèl·lula uns moments magnètics suficientment grans com per orientar a l'organisme en la direcció d'un camp magnètic. Ara bé, els bacteris de l'hemisferi nord són diferents als de l'hemisferi sud, i si per exemple un bacteri de l'hemisferi nord fos transportat al sud, moriria ja que confondria la direcció del sentit del camp i no aconseguiria orientar-se cap al seu medi aquàtic correctament. Les partícules compostes per magnetita en els organismes s'anomenen magnetosomes. Per tant, la magnetotàxia permet a aquests organismes una millor orientació i desplaçament cap a zones amb millors condicions ambientals.

Per altra banda, es creu que la conducta migratòria de molts organismes és deguda, entre altres factors, per una capacitat d'aquests a percebre les intensitats magnètiques. Tot i

que continua essent un gran misteri com alguns animals són capaços d'orientar-se en grans desplaçaments sense perdre's, una de les hipòtesis més suportada és aquesta possible capacitat dels organismes migratoris de detectar intensitats magnètiques.

Altres factors que es creu que ajuden a realitzar les grans migracions protagonitzades per a un gran nombre d'animals de la nostra biosfera serien l'ús de la llum del Sol (on les ombres podrien situar als individus en una certa posició) i l'ús de les estrelles en aquells organismes que efectuen les migracions durant la nit (aquestes actuarien com una guia per saber la direcció correcte). Alguns d'aquests organismes serien des de mol·luscos fins a vertebrats com diversos peixos, tortugues, aus i mamífers com els cetacis. Per exemple hi ha algunes tortugues marines de més de dos metres de llarg que són capaces de realitzar durant la nit viatges migratoris de més de 12.000km, des de Austràlia fins al Japó, sent capaces d'orientar-se en funció del camp magnètic utilitzant la inclinació magnètica (angle de la direcció del camp amb l'horitzontal) i la pròpia intensitat del camp magnètic. Com que el camp magnètic és variable, sorgeixen molts dubtes sobre com aquestes tortugues poden actualitzar aquesta informació per seguir orientant-se. Pel que respecte a les aus migratòries com els coneguts coloms missatgers, el camp magnètic representaria una brúixola per aquests organismes, juntament amb els fenòmens astronòmics. En aquestes aus el material ferromagnètic està localitzat normalment al crani amb formes de cristalls negres de magnetita, fet que es creu que els hi pot donar una major sensibilitat i estímuls en front dels camps magnètics aliens com podria ser el terrestre.

Encara que s'ha pogut comprovar que molts organismes són sensibles a les variacions del camp magnètic terrestre (les quals són molt petites) no es sap del cert que pot caracteritzar els receptors magnètics d'aquests organismes, excepte aquells que presenten magnetita en la seva composició. Aquests materials ferromagnètics poden interactuar amb el camp magnètic terrestre, i es creu que aquests tipus de compostos poden ser importants per a una sèrie d'efectes magnètics a nivell cel·lular, com podrien ser els mecanismes d'obertura i tancament dels canals iònics. A dia d'avui només s'han pogut identificar 12 tipus diferents de minerals de ferro i per tant ferromagnètics en els éssers vius. Tot i així només tres d'ells apareixen com a precipitats bioquímics en els vertebrats, aquests són la ferrihidrita ($5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$), la goetita ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) i la magnetita (Fe_3O_4).

5.5. El creixement vegetal

Partint del coneixement que els organismes vius es veuen afectats pel magnetisme terrestre, la majoria de processos biològics tenen lloc en un context electromagnètic (generat per les càrregues i ions transportats pels fluxos orgànics)... És lògic que una modificació d'aquesta interacció magnètica repercuteixi d'alguna forma en el conjunt d'aquests processos vitals.

Durant les últimes dècades els possibles efectes dels camps magnètics sobre els éssers vius han estat molt investigats. Entre aquestes investigacions, s'hi troben les que determinen la influència d'un camp magnètic en la germinació i en el creixement de certes espècies d'interès agrícola i forestal; fins ara han mostrat casi sempre un efecte estimulants. No obstant, l'elevat nombre de factors que poden intervenir en la interacció entre els camps magnètics i els organismes, complica l'establiment de conclusions clares, fet pel qual hi ha moltes possibles hipòtesis.

Tot i que cap d'ells hagi arribat a una conclusió que pugui donar una explicació satisfactòria a tota la sèrie de canvis que el magnetisme suposa als vegetals, les investigacions realitzades per l'UPM (universitat politècnica de Madrid) són les que tenen un rigor més científic. El grup d'investigació de la Escola Tècnica Superior de Enginyers Agrònoms de la Universitat Politècnica de Madrid, han realitzat uns estudis que demostren que un camp magnètic té un efecte estimulants en el procés germinatiu de les llavors de tomàquet i també durant les primeres etapes del seu creixement. Els factors que s'han tingut en compte a l'hora de realitzar aquests experiments foren: la intensitat i el temps d'exposició al camp magnètic de les llavors, les condicions ambientals i el tipus de llavors i la seva sensibilitat.

Per a realitzar aquestes experiències, es modifica de forma artificial el camp magnètic amb la introducció de camps magnètics estacionaris, els quals són molt superiors al valor del camp geomagnètic, concretament entre 1.250 i 2.500 gauss. Aquests camps són generats per imants o per corrents elèctriques contínues. Les llavors són sotmeses a aquests camps durant determinats intervals de temps: de 1 minut, de 24 hores i també n'hi ha que estan en exposició al camp contínuament. Finalment l'estudi ha mostrat que la velocitat de germinació de les llavors tractades és superior a les pertanyents al grup control. També presenten una major longitud i pes en comparació amb les plantes no tractades.

Una altra investigació realitzada pel mateix equip va consistir en avaluar l'efecte que produeix el tractament (previ a la plantació) amb camps magnètics en la germinació i creixement de les llavors del triticale, un cereal híbrid que procedeix de l'encreuament entre el blat i el sègol. Els resultats d'aquesta investigació, com la resta, també porten a concloure que el camp magnètic produeix un efecte positiu en el desenvolupament vegetal.

El grup d'investigació ha estudiat la influència dels camps magnètics en la germinació i en les primeres etapes del creixement de les plantes obtingudes a partir de les llavors de triticale, les quals van ser tractades prèviament. Pel tractament d'aquestes llavors es segueix el mateix procés que amb les llavors de tomàquets. S'exposen a la influència d'un camp magnètic durant diversos períodes de temps i es posen a germinar en plaques de Petri, sempre tenint en compte la presència d'un grup control amb llavors sense haver estat tractades. Els resultats obtinguts foren els següents: les llavors tractades germinen entre un 1% i un 19% més que les llavors del grup control. El temps mitjà de germinació de les llavors tractades es redueix notablement. En canvi el temps mitjà de germinació de les llavors pertanyents al grup control és bastant més elevat respecte el grup de llavors tractades. Per avaluar els efectes que el magnetisme suposa en desenvolupament de les llavors, es realitza una mesura de la longitud de les arrels als dos dies de la plantació, una mesura de la longitud de l'arrel i la tija als quatre dies de la plantació, i per últim una mesura de la longitud i el pes total de la planta al sisè dia de la plantació. Per tant, l'estudi indica que les plantes tractades magnèticament obtenen una major longitud i pes que les llavors del grup control, i conseqüentment aquest fet afirma que l'efecte dels camps magnètics estimula el creixement de les plantes en les primeres etapes del seu desenvolupament.

Aquests estudis no tan sols s'han dut a terme amb llavors de tomàquets i de triticale, sinó que també s'han realitzat amb llavors d'altres cereals (blat, civada, blat de moro, arròs i ordi), de plantes lleguminoses (llenties, cigrons i mongetes) i de plantes medicinals (sàlvia i calèndula). Totes les comprovacions han indicat que el magnetisme redueix el temps en el procés de germinació.

PART PRÀCTICA

VI. DISSENY EXPERIMENTAL DE GERMINACIÓ

Data d'inici: 08/07/12

Data d'acabament: 26/07/12

1. Problema: En quina distància és major la influència del magnetisme per la germinació de les llenties?

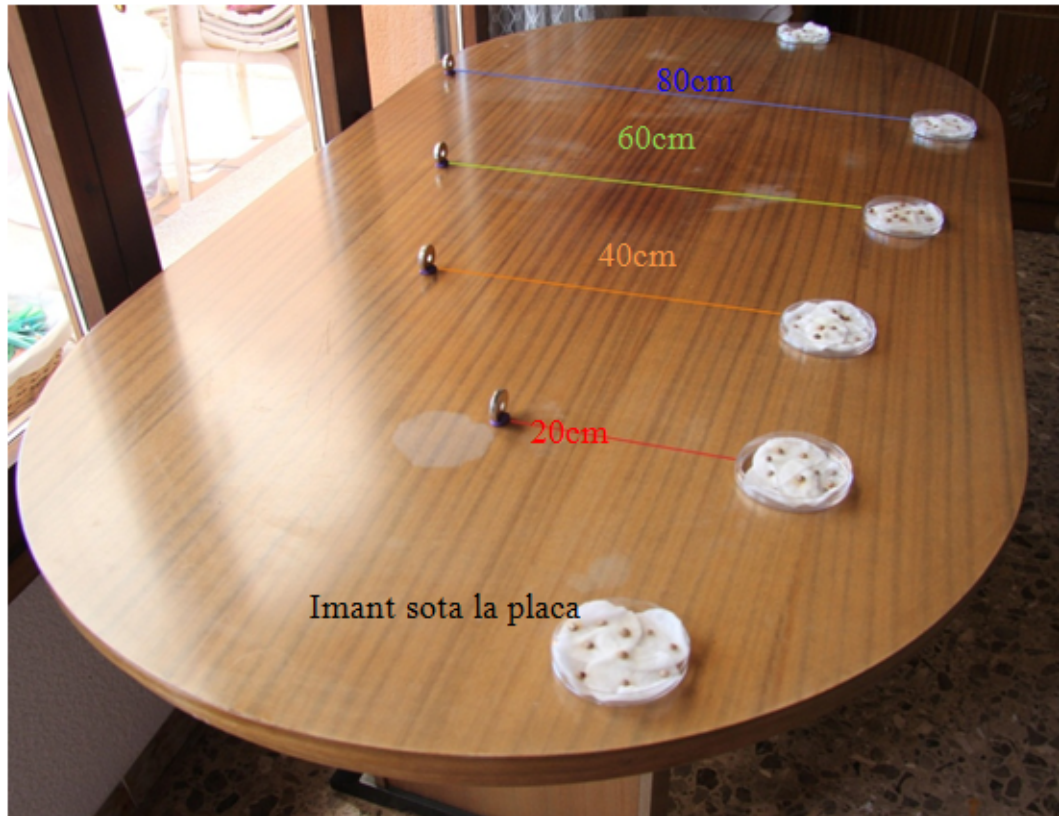
2. Hipòtesis: És possible que la influència d'un camp magnètic extern sigui més intensa pel procés de germinació en una distància concreta.

- Variable independent: la distància amb la qual es col·loquen els imants.
- Variable dependent: la germinació de les llenties.

3. Material: 6 plaques de Petri, 10 llenties per a cada una d'elles, cotons, 5 imants de neodimi de 3000 Gauss, xeringa per humitejar els cotons, un metre i una mica de plastilina.

4. Procediment experimental:

1. Disposar en cada una de les plaques dos cotons oberts i humitejar-los.
2. Afegir-hi deu llenties en cada una d'elles.
3. Mesurar amb un metre les diferents distàncies i disposar-hi l'imant. El pol d'aquest es determinarà amb l'ajuda d'una brúixola, i en aquest experiment serà el pol nord el que influirà sobre les plaques. Les distàncies dels diferents imants amb les plaques de Petri seran les següents: 0cm (l'imant es trobarà just a sota de la placa), 20cm, 40cm, 60cm, 80cm i finalment l'última placa es trobarà absent de influència magnètica. La distància entre cada càpsula és de 40cm.
4. Per tal que la cara nord de l'imant pugui afectar directament a les respectives plaques, aquests s'hauran d'aguantar amb un mica de plastilina.
5. Cada dia, fins que donem l'experiment per acabat, s'hauran de mesurar les radícules i tiges de totes les llenties que en presentin i anotar-ho a una taula.



4.Resultats:

En les següents taules es farà un seguit de les mesures de les tiges i de les radícules de les diferents llavors. Els primers valors, és a dir, els dels primers dies, correspondran a la longitud de la radícula, perquè és la primera part que germina d'una llavor. Quan apareix-hi la tija tan sols es tindrà en compte aquest valor. Hi ha una taula per a cada una de les plaques de Petri utilitzades en l'experiment, i cada columna correspon a una llentia, per tal de poder fer el seguiment del seu creixement dia rere dia (els dies corresponen a les files).

La mesura de les diferents radícules i tiges comença al dia 12/07/12 ja que és el primer dia en que alguna de les llavors comença a presentar una radícula mesurable.

Placa	llentia	llentia	llentia	llentia	llentia	llentia	llentia	llentia	llentia	llentia
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12/07	1'3cm									
13/07	2'3cm	0'2cm								
14/07	3cm	0'7cm								
15/07	6cm	1'2cm								

16/07	7'5cm	3'2cm								
17/07	10cm	5cm	0'7cm							
18/07	11'5cm	8cm	2cm							
19/07	13cm	10cm	5cm							
20/07	15cm	10'5cm	6cm							
21/07	16cm	11'3cm	8'5cm							
22/07	18'5cm	11'5cm	10cm	0'8cm						
23/07	19cm	12cm	10'5cm	1cm						
24/07	19'5cm	12'5cm	12cm	1cm						
25/07	20cm	13cm	13cm	1'3cm						
26/07	20'5cm	14cm	15cm	2cm						

Tal i com es pot veure en aquesta taula es mostra la longitud de les radícules i de les tiges de les lleties corresponents a la placa 1, on la distància amb el imant és 0cm (es troba just a sota de la càpsula) durant els dies que ha durat la realització de l'experiment. Com es pot veure en la mateixa taula, 4 de les 10 lleties cultivades en aquesta placa de Petri han germinat, i tres d'elles han arribat a assolir unes longituds força elevades en les respectives tiges. A més, cal destacar que algunes d'aquestes lleties han estat de les primeres en germinar respecte les de les altres càpsules.

