

OPTIMITZACIÓ D'UN FILTRE DE GRANULOMETRIA CONTROLADA DESTINAT A SISTEMES DE REG AMB AIGUA MARINA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Superior d'Enginyeries Industrial,
Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa

Xavier Muñoz Gonzalez
Professor: Josep Garcia Raurich
15/01/2020



ÍNDEX

| | |
|---|----|
| Resum | 4 |
| 1 Introducció | 5 |
| 1.1 Globalització , tecnologia i societat | 5 |
| 1.2 Desenvolupament sostenible | 6 |
| 1.3 L'aigua: context actual..... | 7 |
| MEMÒRIA TEÒRICA | |
| 2 L'Aigua de mar | 12 |
| 2.1 Cicle hidrològic de l'aigua..... | 12 |
| 2.2 Molècula i estructura de l'aigua | 13 |
| 2.3 Composició de l'aigua de mar | 15 |
| 2.3.1 Principals elements d'aigua marina al món..... | 15 |
| 2.3.2 Influència de microorganismes..... | 16 |
| 2.3.3 Composició de l'aigua: Mars i oceans..... | 18 |
| 2.4 Propietats de l'aigua de mar..... | 20 |
| 3 Els substrats | 22 |
| 3.1 Definició i origen dels substrats..... | 22 |
| 3.2 Tipus de substrats | 23 |
| 3.3 Classificació dels minerals segons la seva grandària..... | 25 |
| 3.4 Partícules fines | 26 |
| 3.3 L'aigua al terreny..... | 27 |
| 3.3.1 Forces de retenció de l'aigua al sòl..... | 27 |
| 3.3.3 Composició del sòl | 30 |
| 4 Tècniques analítiques | 33 |
| 4.1 Humitat | 34 |
| 4.2 Residu sec..... | 34 |
| 4.3 Determinació de la conductivitat(Salinitat) | 34 |
| 4.4 Anàlisi volumètrica | 36 |
| 4.4.1 Volumetria àcid-base per a la determinació de carbonats i bicarbonats | 37 |
| 4.5 Mètodes instrumentals emprats en aquest TFG | 38 |
| 4.5.1 Potenciometria (pH-metria) | 38 |
| 4.5.2 Turbidimetria..... | 40 |
| 4.5.3 Conductimetria | 41 |
| 5 El cultiu de plantes | 42 |
| 5.1 Cicle de vida de les plantes..... | 42 |
| 5.2 Tipus de vegetals | 44 |





| | | |
|-----------------------------|--|----|
| 5.3 | Condicions essencials per a les plantes | 45 |
| 5.3.1 | pH | 45 |
| 5.3.2 | Interacció entre ions | 46 |
| 5.3.3 | Factors ambientals | 46 |
| 5.3.4 | Nutrients | 46 |
| 5.3.5 | Sals..... | 47 |
| 5.4 | Agricultura sostenible | 51 |
| 5.5.1 | L'aigua a l'agricultura | 52 |
| MEMÒRIA EXPERIMENTAL | | |
| 6 | Anàlisi preliminar | 55 |
| 6.1 | Anàlisi dels substrats..... | 55 |
| 6.1.1 | Granulometria..... | 56 |
| 6.1.2 | Residu sec..... | 57 |
| 6.1.3 | Sals solubles | 60 |
| 6.1.4 | pH | 66 |
| 6.1.6 | Carbonats | 67 |
| 7 | Disseny i construcció del model..... | 69 |
| 7.1 | Consideracions prèvies | 69 |
| 7.2 | Elements del model..... | 70 |
| 7.3 | Construcció..... | 73 |
| 7.3.1 | Procés | 73 |
| 7.3.2 | Error inicial de disseny..... | 76 |
| 7.3.3 | Vista del model | 77 |
| 7.3.4 | Funcionament..... | 79 |
| 8 | Proves experimentals | 83 |
| 8.1 | Metodologia d'anàlisi | 83 |
| 8.1.1 | Presa de mostres | 83 |
| 8.1.2 | Temporalitats..... | 83 |
| 8.1.3 | Paràmetres d'anàlisi..... | 84 |
| 8.1.4 | Alimentació d'aigua marina | 85 |
| 8.2 | Anàlisi de resultats | 86 |
| 8.2.1 | Seguiment de la humitat dels recipients | 86 |
| 8.2.2 | Evolució de la concentració de sals | 88 |
| 8.2.3 | Evolució de la Humitat..... | 89 |
| 8.2.4 | Evolució del pH | 90 |
| 8.2.5 | Evolució de les sals en funció de l'altura | 91 |



| | |
|--|-----|
| 8.2.6 Evolució de les sals per zones longitudinals i alçades en funció del temps. | 93 |
| 8.2.7 Evolució humitat per zones longitudinals i alçades en funció del temps. | 97 |
| 8.2.8 Difusió horitzontal de la concentració de sals | 101 |
| 8.2.9 Difusió horitzontal de la humitat | 104 |
| 8.2.10 Desviació estàndard de la humitat | 106 |
| 8.2.11 Mitjanes de la Salinitat | 107 |
| 8.2.12 Cultius disponibles | 108 |
| 8.2.13 Influència de l'alimentació d'aigua marina | 109 |
| 8.2.14 Rati Sals-Humitat | 110 |
| 9. Cost econòmic del projecte | 111 |
| 10. Diagrama de Gantt | 113 |
| 11. Conclusions | 116 |
| 12 Perspectives de futur..... | 118 |
| Agraïments | 119 |
| ANNEXOS | |
| 13.1 Corbes de calibratge | 121 |
| 13.1.1 Corbes de calibratge NaCl | 121 |
| 13.1.2 Corba de calibratge CaCl ₂ | 122 |
| 13.1.3 Corba de calibratge sal marina | 122 |
| 13.1.4 Comparació conductímetres | 122 |
| 13.2 Volumetria àcid-base carbonats..... | 123 |
| 13.3 Dades proves preliminars..... | 124 |
| 13.3.1 Mostres Sorra de sílice i sauló inicial | 124 |
| 13.4 Dades experimentals..... | 124 |
| 13.4.1 Conductivitat..... | 124 |
| 13.4.2 Humitat | 126 |
| 13.4.3 Terbolesa..... | 128 |
| 13.4.4 pH | 128 |
| 13.4.5 Pes de les mostres | 130 |
| 13.5 Evolució concentració aigua marina | 130 |
| 13.6 Càlcul d'errors de les corbes de calibratge | 131 |
| 13.7 Desviacions dels resultats | 135 |
| 13.8 Càlculs ratis humitat/sals..... | 137 |
| Bibliografia i Webgrafia | 138 |
| Figures i Taules | 141 |

Resum

L'increment de la població mundial té com a conseqüència un augment en el consum de recursos, de manera que en les següents generacions el problema serà encara més palpable, i s'hauran d'aplicar canvis en la metodologia en que la societat gestiona els recursos que té al seu abast, com utilitzar tecnologies que no utilitzin hidrocarburs, materials biodegradables, producció d'aliments i bens amb un cost mediambiental baix, i una llarga llista de modificacions que esdevinguin en una eficiència a l'hora de produir, i un sistema en el que el medi no es vegi afectat.

Un punt important esdevé la consciència mediambiental, ja que de manera gradual el món està canviant, i afecta també a la manera en que ens relacionem amb ell, i com obtenim el que ens interessa, per tant des de un punt de vista moral cal tenir cura de com s'utilitzen els recursos que ens ofereix el nostre planeta, i segon i no menys important, s'han de crear mètodes i mecàniques eficients i rentables econòmicament, per tal de que la nostra societat avanci, sense un gran cost humà.

Així doncs, l'objectiu principal d'aquest TFG és trobar una manera de fer més eficient el consum d'aigua, des de el punt de que sigui rentable la seva producció i utilització, per tal que en altres àrees es pugui utilitzar lliurement.

Tanmateix el fet de que l'aigua esdevindrà un dels recursos que més es necessitarà, probablement el que més, proporciona una imatge de com la societat ha d'aplicar aquestes opcions noves, és més el sector on més s'utilitza aigua "dolça" és en el sector agrari, i aquí recau tot el pes d'aquest projecte, poder crear un sistema que proporcioni aigua per conrear, utilitzant com a recurs l'aigua més abundant al planeta, l'aigua marina, de manera que amb un cost econòmic baix, aquesta aigua amb un gran contingut en sals, sigui viable per a la producció de diferents cultius.

Per a poder fer-ho possible, en aquest TFG s'estudia la construcció d'un model que conté canals per on es subministra aigua marina, amb un filtre de sorra d'una granulometria concreta, que permeti establir la zona de cultiu. Per això ha estat necessari determinar com es comporta l'aigua i els ions presents en aquesta, al llarg de tot el model, i així establir un nou paradigma per a futures investigacions.

1 Introducció

1.1 Globalització , tecnologia i societat

La tecnologia avança inexorablement en la nostra societat, amb un món més globalitzat, i per això cal afrontar nous reptes per que aquesta evolucioni tenint en compte aspectes sociològics, econòmics i mediambientals.

En efecte, hi ha tecnologies avui dia que permeten parlar fins a la societat de la societat de la comunicació i de la informació, lligades a un enorme desenvolupament de les comunicacions electròniques immediates, així com dels sistemes de transport , factors ambdós que han estat, són i seran determinats del canvi global que s'està intentant descriure.

L'actual societat de la comunicació i de la informació porta a descriure l'estat actual del món com el d'una gran transició caracteritzada per un canvi d'escala, en els nivells del coneixement i del comerç. Un estat, segons molts autors, característic del que si ha denominat freqüentment una crisi de civilització, en majúscules, equiparable al de les fases ecològiques, agrícola i industrial.

Hi ha també, unes tecnologies que estan permetent nous canvis radicals en els sistemes de producció, sistemes de producció que ara poden ser i son cada dia més:

- Massius, a ritmes cada cop mes accelerats i molt productius;
- Segmentables;
- Controlables a distancia;
- Ràpids i eficaços, en el transport de grans masses de volums de mercaderies que, per tant , permeten i alimenten noves formes d'organització de la producció, i la globalització deslocalitzada i dessectoritzada(o concentrada en el cas de 'agricultura) dels mercats de treball i de consum.[1]

1.2 Desenvolupament sostenible

Cal esmentar la definició més clàssica de desenvolupament sostenible, literalment es diu que “el desenvolupament es sostenible quan satisfà les necessitats de les generacions actuals sense hipotecar la capacitat de les generacions futures de satisfer les seves pròpies necessitats”.

En un moment històric de paradigma sociovital, allò més revolucionari i/o paradigmàtic del concepte rau d'entrada en el fet que , deixant de banda el principi d'equitat intergeneracional, és imprescindible introduir explícitament i en un primer pla, davant de les noves realitats que ens envolten, el principi d'equitat intergeneracional per tal que , com a mínim les generacions futures, pugin continuar lluitant sense que la seva pròpia existència en perill. És a dir, es necessari estendre, explícitament, la solidaritat cap a les generacions futures.

En un món finit, el creixement no pot ser sostingut i, segurament, ni ta sols el desenvolupament .El desenvolupament és i serà sostenible o no serà desenvolupament.[2]

Els principis bàsics d'actuació sostenible rauen en el control dels recursos i els residus que genera la societat, els quals compleixen tres normes fonamentals; un consum no excessiu dels recursos renovables, no posar al centre del consum els recursos no renovables, sinó que siguin una font per a trobar de renovables, i en quant a la generació de residus, gestionar-los responsablement aquests ,per tal que estiguin en sintonia amb el medi ambient.

En un terreny més planer i pragmàtic, Josep Puig fa una altra aportació practica interessat que permet aproximar aquest concepte a realitats de la vida quotidiana. Una activitat humana es sostenible quan:

- Usa materials en forma de cicles tancats
- Usa fonts d'energies netes i renovables
- Prové del potencial humà

En canvi, una activitat humana no és sostenible quan:

- Requereix inputs continus de recursos no renovables.
- Consumeix recursos renovables de manera més ràpida que el seu ritme de renovació.
- Causa una degradació acumulativa de l'entorn.
- Requereix recursos en quantitats que mai no poden ésser disponibles per tothom.
- Conduïx a l'extinció d'altres formes de vida.[3]

1.3 L'aigua: context actual

L'aigua és al centre del desenvolupament sostenible, eix fonamental per al desenvolupament socioeconòmic, la producció d'aliments i l'energia, per la preservació dels ecosistemes i per els mateixos éssers humans. L'aigua és el vector en l'adaptació del canvi climàtic, el vincle essencial i natural entre la societat i el canvi climàtic.

A mesura que la població mundial creix, la necessitat d'abastiment d'aigua augmenta; les necessitats comercials dels recursos hídrics per a les comunitats es major, i per tant, l'accés a l'aigua és una qüestió crucial per al desenvolupament de la societat.[4]

Segons s'estima, l'any 2050 el consum d'aigua augmentarà un 44% per a satisfer les demandes industrials i de la població. Com a conseqüència, esdevé de vital importància una manera diferent de gestionar l'aigua al món.