Placa	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12/07										
13/07										
14/07										
15/07										
16/07										
17/07										
18/07										
19/07										
20/07										
21/07										
22/07	0'7cm									
23/07	0'7cm									
24/07	0'9cm									

25/07	1'2cm	0'2cm	0'1cm							
26/07	1'5cm	0'5cm	0'3cm	0'3cm						

L'anterior taula mostra la longitud de les radícules i les tiges de les llavors pertanyents a la segona placa de Petri, on la distància amb l'imant és de 20cm, al llarg dels dies en que he dut a terme l'experiment. Tal i com es pot veure, les quatre llavors que han germinat ho han fet al cap de molt temps, i per tant les longituds crescudes són molt petites.

Placa	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12/07										
13/07	0'3cm									
14/07	1'5cm									
15/07	3'6cm									
16/07	4'6cm									
17/07	4'8cm	0'3cm								
18/07	4'8cm	0'7cm								
19/07	5cm	0'7cm								
20/07	5cm	0'7cm								
21/07	5'8cm	0'7cm								
22/07	6'5cm	0'8cm								
23/07	7cm	0'8cm								
24/07	7cm	0'8cm								
25/07	8cm	1cm								
26/07	8'5cm	1'2cm								

Aquesta taula mostra les longituds crescudes per les lleties de la càpsula 3 (dista de 40cm amb l'imant) durant els diversos dies que dura l'experiment. Es pot veure com una de les lleties no va tardar gaire en germinar respecte les de les altres plaques, però les tiges que assoleixen les dues úniques llavors que han germinat tenen una longitud bastant petita, sobretot la lletia 2.

Placa 4	llentia 1	llentia 2	llentia 3	llentia 4	llentia 5	llentia 6	llentia 7	llentia 8	llentia 9	llentia 10
12/07	1'7cm	0'7cm								
13/07	2'7cm	1'7cm	0'6cm	0'4cm						
14/07	6'5cm	2'5cm	1'7cm	1cm	0'5cm					
15/07	9cm	6'7cm	3cm	1'5cm	0'5cm					
16/07	11'5cm	8cm	4'5cm	1'7cm	0'7cm					
17/07	13'5cm	9'5cm	7'5cm	3'5cm	1'2cm	0'5cm				
18/07	15'5cm	12cm	11cm	5'5cm	3cm	0'8cm				
19/07	17'5cm	14cm	14cm	7'5cm	4'5cm	1'5cm				
20/07	19cm	16cm	15cm	9'5cm	7cm	1'6cm				
21/07	20'3cm	18'6cm	16'3cm	12cm	9'5cm	2cm				
22/07	20'5cm	19cm	19cm	13cm	11cm	2'3cm				
23/07	21cm	20'5cm	19'5cm	13'5cm	11'5cm	2'5cm				
24/07	21'5cm	21cm	19'5cm	14'5cm	12'5cm	3cm				
25/07	22'5cm	22cm	21cm	15cm	13'5cm	5cm				
26/07	22'5cm	22cm	21'5cm	16'5cm	15cm	7'5cm				

La taula anterior pertany al creixement de les tiges i radícules de les lleties de la placa 4 (on la distancia amb l'imant és de 60cm) durant els diversos dies. Tal i com podem veure, la germinació en aquesta càpsula de Petri ha estat exitosa, ja que moltes de les lleties van començar a presentar una radícula als primers dies del seu desenvolupament, i al final de l'experiment aquestes han assolit una tija bastant llarga.

Placa 5	llentia 1	llentia 2	llentia 3	llentia 4	llentia 5	llentia 6	llentia 7	llentia 8	llentia 9	llentia 10
12/07										
13/07										
14/07										
15/07										
16/07	0'4cm									
17/07	0'6cm									
18/07	0'8cm									
19/07	1cm									

20/07	1cm									
21/07	1'2cm									
22/07	1'5cm									
23/07	2cm									
24/07	2'8cm									
25/07	3'5cm									
26/07	4'5cm									

Les dades corresponents a aquesta taula fan referència a la germinació de les llavors de la placa 5, on la distància que la separa amb l'imant és de 80cm. En aquesta placa tan sols ha germinat una sola llavor, la qual ha donat lloc a una tija força curta.

Placa	lletia	lletia 2	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia	lletia
6	1		3	4	5	6	7	8	9	10
12/07	0'2cm									
13/07	0'3cm									
14/07	0'3cm									
15/07	0'4cm									
16/07	0'5cm	0'5cm								
17/07	0'8cm	1cm								
18/07	1cm	1'2cm								
19/07	1cm	1'5cm								
20/07	1cm	4cm								
21/07	1cm	7'5cm								
22/07	1cm	10cm	0'5cm							
23/07	1cm	11cm	0'5cm							
24/07	1'5cm	12'5cm	0'6cm							
25/07	2cm	14cm	0'7cm							
26/06	2'6cm	15cm	0'8cm							

Finalment, aquesta taula és la corresponent a les lleties de la placa control de l'experiment. Per tant no estaven influenciades directament per a cap camp magnètic extern. Tal i com podem observar en aquesta taula, tan sols tres de les lleties han germinat. Una d'elles ha estat una de les primeres en fer-ho, però la longitud assolida és molt baixa. En canvi la llavor 2, la qual ha germinat quatre dies després, ha acabat

presentant una tija força llarga. Per últim, durant els darrers dies també ha començat a desenvolupar-se una altre llavor, però el seu creixement no ha estat gaire accentuat.

5. Conclusions:

Per tal d'elaborar unes correctes conclusions, cal tenir en consideració el fet que la distància que separa els imants entre ells no és suficientment gran com perquè aquests no s'influencin entre ells. Així doncs, els resultats es podrien veure modificats si les distàncies que separessin els diferents imants fossin més grans. Però a partir dels resultats obtinguts també podem extreure alguna conclusió evident, ja que hi ha hagut grans diferències entre les diferents germinacions. A partir dels resultats obtinguts podem arribar a la conclusió que l'aplicació d'un cap magnètic en processos de germinació només té resultats positius, és a dir el procés de germinació és més ràpid del normal, si l'imant el disposem a unes distàncies determinades. Segons aquest experiment és evident que el desenvolupament i germinacions de les llavors es veu afavorit si la distància que separa l'imant de la placa de Petri és de 60cm o bé de 0cm, ja que les llenties d'aquestes dues plaques (sobretot de la primera) han estat les que han germinat més i les tiges que han anat adquirint al llarg del seu desenvolupament han estat les més llargues. En canvi, no considerariem positiu l'efecte d'un imant a la distància de 20cm, 40cm i 80cm, ja que el nombre de llavors que han germinat i el creixement de les seves tiges no ha estat més accelerat ni gaire més superior a les llavors del grup control. Ara bé, amb aquest experiment no ens és possible comprovar si les llavors cultivades en les distàncies més idònies també arribaran a aconseguir una millor productivitat que les llavors cultivades en una placa sense influència magnètica. I també cal tenir en compte que aquestes conclusions són vàlides per la influència del pol nord d'un imant, perquè podria ser que l'efecte d'un pol sud donés lloc a resultats diferents.

Tot i així, la hipòtesi inicial queda confirmada, ja que és cert que sembla ser que la distància que pugui ocupar un imant pot influir amb més intensitat o menys al procés de germinació. No obstant, no podem saber-ne les causes, però podria ser que les línies de camp magnètic que afectessin a les distàncies de 0cm i 60cm fossin més intenses en aquests punts i que per tant aquesta influència magnètica aportés canvis en el metabolisme de les llavors, en l'aigua subministrada i en conseqüència als nutrients del medi.

VII. DISSENY EXPERIMENTAL DE LES TOMAQUERES

Data d'inici: 20/06/12

Data d'acabament: 29/08/12

1. Problema: Com influeix el magnetisme en el creixement de les tomaqueres?

2. Hipòtesi: Els imants amb la influència del seu camp magnètic a les plantes i a la terra on es cultiven són capaços d'estimular el creixement d'aquestes tomaqueres, accelerant-lo respecte d'aquelles que no es troben sota una influència magnètica.

- Variable independent: la intensitat del camp magnètic aplicat a les tomaqueres. Aquesta serà de 4000 Gauss, de 2000 Gauss o sense influència magnètica.
- Variable dependent: el creixement de les tomaqueres.

3. Material: tomaqueres (les cultivades són de poma plena), 6 imants, canyes, fils per lligar a les tomaqueres, aixadell i la terra per cultivar.

4. Procediment experimental:

1. Plantar les tomaqueres disposant-les en tres files, separades per uns 0'6m. La seva orientació és Nord-Sud.
2. La fila que consta de quatre imants en total, serà anomenada fila 1. La fila que esta influenciada per dos imants és la fila 2. Finalment, la fila que correspon al grup control, serà la fila 3.
3. Cada fila constarà de 5 plantes (la fila sense imants té 6 tomaqueres).
4. En una de les files es disposen dos imants a cada un dels extrems. A un dels extrems es disposaran dos imants de tal manera que el pol nord sigui el que afecti a la fila, i en l'altre extrem es disposaran els altres dos imants els quals afectaran a les plantes amb el pol sud (així evitem la repulsió). En l'altra fila els imants es disposaran de la mateixa manera, però aquesta vegada tan sols un a cada extrem. Finalment la fila restant no tindrà la influència de cap imant. Aquesta fila de tomaqueres és el grup control de l'experiment, ja que no rep cap tractament magnètic.
5. Els imants s'hauran de disposar dins de bosses de plàstic per tal que quan aquests estiguin enterrats no es facin malbé.
6. Distància dels imants en les files és de 1'16cm.

7. Disposar una canya a cada una de les tomaqueres i lligar-les amb un fil per tal de que creixin correctament.
8. Aproximadament cada setmana s'haurà de fer una marca amb un bolígraf permanent a les diverses canyes, per tal de poder observar el creixement de les plantes i poder establir així una millor comparació, juntament amb l'ajuda de fotografies.
9. Quan les plantes presentin flors i fruits, s'haurà d'anotar la quantitat d'aquests.



Marca a les canyes del primer dia



Marca a les canyes al cap d'una setmana

5. Resultats:

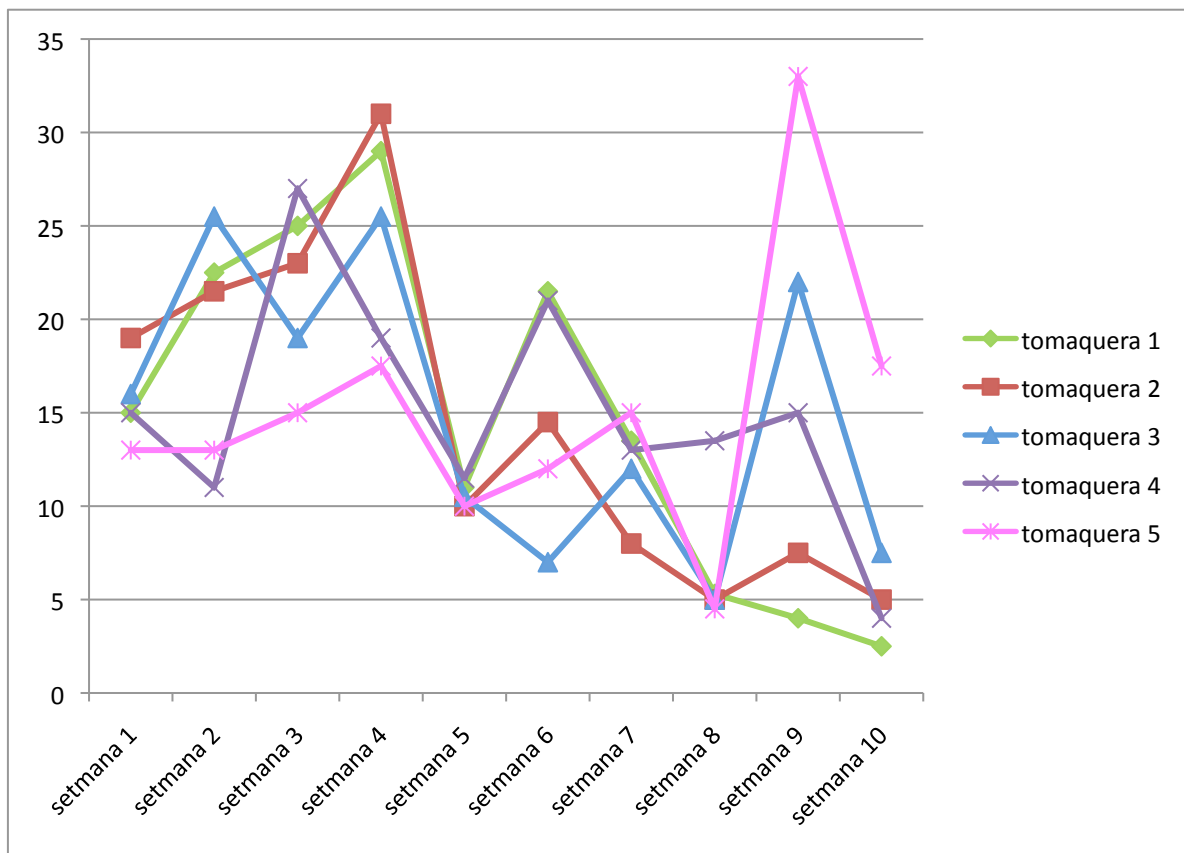
5.1. Seguiment del creixement per tomaquera durant les diferents setmanes:

- Fila de tomaqueres amb 2 imants per extrem, 4 en total:

SETMANA	Tomaquera 1	Tomaquera 2	Tomaquera 3	Tomaquera 4	Tomaquera 5
20/06/12- 27/06/12	15cm	19cm	16cm	15cm	13cm
27/06/12- 04/07/12	22'5cm	21'5cm	25'5cm	11cm	13cm
04/07/12- 11/07/12	25cm	23cm	19cm	27cm	15cm
11/07/12- 18/07/12	29cm	31cm	25'5cm	19cm	17'5cm

18/07/12- 25/07/12	11cm	10cm	10'5cm	11'5cm	10cm
25/07/12- 01/08/12	21'5cm	14'5cm	7cm	21cm	12cm
01/08/12- 08/08/12	13'5cm	8cm	12cm	13cm	15cm
08/08/12- 15/08/12	5'3cm	5cm	5cm	13'5cm	4'5cm
15/08/12- 22/08/12	4cm	7'5cm	22cm	15cm	33cm
22/08/12- 29/08/12	2'5cm	5cm	7'5cm	4cm	17'5cm

Els imants estan disposats en la fila de forma N-S; de manera que la tomaquera 1 és més propera al imant que afecta amb el seu pol nord.



Aquest gràfic mostra el creixement de les tomaqueres pertanyents a la primera filera, la qual consta de 2 imants a cada extrem. El gràfic ens visualitza en cinc colors diferents el

creixement i l'evolució de cadascuna de les tomaqueres en les diferents setmanes que s'ha dut a terme l'experiment. Cada màxim o mínim relatiu és marcat amb un signe per tal de facilitar-ne la comprensió.

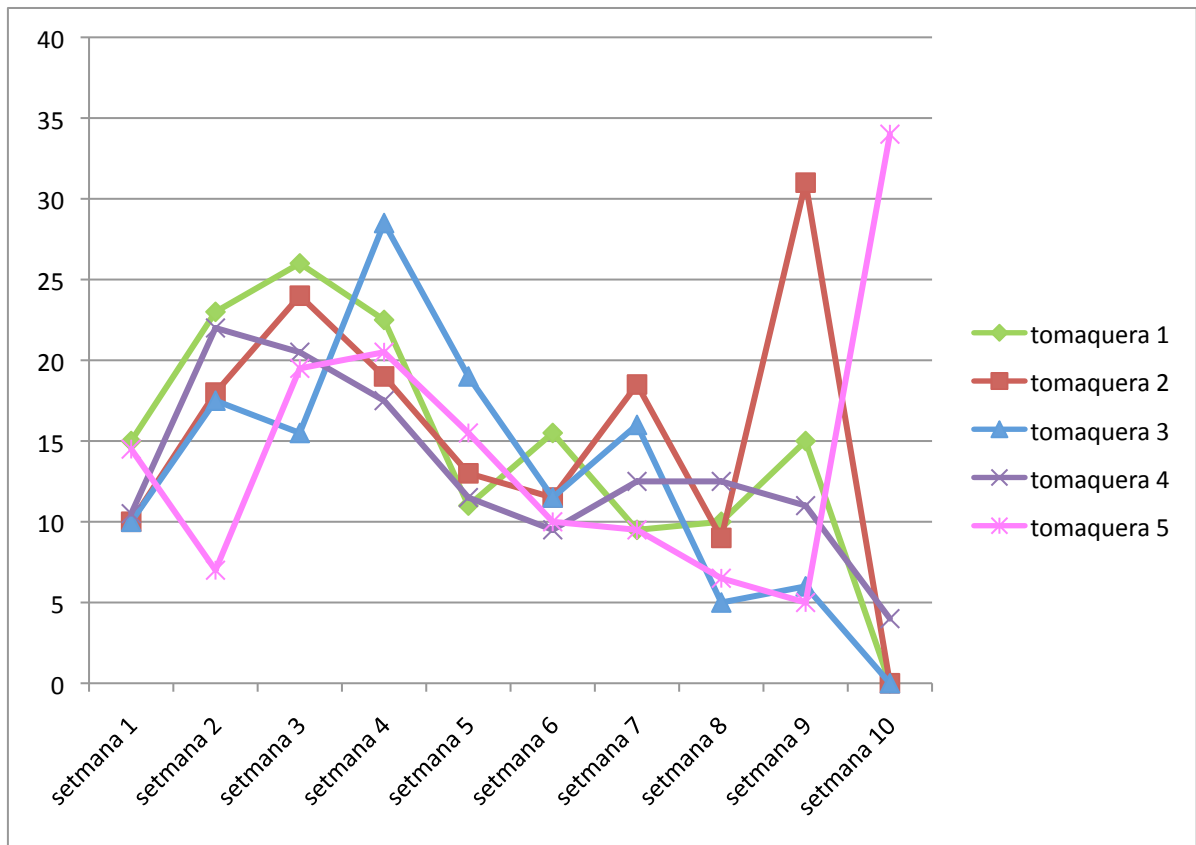
Si observem les quatre primeres setmanes del creixement d'aquestes tomaqueres, podem veure com les tomaqueres 1 i 2 (més properes al imant pol N) tenen cada setmana un creixement més elevat. La tomaquera número 5, la qual és la més propera al pol S, també experimenta un creixement més elevat setmana rere setmana, però amb uns valors molt més inferiors. En canvi les tomaqueres 3 i 4 durant aquest mateix període presenten moltes irregularitats en el seu creixement. Durant la cinquena setmana hi ha una coincidència de valors entorn els 10cm per part de totes les tomaqueres, i per tant tots els valors de creixement disminueixen respecte les setmanes anteriors; tot i així aquest creixement torna a augmentar durant la setmana següent (exceptuant el de la tomaquera 3). Però a partir d'aquesta sisena setmana els creixements disminueixen fins la vuitena setmana, on el decreixement continua fins a les darreres setmanes en les tomaqueres 1, 2 i 4. En canvi, cal destacar el gran creixement que experimenten a la novena setmana les tomaqueres 3 i 5. Finalment els valors crescuts durant l'última setmana són força baixos per a la majoria de tomaqueres, exceptuant la número 5.

A partir d'aquest gràfic podem concloure que les tomaqueres influenciades pel pol nord d'un imant de 4000 gauss es desenvolupen més ràpidament que la resta; és a dir presenten un creixement més elevat durant les primeres setmanes de l'experiment. Tot i que la planta més propera al imant pol S també mostra un creixement continu durant les primeres quatre setmanes, els valors crescuts no són tant elevats com en les altres dues tomaqueres, i per tant no es desenvolupa tant ràpidament, ja que el creixement més elevat que experimenta és durant les últimes setmanes, quan els creixements de les altres comencen a disminuir. Pel que respecte al creixement de les tomaqueres 3 i 4 es pot observar que són els creixements que presenten més irregularitats, aquest fet podria ser degut a una influència equitativa dels dos pols. Cal tenir present que totes les tomaqueres experimenten un decreixement durant la quarta setmana, i aquesta coincidència ens fa pensar que aquest fet és degut a un factor extern, com podrien ser causes ambientals, i per tant no podem atribuir aquest fet a la influència magnètica.

- Fila de tomaqueres amb 1 imant per extrem, 2 en total:

SETMANA	Tomaquera 1	Tomaquera 2	Tomaquera 3	Tomaquera 4	Tomaquera 5
20/06/12- 27/06/12	15cm	10cm	10cm	10'5cm	14'5cm
27/06/12- 04/07/12	23cm	18cm	17'5cm	22cm	7cm
04/07/12- 11/07/12	26cm	24cm	15'5cm	20'5cm	19'5cm
11/07/12- 18/07/12	22'5cm	19cm	28'5cm	17'5cm	20'5cm
18/07/12- 25/07/12	11cm	13cm	19cm	11'5cm	15'5cm
25/07/12- 01/08/12	15'5cm	11'5cm	11'5cm	9'5cm	10cm
01/08/12- 08/08/12	9'5cm	18'5cm	16cm	12'5cm	9'5cm
08/08/12- 15/08/2	10cm	9cm	5cm	12'5cm	6'5cm
15/08/12- 22/08/12	15cm	31cm	6cm	11cm	5cm
22/08/12- 29/08/12	0cm	0cm	0cm	4cm	34cm

Els imants també estan disposats en la fila de forma N-S; de manera que la tomaquera 1 és més propera al imant que afecta amb el seu pol nord.



El gràfic ens mostra l'evolució del creixement de les tomaqueres pertanyents al segon grup de tomaqueres tractades magnèticament (són les que tenen un imant a cada extrem de la filera) al llarg de les setmanes en que es realitza l'experiment.

El que podem observar en aquest gràfic és una evolució semblant per part de les dues tomaqueres més properes al imant pol N. Són les que es desenvolupen més ràpidament durant les tres primeres setmanes. Seguidament les dues experimenten un decreixement fins la cinquena setmana. A partir d'aquí l'evolució és força irregular, i cal destacar el gran creixement que realitza la tomaquera 2 durant la vuitena setmana. Pel que respecte a la tomaquera 3 podem observar que l'evolució del seu creixement és molt inestable, però a partir de la quarta setmana, els valors de creixement majoritàriament disminueixen setmana rere setmana. En canvi els valors de creixement de la tomaquera 4 fan que la seva representació gràfica sigui molt més regular, però quasi tot el seu domini és decreixent, és a dir, durant cada setmana el creixement experimentat és inferior a l'anterior. Finalment, la tomaquera 5, la més influenciada pel pol sud de l'imant, només presenta valors de creixement superiors als anteriors durant la tercera

setmana, i sobretot durant la desena, on el creixement que experimenta és molt elevat, i destaca per sobre de tots els valors fins a les hores obtinguts.

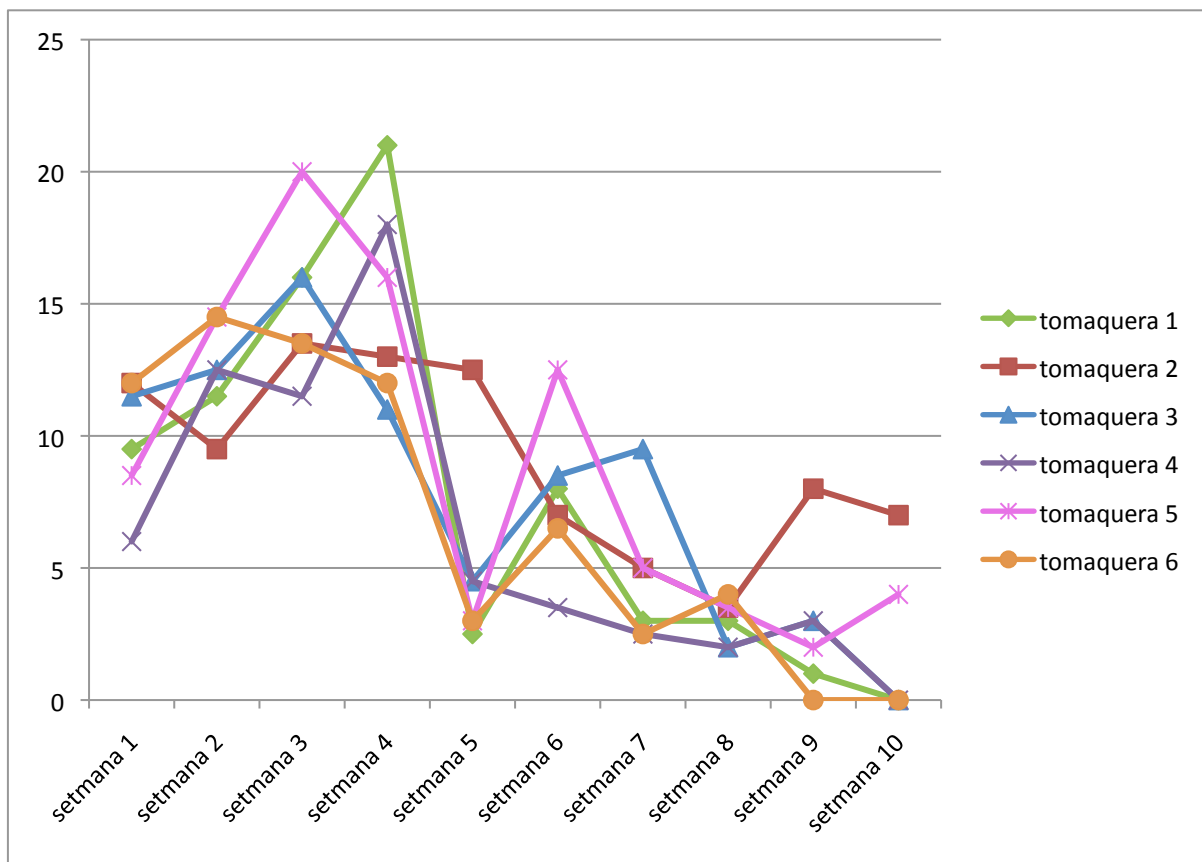
A partir del gràfic podem deduir com les primeres tomaqueres en assolir una major longitud són les que han estat més influenciades pel pol nord de l'imant, en concret les tomaqueres 1 i 2, que un cop experimentat aquest creixement llavors es desenvolupen més lentament. L'evolució de la tomaquera 3 és la més irregular de totes, i podríem atribuir aquest fet a una influència igual del pol sud i del pol nord (trobem coincidència amb la tomaquera 3 de l'altra filera). En canvi, podem observar com les tomaqueres més properes al imant pol S, és a dir les 4 i 5, no evolucionen tant ràpidament ni obtenen habitualment els mateixos valors de creixement que les tomaqueres 1 i 2, els quals són generalment més elevats. Tot i que no és mostra tant accentuat com el gràfic corresponent a les plantes de la primera fila, aquestes tomaqueres també experimenten uns valors més baixos de creixement al registre de la cinquena setmana.

Per tant, tot i que el gràfics corresponents als grups de tomaqueres tractades no són exactament iguals, si que la seva interpretació i resultats són coincidents.

- Fila de tomaqueres sense imants:

SETMANA	Tomaquera1	Tomaquera2	Tomaquera3	Tomaquera4	Tomaquera5	Tomaquera6
20/06/12- 27/06/12	9'5cm	12cm	11'5cm	6cm	8'5cm	12cm
27/06/12- 04/07/12	11'5cm	9'5cm	12'5cm	12'5cm	14'5cm	14'5cm
04/07/12- 11/07/12	16cm	13'5cm	16cm	11'5cm	20cm	13'5cm
11/07/12- 18/07/12	21cm	13cm	11cm	18cm	16cm	12cm
18/07/12- 25/07/12	2'5cm	12'5cm	4'5cm	4'5cm	3cm	3cm
25/07/12- 01/08/12	8cm	7cm	8'5cm	3'5cm	12'5cm	6'5cm

01/08/12- 08/08/12	3cm	5cm	9'5cm	2'5cm	5cm	2'5cm
08/08/12- 15/08/12	3cm	3'5cm	2cm	2cm	3'5cm	4cm
15/08/12- 22/08/12	1cm	8cm	3cm	3cm	2cm	0cm
22/08/12- 29/08/12	0cm	7cm	0cm	0cm	4cm	0cm



Aquest gràfic representa l'evolució del creixement de les tomaqueres que formen part del grup control (sense imants) al llarg de les diverses setmanes. Cada línia de color representa a una tomaquera diferent, i cada valor corresponent a una setmana en concret ve representat per un signe diferent en cada una de les plantes.

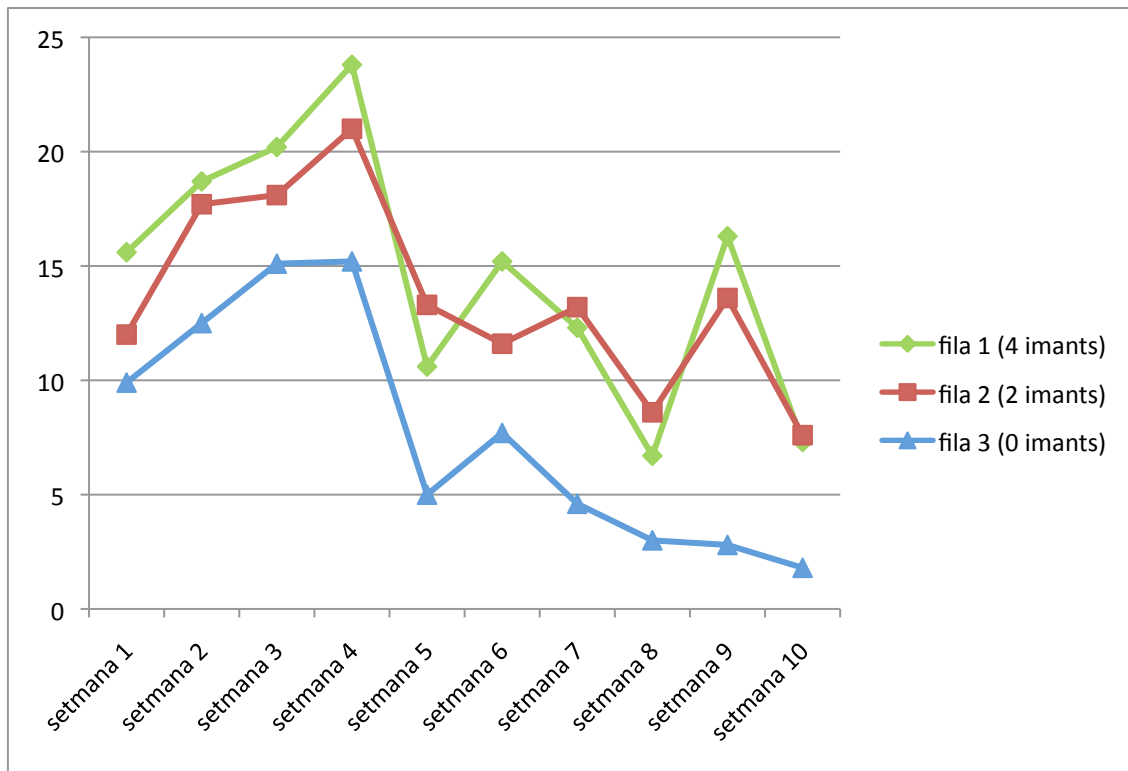
L'evolució que presenten les diferents tomaqueres d'aquest grup, és bastant semblant entre elles: durant les primeres setmanes mostren un creixement bastant regular que finalitza amb un decreixement durant la quarta setmana. Seguidament, la major part de

les tomaqueres torna a presentar valors de creixement més alts, els quals van disminuint durant les darreres setmanes.

Aquest grup control ens permet constatar que el creixement més accentuat per a les tomaqueres sense tractament té lloc durant les primeres setmanes del seu desenvolupament, ja que després d'experimentar un gran decreixement durant la quarta setmana, els valors crescuts no són gaire elevats. Aquesta disminució del creixement per la major part de les plantes durant la quarta setmana ens porta a pensar que és degut a una causa aliena a les plantes, com podria ser un canvi en les condicions meteorològiques. Per tant, la coincidència d'aquest decreixement amb el que experimenten les plantes de la filera número 1 i 2 ens porta a pensar que aquest fet sigui resultat de les mateixes causes que en ambdós grups, i per tant no poden estar relacionades amb el magnetisme.

5.2. Mitjana del creixement per files:

SETMANA	Fila amb 4 imants	Fila amb 2 imants	Fila sense imants
20/06/12-27/06/12	15,6cm	12cm	9'9cm
27/06/12-04/07/12	18'7cm	17'5cm	12'5cm
04/07/12-11/07/12	21'8cm	21'1cm	15'1cm
11/07/12-18/07/12	24'4cm	21'6cm	15'2cm
18/07/12-25/07/12	10'6cm	14cm	5cm
25/07/12-01/08/12	15'2cm	11'6cm	7'7cm
01/08/12-08/08/12	12'3cm	13'2cm	4'6cm
08/08/12-15/08/12	6'7cm	8'6cm	3cm
15/08/12-22/08/12	16'3cm	13'6cm	2'8cm
22/08/12-29/08/12	7'3cm	7'6cm	1'8cm



L'anterior gràfic ens mostra l'evolució de la mitjana del creixement de cada grup de tomaqueres durant les setmanes en que té lloc l'experiment. Cadascuna de les files ve representada per un color diferent.

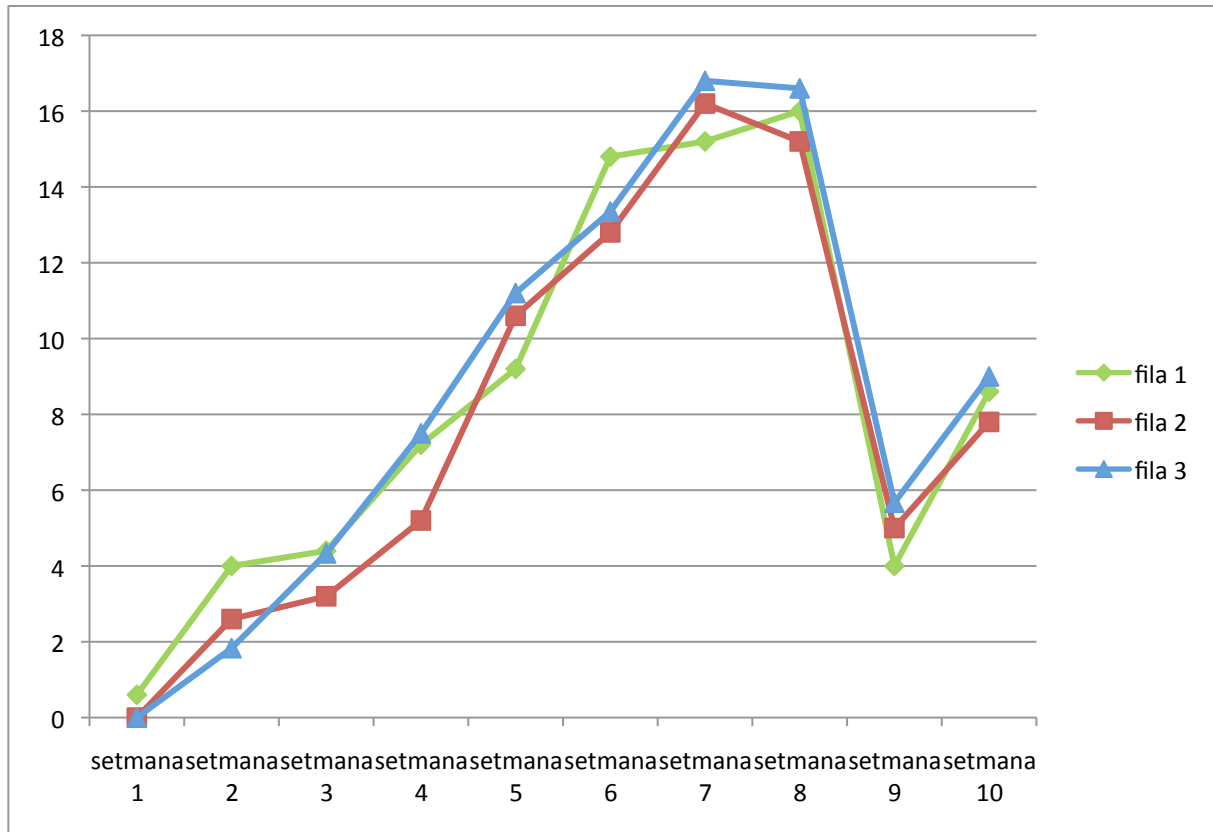
Tal i com hem pogut observar en els gràfics anteriors, el màxim desenvolupament de la majoria de tomaqueres té lloc durant les 3 o 4 primeres setmanes. Per tant, en aquest gràfic queda reflectit aquest fet, ja que totes les representacions de les mitjanes són creixents durant aquest període. Seguidament és pot veure la coincidència de la disminució dels valors crescuts durant la quarta setmana. A partir d'aquest moment és pot veure com els creixements de les tomaqueres del grup control disminueixen contínuament. En canvi, les tomaqueres pertanyents els grups de tractament, evolucionen més irregularment a partir de la cinquena setmana, ja que hi ha períodes on els valors crescuts són més elevats que l'anterior, o inferiors.

A partir de gràfic podem concloure que les tomaqueres que han obtingut unes longituds més elevades han estat les pertanyents a la primera fila (estan influenciades per imants de més intensitat), ja que quasi cada setmana són les plantes que obtenen els valors de creixement més elevats. Les tomaqueres corresponents a la fila 2 són les segones en obtenir els valors de creixement més elevats. Finalment, les tomaqueres corresponents

al grup control, són les que han experimentat un menor creixement. També podem observar una certa coincidència entre la representació gràfica de les dues files de tomaqueres tractades, ja que presenten una evolució semblant. En canvi, les tomaqueres de la tercera fila es diferencien amb les altres dues a partir de la sisena setmana, on disminueixen continuadament el seu creixement. Totes les corbes experimenten un decreixement durant la quarta setmana, per tant aquesta coincidència en la majoria de les tomaqueres en confirma que l'hem d'atribuir a causes alienes al magnetisme aplicat.

5.3. Presència mitjana de fruits (flors i tomàquets) totals:

SETMANA	Fila amb 4 imants	Fila amb 2 imants	Fila sense imants
20/06/12-27/06/12	0'6	0	0
27/06/12-04/07/12	4	2'6	1'83
04/07/12-11/07/12	4'4	3'2	4'33
11/07/12-18/07/12	7'2	5'2	7'5
18/07/12-25/07/12	9'2	10'6	11'2
25/07/12-01/08/12	14'8	12'8	13'35
01/08/12-08/08/12	15'2	16'2	16'8
08/08/12-15/08/12	16	15'2	16'6
15/08/12-22/08/12	4	5	5'67
22/08/12-29/08/12	8'6	7'8	9



El gràfic en qüestió mostra la presència mitjana de fruits (tant de flors com de tomàquets) en les tomaqueres de les diferents files al llarg de les setmanes. Cada una d'elles ve representada per un color diferent que es mostra a la llegenda.

Es pot observar com al llarg de les setmanes la presència de fruits evoluciona d'una forma molt semblant en totes les fileres. La presència d'aquests augmenta contínuament al llarg de set o vuit setmanes. Llavors aquesta presència de fruits disminueix molt, degut a que els fruits han estat recollits perquè ja eren madurs.

Tot i que la quantitat de fruits és molt semblant entre les diferents files durant totes les setmanes, cal tenir present que la major productivitat l'assoleixen les tomaqueres de la tercera fila durant la sisena setmana, i durant moltes setmanes són aquestes mateixes tomaqueres les que obtenen una major productivitat. També cal tenir en consideració que les primeres tomaqueres en obtenir fruits han estat les corresponents a la primera fila, i durant les primeres setmanes la seva presència ha estat la més gran.

Tot i així cal remarcar que els tomàquets de les plantes magnetitzades majoritàriament no han presentat gaire bon aspecte. Molts d'ells queien de la planta abans d'haver madurat i d'altres presentaven forats marrons quan encara no havien madurat.

6. Conclusions

Tal i com s'ha pogut comprovar amb els resultats i les gràfiques obtingudes, sembla ser que el pol nord d'un imant té més influència en el creixement de les plantes. Tant en les tomaqueres de la fila 1, on la intensitat magnètica aplicada és més elevada, com en les tomaqueres de la fila 2, les plantes que s'han desenvolupat més ràpidament han estat aquelles més properes als imants que influenciaven a les plantes amb el seu pol nord. Això no significa que les plantes influenciades pel pol sud tinguin un creixement menor al normal o simplement igual al de les tomaqueres del grup control, sinó que aquestes tomaqueres es desenvolupen més lentament i també ho fan més tard, però acaben assolint les mateixes longituds que les plantes que han estat influenciades pel pol nord. La influència equivalent de la intensitat del camp magnètic produït pel pol nord i pel pol sud dels imants, causa certes irregularitats en els creixements de les plantes afectades per aquests; tal i com es pot veure als gràfics, les tomaqueres número 3, les quals es torben al mig de la fila i estan influenciades pels dos pols de forma igual, presenten un creixement molt més inestable. Contràriament, les tomaqueres del grup control han obtingut unes longituds molt inferiors a les plantes amb influència magnètica. Tot i així, aquestes tomaqueres han estat una mica més productives que les influenciades per un camp magnètic extern. També cal ressaltar el fet que els fruits obtinguts per les tomaqueres del grup control són els únics que tenien bon aspecte i han realitzat un procés de maduració normal, ja que els tomàquets de les altres queien abans de ser madurs i molts d'ells presentaven forats força grans.

Per tant podem concloure que com més intensitat magnètica apliquem a una planta més gran és la longitud que acaba obtenint (les mitjanes de creixements més elevades corresponen majoritàriament a les tomaqueres de la fila 1, on la intensitat del camp magnètic és més gran) i si el pol del imant aplicat és el nord, el seu desenvolupament és realitzarà més ràpid que no pas si s'influencia amb el pol sud. Però encara que la influència magnètica afecti positivament al creixement de les plantes, aquest no actua de la mateixa forma en la productivitat. Els tomàquets que s'obtenen d'aquestes plantes no tenen un bon aspecte i no es desenvolupen correctament.

VIII. POSSIBLES CAUSES DELS CANVIS DE LES PLANTES MAGNETITZADES

Totes les experiències realitzades entorn el creixement vegetal influenciat per un camp magnètic extern han suposat uns resultats positius pel que significa al desenvolupament dels vegetals o de les germinacions. Tot i així, no es coneixen els motius pels quals aparentment els vegetals responen positivament a aquesta presència de magnetisme.

Els experiments que he realitzat amb germinacions de llenties i creixement de tomaqueres discrepen una mica dels resultats obtinguts pels experiments realitzats fins ara, concretament els de la UPM, els quals són els que han arribat a uns resultats més acceptables. Si és cert que la influència d'un camp magnètic estimula tant el creixement de les llavors en plaques de Petri com el de les tomaqueres, i en concret el pol nord d'un imant l'estimula més ràpidament que no pas el pol sud, però els fruits obtinguts no tenen una aparença tant bona com els de les plantes sense presència magnètica, ja que la majoria de vegades no acabaven el procés de maduració. Tot i així és evident que el magnetisme afecta d'una forma o altre al desenvolupament dels vegetals.

Però la falta d'informació sobre la resposta dels vegetals als camps magnètics i les desconegudes causes d'aquest estímul en el creixement vegetal per part dels experimentadors, em porta a proposar les possibles hipòtesis que podrien ser la causa d'aquets canvis.

És probable que els canvis que experimenten aquests vegetals siguin deguts a tres possibles efectes del camp magnètic sobre ells. Un seria una possible afectació al metabolisme de la planta i que per tant també causi diferències en la seva estructura. També cal tenir en compte que el magnetisme pugui afectar al transport de nutrients a nivell cel·lular i el transport de nutrients en el sòl i per últim crec que s'ha de tenir en consideració els possibles canvis de les propietats de l'aigua subministrada en aquell medi amb presència de camps magnètics externs.

Primerament caldria remarcar que de la mateixa manera que alguns bacteris no detecten de la mateixa manera la intensitat del camp magnètic en l'hemisferi nord que en l'hemisferi sud (vegeu apartat 5.4), també podria ser que la localització dels vegetals amb els quals es duu a terme els experiments fos important, ja que la intensitat del camp magnètic terrestre no és uniforme i depenent del lloc on ens torbem la declinació magnètica també és diferent.

La primera hipòtesi, la qual fa referència als possibles canvis en el metabolisme dels vegetals, encara no ha estat comprovada pels diversos experimentadors, i per tant no hi ha informació que la negui ni l'afirmi. Per tant no la podem descartar.

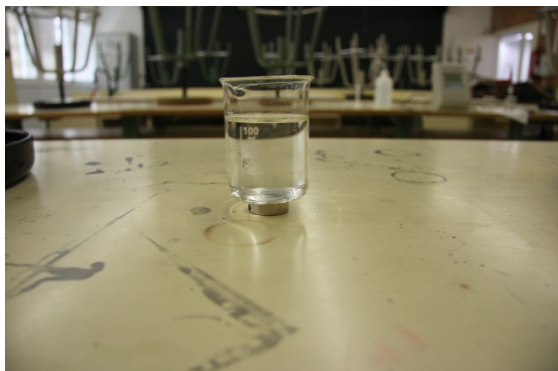
En canvi, respecte la hipòtesi que fa referència als canvis en el transport de nutrients, si que hi ha informació que confirma que la influència magnètica pot ser important a nivell cel·lular, sobretot en el transport iònic, si l'organisme en qüestió presenta en la seva composició algun element ferromagnètic. I com que les plantes contenen com a oligoelement el ferro, aquesta hipòtesi podria ser vàlida en els vegetals.

Per últim, les hipòtesis que fa referència als possibles canvis en les propietats de l'aigua i del transport de nutrients en el sòl, són les úniques que veritablement podem comprovar. Així doncs, per tal de comprovar si l'aigua magnetitzada presenta qualitats diferents que l'aigua no tractada, he realitzat unes mesures i comparacions de l'acidesa, la conductivitat i la quantitat d'oxigen dissolt de les diferents mostres (una d'elles afectada pel pol sud d'un imant, l'altra pel pol nord, i la tercera sense cap tipus d'influència magnètica). I per comprovar si el sòl amb presència d'un camp magnètic contenia diferents concentracions de sals, he analitzat dissolucions amb diferents mostres de la terra de cultiu de les tomaqueres. Tot i així les explicacions del motiu pel qual tant l'aigua com les concentracions de ions canvien en presència d'un camp magnètic tampoc estan estudiades ni concretades.

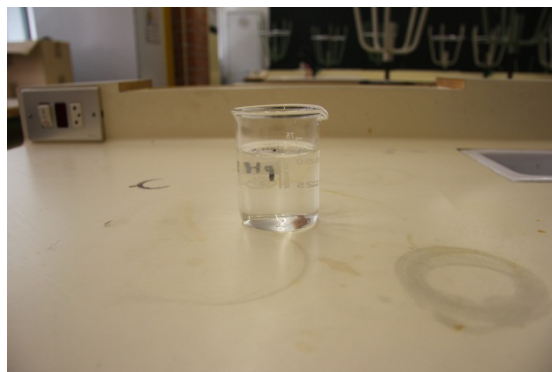
8.1. Canvis en les propietats de l'aigua

Una opció per justificar el fet que amb influència magnètica les plantes siguin capaces de créixer més ràpid podrien ésser les modificacions que pot experimentar l'aigua a causa d'aquest magnetisme. Per tal de comprovar si els imants causen alguna diferència a l'aigua, s'han preparat tres mostres d'aigua: un vas de precipitats influenciat per un pol nord, un altre pel pol sud i finalment una mostra d'aigua sense influència magnètica. Per establir comparacions, les mesures es realitzaran amb aigua d'aixeta i també destil·lada. Seguidament ja es poden dur a terme les mesures de les diferents propietats:

*la temperatura durant la realització d'aquestes mesures ha estat de 25-30°C aproximadament.



Vas de precipitats amb imant



Vas de precipitats sense imant

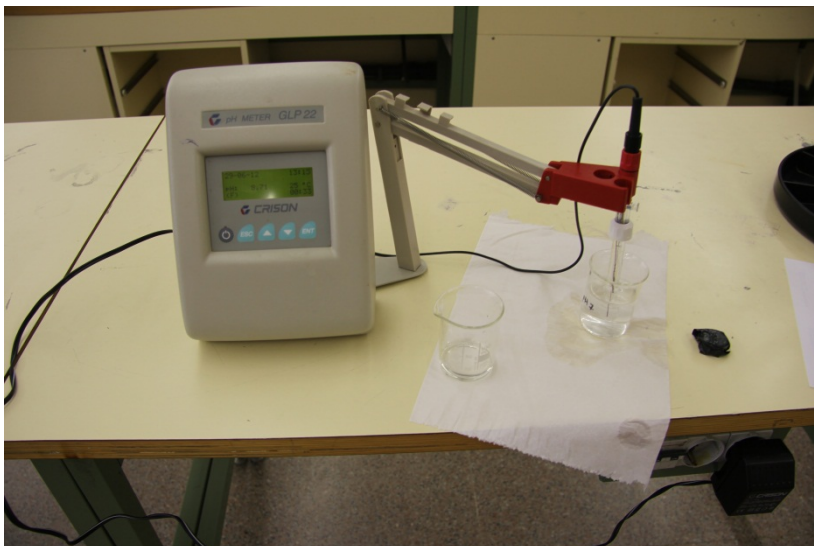
A) pH

El pH és un paràmetre químic que serveix per indicar de manera matemàtica la concentració d'ions hidrogen o protons en una dissolució. S'expressa amb el logaritme negatiu de la concentració molar d'aquests protons:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

L'escala de valors del pH pot variar entre el 0 i el 14. Parlem d'un pH neutre quan aquesta concentració té valor 7 (té la mateixa concentració d'ions hidroxils i de protons), àcida quan és inferior a 7 (major concentració de protons) i bàsica (concentració inferior de protons) quan és major d'aquest valor neutre.

Per determinar el pH de dissolucions es poden utilitzar diversos mètodes, com els indicadors àcid-base que donen lloc a un color determinat depenent de si la solució és àcida o bàsica; el paper indicador, és a dir un paper de filtre que conté diversos tipus d'indicadors, amb la qual cosa s'aconsegueix una escala de colors corresponent amb els diferents valors del pH. Però quan és necessària una millor precisió s'utilitzen els pH-metre. Aquest aparell consta de dos elèctrodes, un de vidre i l'altre anomenat de referència estandarditzada. El primer és format per un tub de vidre conductor de la corrent elèctrica que conté una dissolució amb un pH constant. El vidre de suport de l'elèctrode no és conductor. Finalment, el pH es determina amb el mesurament del potencial a través d'aquest vidre de l'elèctrode que separa les dues dissolucions de diferent concentració de protons.



Abans del seu ús o periòdicament s'ha de calibrar per tal d'assegurar-ne la precisió i després de cada us, s'ha de passar aigua destil·lada pels elèctrodes.

Els resultats de les mesures han estat:

Aigua de l'aixeta:

pH aigua amb imant S: 8'71

pH aigua amb imant N: 8'45

pH aigua sense imant: 8'64

Aigua destil·lada:

pH aigua amb imant S: 7'18

pH aigua amb imant N: 7'16

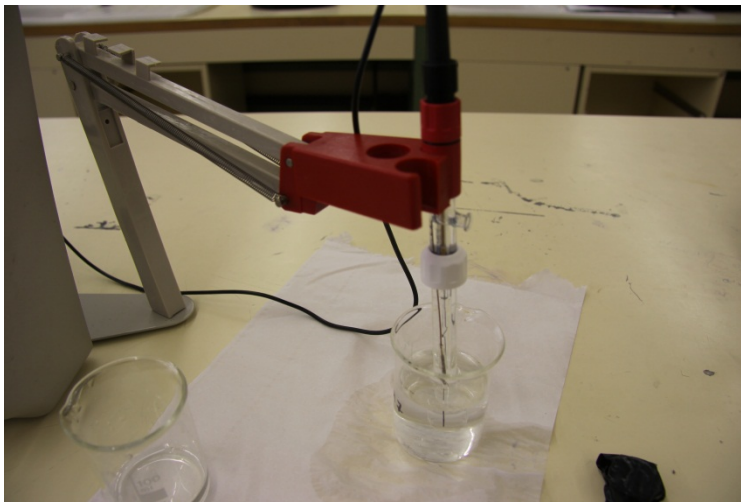
pH aigua sense imant: 6'72

Després d'haver dut a terme aquestes mesures del pH, podem concloure que les diferències entre els diferents valors són molt petites i per tant l'acidesa de l'aigua no es deu veure gaire afectada per la influència d'un camp magnètic.

En l'aigua de l'aixeta els valors són molt semblants, tots ells lleugerament bàsics o alcalins. En canvi en l'aigua destil·lada, s'aproximen més a la neutralitat les mostres d'aigua afectades per un imant que no pas la mostra d'aigua sense cap imant. Tot i així, si es comparen els dos resultats, podem veure alguna semblança entre les dues mostres afectades per un imant. En ambdues el pH més bàsic correspon al vas de precipitats afectat pel imant pol sud, i el més neutre correspon a l'altre afectat pel imant pol nord. Però tot i així les diferències entre els pH no és prou gran com per arribar a una conclusió aparent.



El pH-metre indicant el pH d'una de les mostres d'aigua.



La vareta de vidre és el suport de l'elèctrode.

B) Oxigen dissolt

Les mesures s'han dut a terme amb un aparell que permet mesurar els mil·ligrams d'oxigen dissolt per litre.

Aigua de l'aixeta:

Vas imant S: 7'5mg/L

Vas imant N: 7'4mg/L

Vas sense imant: 8mg/L

Aigua destil·lada:

Vas imant S: 7'6mg/L

Vas imant N: 6'4mg/L

Vas sense imant: 6'8mg/L

Es pot observar com les diferències entre les aigües de l'aixeta que han estat magnetitzades són mínimes. El resultat que és menys semblant entre ells és el corresponent a l'aigua sense haver estat prèviament exposada a un camp magnètic, la qual té una concentració d'oxigen dissolt una mica més elevada que les altres dues. No obstant, els resultats obtinguts amb les mesures que s'han fet amb l'aigua destil·lada no són tan semblants entre ells, de fet no presenten cap resultat coincident. L'aigua destil·lada sense imants, igual que l'aigua afectada pel pol nord d'un imant, presenta una menor concentració d'oxigen dissolt que no pas l'aigua de l'aixeta. L'única mostra que s'ha mantingut dins d'uns valors semblants ha estat l'aigua afectada pel imant pol sud.

C) Conductivitat elèctrica

La conductivitat elèctrica és la mesura de la capacitat que tenen certs materials de deixar passar la corrent elèctrica i circular les càrregues. L'aigua en estat pur, és un element que no sol ser conductor d'aquestes càrregues elèctriques. Però la seva baixa conductivitat s'explica per mitjà de la seva autoionització; és a dir per l'existència de petites concentracions d'ions que provenen de l'autoionització de l'aigua. Per tant la conductivitat augmenta quan hi ha ions o alguna sal o compost iònic dissolt en l'aigua.

La unitat del SI per a la conductivitat són els siemens per metre (S/m). Per tal de mesurar la conductivitat de les mostres d'aigua (aquesta vegada només s'ha realitzat amb aigua destil·lada) s'ha utilitzat un conductímetre, que és un aparell que mesura la resistència elèctrica que presenta una dissolució a través de dos elèctrodes.

Els valors de la conductivitat de l'aigua destil·lada en μS dels diferents vasos de precipitats han estat:

Vas imant S: $29'8\mu\text{S}$

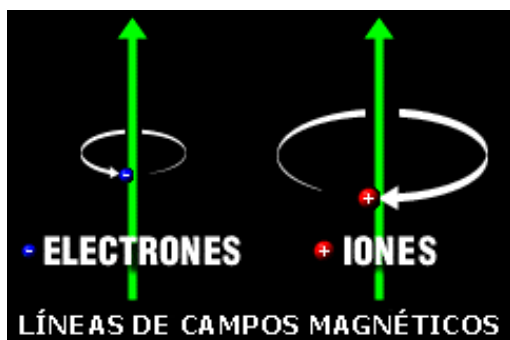
Vas imant N: $20'3\mu\text{S}$

Vas sense imant: $6'3\mu\text{S}$

En aquestes dades realment s'hi pot observar una clara diferència entre els diferents valors. No tan sols hi ha força diferència entra la conductivitat de l'aigua que presenta el imant pol sud amb la que té l'altre imant (pol N), sinó que la diferència amb la

conductivitat de l'aigua que no presenta cap imant és molt gran. El fet que els valors siguin tan diferents, comporta que ens questionem si aquest és un dels factors principals a l'hora d'activar el creixement vegetal mitjançant imants.

Pel que respecta a la conductivitat de l'aigua i la influència magnètica no hi ha gaires comprovacions experimentals aprovades, però podríem trobar certes explicacions raonables i capaces d'explicar aquestes grans diferències dels valors de la conductivitat elèctrica de l'aigua. Una d'elles podria ser el moviment que adquireixen les partícules carregades, és a dir ions i electrons, amb la presència d'un camp magnètic. Aquestes no es poden moure amb facilitat a través de les línies del camp magnètic, fet pel qual es veuen forçades a girar de forma espiral al voltant del camp magnètic. Electrons i protons giren en direccions oposades. Aquest fet podria afavorir a l'autoionització de l'aigua, perquè l'augment de velocitat d'aquestes partícules, podria induir moments polars a la resta de molècules d'aigua i per tant formar una quantitat més elevada d'ions, amb la qual cosa la conductivitat elèctrica podria augmentar considerablement amb la influència d'un imant.



En la imatge s'observa com els electrons i els protons giren en direccions oposades al voltant de la línia del camp magnètic.

8.2. Anàlisi de la duresa de l'aigua

La duresa de l'aigua és la quantitat de calci i magnesi que pot contenir l'aigua (a part d'altres cations com el sodi o el potassi). Aquesta s'expressa en ppm de carbonat de calç o en graus hidromètrics francesos. Si la duresa és més elevada que l'alcalinitat de l'aigua en qüestió, parlarem d'una duresa carbonatada o permanent, la qual l'associem a sulfats; en canvi si la duresa és menor que l'alcalinitat, aquest fet s'associarà al catió sodi.

En aquest anàlisi es mesurarà la concentració de cations que hi ha en la terra on hi ha cultivats els tomàquets. El primer anàlisi de duresa s'ha realitzat amb cinc mostres de la terra de les zones on hi col·locaré els imants, per tal de comprovar que la duresa és més

o menys homogènia a tot arreu. En canvi en el segon anàlisi també s'agafaran cinc mostres, però ja de terra que ha estat magnetitzada: una procedent de la terra propera als dos imants amb el pol nord; una altra procedent de la terra propera als dos imants pol sud; una mostra de la terra pròxima al imant pol nord i una altra pròxima al imant pol sud, i finalment l'última mostra procedirà de la terra on no hi ha influència magnètica. Les diferents mostres de terra es diluiran en aigua per tal de realitzar la següent valoració:

- Preparem la dissolució dins d'un vas de precipitats: s'afegeixen 75mL d'aigua destil·lada i 5g de la terra corresponent. Esperar durant uns vint minuts.
- Afegir 25mL de la dissolució preparada anteriorment en un flascó (el resultat final s'haurà de dividir per 2'5, ja que en teoria s'haurien d'afegir 10mL).
- Agregar 5 gotes d'una dissolució de pH 10 i agitar-ho. Després afegir dues gotes d'indicador (negre d'ericrom) i tornar-ho a barrejar. Després d'haver afegit les gotes d'indicador la dissolució es tornarà violeta.
- Omplir de reactiu una proveta, la qual s'haurà d'enrasar perfectament per tal que els càlculs finals siguin exactes. Un cop enrasada, s'haurà d'anar afegint gota a gota el reactiu dins el flascó que conté la dissolució. Quan aquesta deixi de ser violeta i es torni de color blau, la reacció haurà finalitzat.
- Finalment, s'hauran de calcular el ml de reactiu gastat.

Els resultats del primer anàlisi han estat els següents (cal tenir en compte que en aquesta primer anàlisi es van afegir 10g de terra en cada mostra i 150mL d'aigua. Per tant els resultats s'han dividit per 1'5):

Mostra	Duresa de la dissolució
Mostra 1	1'12mL
Mostra 2	1'11mL
Mostra 3	1'13mL
Mostra 4	1'10mL
Mostra 5	1'13mL

Tal i com es pot veure en aquest primer anàlisi, la terra on es cultiven les tomaqueres presenta inicialment una duresa força homogènia, ja que els resultats obtinguts són molt semblants entre ells.

Els resultats obtinguts del segon anàlisi, després de dues mesures, han estat els següents:

Tipus de terra	Duresa de la dissolució
Terra 2 imants pol N	0'88mL
Terra 1 imant pol N	0'45mL
Terra 2 imants pol S	0'3mL
Terra 1 imant pol S	0'36mL
Terra sense imants	0'4mL

Tipus de terra	Duresa de la dissolució
Terra 2 imants pol N	1'8mL
Terra 1 imant pol N	1'23mL
Terra 2 imants pol S	0'87mL
Terra 1 imant pol S	1'07mL
Terra sense imants	1'13mL

En aquesta última mesura es van afegir 10g de la terra adient i 150mL d'aigua. Per tant els resultats s'han dividit per 1'5.

Tal i com mostren els resultats obtinguts en els anàlisis de la duresa de les dissolucions, sembla ser que les terres properes als imants que afecten als cultius amb el seu pol nord tenen més concentració de cations; i la mostra que té la concentració més alta, és la obtinguda de la terra propera als dos imants pol nord. En canvi sembla ser que si la influència magnètica es provocada pels pols sud d'un imant, la concentració de calci i magnesi disminueix. Un cop preparades totes les dissolucions també s'han dut a terme mesures de la seva conductivitat. Els resultats han estat els següents:

Tipus de terra	Conductivitat
Terra 2 imants pol N	160 μ S
Terra 1 imant pol N	157'8 μ S
Terra 2 imants pol S	120 μ S
Terra 1 imant pol S	147'5 μ S
Terra sense imants	134 μ S

Tal i com es pot veure en la taula, sembla ser que la conductivitat de la dissolució disminueix i és més baixa en les mostres afectades per imants pol sud; la conductivitat més baixa la té la mostra que influenciada per dos imants pol sud. En canvi, la conductivitat de les mostres és molt més elevada en les que han estat influenciades per

imants pol nord. El fet més rellevant és que en els anàlisis de conductivitat d'aigües magnetitzades que hem realitzat anteriorment les mostres que han obtingut una conductivitat més elevada han estat sempre les influenciades per el pol sud d'un imant. En canvi en aquestes últimes mesures les mostres de dissolucions que han obtingut una conductivitat més elevada han estat les influenciades pel pol nord d'algun imant. Potser es deu al fet que la duresa és més elevada en les zones de terra influenciades pels pols nord dels imants, i per tant això fa augmentar la conductivitat de les dissolucions que contenen aquesta terra. Cal tenir en compte que el transport de nutrients i sals en la terra és un procés molt complex on hi intervenen molts factors com diversos bacteris i les mateixes plantes amb les seves arrels. Per tant aquestes diferències de concentracions de cations no només pot ser deguda a la influència d'un camp magnètic. Però si que pot ser possible que els bacteris del sòl actuïn de forma diferent depenent del camp magnètic que influencia una zona determinada, ja que hi ha molts bacteris que s'orienten mitjançant el camp magnètic.

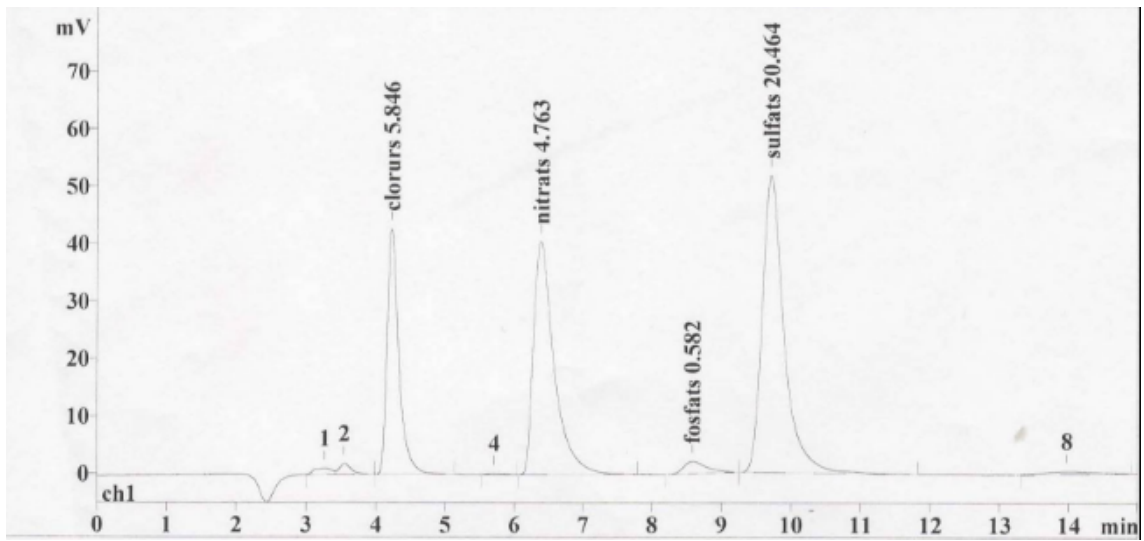
8.3. Anàlisi d'anions amb l'HPLC

Una altra mesura que he pogut realitzar és l'anàlisi de la quantitat d'anions en la terra de cultiu dels tomàquets. Per això són necessàries també cinc mostres de terra per poder preparar les dissolucions corresponents a cada tipus de terra. Aquest anàlisi de anions l'he pogut realitzar a la depuradora de Vic, que

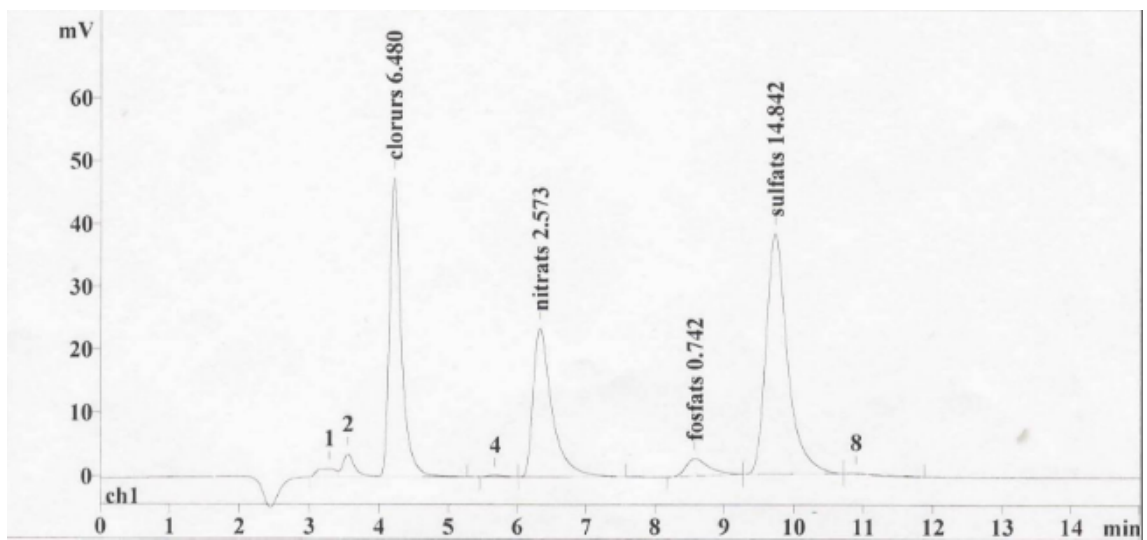


disposa d'un cromatògraf HPLC. Aquest aparell és un cromatògraf líquid d'alta pressió amb fase reversa o inversa que permet separar els components d'una dissolució basant-se en les diferents classes de interaccions químiques entre les substàncies analitzades i les de la columna cromatogràfica. Els següents gràfics, mostren l'anàlisi de cada una de les mostres de terra. A l'annex podreu trobar la informació més detallada sobre aquest gràfic.

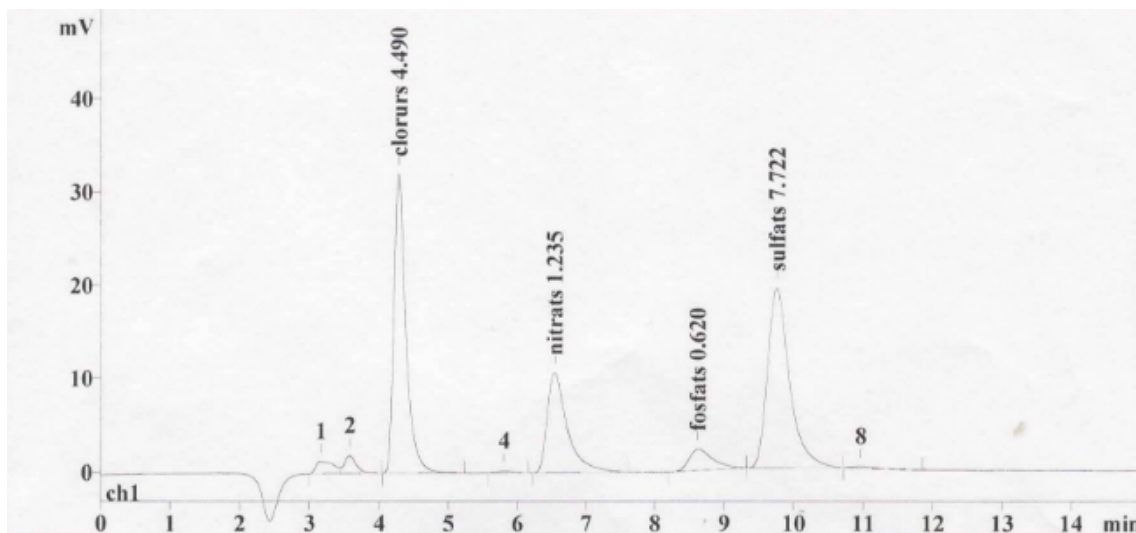
Gràfics de les mostres analitzades:



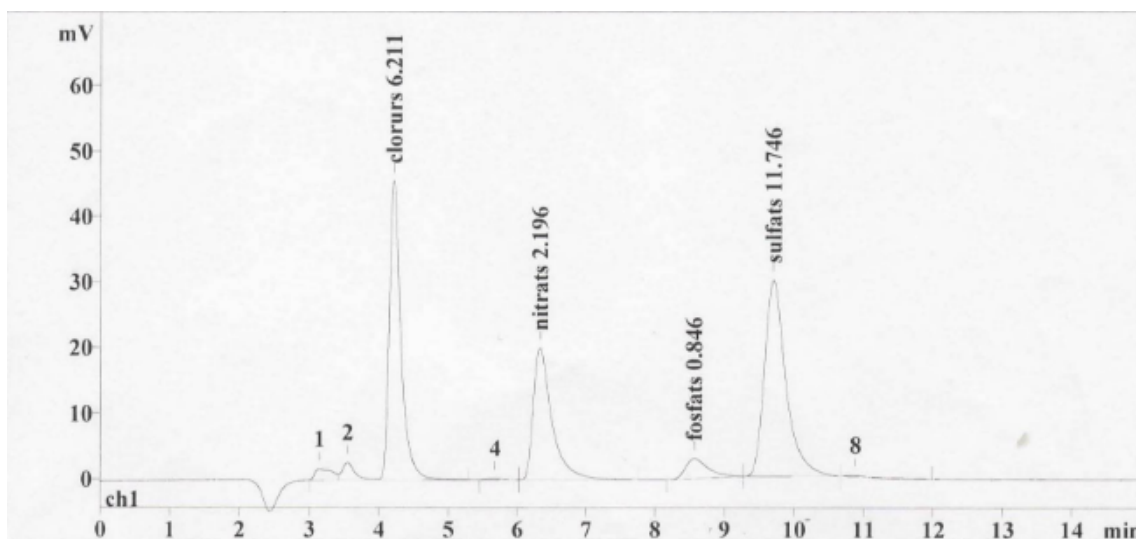
Gràfic corresponent a la dissolució amb terra afectada per dos imants pol N



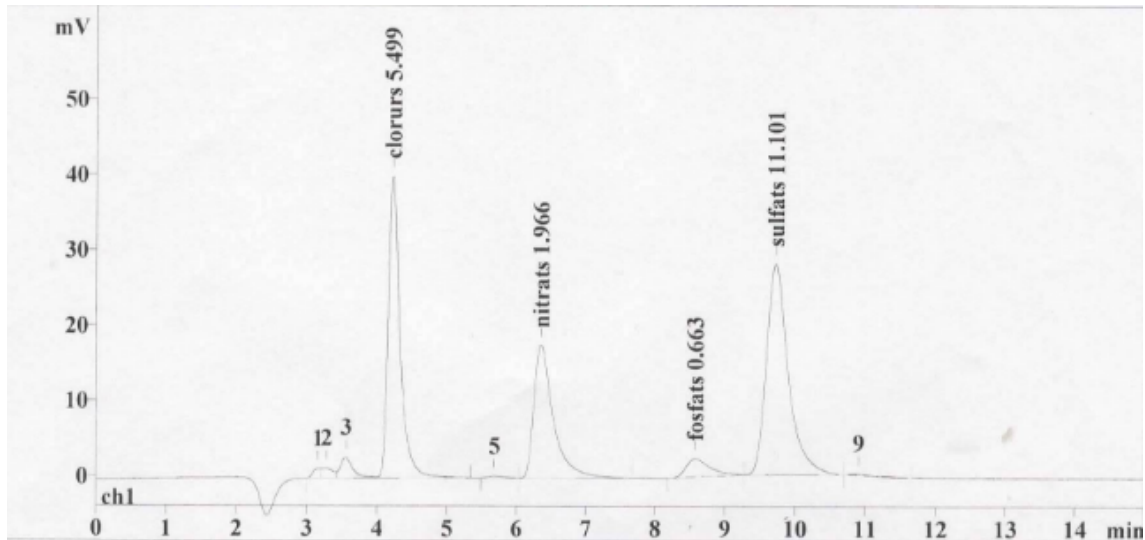
Gràfic corresponent a la dissolució amb terra afectada per un imant pol N



Gràfic corresponent a la dissolució amb terra afectada per dos imants pol S



Gràfic corresponent a la dissolució amb terra afectada per un imant pol S



Gràfic corresponent a la dissolució amb terra sense estar afectada per cap camp magnètic.

A partir dels gràfics podem agrupar les concentracions de clorurs, nitrats, fosfats i sulfats, expressades en mg/L de les diferents dissolucions en una taula com la següent:

	2 imants pol N	1 imant pol N	2 imants pol S	1 imant pol S	Sense imants
Clorurs	5,846	6,480	4,490	6,211	5,499
Nitrats	4,763	2,573	1,235	2,196	1,966
Fosfats	0,582	0,742	0,620	0,846	0,663
Sulfats	20,464	14,842	7,722	11,746	11,101

Clorurs: sembla ser que la presència de clorurs augmenta si la el camp magnètic extern és menys intens però no nul, ja que les mostres que han obtingut una major concentració d'aquests anions han estat les que tan sols estaven influenciades per un imant, concretament la influenciada pel pol nord d'un imant.

Nitrats: la presència de nitrats més alta la trobem en la mostra de terra influenciada per dos imants amb el seu pol nord, seguida de la mostra influenciada per un imant pol nord. En canvi la més baixa és la corresponent a la mostra dels dos imants pol sud.

Fosfats: la concentració de fosfats sembla que no està gaire influenciada per la presència d'un camp magnètic extern, ja que tots els resultats obtinguts són força semblants entre ells.

Sulfats: la presència de sulfats és molt alta en les mostres influenciades per algun pol nord (la que ha estat influenciada per dos és la més elevada). La quantitat d'aquests anions és molt semblant en la mostra sense influència magnètica amb la mostra influenciada per un imant pol sud. En canvi, sembla ser que l'augment de la intensitat de la influència d'un imant amb el seu pol sud, fa reduir la quantitat d'aquesta substància, ja que és la concentració més baixa amb diferència.

Analitzats els resultats, hem de concloure que la concentració dels anions que sembla estar més afectada per la influència d'un camp magnètic extern és la dels sulfats. Es veu clarament que la seva concentració augmenta quan la influència del pol nord d'un imant és més gran, i en canvi mostra un procés contrari si el pol aplicat és el sud. Per tant podem associar el major desenvolupament de les plantes properes a un pol nord d'un imant degut al augment que aquest comporta dels sulfats.

8.4. Possible hipòtesi

Davant d'aquests resultats, i els obtinguts en el desenvolupament de les meves tomaqueres (cal recordar que les tomaqueres que han crescut més durant les primeres etapes del seu desenvolupament han estat les influenciades pels imants pol nord) és evident que el pol nord dels imants sembla tenir una influència més accentuada en aquests canvis que experimenten les tomaqueres davant la influència d'un camp magnètic. Tot i que la conductivitat de l'aigua magnetitzada pel pol nord d'un imant no té tanta conductivitat com la que ha estat magnetitzada pel pol sud d'un altre imant, això canvia quan analitzem la duresa de les terres. Obtenim una major conductivitat en les dissolucions influenciades pels pols nord, i aquest fet deu ser degut a l'augment de cations que el pol nord causa al sòl, i per tant augmenta la conductivitat de la dissolució (no només és causat pel pol nord d'un imant l'augment de cations i anions, sinó que es veu afectat per molts altres factors). Els resultats dels anàlisis efectuats amb l'aparell HLPC també mostren generalment una major quantitat d'anions les dissolucions procedents d'un medi influenciat pel pol nord d'un imant. Per tant, aquest augment de cations i anions és favorable pel creixement de la planta, i amb els experiments ho hem pogut comprovar, ja que les tomaqueres afectades pel pol nord d'un imant han crescut més ràpid que les altres (han estat les primeres en créixer més ràpid) però tot i així els

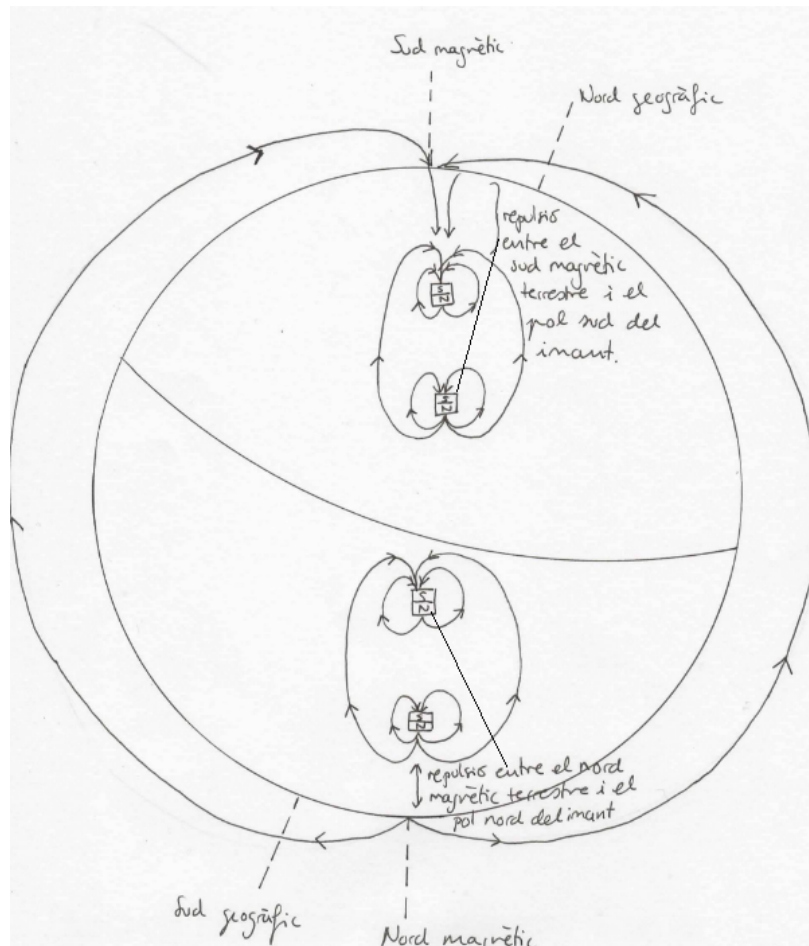
fruits obtinguts de les plantes amb influència magnètica no han estat tan bons com esperàvem.

Per tal d'explicar el fet que la concentració de cations i anions i la corresponent conductivitat de les mostres sigui major en les terres properes afectades per algun pol nord i que les plantes influenciades per aquest es desenvolupin més ràpid, proposo la següent hipòtesi:

- És possible que el fet d'estar localitzats a l'hemisferi nord de la Terra influeixi positivament a la utilització del pol nord d'un imant per intentar accelerar els canvis que la presència d'un camp magnètic extern pot causar al creixement vegetal. En canvi, estar situats a l'hemisferi nord fa que la utilització del pol sud d'un imant no suposi una acceleració tant ràpida d'aquests possibles canvis que poden experimentar els vegetals.

Per tant, de la mateixa manera és podria plantejar una hipòtesi vàlida per l'hemisferi sud, on els pols que estimularien els canvis d'una planta sota influència magnètica seria el pol sud d'un imant, en comptes del pol nord.

I quines són les causes que em porten a pensar aquesta hipòtesi?



En l'anterior il·lustració he representat les possibles interferències que hi poden haver entre els imants utilitzats en l'experiment i amb el camp magnètic terrestre a l'hemisferi nord i a l'hemisferi sud. Tal i com es pot veure, és possible que quan realitzem l'experiment a l'hemisferi nord existeixi una repulsió entre els pols sud dels imants i el pol sud magnètic de la Terra. En canvi si realitzéssim aquest mateix experiment a l'hemisferi sud, podria ser que existís una repulsió entre els pols nord dels imants utilitzats i el pol nord magnètic de la Terra. Cal tenir en compte que perquè aquesta hipòtesi sigui vàlida, els imants han d'estar orientats en la direcció Nord-Sud (com en l'experiment de les tomaqueres).

Per tant, podria ser que aquesta repulsió que existeix (en el cas que l'experiment sigui dut a terme a l'hemisferi nord) entre el pol sud d'un imant i el pol sud magnètic terrestre fes que el desenvolupament dels vegetals influenciats per aquest pol del imant fos més lent que per aquells vegetals influenciats pel pol nord del imant. Amb tot s'hi ha de sumar l'atracció entre els imants que es troben d'una punta a una altra de la filera de tomàquets. I com que les línies del camp magnètic surten del pol nord i entren pel pol sud dels imants, això podria augmentar la repulsió que aquest pol té amb el magnetisme terrestre. Tot i així aquesta repulsió que possiblement experimenten els pols sud dels imants utilitzats, no significa que redueixin els canvis que el magnetisme provoca als vegetals, sinó que es manifesten posteriorment, ja que les plantes més influenciades pel pol sud d'un imant van acabar tenint el mateix aspecte que les influenciades pel pol nord, l'únic que els canvis es van manifestar més tard.

IX. CONCLUSIONS

El magnetisme és un fenomen físic conegut des de fa molts anys. La primera noció que l'home va tenir sobre aquest fenomen d'atracció i repulsió entre dos o més cossos fou al voltant de l'any 800aC, quan els grecs descobriren i anotaren les propietats d'un dels materials més magnètics de la naturalesa; la magnetita. Durant el llarg de la història foren bastantes les persones que mostraren interès per les propietats d'aquest material, i això va fer que es desenvolupessin aparells tant importants per a la navegació com ho ha resultat ser la brúixola. Tot i així, no fou fins el segle XIX amb els descobriments de Maxwell i Faraday que aquesta branca de la física s'acabà de consolidar. A dia d'avui hi ha un gran nombre de coneixements científics sobre els fenòmens magnètics els quals ens permeten explicar gran part de les interaccions que aquests tenen amb la natura. Exemples d'aquests serien el camp magnètic terrestre i la magnetosfera, les propietats magnètiques dels materials, la unificació de fenòmens elèctrics i magnètics a través de l'electromagnetisme, el camp magnètic creat pels éssers vius amb el transport cel·lular entre altres factors, la contaminació electromagnètica... Totes aquestes branques del magnetisme, la majoria àmpliament conegudes, són les que he descrit i inclòs a la part teòrica del treball i m'han servit per entendre millor el magnetisme. Tot i així hi ha altres fenòmens que es creu que poden ser deguts al magnetisme i que no estan concretats actualment. I és en aquest fet on rau la part més important del meu treball, en intentar buscar una possible causa i hipòtesi a un dels problemes relacionats amb aquesta branca de la física que en l'actualitat no té una conclusió irrefutable: com afecta el magnetisme en el creixement vegetal.

Per a intentar investigar si realment la influència d'un imant accelera el creixement vegetal m'he basat en els experiments amb més rigor científic que fins a les hores s'han realitzat. Aquests estudis són els que van fer l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Agrònoms de la UPM (universitat politècnica de Madrid), els quals van experimentar amb la germinació de llavors i amb tomaqueres. Per tant les dues experiències que he dut a terme també es basen en la germinació, en aquest cas de lleties, i en el creixement de tomaqueres. Per a obtenir una major informació sobre aquests experiments, em vaig posar en contacte amb les persones que els havien realitzat, però no vaig obtenir resposta.

El primer experiment que vaig realitzar va ser el de la germinació de les llenties. Amb aquest he intentat comprovar si depenent de la distància on es troba un imant respecte una càpsula de Petri tindrà un efecte més positiu o negatiu sobre la germinació del cultiu corresponent. Gràcies al seguiment sobre el desenvolupament de les llavors que anava efectuant dia rere dia he pogut extreure unes conclusions que semblen evidents a partir dels resultats obtinguts i que també responen a la hipòtesi inicial. Però a l'hora d'elaborar-les cal tenir en compte l'error que vaig cometre en disposar les diferents plaques. Aquestes tant sols estan separades per 40cm, i això podria fer que els diferents camps magnètics s'influenciessin entres si i que per tant els resultats que he obtingut jo no siguin del tot representatius. Malgrat això, he pogut obtenir algunes evidències que podrien afirmar que les dues distàncies que acceleren més el procés de germinació serien les que separen l'imant amb la càpsula amb una distància de 0cm i de 60cm. Les llenties de les plaques que distaven amb el seu respectiu imant amb aquesta longitud són les que han presentat un desenvolupament més ràpid i les que han acabat obtenint la tija de mida més gran. La resta de llavors influenciades magnèticament no han presentat uns resultats més positius que les llenties pertanyents al grup control. Per tant, amb aquest experiment podem deduir que les distàncies més adequades per disposar un imant (pol nord) per tal d'accelerar els procés de germinació en llenties serien de 0cm i 60cm, i amb això s'evidencia que la distància on es troba l'imant és important per tal d'influenciar d'una forma o altra les germinacions. Cal tenir en compte que amb aquesta experiència no podem observar com el magnetisme afecta a la futura producció de les germinacions.

El segon experiment realitzat s'ha basat en observar si una major influència magnètica accelera el creixement de les tomaqueres. Els resultats que vaig anar anotant al llarg de les setmanes que va tenir lloc l'experiment, m'han permès realitzar uns gràfics que demostren que la influència magnètica estimula el creixement vegetal. Les tomaqueres que estaven influenciades per imants de més intensitat són les que generalment, setmana rere setmana han obtingut unes mitjanes de creixement més elevat en comparació amb les tomaqueres del grup control i les tomaqueres influenciades per imants menys intensos. Tot i així, aquesta influència magnètica no suposa un efecte positiu en la productivitat de les tomaqueres tractades; els tomàquets d'aquestes no maduren correctament, molts d'ells cauen al terra abans de ser madurs i presenten forats al seu voltant. Els gràfics, a part de demostrar que la influència magnètica influeix

positivament al creixement vegetal, també demostren com les plantes que estan influenciades pel pol nord d'un imant es desenvolupen més ràpidament en comparació amb el creixement que efectuen les tomaqueres influenciades pel pol sud d'algun imant, ja que les que han estat influenciades pel pol nord d'un imant durant les primeres setmanes tenen un creixement més elevat que les altres. Aquest fet no suposa que les longituds finals siguin més elevades les de les tomaqueres influenciades pel pol nord, perquè les influenciades pel pol sud simplement es desenvolupen més tard, però acaben adquirint alçades similars.

Tant els resultats d'aquest experiment com els de la germinació no tenen actualment una explicació lògica. Tot i així es possible que el magnetisme afecti al metabolisme de les plantes, a les propietats de l'aigua que ha estat magnetitzada i al transport de nutrients en el medi de cultiu. D'aquestes tres suposicions només podem comprovar les dues últimes. I per tal de comprovar-ho en el meu experiment de les tomaqueres, he realitzat anàlisis de les propietats de l'aigua magnetitzada i no magnetitzada, i també anàlisis de la duresa i quantitat de anions que hi havia al sòl.

En els anàlisis de l'aigua he mesurat el pH, la quantitat d'oxigen dissolt i la conductivitat de tres mostres. Una d'elles estava afectada pel pol nord, una altra pel pol sud i la darrera mostra no estava afectada magnèticament. Els resultats de les dues primeres propietats (pH i oxigen dissolt) presenten petites diferències entre les tres mostres, fet que ens fa descartar que aquestes propietats siguin les responsables dels canvis de les plantes magnetitzades. Ara bé, si que s'han pogut apreciar canvis notables en la conductivitat de les mostres. La que ha resultat ser més conductora és la mostra influenciada per un pol sud, seguida per la influenciada per un pol nord i finalment la mesura més baixa ha estat per la mostra sense influència magnètica. Per tant, podria ser que la variació de la conductivitat fos una de les causes per les quals les plantes amb influència magnètica assoleixin longituds més altes.

El segon dels anàlisis ha estat la mesura de la quantitat de cations que hi ha en la terra de cultiu de les tomaqueres, i per tant he realitzat cinc dissolucions on la terra sigui procedent de les zones properes als imants, i una altre procedent de la terra sense influència magnètica. Les dissolucions amb una presència més gran de cations han estat les mostres que contien terra influenciada pel pol nord dels respectius imants. En

canvi, si la intensitat del imant pol sud és més gran, aquesta quantitat de cations disminueix. Un cop realitzades les dissolucions, també vaig mesurar la seva conductivitat, i novament els resultats han indicat que aquesta és més alta en les dissolucions que contenen terra de les zones influenciades amb imants pol nord; aquesta última mesura ens confirma que la conductivitat del sòl ha de tenir alguna relació amb els canvis que experimenten les plantes.

Per fer l'anàlisi d'anions vaig tenir la oportunitat de realitzar-lo a la depuradora de Vic que disposa d'un cromatògraf HPLC. Les dissolucions emprades han estat les mateixes que en l'anàlisi de duresa, i la dissolució que ha mostrat generalment una major concentració d'anions (sobretot de sulfats) també ha estat la que contenia terra propera als dos imants pol nord. La mostra amb les quantitats més baixes ha resultat ser la de la terra propera als dos imants pol sud. Per tant hi ha un paral·lelisme entre els resultats obtinguts en l'anàlisi de la duresa i en l'anàlisi d'anions.

Amb els resultats d'aquests anàlisis podem establir una certa relació amb els resultats obtinguts en l'experiment. En aquest, les plantes que s'han desenvolupat més ràpidament han estat les influenciades pel pol nord d'un imant, i amb els resultats d'aquests anàlisis podem concloure que el pol nord d'un imant estimula la presència d'anions (sobretot de sulfats) i cations, els quals suposarien una major quantitat de nutrients per a la planta, i per tant fa que hi hagi una major conductivitat. L'augment d'aquests factors podria ser la causa per la qual les plantes més properes al pol nord d'un imant es desenvolupen més ràpidament.

Tot i així, hi ha molts altres factors que poden causar aquesta variació de la concentració d'anions i cations en la terra, com podrien ser diversos bacteris i altres organismes vius com les mateixes plantes. Però per tal de trobar una explicació que relacioni els canvis que el magnetisme pot causar al creixement de les tomaqueres he acabat pensant una possible hipòtesi que es basa en els resultats obtinguts en els meus experiments. Així doncs, per tal d'explicar els diferents efectes que el pol d'un imant pot causar a les tomaqueres, he pensat que això pot dependre de la localització on ens trobem. Sempre partint del fet que els imants estiguin col·locats en direcció nord-sud, això podria fer que el pol sud d'un imant experimentés una repulsió pel fet de trobar-nos a l'hemisferi

nord i que per tant això sigui la causa d'aquest desenvolupament més lent que experimenten les tomaqueres que es veuen afectades per aquest pol.

Tot i que la meva hipòtesi (vegeu apartat VIII) no pot ésser comprovada, si que la podríem considerar com a possible d'acord amb els resultats obtinguts en els meus experiments. Perquè fins que no hi hagi una investigació capaç d'arribar a una conclusió evident que expliqui i justifiqui aquests canvis que experimenten les planes, la meva hipòtesi pot ser una de les moltes possibles explicacions que intenten trobar una resposta a aquestes causes que a dia d'avui són una incògnita.

Personalment, crec que aquest treball m'ha estat de gran ajuda, no tan sols per arribar a conèixer conceptes nous sobre el magnetisme que fins ara desconeixia, sinó que amb ell també he après com a elaborar experiments que requereixen una certa constància. Amb aquests, no només he après a dissenyar correctament un experiment, ja que també he hagut d'interpretar els resultats obtinguts per tal d'extreure unes conclusions. I degut a la manca d'informació referent a la part pràctica i per tant a les possibles causes dels canvis observats en els meus experiments, he hagut d'aprendre a pensar i a descartar possibles hipòtesis que s'adeqüessin a la situació obtinguda amb els experiments.

I és per això que la meva valoració del treball és molt positiva, perquè a més d'aprendre a seleccionar la informació de molts llibres i pàgines webs per la informació corresponent a la part teòrica, també he après a realitzar experiments i a extreure'n conclusions, fet que crec que si en un futur decideixo dedicar-me professionalment en l'àmbit científic em seran de gran ajuda tots aquests coneixements adquirits al llarg dels mesos que he realitzat aquest treball de recerca.

X. BIBLIOGRAFIA

Enciclopèdies

La enciclopedia del estudiante. Madrid, Santillana, 2005, volum 12.

Diccionario enciclopédico. Barcelona, Salvat, 1990, volum 14.

Diccionario enciclopédico. Barcelona, Salvat, 1990, volum 12.

Llibres

Paul.A Tipler: *Física para la ciencia y la tecnología* (volum 2 i 3). Barcelona, Editorial Reverté, 2000

BARDASANO, José Luis; de SANTA CRUZ, Alonso. *Bioelectromagnetismo, ciencia y salud*. Madrid, McGraw-Hill, 2006.

CUELLO, Josep; DOMÍNGUEZ, Antoni; PONS, Jordi. *Biología, materia de modalidad 1r de Batxillerat*. Barcelona, Barcanova, 2010.

MERCADÉ, Joan; SERRA, Salvador; ARMENGOL, Montserrat. *Física 2n Batxillerat*. Madrid, McGraw-Hill, 2009.

Articles de premsa

BOHIGAS, Xavier: “Refredament magnètic: ordre i desordre d’imants atòmics”. *Ciències* 19 (2011), aprofundim en ciència.

A. GONZÁLEZ ARIAS: “lo cierto y lo falso en el tratamiento magnético del agua y los combustibles”. *Revista Cubana de Física*, novembre 2008, pg. 101-105.

Webs

<http://es.scribd.com/doc/49962519/67/Origen-del-magnetismo>

<http://www.nichese.com/iman.es.html>

<http://www.ojocientifico.com/2011/03/06/tipos-de-iman.es>

<http://www.tiposde.org/ciencias-naturales/147-tipos-de-iman.es/>

<http://www.portalplanetasedna.com.ar/magnetismo.htm>

<http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/>

<http://www.scienceinschool.org/2011/issue20/em/spanish>

http://es.wikipedia.org/wiki/Momento_magn%C3%A9tico

http://www.euetii.upc.es/continguts/APUNTS/ENGINYERIA/1B/FONAMENTS%20DE%20F%C3%80SICA/TEORIA/cap16_fis.pdf

<http://www.jardineriadigital.com/huerto/germinacion-de-semillas.php>

<http://www.obsebre.es/>

http://www.windows2universe.org/physical_science/magnetism/sw_e_and_m.html&lang=sp

<http://www.intermagnet.org/>

<http://www.aaeem.org.ar/articulos/agua2.htm>

http://www.windows2universe.org/glossary/spiral_motion.html&lang=sp

<http://rpalomino7.wordpress.com/2011/10/16/magnetismo-campo-magnetico-de-iman.es/>

<http://es.scribd.com/doc/49962519/65/Imanes-naturales-y-artificiales>

<http://www.freewebs.com/xe3wma/imanartificial.html>

<http://www.ousferrats.com/2011/03/29/%C2%BFque-son-%C2%BF-para-que-sirven-las-tierras-raras-y-quien-las-maneja/>

<http://www.conacyt.gob.mx/comunicacion/Revista/201/Articulos/bioelectromagnetismo/bioelectromagnetismo01.htm>

http://www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Habitat_Urbano/Todo_sobre_el_Electromagnetismo

http://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/esp_ciencia_life17.htm

<http://www.rni.educ.ar/campos-electromagneticos/diferencia-campos-electromagneticos-no-ionizantes-radacion-ionizante.html>

<http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/es/>

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847205001711>

<http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2009/07/27/186829.php>

<http://www.agenciasinc.es/Noticias/El-tratamiento-magnetico-estimula-la-germinacion-de-semillas>

<http://www.jardineriadigital.com/huerto/germinacion-de-semillas.php>

http://www.tlahui.com/medic/medic24/magneto_josafat.htm

<http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=33028>

<http://html.rincondelvago.com/campos-magneticos-y-seres-vivos.html>

http://dialogue.adventist.org/articles/13_2_lee_s.htm

<http://www.pruebayerror.net/2012/04/como-detectan-las-aves-el-campo-magnetico-terrestre/>

<http://iselita858.wordpress.com/2008/03/04/magnetismo-terrestre/>

<http://www.bensoninstitute.org/Publication/Lessons/Sp/Agronomia/Fertilidad.asp>

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

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

http://es.wikipedia.org/wiki/Magnetismo_terrestre

[http://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_\(f%C3%ADsica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Im%C3%A1n_(f%C3%ADsica))

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

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

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

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

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

http://es.wikipedia.org/wiki/Ondas_electromagn%C3%A9ticas

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

http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica

http://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico