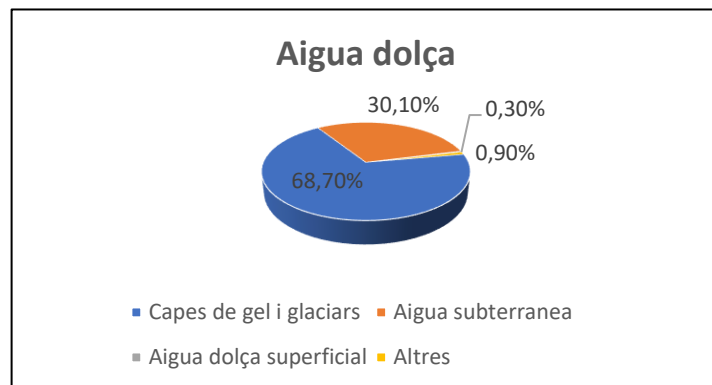


Figura 1.3.1 Aigua dolça[5]

La Terra conté uns 1.386 milions de quilòmetres cúbics d'aigua. La quantitat d'aigua que conté el nostre planeta no ha disminuït ni augmentat en els últims dos mil milions d'anys. El 97,5% de l'aigua es troba en els oceans, i el 2,5% és aigua dolça.

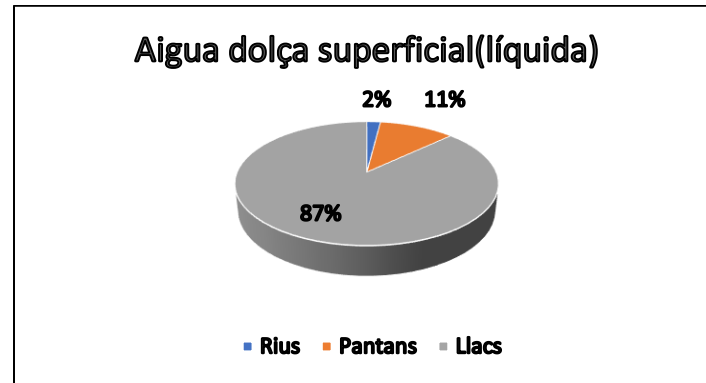


Figura 1.3.2 Aigua dolça superficial[6]

El 80% de l'aigua que es troba en els continents està en la superfície. El 20% restant es troba sota terra o en forma de vapor a l'atmosfera. Només el 2.5% de l'aigua que existeix en la Terra és aigua dolça. D'aquesta quantitat, el 0.5% es troba en dipòsits subterranis i el 0.01% en rius i llacs.

El 90% dels recursos disponibles d'aigua dolça del planeta estan a l'Antàrtida. Només el 0.007% de l'aigua existent en la Terra és potable, i aquesta quantitat es redueix any rere any a causa de la contaminació.[7]

| Localització | Porcentaje d'aigua total | Tipus d'aigua |
|------------------------------------|--------------------------|---------------|
| Mars i oceans | 96,50% | Salada |
| Casquets i glaciars polars | 1,74% | Dolça |
| Aigua subterrània salada | 0,94% | Salada |
| Agua subterrània dolça | 0,76% | Dolça |
| Glaciars continentals i permafrost | 0,02% | Dolça |
| Llacs d'aigua dolça | 0,01% | Dolça |
| Llacs d'aigua salada | 0,01% | Salada |
| Humitat del sòl | 0,001% | Dolça |
| Atmosfera | 0,001% | Dolça |
| Embassaments | 0,001% | Dolça |
| Rius | 0,001% | Dolça |
| Aigua biològica | 0,001% | Dolça |

Figura 1.3.3 Distribució aigua[6]

Per poder contextualitzar la situació de l'aigua, tant a nivell industrial, agrícola o particular, s'han de definir uns paràmetres de control que permetin clarificar com està la situació actual de l'aigua dolça.

Un paràmetre a tenir en compte, per a la contextualització de la situació de l'aigua és l'anomenada petjada hídrica: La petjada hídrica d'un individu, comunitat o comerç es defineix com el volum total d'aigua dolça que s'utilitza per a produir els béns i serveis consumits per l'individu o comunitat així com els produïts pels comerços. És un indicador que té en compte tant l'ús directe com indirecte per part del consumidor o productor.

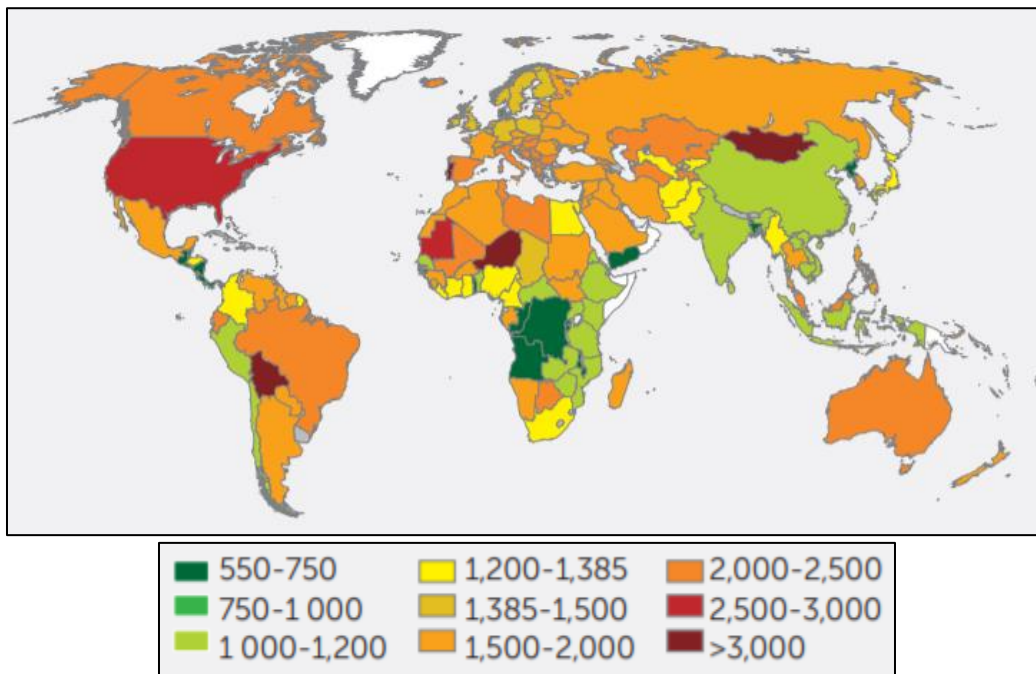


Figura 1.3.4 Mitjana de la petjada hídrica per país, mesurada en metres cúbics per any entre 1996 i 2005. Els països en verd presenten una petjada menor a la mitjana anual, mentre que els països en groc i vermell tenen un impacte major a la mitjana.[7]

Es calcula tenint en compte l'ús domèstic dels recursos hídrics i l'ús d'aigua procedent de l'estranger, i inclou tant l'aigua superficial com la subterrània, sense oblidar l'ús de la humitat del sòl per a finalitats agrícoles.

La petjada hídrica tanmateix, es calcula mitjançant un paràmetre que quantifica de manera virtual l'aigua

necessària per produir béns i serveis, dins d'un país, tant per al consum intern, com per a l'exportació.

És un concepte creat en 1993 per l'investigador britànic John Anthony Allan, professor de la Universitat de Londres, que va ser premiat amb el Stockholm Water Prize l'any 1993 per desenvolupar un mètode de càlcul de l'aigua utilitzada en la fabricació de productes, en un concepte que s'ha dit aigua virtual.[8]

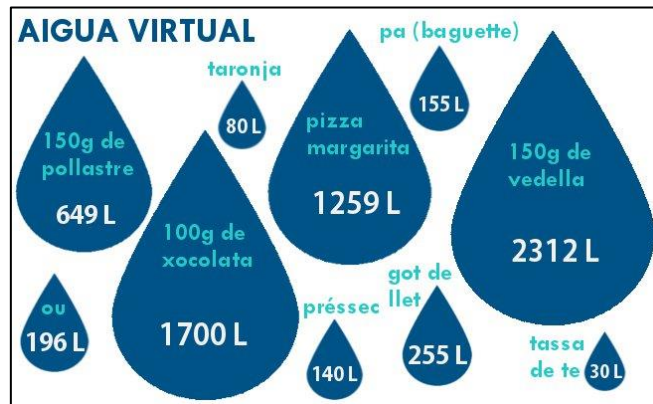


Figura 1.3.5 Aigua virtual[9]



CAPÍTULS TEÒRICS

Fonamentació teòrica de les experiències

2 L'Aigua de mar

2.1 Cicle hidrològic de l'aigua

El cicle hidrològic és el responsable de la contínua redistribució de l'aigua terrestre a escala global. Aquesta redistribució, encara que molt irregular i desigual en les diferents zones de la Terra i al llarg del temps, proporciona els subministraments d'aigua dolça a les zones continentals que són imprescindibles per als éssers vius que les habiten i, en un altre ordre i dins de certs límits, cobreix les necessitats d'aigua dels assentaments humans al llarg del temps.

Encara que el motor del cicle és l'energia solar que origina l'evaporació de l'aigua líquida, i per tant el seu pas a l'atmosfera, resulta també fonamental el paper de la gravetat, gràcies a la qual cauen les precipitacions i retornen les aigües continentals als oceans.

Les diferents etapes en el cicle hidrològic són les següents:

- **Evaporació:** L'evaporació converteix l'aigua líquida en molècules gasoses de vapor d'aigua, a causa de la radiació solar. Aquest canvi d'estat implica una absorció de calor, necessari perquè les molècules líquides trenquin els ponts d'hidrogen que les uneixen i passin a l'estat gasós. La quantitat de vapor d'aigua present en l'aire és el que es coneix com a humitat de l'aire, quantitat que és molt variable d'unes regions a unes altres.
- **Transpiració:** la transpiració és el transport i evaporació d'aigua des del sòl a l'atmosfera a través de les plantes, principalment a través de les fulles. Mentre els estomes estan oberts i l'aigua s'evapora en les fulles, les arrels incorporen aigua des del sòl i el transport ascendent de l'aigua en la planta és continu. L'efecte combinat de la transpiració de les plantes i l'evaporació del sòl rep el nom de evapotranspiració.



Figura 2.1.1 Cicle hidrològic[10]

- **Condensació:** Els moviments ascendants de l'aire en l'atmosfera eleven el vapor d'aigua, i a més a més els vents el transporten a grans distàncies. Ara bé, l'aire en elevar-se es refreda, aproximant-se progressivament a la saturació, pel fet que la quantitat de vapor d'aigua que l'aire necessita per a saturar-se és tant menor quant menor sigui la temperatura.
- **Precipitació:** Perquè les precipitacions es produeixin és necessari que les gotes d'aigua que formen els núvols augmentin de grandària entre deu i cent vegades, moment en el qual la gravetat les farà caure a la superfície de la terra.[12]

2.2 Molècula i estructura de l'aigua

L'aigua té una estructura molecular simple, la qual està composta per un àtom d'oxigen i dos d'hidrogen. Cada àtom d'hidrogen es troba unit mitjançant un enllaç covalent a l'oxigen, tot compartint un parell d'electrons d'enllaç. L'oxigen té, a més a més, dos parells d'electrons no enllaçats. D'aquesta manera existeixen quatre parells d'electrons envoltant a l'àtom d'oxigen: dos parells formant part dels enllaços covalents amb els àtoms d'hidrogen i dos parells no compartits en el costat oposat.

D'altra banda, l'oxigen és un àtom electronegatiu, a diferència de l'hidrogen.[9]

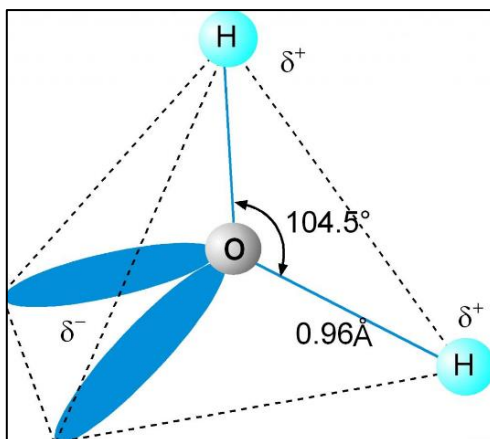


Figura 2.2.1 Angles molècula d'aigua[13]

Com a conseqüència, l'aigua és una molècula polar, es a dir, existeix en ella una distribució irregular de la densitat electrònica. Per aquesta raó, l'aigua posseeix una càrrega parcial negativa prop de l'àtom d'oxigen i una càrrega parcial positiva prop dels àtoms d'hidrogen.

Els enllaços O—H es formen per solapament d'un orbital sp^3 oxigen (l'oxigen presenta quatre orbitals híbrids sp^3 , disposats segons els vèrtexs d'un tetraedre) i un orbital 1s de l'hidrogen.

Els àtoms d'hidrogen de la molècula d'aigua es localitzen en dos vèrtexs del tetraedre, mentre que els dos parells d'electrons de l'oxigen que no participen en l'enllaç es localitzen en els altres dos vèrtexs.

Tot i que la càrrega neta de la molècula d'aigua és zero, presenta una certa polaritat a causa de la diferència d'electronegativitats entre l'oxigen (3,5) i l'hidrogen (2,1), en l'escala de Pauling. Aquesta diferència de polaritat entre els àtoms d'oxigen i hidrogen comporta a la deformació del núvol electrònic de l'enllaç, afavorint que els electrons es trobin més prop de l'oxigen que de l'hidrogen, d'aquesta forma l'oxigen té una certa densitat de càrrega negativa i l'hidrogen una certa densitat de càrrega positiva, formant un dipol permanent.[14]

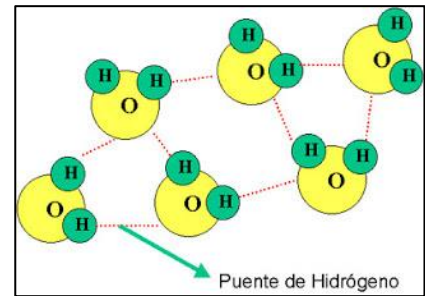
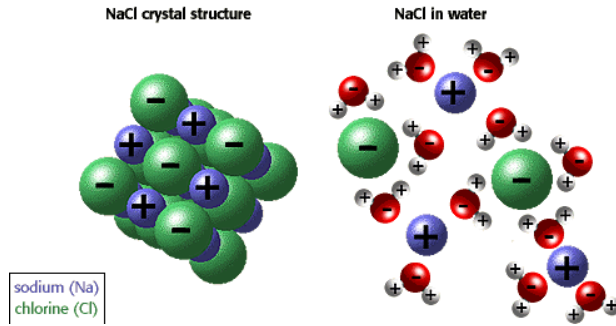


Figura 2.2.2 Ponts d'hidrogen a l'aigua[15]

Moltes de les propietats úniques de l'aigua són degudes als ponts d'hidrogen. Es pot posar com exemple el gel, aquest sura perquè els ponts d'hidrogen mantenen a les molècules d'aigua més separades en l'aigua sòlida que en l'aigua líquida, on hi ha un enllaç d'hidrogen menys per cada molècula.

Les propietats físiques úniques, incloent una alta calor de vaporització, una forta tensió superficial, una calor específica alta i el fet de ser gairebé el dissolvent universal, també són degudes a la polaritat de l'aigua i a la seva capacitat de formar enllaços per ponts d'hidrogen. L'efecte hidrofòbic, o l'exclusió de compostos que contenen carboni i hidrogen (substàncies no polars) és una altra de les propietats úniques de l'aigua causades pels enllaços d'hidrogen. L'efecte hidrofòbic és particularment important en la formació de membranes cel·lulars.

Una atracció electrostàtica entre la càrrega parcial positiva pròxima als àtoms d'hidrogen i la càrrega parcial negativa pròxima a l'oxigen dona lloc a un enllaç per pont d'hidrogen, com es mostra en la figura 2.2.2.



La capacitat dels ions i altres molècules per a dissoldre's en l'aigua és deguda a la polaritat d'aquesta última. Per exemple, com mostra la figura 2.2.3. el clorur sòdic en la seva forma cristal·lina i dissolt en aigua[15]

Figura 2.2.3 Molècula de NaCl,, dissolta en aigua, mostrant la capacitat de dissoldre la sal.[15]

2.3 Composició de l'aigua de mar

2.3.1 Principals elements d'aigua marina al món

Les aigües naturals adquireixen les seves característiques químiques per dissolució i per reaccions químiques amb sòlids, líquids i gasos, amb les quals han entrat en contacte durant les diverses parts del cicle hidrològic. Les aigües varien en la seva composició química, però aquestes variacions són almenys parcialment comprensibles si es considera la història ambiental de l'aigua i les reaccions químiques dels sistemes roca-aigua-atmosfera. La matèria mineral dissolta s'origina en els materials de l'escorça de la terra quan l'aigua es desintegra i dissol les roques minerals. Aquesta acció es veu complementada per la del CO₂.El resultat global és la formació d'òxids, carbonats i silicats.

| | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--|---|---|---|--|--|--|------------|
| H H ₂ O -1.74 -1.74 | | | | | | | | | He 8.8 |
| Li Li ⁺ 4.6 | Be BeOH ⁺ (?) 9.2 | B H ₃ BO ₃ , B(OH) ₄ 3.39 | C HCO ₃ 2.64 | N N ₂ , NO ₃ 3.0 | O H ₂ O, O ₂ -1.74 -1.74 | F F ⁻ , MgF ⁺ 4.17 | | | Ne 8.15 |
| Na Na ⁺ 0.33 | Mg Mg ²⁺ , (MgSO ₄) 3.57 | Al Al(OH) ₄ 1.27 | Si H ₄ SiO ₄ 3.77 | P HPO ₄ ²⁻ (MgPO ₄) 7.1 | S SO ₄ ²⁻ (Na ₂ SO ₄) 4.05 | Cl Cl ⁻ 5.3 | | | Ar 6.96 |
| K K ⁺ 1.99 | Ca Ca ²⁺ , (CaSO ₄) 4.23 | | | As HAsO ₄ ²⁻ 1.99 | | Se SeO ₃ ²⁻ 3.42 | Br Br ⁻ 0.26 | | Kr 6.96 |
| | Sr Sr ²⁺ 4.15 | | | | | | I I ⁻ , IO ₃ 6.3 | | |
| | Ba Ba ²⁺ 6.8 | | | | | | | | |

Major Species⁽¹⁾
Conc. Seawater - log M⁽²⁾
Conc. River water - log M⁽³⁾

Figura 2.3.1.1. Alguns dels element més importants en les aigües naturals, amb la seva concentració. Hi ha elements que per acció biològica s'esgoten en les aigües superficials tals com el P i el N. Les espècies en parèntesis són pars d'ions importants en l'aigua de mar. Les concentracions estan en Mols (mol/l) vàlides per a aigua de mar de P. G Brewer en química Oceanography Vol. 1, J. P Riley i G. Skirrow, eds., Academic, Nova York, 1975 de A.Sr. Livingsstone, components químics de rius i llacs, O. S Geological Survey Paper.no 440G, 1963.[16]

La figura 2.3.1.1. mostra els principals soluts dissolts en aigua de mar. La composició de l'aigua de mar es normalment constant, i les aigües dels diferents oceans difereixen molt poc les unes de les altres. A més a més, la hipòtesi més generalitzada pels registres geològics, considera que la composició de l'aigua de mar ha estat relativament constant en els últims 100 milions d'anys. Estudiant la distribució de freqüències de diversos components de les aigües terrestres, donada a la figura 2.3.2.1.2, fa evident que molts dels components aquàtics mostren poca variació natural en les seves concentracions. [16]

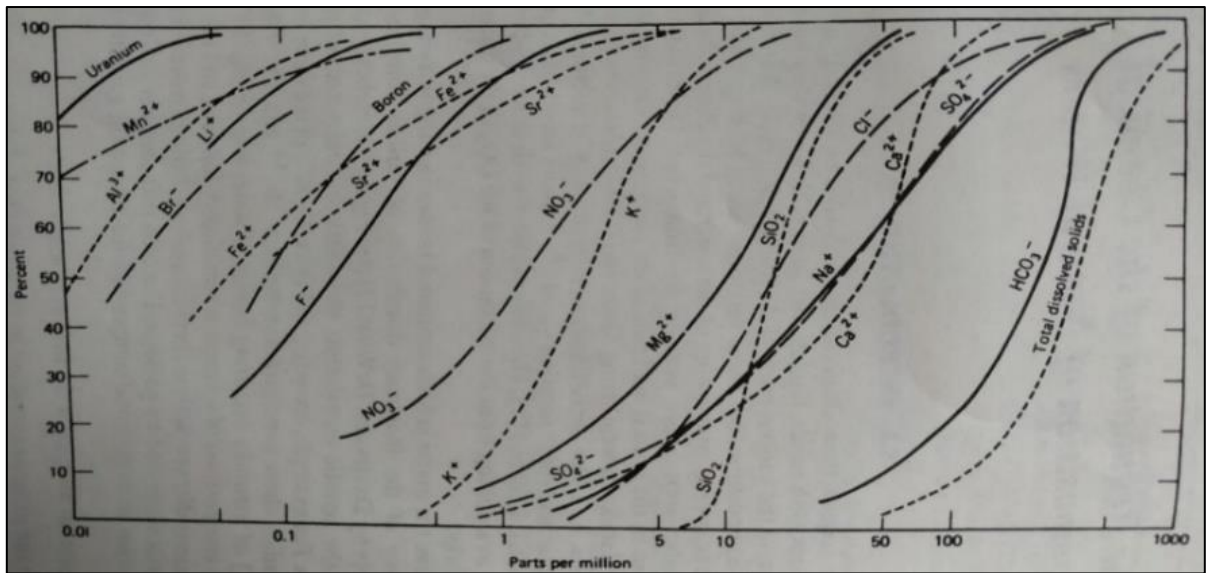


Figura 2.3.1.2. Les corbes acumulatives exhibeixen la distribució de freqüències de diversos components en l'aigua terrestre. Les dades són principalment dels Estats Units.[17]

2.3.2 Influència de microorganismes

Els organismes aquàtics influeixen en la concentració de moltes substàncies, directament en la captació metabòlica, la transformació, l'emmagatzematge i l'alliberament. Per a comprendre la química d'un hàbitat aquàtic, cal tenir en compte la relació causal i recíproca entre els organismes i el seu entorn.

Els enllaços rics en energia es produeixen com a resultat de la fotosíntesi, distorsionant així l'equilibri termodinàmic. Els bacteris i els seus organismes catalitzen els processos redox que tendeixen a restaurar l'equilibri químic. [18]

En una producció $P = DP/dt$ (taxa de producció de material orgànic = biomasses algals) i la respiració heterotòpica R (taxa de destrucció de material orgànic) caracteritzen químicament aquest estat estacionari per una estequiometria simple.

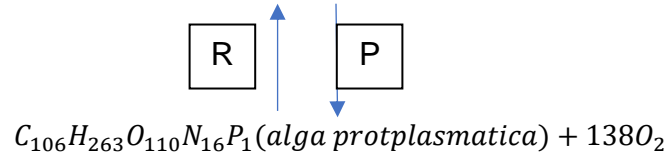
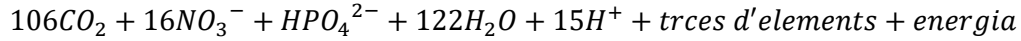


Figura 2.3.2.1. Reacció de producció de material orgànic mitjançant la fotosíntesi, [18]

El flux d'energia a través del sistema està acompanyat de cicles de nutrients i altres elements. Com tots els ecosistemes, llacs i els seus voltants i oceans contenen una comunitat biològica (productors primaris, diversos nivells tròfics de descomponedors i consumidors) en els quals el flux d'energia es reflecteix en l'estructura tròfica en cicles materials .

Una segregació vertical dels elements nutricionals es produeix en els llacs (durant el període d'estancament) i en l'oceà. Durant la fotosíntesi el nitrogen (NO_3^- o NH_4^+) i el fòsfor es consumeixen juntament amb el carbó (CO_2 o HCO_3^-) en la proporció C/N/P = 106:16:1. Com a conseqüència de la respiració aquests elements s'alliberen una altra vegada en aproximadament la mateixa proporció.

Un ecosistema ben equilibrat pot caracteritzar-se per un estat estacionari entre la producció de fotosíntesi i les funcions respiratòries poden ser segregades verticalment en un llac o en el mar. En les aigües superficials els nutrients arriben a ser exhaurits per la fotosíntesi.

La constància relativa de la composició de la biomassa aquàtica , la captació (P) i l'alliberament (R) d'elements nutricionals en proporcions relativament constants és responsable d'una covariància de carboni, nitrat i fòsfor en llacs (durant períodes d'estancament) i l'Oceà ; un augment en la concentració d'aquests elements s'acompanya d'una disminució en l'oxigen dissolt. Les proporcions constants C:N: P:O₂ típicament observades en aquestes aigües són causades per l'estequiometria dels processos (C i d)

La formulació estequiomètrica de l'equació de la producció de fotosíntesi es reflecteix de la llei de Liebig del mínim.

Simultàniament el fòsfor dissolt i nitrogen donen com a resultat l'assimilació fotosintètica.[18] Inferim que el nitrogen i el fòsfor junts determinen l'abast de la producció orgànica si no es consideren desviacions temporals i locals.

2.3.3 Composició de l'aigua: Mars i oceans

La sal dissolta en l'aigua de mar té components importants notablement constants, Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , K^+ , Ca^+ , i Na^+ . Les seves relacions de l'un a l'altre són molt constants. Aquesta constància no s'estén a tots els components, especialment no aquells elements importats per microorganismes a l'aigua de mar superficial, per als altres elements, no afectats per acció biològica, les proporcions de l'element a la sal total, en la superfície i l'aigua de mar profunda, no es modifica.

| Constituent | Salinitat S=35‰ g/kg) | Salinitat(%) | Clor equivalent(g/kg) | Clor equivalent(mol/Kg) | Temps de residencia(anys) |
|----------------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Na+ | 10,77 | 1,077 | 0,556 | 0,0242 | 7,7 |
| Mg+ | 1,29 | 0,129 | 0,068 | 0,0027 | 7 |
| Ca ²⁺ | 0,411 | 0,0411 | 0,02125 | 0,00053 | 5,9 |
| K+ | 0,399 | 0,0399 | 0,0206 | 0,000527 | 6,7 |
| Sr ²⁺ | 0,0079 | 0,00079 | 0,00041 | 0,000047 | 6,6 |
| Cl- | 19,354 | 1,9354 | 0,9989 | 0,0282 | 7,9 |
| (SO ₄) ²⁻ | 2,7212 | 0,27212 | 0,14 | 0,0146 | 6,9 |
| HCO ₃ ⁻ | 0,1424 | 0,01424 | 0,00735 | 0,00012 | 4,9 |
| Br- | 0,0673 | 0,00673 | 0,00348 | 0,000044 | 8 |
| F- | 0,0013 | 0,00013 | 0,0000067 | 0,0000035 | 5,7 |
| B | 0,0045 | 0,00045 | 0,000232 | 0,0000213 | 7 |

Figura 2.3.2.2 Concentracions de ions més freqüents a l'aigua de mar.[19]

Les proporcions relatives mitjanes dels ions principals en l'aigua de mar i el riu són molt diferents. La concentració d'aigua del riu no es produïda per l'aigua oceànica. Si l'aigua mitjana del riu es concentra per evaporació, una varietat de minerals precipitaria i la relació entre els elements canviaria. A més, el material dissolt present en l'oceà és només una petita fracció de la qual es lliura a l'oceà pels rius amb moviments geològics.

Tanmateix els ions són retirats de l'oceà aproximadament tan ràpid com són subministrats pels rius. Així, els processos de remoció exerceixen el major control sobre la composició química de l'aigua de mar.

| Element | Concentració(pC) | Concentració (M) | Temps de residència(anys) | Element | Concentració(pC) | Concentració (M) | Temps de residència(anys) |
|---------|------------------|------------------|---------------------------|---------|------------------|------------------|---------------------------|
| He | 8,8 | 1,585E-09 | | As | 7,3 | 5,012E-08 | 5 |
| Li | 4,6 | 2,512E-05 | 6,3 | Kr | 8,6 | 2,512E-09 | |
| B | 3,39 | 4,074E-04 | 7 | Rb | 5,85 | 1,413E-06 | |
| N | 1,97 | 1,072E-02 | 6,3 | Mo | 7 | 1,000E-07 | 5 |
| F | 4,17 | 6,761E-05 | 5,7 | Ag | 9,4 | 3,981E-10 | 5 |
| Ne | 8,2 | 6,310E-09 | | Cd | 9 | 1,000E-09 | 4,7 |
| Al | 7,1 | 7,943E-08 | 2 | Sn | 10 | 1,000E-10 | |
| Si | 4,1 | 7,943E-05 | 3,8 | Sb | 8,7 | 1,995E-09 | 4 |
| P | 5,7 | 1,995E-06 | 4 | I | 6,3 | 5,012E-07 | 6 |
| Ar | 6,96 | 1,096E-07 | | Xe | 9,4 | 3,981E-10 | |
| V | 7,3 | 5,012E-08 | 5 | Cs | 8,5 | 3,162E-09 | 5,8 |
| Cr | 8,2 | 6,310E-09 | | Ba | 6,8 | 1,585E-07 | 4,5 |
| Mn | 8,4 | 3,981E-09 | 4 | W | 9,3 | 5,012E-10 | |
| Fe | 7,5 | 3,162E-08 | 2 | Au | 10,7 | 1,995E-11 | 5 |
| Co | 9,1 | 7,943E-10 | 4,5 | Hg | 9,8 | 1,585E-10 | 5 |
| Ni | 7,6 | 2,512E-08 | 4 | Pb | 9,7 | 1,995E-10 | |
| Cu | 8,1 | 7,943E-09 | 4 | Th | 10,4 | 3,981E-11 | |
| Zn | 4,9 | 1,259E-05 | 4 | U | 7,9 | 1,259E-08 | 3,3 |

Figura 2.3.3.1 Concentracions de ions menys presents a l'aigua de mar.[20]

S'han de mencionar dos conceptes principals sobre el control de la composició de l'aigua de mar:

- Els equilibris químics de subministrament de components individuals i la interacció entre cicles biològics i cicles de mescla. Evidentment, el mar és un sistema obert i dinàmic amb entrades i sortides, variables de massa i energia per a les quals l'estat d'equilibri es construeix.
- El temps en que es controla l'equilibri, ja que, en considerar els equilibris i la cinètica en els sistemes oceànics, és útil recordar que és necessari identificar diferents escales de temps per als diferents processos. Quan una reacció particular d'una fase o espècie té, dins de l'escala de temps, un rati insignificant, és permissiu definir un estat d'equilibri estable. De la mateixa manera, en un sistema, quan la condició de temps es invariant, considerant un cert volum, s'aproxima a l'equilibri químic quan el temps de residència és prou gran, relatiu a l'escala de temps apropiada de la reacció.[21]

2.4 Propietats de l'aigua de mar

Les principals propietats a tenir en compte de l'aigua de mar, són la relació que existeix entre la temperatura, salinitat, densitat i pH.

Com ha quedat exposat en el capítol de la composició de l'aigua, la sal marina conté en majoria clorurs, carbonats i sulfats, essent el clorur de sodi, la sal més abundant en tots els oceans; aquesta salinitat, es presenta com una propietat molt important de l'aigua, modificant la seva densitat, i la seva conductivitat; la següent taula mostra la relació entre la salinitat i la densitat, a una certa temperatura:

| Temperatura (°C) | Salinitat(ppm) | | | | |
|---------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| | Densitat(Kg/m3) | | | | |
| 0 | 16.04 | 20.06 | 24.08 | 28.1 | 32.16 |
| 5 | 15.84 | 19.78 | 23.73 | 27.68 | 31.64 |
| 10 | 15.31 | 19.18 | 23.07 | 26.96 | 30.86 |
| 15 | 14.48 | 18.3 | 22.13 | 25.97 | 29.82 |
| 20 | 13.39 | 17.17 | 20.96 | 24.75 | 28.56 |
| 25 | 12.07 | 15.82 | 19.57 | 23.34 | 27.12 |

Figura 2.4.1. Relació entre la salinitat i la densitat, a diferents temperatures.[22]

Per tant la densitat augmenta, lògicament, conforme augmenta la salinitat, en canvi, també òbviament, la densitat disminueix conforme s'augmenta la temperatura.

Mantenint aquesta premissa, i canviant el paràmetre a estudiar, es pot observar un canvi en la conductivitat de l'aigua per la presència de sals dissoltes:

| Temperatura (°C) | Salinitat(ppm) | | | | |
|---------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| | Conductivitat(S/m) | | | | |
| 0 | 1.745 | 2.137 | 2.523 | 2906 | 3.285 |
| 5 | 2.015 | 2.466 | 2.909 | 3.346 | 3.778 |
| 10 | 2.300 | 2.811 | 3.313 | 3.808 | 4.297 |
| 15 | 2.595 | 3.170 | 3.735 | 4.290 | 4.837 |
| 20 | 2.901 | 3.542 | 4.171 | 4.788 | 5.397 |
| 25 | 3.217 | 3.926 | 4.621 | 5.302 | 5.974 |

Figura 2.4.2. Relació entre la salinitat i la conductivitat, a diferents temperatures.[22]

Amb la conductivitat però, augmenta conforme la temperatura es major, i també ,
 conforme augmenta la salinitat , augmenta la conductivitat d'aquesta.

Aleshores, la conductivitat de l'aigua de mar s'explica per la quantitat de sals dissoltes que
 hi han presents, compostos iònics que mitjançant un moviment energètic entre cations i
 anions, permet la conductivitat elèctrica en el medi, medi que es polar, per la densitat
 electrònica polaritzada que presenta l'aigua.

Si es té en compte la profunditat, a major profunditat, la salinitat disminueix:

| Temperatura [°C] | Salinitat [ppm] | Profunditat [m] |
|------------------|-----------------|-----------------|
| 26.44 | 37.45 | 0 |
| 18.21 | 36.02 | 50 |
| 14.44 | 35.34 | 100 |
| 9.47 | 35.11 | 500 |
| 6.17 | 34.9 | 1000 |
| 5.25 | 34.050 | 1500 |

Figura 2.4.3. Relació entre la salinitat i la profunditat, a diferents temperatures.[23]

L'aigua del mar és lleugerament alcalina, estant els
 seus valors compresos entre un valor de pH 7,4 i
 8,5. Una acidificació (per sota de 7,4) o una
 alcalinització (per sobre de 8,5) de l'oceà suposaria
 un canvi respecte a les condicions de vida en el mar
 com el coneixem ara mateix. El pH de l'aigua de mar
 es manté contínuament alterat, des de l'absorció de
 CO₂ per part del mar, l'emissió de gasos de les plantes
 marines, fins a totes les deixalles de peixos i les
 deixalles humanes.

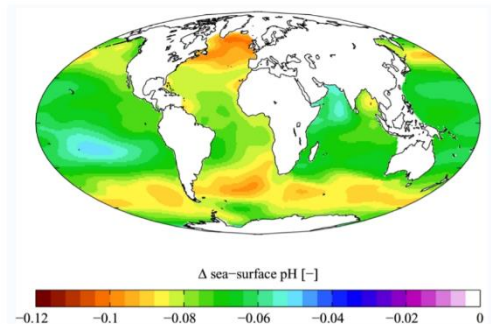


Figura 2.4.4. pH als mars i oceans[25]

Per tant, el pH es manté aproximadament constant voltant del món, sent afectat
 majorment per dos factors:

- L'oceà absorbeix gran part del CO₂ emès (ajudant a eliminar gasos d'efecte d'hivernacle, o que el seu efecte sigui menys pronunciat)
- Del CO₂ absorbit part es transforma en àcid carbònic HCO₃. [24]

3 Els substrats

3.1 Definició i origen dels substrats

S'entén com a substrat una massa de terra que actua com a suport de la part habitable, no artificial, de la terra que permet conrear tot tipus d'aliments. Ara bé, des del punt de vista geològic el substrat es defineix com la massa de terra que rodeja la capa més superficial de l'escorça terrestre; aquesta capa terrestre, pot mesurar des de 1 m de profunditat fins a desenes de metres, depenent del lloc.

L'escorça de la terra, està formada per tres tipus de roques: ígnies, metamòrfiques i sedimentàries, classificades per el seu origen. Es diferencia entre:

-Sòl: Anomenat també roca en estat lliure, sediment no molt consolidat, o producte de meteorització, es tot agregat natural de partícules minerals, resultat de la alteració química o física de les roques, separable per medis mecànics de baixa intensitat.

-Roca: Agregat natural de partícules minerals, unides per forces cohesives, potent i permanent. Sovint es considera roca, si la seva resistència a la compressió simple, sense drenatge, es major a 5Kg/cm². [26]

Segons on estigui situat el sòl, es classifica com a sòl residual, si està en el mateix lloc de meteorització, o bé com a sòl transportat si està en diferent lloc meteorització.



Figura 3.1.1 Sòl [27]

3.2 Tipus de substrats

Els substrats es poden definir de diferents maneres, en quant es parla de la utilitat per a conreu, es pot definir com substrat inert o actiu, per la seva capacitat d'intercanvi catiònic, o per la capacitat d'emmagatzemar nutrients:

- Inerts: son químicament inerts, ja que no intervenen en el procés d'absorció i fixació de nutrients, per el que han d'estar fertilitzats, exemples poden ser sorra granítica, grava roca volcànica o perlita.
- Actius : químicament actius, serveixen com a suport al cultiu, i a la vegada, actuen com a depòsit de nutrients per aquesta, exemples poden ser vermiculita, escorça de pi o materials ligne-cel·lulòsics.



Figura 3.2.1 Sòl actiu[28]

També es poden classificar per el seu origen orgànic o no, i si son d'origen orgànic s'han de diferenciar entre:

- Substrats orgànics de síntesi: Polímers orgànics no biodegradables que s'obtenen mitjançant processos de síntesi, tals com espumes de poliuretà , poliestirè expandit...
- D'origen natural: caracteritzats per estar sotmesos a descomposició.



Figura 3.2.2 Palla de cereals[29]

- Subproductes de diferents activitats agrícoles , industrials i urbanes: Aquests substrats s'han d'adequar per al seu ús com a substrats, experimentat un procés de compostatge; exemples d'aquests substrats són closca d'arròs, palla de cereals, fibra de coco, residus d'alts forns...

Substrats d'origen inorgànic:

- D'origen natural. S'obtenen a partir de roques o minerals d'origen diversos, modificant-se moltes vegades de manera lleugera, mitjançant tractaments físics senzills, com granulometries, exemples d'aquest tipus de substrat serien grava, sauló, sorra de sílice, terra volcànica, escorça de pi...
- Transformats o tractats a partir de roques o minerals: mitjançant tractaments físics per a obtenir les característiques físiques desitjades, tals com la perlita, llana de roca o argila expandida.
- Residus i subproductes industrials. Comprèn els materials procedents de molt diferents activitats industrials (escòries de forn alt, estèrils del carbó, per citar algun exemple).[28]

En aquest treball s'utilitzaran dos tipus de substrat, el substrat que actuarà com a filtre, i el substrat que actuarà de terra de conreu, un substrat en el que es podrà observar l'evolució de l'aigua marina. S'anomenaran de la següent manera:

-Sorra de sílice: sorra que actuarà com a filtre; és un conjunt de partícules de pedres desgranades, de granulometria voltant al mm de diàmetre. Aquesta sorra té com a origen la zona costera de Catalunya, és a dir, la platja.

-Sauló: substrat que actuarà com a terra de conreu, sòl residual produït per la descomposició del granit, l'origen d'aquest substrat és coneix com a 'sorra de morter', amb una granulometria específica de menys de 0,4 mm de diàmetre.



Figura 4.2.3 Sauló[29]



Figura 4.2.4 Sorra de Sílice[30]

3.3 Classificació dels minerals segons la seva grandària

La granulometria dóna una valuosa informació de la edafogènesis. Les propietats físico-químiques del sòl estan en relació amb la textura i l'estructura que influeixen al seu torn en la fertilitat. Per a fer una anàlisi granulomètrica s'ha de fer sobre terra fina, destruint la matèria orgànica. Les partícules gruixudes es tamisen, i les fines se separen per decantació. Els carbonats es dissolen en àcids.

Els oxihidroxídeos formen ponts entre diverses partícules, per la qual cosa quan abunden s'han d'eliminar. Una vegada classificats es realitzen corbes acumulatives.

Les partícules es classifiquen segons la grandària en pedres i graves (>2mm), sorres (2mm-50µm), llims (50µm a 2µm), argiles o fracció fina (<2µm).[31]

Per a classificació de les textures, s'usa el triangle de textures, en percentatges de sorra, llim i argila. Així es defineix textura sorrenca, llimosa, argilènca i equilibrada, Cadascun amb més característiques específiques. La majoria dels minerals primaris es troben en les fraccions llims i sorres. Les fraccions fines estan formades, sobretot, per minerals secundaris. La textura calcària es troba en totes les fraccions.[32]

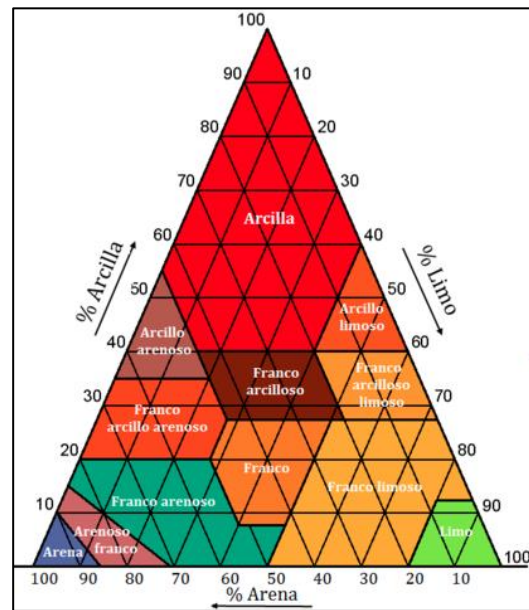


Figura 3.3.1 Triangle textures[33]

3.4 Partícules fines

La fracció fina esta constituïda , en gran part, per argiles mineralògiques; no obstant això el quars, present gairebé sempre, pot ser, en certs casos l'element dominant. Les argiles mineralògiques tendeixen a fer-se exclusives en les fraccions mes fines.

Encara que les argiles presenten una estructura cristallina molt fina, presenten, com l'humus, propietats particulars degudes a les seves càrregues elèctriques , sigui en estat dispers, en repel·lir-se mútuament les molècules de la mateixa càrrega, sigui en estat floculat, quan les càrregues estan neutralitzades. Les propietats lligades a les càrregues elèctriques de les partícules fines són anomenades amb freqüència propietats col·loïdals.

Segons la naturalesa de les càrregues, es distingeixen en el sòl dos grans tipus de col·loïdes:

- Col·loïdes electropositius : carregats positivament, són els hidrats de Ferro i alumini, es comporten com a bases febles, es dispersen en medi àcid, i floculen en medi alcalí.
- Els col·loïdes electronegatius: amb molt el més abundant del sòl, estan carregats negativament. Segons la seva afinitat amb l'aigua es subdivideixen en col·loïdes hidròfobs, partícules envoltades per un fi film d'aigua, i els col·loïdes hidròfils , amb una capa espessa d'aigua.[34]

3.3 L'aigua al terreny

3.3.1 Forces de retenció de l'aigua al sòl

Per saber com es comporta l'aigua al terreny, s'han de conèixer les diferents forces que intervenen en el mateix:

- **Força gravitacional:** La força de la gravetat fa que l'aigua circuli per el terreny, el flux d'aigua a causa de la gravetat és molt marcat quan el sòl està en condicions saturades i en general, la direcció d'aquest flux és cap avall, encara que es produeix un petit flux lateral. Partícules macroporoses, actuen com a canals principals per al flux gravitacional.
- **Força capil·lar:** Els espais que deixen entre sí les partícules, són anomenats conductes capil·lars, mantinguts per aquestes forces capil·lars, on l'aigua es mou en forma de pel·lícula prima o capil·lar des d'una regió humida a una regió seca a través de partícules fines o parts microporoses. La tensió superficial és responsable del moviment capil·lar de l'aigua en totes les direccions, des de la tensió baixa fins a la tensió alta.
- **Pressió osmòtica:** el moviment de l'aigua té lloc a causa de la diferència en la pressió osmòtica en el terreny, s'observa en sòls salins que tenen sals excessives.[35]

L'aigua retinguda ho està, principalment per atracció elèctrica. Depenent del terreny, el comportament serà diferent; essent important la granulometria del substrat. Per aquest motiu, cal parametritzar-lo i d'adequar-lo a les necessitats que es tinguin per aquest substrat.

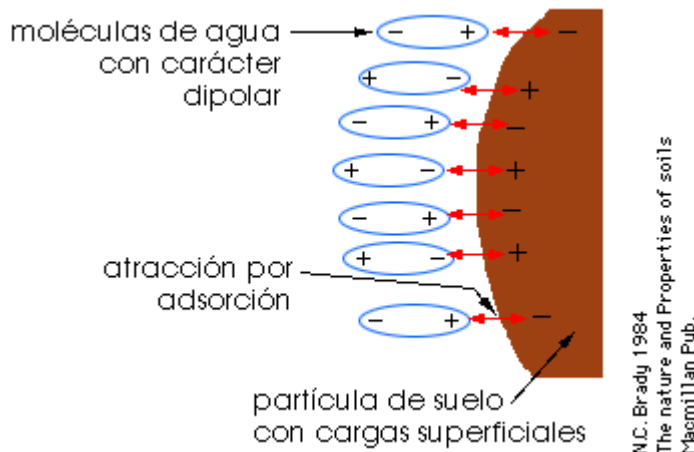


Figura 3.3.1.1 Forces d'adsorció de l'aigua[36]

Aquesta atracció es provoca per forces d'adsorció, força fisicoquímica deguda al caràcter dipolar de la molècula d'aigua, fet que fa que s'adhereixi en els materials, formant una fina pel·lícula. Com més fines són les partícules del sòl, major és l'àrea de la superfície i, en conseqüència, la pel·lícula d'aigua es manté més atapeïda.

Quan ja s'ha format una pel·lícula d'aigua sobre un material humit, hi actua una força de cohesió, és a dir, es produeix una força d'atracció de les molècules d'aigua entre si. Quan s'agrega més aigua al sòl humit, la força cohesiva entra en acció i les molècules recentment agregades s'atreuen cap a les molècules d'aigua ja existents. [36]

3.3.3.1 Capil·laritat

Les forces capil·lars són les que provoquen l'ascensió de l'aigua en un tub. Aquest efecte, fa que l'aigua ascendeixi a través d'un substrat, a través dels conductes estrets que es creen en el sòl.

La intensitat d'aquest efecte és dependent de la tensió superficial del líquid, que fa que el líquid s'enfronti a una resistència a l'hora d'incrementar la seva superfície. La tensió superficial, tanmateix, es vincula a la cohesió del fluid.

En aquest sentit, quan un líquid puja pel tub capil·lar és perquè la força intermolecular adhesiva, entre el líquid i l'objecte sòlid, és major que la força intermolecular o de cohesió de les molècules del líquid.

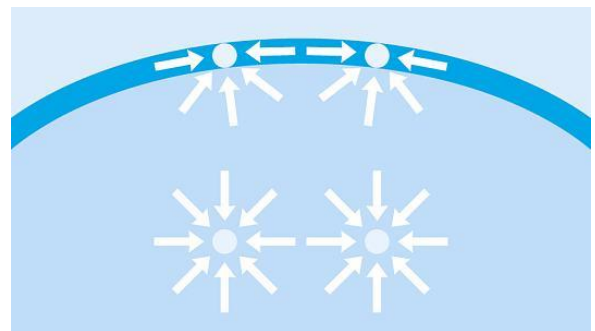
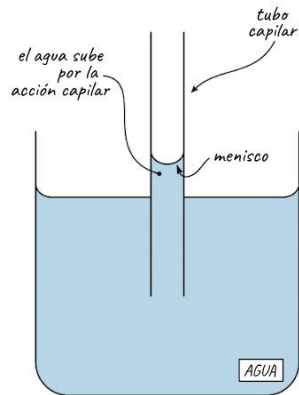


Figura 3.3.2.1 Tensió superficial[37]

Cal mencionar respecte als sòls la llei de Jurin, que diu que quan disminueix la grandària dels buits, l'ascensió capil·lar creix, a no ser que els grans del substrat estiguin molt compactats i l'aigua es col·lapsi.



La facilitat que té l'aigua per a circular bé determinada per aquests espais, fet que també comporta la quantitat d'aigua que pot retenir. En conseqüència, granulometria es molt important en aquest aspecte, marcant el comportament de l'aire i l'aigua al terreny; i en segon terme, influint en altres paràmetres com la permeabilitat, l'asfíxia radicular o la transpiració. [38]

Figura 3.3.2.2 Capil·laritat[38]

3.3.3.2 Moviments descendents d'aigua de gravitació

La permeabilitat és la velocitat d'infiltració de l'aigua de gravitació, expressada en cm per segon.

$$Q = k \frac{h_3 - h_4}{L} A = k \cdot i \cdot A$$

La llei de Darcy funciona bé per a porus saturats i malament per a porus no saturats. La permeabilitat depèn en primer lloc de l'estructura i després de la granulometria, les quals condicionen la porositat no capil·lar. El coeficient k dels llims és superior al de les sorres en el cas de porus no saturats. Aquest comportament afecta la infiltració de pluges: La infiltració de les pluges depèn de la permeabilitat. El perfil hídric després d'una precipitació permet definir un front d'humectació, el qual, és més profund en un sòl amb textura gruixuda.[39]

3.3.3.3 Moviments ascendents de l'aigua capil·lar en períodes secs

En períodes càlids i secs el contingut d'aigua del sòl descendeix per sota de la capacitat de camp encara que el sòl conserva sempre una petita quantitat d'aigua, anomenada "higroscòpica".

Pel fet que la dessecació del sòl és més ràpida en superfície que en profunditat, el potencial capil·lar augmenta en superfície, mentre que en profunditat és més baix, tendint a establir-se un corrent d'aigua capil·lar, provocant un moviment ascendent de l'aigua.

Es distingeixen dos mecanismes :

- Mitjà drenat.: L'ascens capil·lar és molt lent i no compensa la dessecació sinó que únicament l'alenteix.
- Presència d'una capa d'aigua lliure. El fenomen de l'ascens capil·lar és més important i eficaç que en el cas d'un sòl drenat; es tracta d'aigua capil·lar "sostinguda (i no "retinguda").

L'eficàcia d'aquest ascens depèn de dos factors:

- L'altura d'ascens per sobre de la capa d'aigua lliure.
- El cabal, és a dir, la velocitat de substitució de l'aigua absorbida per les arrels.

Aquests dos factors depenen de la granulometria.[40]

3.3.3 Composició del sòl

El sòl esta compostat per minerals, matèria orgànica, aire, aigua i petits organismes. Aquesta capa fina que s'ha format durant segles per la desintegració de minerals, organismes i microorganismes conté ,depenent del seu emplaçament i origen, una composició diferent, però en major o menor mesura, la erosió i descomposició de minerals i roques, juntament amb la descomposició de matèria orgànica, sigui d'origen vegetal o animal, dóna les característiques del sòl.

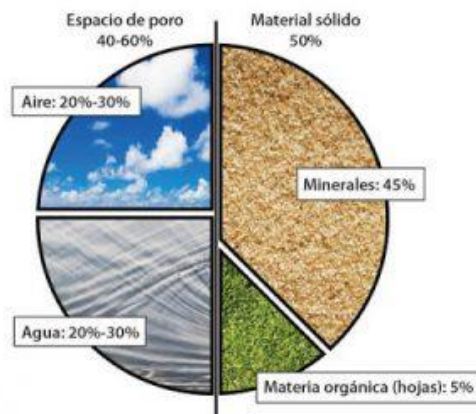


Figura 3.3.3.1 Composició del sòl[41]

Un paràmetre molt important, sobretot quan es parla de conreu, es el pH; ,segons sigui el valor d'aquest paràmetre, un sòl pot ser àcid, neutre o alcalí. Les propietats físiques, químiques i biològiques del sòl estan influenciades per la seva acidesa o basicitat , que condicionen l'ús agronòmic del sòl. Així, la majoria de les plantes prefereixen intervals de pH de 5.5 a 7.5, per bé que algunes espècies prefereixen sòls àcids o alcalins. No obstant això, cada planta necessita un interval específic de pH, en el qual poder expressar millor la seva potencialitat de creixement.

El pH influeix sobre la mobilitat dels diferents elements químics que es troben en el sòl. Així, en uns casos disminuirà la seva solubilitat (efecte de precipitació química a mesura que el pH evoluciona cap a valors lleugerament alcalins), de manera que les plantes no podran absorbir-los. En altres casos, l'augment de la solubilitat deguda al pH, farà que per a determinats elements sigui màxima per exemple, quan hi ha molta acidesa es solubilitza enormement l'alumini, propiciant nivells tòxics.

Cada planta necessita elements en diferents quantitats , aquesta és la raó per la qual cada planta requereix un interval particular de pH per a optimitzar el seu creixement. Per exemple, el ferro, el coure i el manganès no són solubles en un mitjà alcalí. Això significa que les plantes que necessitin aquests elements haurien d'estar en un tipus de sòl àcid. El nitrogen, el fòsfor, el potassi i el sofre, d'altra banda, estan disponibles en un rang de pH pròxim a la neutralitat.

Del pH també depenen els processos d'humificació. En funció del pH es produeixen diferents tipus de matèria orgànica del sòl i propietats que influeixen directament sobre el creixement vegetal com el moviment i disponibilitat dels nutrients o els processos d'intercanvi catiònic. [40]

3.3.3.1 Granulometria

La granulometria és la mesura de la mida de les partícules, o grans, d'un substrat o agregat. Aquesta mesura, normalment, es determina mitjançant tamisos que separen les partícules per mides, per així obtenir el producte desitjat. D'aquesta manera es pot conèixer la composició centesimal de les diferents mides establertes (anàlisi gravimètrica)

En aquest treball s'ha tingut en compte altre recerques, per part de companys que van aprofundir en la influència de la granulometria adient per el propòsit que es busca [42]

Per tant, si es té en compte que s'utilitzaran dos tipus de substrat, el sauló i sorra de sílice, les característiques granulomètriques són les següents:

- Sauló (grava): partícules superiors a 2 mm. Substrat que no crea tensió capil·lar, per tant no es propici a conglomerar-se.
- Sorra de sílice (arena): partícules entre 0.06- 2 mm. En aquest cas, quan el sòl es humit, té tendència a conglomerar-se, per la mida de les seves partícules. [43]

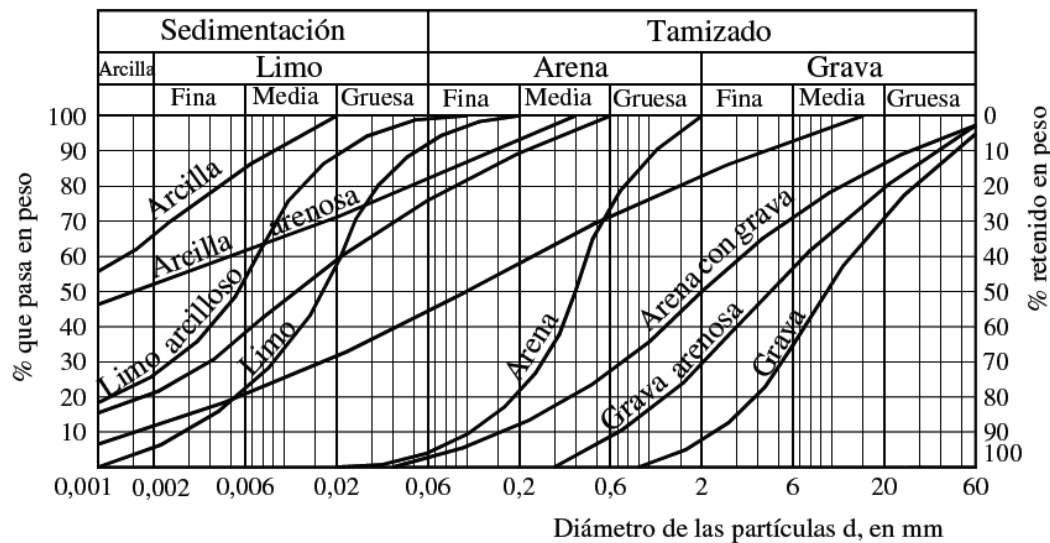


Figura 3.3.3.1.1 Corbes granulomètriques [44]

4 Tècniques analítiques

La química analítica és la branca de la química que consisteix en l'anàlisi de mostres de substàncies diverses per determinar-ne la seva composició química; així com l'estudi de les tècniques per fer anàlisi i estudiar les dades (quimiometria). Hi ha dos tipus principals d'anàlisi química:

- Anàlisi qualitativa, que pretén establir la presència o absència d'un determinat element o compost químic en la mostra per sobre d'un determinat nivell.
- Anàlisi quantitativa, que pretén mesurar la quantitat o proporció exacta d'un determinat element o compost químic en la mostra. Aquest és el tipus d'anàlisi més freqüent en la química analítica moderna.

Així, doncs, la química analítica és una ciència que es dedica a la mesura, la qual està basada sobre un conjunt d'idees i mètodes que són útils en tots els camps de la ciència, de la enginyeria i de la medicina. [45]

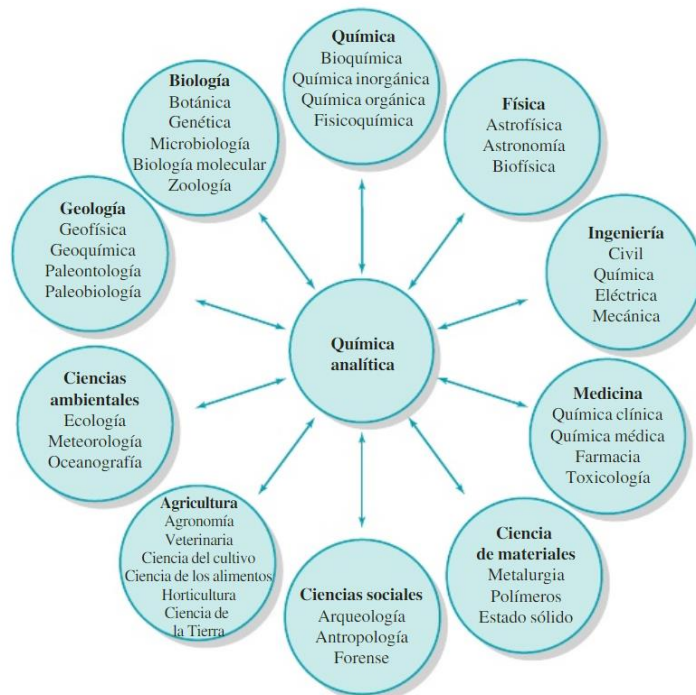


Figura 4.1 Branques química analítica[46]

4.1 Humitat

Aquest mètode analític consisteix en la exposició de la mostra a analitzar a 110°C, previ pes de la mateixa, fins a la evaporació total de l'aigua present en la mostra, durant un període d' almenys de 24 hores, per assegurar l'evaporació total d'aquesta.

D'aquesta manera, s'aconsegueix conèixer la humitat present en una mostra, tot restant del pes inicial el pes final.

4.2 Residu sec

El mètode del residu sec, es semblant al mètode analític per trobar la humitat d'una mostra; primer es barreja la mostra amb aigua destil·lada, per aconseguir solubilitzar les diferents espècies químiques que hi són solubles (habitualment sals). Opcionalment, aquest procés es pot fer bé a temperatura ambient, bé a temperatura controlada.

Una vegada s'han solubilitzat les espècies químiques que es volen determinar, es procedeix a la filtració del líquid per separar les possibles partícules en suspensió. A continuació, es col·loca la fracció líquida acabada de filtrar dins d'una estufa a 110°C durant un període d'almenys 24 hores, per determinar la quantitat de residu sec que conté la mostra. En aquest treball, el residu sec coincidí amb el contingut de sals solubles.

4.3 Determinació de la conductivitat(Salinitat)

La conductivitat elèctrica és una mesura de la capacitat d'un material de deixar passar el corrent elèctric, això és, la seva aptitud per deixar circular lliurement les càrregues elèctriques.

Aquesta capacitat depèn directament de l'estructura atòmica del material, així com d'altres factors físics com la temperatura a la qual es trobi o l'estat en la qual estigui (líquid, sòlid, gasós). Així, per exemple, els metalls són bons conductors perquè tenen una estructura amb molts electrons amb lligams febles i això permet el seu moviment.

D'altra banda, les solucions d'electròlits (que tenen ions en solució) tenen bona conductivitat, però dependrà de la natura dels ions presents a la solució i la seva concentració.

L'aigua, en línies generals, és un bon conductor elèctric, no obstant això, aquesta capacitat depèn del seu marge de sòlids dissolts totals, ja que la presència de sals minerals (electrolítics) permet el pas del corrent elèctric. Prova d'això és que l'aigua destil·lada, a la qual se li han eliminat tots els seus minerals, no condueix l'electricitat.

D'aquesta manera, la conductivitat de l'aigua salada és major que la de l'aigua dolça. Es pot registrar l'increment en la taxa de conductivitat a mesura que s'afegeixen ions dissolts en el líquid, fins a aconseguir un topall de concentració iònica en el qual es formen parells d'ions que anul·len la seva càrrega, impedit així que la conductivitat s'incrementi més.

Els sòls en general presenten diferent conductivitat elèctrica, depenent de diversos factors com la irrigació hídrica o la quantitat de sals que presentin. Així com en el cas de l'aigua, els sòls més salins seran millors conductors elèctrics que els menys salins, i aquesta distinció està determinada moltes vegades per la quantitat d'aigua que reben.

Aquest nivell de salinitat es confon sovint amb la quantitat de sodi del sòl, quan en realitat abunden els cations sodi (Na^+), potassi (K^+), Calci (Ca^{+2}) i magnesi (Mg^{+2}), al costat dels anions clor (Cl^-), sulfat (SO_4^{-2}), bicarbonat (HCO_3^-) i carbonat (CO_3^{a}).

Així, en molts casos s'empren tècniques com la rentada (per als sòls molt salins) o la injecció d'altres elements neutralitzadors (com el sofre) per als molt bàsics. Això pot sovint determinar-se mitjançant proves de conducció elèctrica.[47]

Tanmateix, en aquest TFG, una de les anàlisis més importants es l'anàlisi de la conductivitat, ja que permet determinar la quantitat de sals presents als diferents substrats, per tal de poder estimar si es un bon sòl per a conreu.

Experimentalment, aquesta determinació es feia mitjançant la mescla d'una mostra de pes conegut amb un volum conegut d'aigua destil·lada, fins que aquesta hagués solubilitzat per complert les sals solubles, seguidament es filtrava el contingut de la mescla, fins que l'aigua resultant restés totalment transparent (es pot determinar amb un turbidímetre).

Llavors, tot seguit, es procedia a utilitzar un conductímetre com el que es mostra en la figura 6.1.3.1, amb el que es determinava el valor de la conductivitat resultant en s/cm.

Per a l'anàlisi quantitatiu, de manera precisa, es procedirà a realitzar una sèrie de corbes de calibratge dels diferents components de la mostra i dels instruments utilitzats.

4.4 Anàlisi volumètrica

Els mètodes de valoració, també anomenats mètodes volumètrics, inclouen un gran nombre de poderosos procediments quantitatius que es basen en mesurar la quantitat d'un reactiu de concentració coneguda que és consumit per un analit durant una reacció química o electroquímica.

Les valoracions volumètriques involucren el mesurament del volum d'una dissolució de concentració coneguda, o estàndard, que és necessari per a reaccionar completament amb l'analit.

Una dissolució estàndard és un reactiu de concentració coneguda que s'utilitza per a dur a terme una valoració volumètrica. La valoració es duu a terme afegint lentament la dissolució estàndard des d'una bureta o algun altre aparell dispensador de líquids cap a una dissolució que conté a l'analit; se segueix aquest procés fins que es pugui jutjar que la reacció entre els dos s'ha completat. El volum o massa de reactiu necessari per a completar la valoració es determina a partir de la diferència entre la lectura inicial i la lectura final.[48]

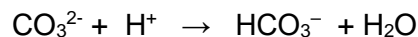
El punt d'equivalència en una valoració és el punt teòric que s'aconsegueix quan la quantitat de volum afegit és químicament equivalent a la quantitat d'analit en la mostra.

4.4.1 Volumetria àcid-base per a la determinació de carbonats i bicarbonats

L'ió carbonat és una base bifuncional que pot determinar-se fàcilment amb un àcid fort. La titulació pot fer-se fins a hidrogen carbonat (bicarbonat) utilitzant com a indicador la fenolftaleïna o fins a àcid carbònic utilitzant com a indicador el taronja de metil. El punt final més adequat s'obté quan la valoració es fa fins a àcid carbònic ja que l'exactitud de l'anàlisi és major. Discutible si es fa amb taronja de metil. Cap problema si es fa el seguiment potenciomètricament.

El mètode de valoració de carbonats i bicarbonats en aigua es realitza mitjançant una valoració química, en la qual, la mostra d'aigua amb presència d'indicadors àcid-base ens indica la quantitat de mL necessaris d'àcid clorhídric per a neutralitzar els ions carbonats i bicarbonats de la mostra.

Amb fenolftaleïna (pH de viratge 8,2-10) on té lloc la transformació del carbonat en bicarbonat descolorint-se en aquest moment la fenolftaleïna. Reacció:



Amb taronja de metil (pH de viratge 3,2-4,4). Si a la dissolució anterior se li afegeix taronja de metil i es continua valorant fins a coloració vermell ataronjat, es descompon el bicarbonat de la reacció anterior i l'inicial existent en la mostra, és a dir, es valora tot el bicarbonat contingut en la mostra més la meitat del carbonat procedent de la valoració anterior que es va transformar en bicarbonat. Reacció:



De manera que en el primer punt es valoren els carbonats presents inicialment en la mostra i en el segon punt final es valoren els hidrogencarbonats que existeixen al principi de la mostra i els carbonats que s'han transformat en hidrogencarbonats.

Aquesta valoració es fa complementàriament amb una potenciomètria, per a la determinació del pH exacte en funció d'un volum àcid, i a la vegada en funció d'aquest mateix volum, per tal d'obtenir els punts d'equivalència exactes.[49]

4.5 Mètodes instrumentals emprats en aquest TFG

Els mètodes d'electroquímics són aquells mètodes que pertanyés a la electroquímica, branca que estudia les reaccions químiques que es donen en la superfície d'un conductor elèctric(elèctrode) i un conductor iònic(electròlit) que es el que conté els ions lliures. [51]

4.5.1 Potenciometria (pH-metria)

Els mètodes d'anàlisis potenciomètrics es basen en la mesura del potencial de cel·les electroquímiques on hi ha un el pas de corrent apreciable. Durant gairebé un segle, les tècniques potenciomètriques han estat utilitzades per a trobar punts finals en les valoracions. En mètodes més recents, les concentracions d'un ió es mesuren de manera directa a partir del potencial d'elèctrodes de membrana ió-selectius. Aquests elèctrodes estan relativament lliures d'interferències i són un mitjà ràpid, convenient i no destructiu per a determinar quantitativament nombrosos anions i cations d'importància.

Es descriuen diferents elements en una potenciometria:

- L'elèctrode de referència consisteix en una semi cel·la amb un potencial d'elèctrode conegut amb exactitud, E_{ref} , el qual és independent de la concentració d'analit o de qualsevol altre ió present en la dissolució que s'està estudiant. Encara que pot tractar-se d'un elèctrode estàndard d'hidrogen, aquest s'utilitza poques vegades pel fet que pot ser difícil de mantenir i utilitzar. Per convenció, l'elèctrode de referència sempre és considerat com l'elèctrode esquerre en les mesures potenciomètriques.
- L'elèctrode indicador, el qual està immers en una dissolució de l'analit, desenvolupa un potencial, I_{ind} , que depèn de l'activitat de l'analit. La majoria dels elèctrodes indicadors que s'utilitzen en potenciometria tenen una resposta selectiva.
- El pont salí preveu que els components de la dissolució d'analit es barregin amb els components de l'elèctrode de referència, tanca el circuit elèctric.

El potencial de la cel·la està donat per l'equació:

$$E_{Cel·la} = E_{Ind} - E_{Ref} + E_j$$

El pH-metre es l'instrument utilitzat per analitzar el pH potenciomètricament. Aquest a anàlisi es basa en el fet que entre dues dissolucions amb diferent concentració d'hidrògens s'estableix una diferència de potencial. Aquesta diferència de potencial determina que quan les dues dissolucions es posen en contacte es produeixi un de corrent elèctric.

La mesura del pH és relativa, ja que no es determina directament la concentració d'H⁺, sinó que es compara el pH d'una mostra amb el d'una dissolució patró de pH conegut.[50]

La diferència de potencial entre els elèctrodes ve donada per l'equació de Nernst:

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln(Q)$$

On les concentracions dels reactius venen donades per:

$$Q = \frac{\prod_j a_j^{n_j}}{\prod_i a_i^{n_i}} \approx \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

Tanmateix el pH-metre estableix una relació entre el potencial elèctric donat a la cel·la, i el pH resultant, aïllant aquest de l'equació de Nernst.

La figura 4.5.1.1 mostra l'anàlisi del pH, per a la determinació de carbonats i bicarbonats, mitjançant una volumetria, i l'instrument potenciomètric emprat, el pH-metre.



Figura 4.5.1.1 pH-metre

4.5.2 Turbidimetria

Quan un feix de llum de longitud d'ona monocromàtica, no absorbible, xoca contra les partícules d'una substància que està en suspensió, canvia la direcció de propagació del feix de llum.

Terbolesa és la qualitat d'un fluid que té en suspensió partícules d'una substància estranya que li lleven la transparència. És causada per partícules individuals, sòlids en suspensió que són generalment invisibles a ull nu, de forma similar al fum a l'aire. El mesurament de la terbolesa s'anomena turbiditat i és un test clau en l'anàlisi de la qualitat de l'aigua.

Es fonamenta en la relació de la intensitat de la llum incident i de la llum dispersada pel mitjà, mitjançant la llei de Lambert-Beer [52] :

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot c \cdot l$$

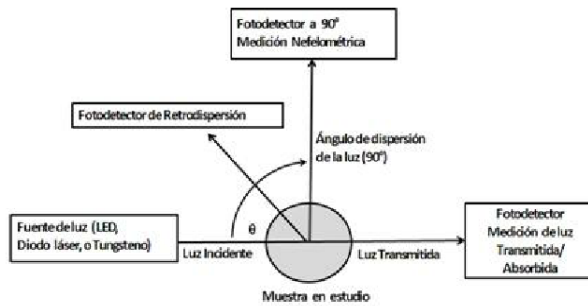


Figura 4.6.1.1 Esquema turbidímetre[53]



Figura 4.6.1.2 turbidímetre

4.5.3 Conductimetria

Tal i com s'ha mencionat, l'anàlisi de la conductivitat es una part clau d'aquest estudi, i l'equip utilitzat per analitzar-la és un conductímetre; instrument constituït per dos elèctrodes de platí, d'una àrea determinada, i separats per una distància fixa.

Aquest elèctrodes van integrats dins una cèl·lula de conductivitat, que consisteix en un tub que conté al seu extrem dos plaques de platí, separats una distància fixa.[54]

En aquest projecte s'han utilitzat dos conductímetres diferents, el que es mostra en la figura 6.1.3.1 és el més sensible, i va permetre fer les mesures de totes les mostres amb un elevat grau de precisió (obtenció de mesures reproduïbles). L'altre conductímetre, mostrat a la figura 6.1.3.2, es va utilitzar per fer una aproximació de la conductivitat del sòl, durant el transcurs de l'experiment, per veure "in situ" els canvis que s'anaven produint, i poder fer, si calia, les modificacions pertinents en el procediment experimental.

5 El cultiu de plantes

L'objectiu d'aquest TFG és optimitzar un sistema de reg que permeti controlar el creixement de vegetals en condicions que no són les habituals en els conreus actuals, els quals es fonamenten en rebre més o menys quantitat d'aigua seguint el model natural de la pluja.

Ara bé, tan natural com l'aportació de l'aigua de la pluja és l'aportació d'aigua per capil·laritat. Tant en un cas com en l'altre és important conèixer el comportament de les plantes, els nutrients que necessiten i en quina quantitat, per tal de poder establir un context idoni per al seu cultiu, de tal manera que, tant si es parla de jardineria, o de cultiu amb un rendiment de producció de vegetals, es puguin establir pautes per a les que determinats vegetals es puguin adaptar a les condicions del model considerat.

5.1 Cicle de vida de les plantes

A diferència del desenvolupament de les cèl·lules d'animals, basat en la migració de cèl·lules per a donar teixits específics en un altre lloc, les cèl·lules vegetals estan unides de forma rígida. Això reflecteix la manera en què les plantes creixen, les cèl·lules s'afegeixen progressivament mitjançant l'activitat dels meristemes, petits teixits que es produeixen per canvis de la matèria primera de les cèl·lules, responsables del creixement d'aquestes degut a la seva divisió, formant la planta.

Per tant, en primer lloc, hi ha una fase de creixement vegetatiu en que les cèl·lules de les plantes es van reproduint i conformant l'estructura final, donada per el seu propi codi genètic, un cop finalitzada aquesta etapa, passen d'un creixement vegetatiu a un creixement reproductiu, que porta a la producció de zigots, on el procés torna a començar.

Això, però, no és present en tots els vegetals. Així, per exemple, els arbres poden romandre en el procés de creixement vegetatiu durant milers d'anys.

El desenvolupament d'una planta consta de tres processos:

- Creixement: increment de la biomassa per divisió i elongació cel·lular
- Diferenciació: canvis de forma i funció d'òrgans, cèl·lules i teixits.
- Morfogènesis: organització de l'estructura de teixits i òrgans. Arquitectura i simetria de la planta

En el seu creixement hi ha una sèrie de característiques que afavoreixen o no el creixement de les plantes:

- Alternança de generacions.
- Interacció amb factors endògens (fitohormones) i ambientals (llum, temperatura, etc.)
- Interacció amb diferents elements com nutrients o sals.
- Plasticitat per a ajustar-se a les condicions ambientals.
- Migració cel·lular.
- Línia cel·lular germinal: la forma i funció es pot adquirir després del desenvolupament embrionari.
- Reprogramació del desenvolupament de moltes cèl·lules completament diferenciades[55]

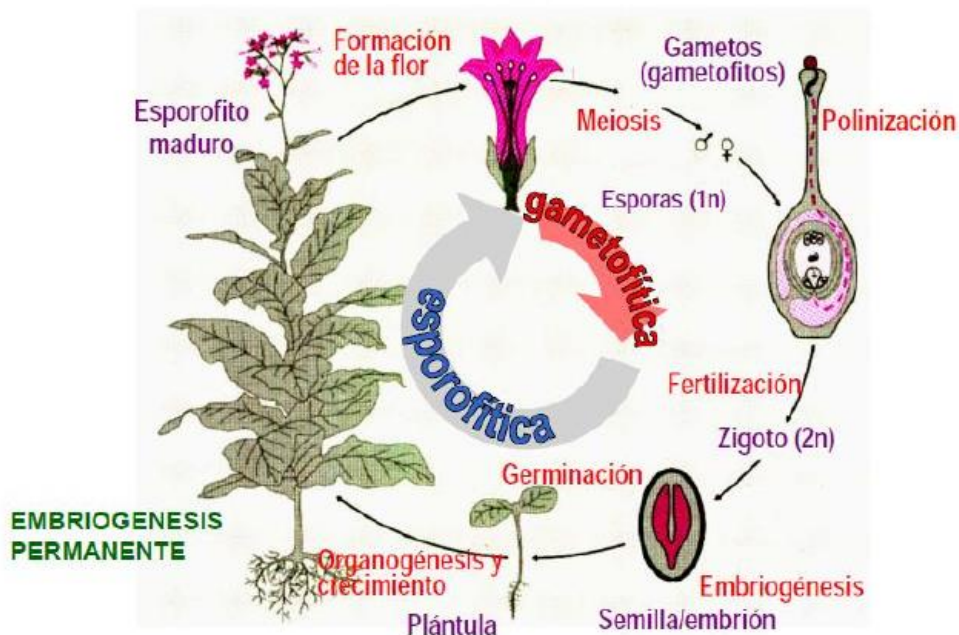


Figura 5.1.1 Cicle de vida de les plantes[55]

5.2 Tipus de vegetals

De vegetals n'hi han de molts tipus, i aquests es classifiquen per la seva grandària, duració i per les seves característiques físiques i químiques, la seva constitució ve determinada per:

- Si posseeixen o no arrels, tija o fulles
- Si contenen vasos conductors
- Si posseeixen llavors
- Si posseeixen fruits
- Si contenen cotilèdons

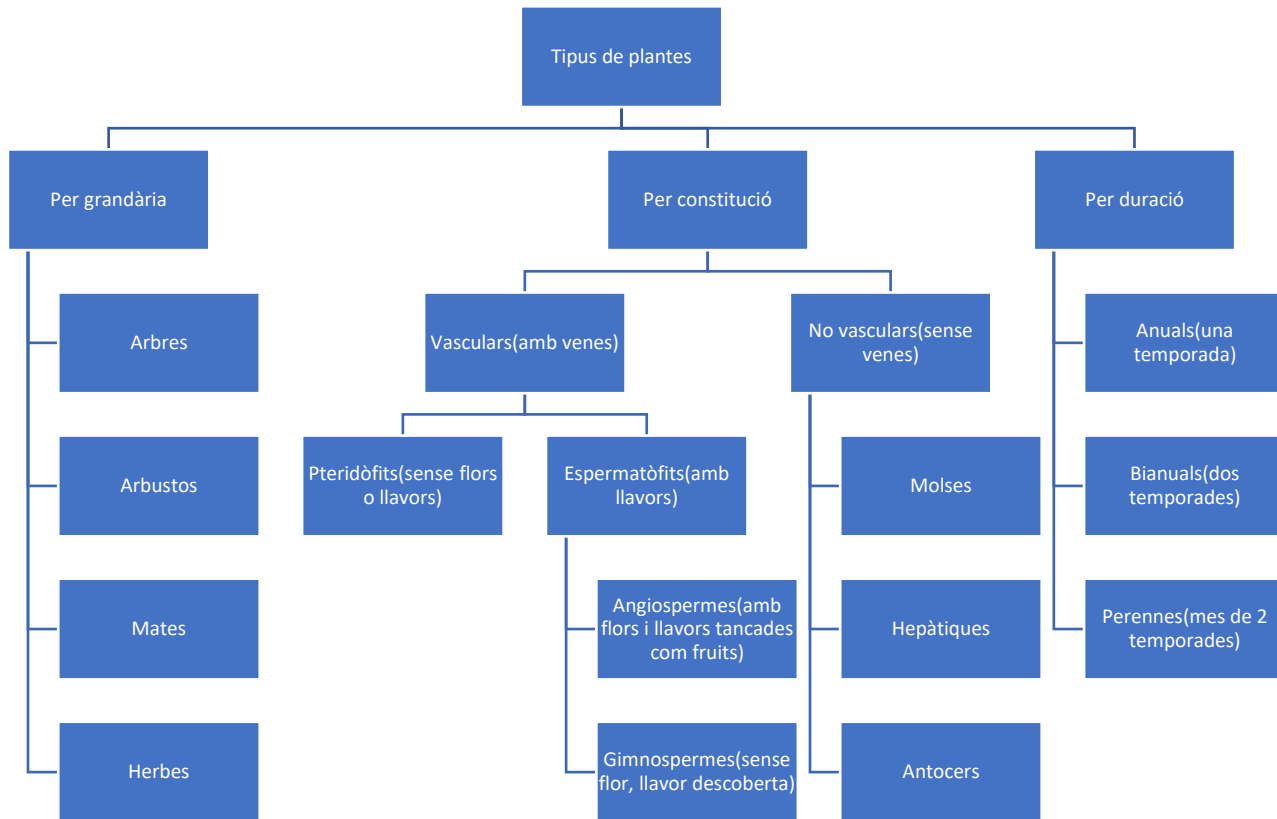


Figura 5.2.1 Tipus de plantes[56]

En funció de les característiques de la planta, es pot aplicar d'una manera o una altre la configuració del terreny, ja sigui per el grandària de les seves arrels, o per les característiques fisico-químiques de la planta, així com les condicions ambientals a les que pot créixer.

5.3 Condicions essencials per a les plantes

5.3.1 pH

Per a uns determinats valors de pH alguns elements assimilables es transformen en les seves formes no assimilables, pel fet que entren a formar part dels compostos insolubles. Per exemple, el ferro en un mitjà bàsic dona com a resultat un hidròxid insoluble. En altres ocasions es produeixen compostos volàtils, que es perden ja que escapen a l'atmosfera; tal és el cas dels fertilitzants amònics, que en sòls bàsics produeixen amoníac, una part del qual es perd en l'atmosfera quan l'aportació del fertilitzant es fa en la superfície del sòl.[45]

A continuació es donen exemples de rangs de pH òptims per a diferents cultius:

| Cultiu | pH | | | | | | | |
|--------------|----|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 | 8,5 |
| Carxofa | | | | | | | | |
| Api | | | | | | | | |
| Albergínia | | | | | | | | |
| Carbassa | | | | | | | | |
| Ceba | | | | | | | | |
| Col | | | | | | | | |
| Coliflor | | | | | | | | |
| Espinac | | | | | | | | |
| Pèsol | | | | | | | | |
| Faba | | | | | | | | |
| Mongeta | | | | | | | | |
| Enciam | | | | | | | | |
| Blat de moro | | | | | | | | |
| Meló | | | | | | | | |
| Patata | | | | | | | | |
| Cogombre | | | | | | | | |
| Pebrot | | | | | | | | |
| Rave | | | | | | | | |
| Tomàquet | | | | | | | | |
| Pastanaga | | | | | | | | |

Taula 5.3.1.1 Interval òptim de pH per a diferents cultius, essent les zones més fosques les més òptimes. [57]

5.3.2 Interacció entre ions

En algunes ocasions es produeixen interaccions entre dos ions, que dificulten o faciliten l'absorció d'un d'ells. Es produeix antagonisme quan un dels ions tendeix a inhibir l'absorció de l'altre, especialment quan augmenta la concentració d'un d'ells. És el cas, per exemple, de l'antagonisme potassi-magnesi, on la major concentració de potassi ocasiona una deficient assimilació de magnesi. La sinergia es produeix quan un dels ions afavoreix l'absorció de l'altre, com passa, per exemple, amb el nitrogen i el potassi..

5.3.3 Factors ambientals

Els factors que més influeixen sobre l'absorció són la temperatura i la humitat. A mesura que augmenta la temperatura s'incrementa l'absorció, a causa d'una major activitat bioquímica, fins a arribar a un nivell òptim per sobre del qual decreix progressivament fins a paraitzar-se. Ben al contrari, a baixes temperatures l'activitat bioquímica es veu dificultada i es produeix una disminució. Anàlogament, a mesura que augmenta la humitat es produeix un increment en l'absorció de nutrients.

5.3.4 Nutrients

Actualment s'admet que les plantes superiors poden contenir fins a 60 elements, dels quals 16 d'ells (C, H, O, N, P, K, *Ca, Mg, S, Fe, *Mn, B, *Mo, Cu, *Zn i *Cl) són considerats essencials per al seu normal desenvolupament mentre que altres 4 (*Na, Si, *Co i V) són considerats només essencials per a algunes. Tots aquests elements exerceixen funcions molt importants en les plantes, i quan estan presents en quantitats insuficients, poden produir-se greus alteracions i reduir-se notablement el creixement d'aquestes.

| Element | Forma d'assimilació | Concentració(%) | Funcions |
|----------|------------------------------------|-----------------|---|
| Carboni | CO ₂ | 45 | Forma part de totes les molècules orgàniques |
| Oxigen | O ₂ ,CO ₂ | 45 | Forma part de totes les molècules orgàniques |
| Hidrogen | H ₂ O | 6 | Forma part de totes les molècules orgàniques |
| Nitrogen | NO ₃ ,NH ₄ | 1,5 | Component de tots els aminoàcids i nucleòtids |
| Potassi | K | 1 | Intervé en el tancament i obertura de les estomes |
| Fòsfor | H ₃ PO ₄ | 0,2 | Component de tots els aminoàcids i nucleòtids |
| Ferro | Fe ²⁺ ,Fe ³⁺ | 0,01 | Activa enzims importants per a la síntesi de la clorofil·la |
| Coure | Cu ⁺ ,Cu ²⁺ | 0,006 | Propicia el transport d'electrons i enzims |
| Magnesi | Mn ²⁺ | 0,005 | Activa el catabolisme i es necessari per l'alliberament d'oxigen |
| Zinc | Zn ²⁺ | 0,002 | Activador i component important de moltes enzims |
| Bor | (BO ₃) ³⁻ | 0,002 | Forma complexos amb sucres, facilitant el transport per la planta |
| Molibdè | (MoO ₄) ²⁻ | 0,00001 | Important per a la assimilació de nitrats |
| Calci | Ca ²⁺ | 0,5 | Forma part de les parets cel·lulars i regula la permeabilitat |
| Magnesi | Mg ²⁺ | 0,2 | Forma part de la clorofil·la |
| Sofre | (SO ₄) ²⁻ | 0,1 | Component dels aminoàcids |
| Clor | Cl | 0,01 | Protegeix els fotosistemes de components oxidants |

Taula 5.3.4.1 Principals nutrients per a les plantes [57]

5.3.5 Sals

L'elevada concertació de sals en una planta, esdevé un problema molt important, i pot arribar a deixar la planta marcida. De fet, ha de fer més esforç del normal per a poder captar l'aigua que necessita.

Generalment, dins i fora d'una membrana (com les de les cèl·lules de les arrels) hi ha sals minerals amb diferents concentracions. L'aigua sempre anirà a aquelles zones amb més concentració de sals tot homogeneïtzant la concentració. Aquest procés s'anomena "osmosi". Si la concentració de sals dins de la cèl·lula és molt alta, i la del mitjà extern és molt baixa, la cèl·lula començarà a absorbir aigua per a igualar aquestes concentracions. En casos extrems, les cèl·lules s'inflaran tant, que poden acabar rebentant. Això ocorre per exemple si posem algues marines, plenes d'aigua salada, en aigua dolça.[48]

D'altra banda, a més a més dels metalls pesats, hi ha altres elements que poden intoxicar les plantes si les seves concentracions superen certs límits. Alguns exemples són el sodi i el Clor. Com que en l'aigua marina el component majoritari és el NaCl, és important veure quines conseqüències poden tenir aquests ions en la planta:

- El Sodi produeix cremades en la vora de les plantes. Això és pel fet que la planta intenta lliurar-se de la sal traspuant gotes de salmorra per la vora de les fulles.
- El Clor, en forma de clorur, produeix un color groguenc i cremades en les vores de les fulles més velles. [58]



Figura 5.3.5.1 Fulles cremades per l'acció de sals [58]

| Concentració límit de sodi o clorurs en les aigües de reg per diferents cultius(mol/m3) | | | |
|---|-----------|--------------|-----------|
| <5 | 5-10 | 10-20 | >20 |
| Ametller | Tomàquets | Alfatar | Cotó |
| Pruna | Patates | Blat de moro | Girasol |
| Cítrics | Vinya | Ordi | Remolatxa |
| Albercoc | | Cogombre | |

Taula 5.3.5.2 Concentració límit de sodi o clorurs en les aigües de reg per diferents cultius [59]

| Límit de tolerància per a la concentració de Cl ⁻ en el sòl(mg/L) | | | |
|--|------|----------|------|
| Maduixa | 350 | Moniato | 525 |
| Fava | 350 | Mongeta | 1750 |
| Ceba | 350 | Col | 525 |
| Pastanaga | 350 | Api | 525 |
| Rave | 350 | Espinacs | 700 |
| Enciam | 350 | Alfals | 700 |
| Nap | 350 | Cogombre | 875 |
| Arròs | 1050 | Tomàquet | 875 |
| Pebre | 525 | Bròcoli | 875 |
| Blat de moro 525 | 525 | Gespa | 1575 |
| Lli | 525 | Ordi | 2100 |
| Patata | 525 | Cotó | 1625 |

Taula 5.3.5.3 Límit de tolerància per a la concentració de Cl⁻ en el sòl [59]

Per a mesurar la capacitat d'una planta per suportar certa concentració de sals que faci experimentar efectes perjudicials en el seu desenvolupament i/o producció, es defineix un terme conegut com la tolerància a la salinitat

Les plantes desenvolupen diverses estratègies per a ser més tolerants a la salinitat. Per exemple, restringint l'extracció de sals i ajustant la pressió osmòtica a través de la síntesi de sals compatibles com la prolina, la glicina-betaïna, i altres sucres.

En general la tolerància dels cultius a la salinitat es pot avaluar seguint tres criteris:

- La capacitat del cultiu per a sobreviure en sòl salí.
- La producció del cultiu en sòl salí.
- El rendiment relatiu del cultiu en sòl salí en comparació amb la producció, sota les mateixes condicions de maneig, però en condicions de no salinitat.[60]

| Cultiu | CE límit(dS/m) | Tipus de tolerància |
|--------------------------------|----------------|-----------------------|
| Alvocat | 1.60 | Sensible |
| Albercoquer | 1.60 | Sensible |
| Ametller | 1.50 | Sensible |
| Cirerer | 1.50 | Sensible |
| Prunera | 1.50 | Sensible |
| Caqui | 1.70 | Sensible |
| Mandariner | 1.70 | Sensible |
| Pomera | 1.50 | Sensible |
| Llimoner x Taronger amarg | 1.50 | Sensible |
| Llimoner x *Citrus Macrophylla | 1.21 | Sensible |
| Presseguer | 1.70 | Sensible |
| Taronger | 1.70 | Sensible |
| Nespra | 1.60 | Sensible |
| Peral | 1.50 | Sensible |
| Aranja | 1.70 | Sensible |
| Llimoner | 1.50 | Moderadament sensible |
| Vinya | 1.50 | Moderadament sensible |
| Magraner | 5.00 | Moderadament sensible |
| Figuera | 4.20 | Moderadament sensible |
| Olivera | 5.00 | Moderadament sensible |
| Palmera | 4.00 | Tolerant |

Taula 5.3.5.3 Tolerància a la salinitat de cultius llenyosos[62]

La tolerància s'avalua calculant el rendiment relatiu, aquest rendiment s'estima com la producció del cultiu obtinguda en condicions de salinitat dividida per la producció obtinguda en absència de salinitat. Existeix una classificació de la tolerància dels cultius en funció del valor límit de conductivitat elèctrica, mesurada en l'extracte de saturació, a partir del qual comença a reduir-se la producció significativament i també del grau reducció de la producció en funció de l'augment de la salinitat en el sòl. [61]

| Cultiu | CE límit(dS/m) | Tipus de tolerància |
|--------------------|----------------|-----------------------|
| Ceba | 1,2 | Sensible |
| Ceba tendra | 1,2 | Sensible |
| Pèsol | 1,5 | Sensible |
| Jueva | 1 | Sensible |
| Pastanaga | 1 | Sensible |
| Alfals | 2 | Moderadament sensible |
| Api | 1,8 | Moderadament sensible |
| Civada | 1,7 | Moderadament sensible |
| Albergínia | 1,1 | Moderadament sensible |
| Col Bròcoli | 2,8 | Moderadament sensible |
| Carabassa | 1,2 | Moderadament sensible |
| Coliflor | 1,8 | Moderadament sensible |
| Espinac | 2 | Moderadament sensible |
| Gira-sol | 1,7 | Moderadament sensible |
| Fesol tendre | 1,6 | Moderadament sensible |
| Enciam | 1,25 | Moderadament sensible |
| Lli | 1,7 | Moderadament sensible |
| Blat de moro dolç | 1,7 | Moderadament sensible |
| Blat de moro grano | 1,7 | Moderadament sensible |
| Meló | 1,7 | Moderadament sensible |
| Patata | 1,7 | Moderadament sensible |
| Cogombre | 2 | Moderadament sensible |
| Pebrot | 1,5 | Moderadament sensible |
| Rave | 1,2 | Moderadament sensible |
| Síndria | 0,9 | Moderadament sensible |
| Tomàquet | 2 | Moderadament sensible |
| Carxofa | 6,1 | Moderadament sensible |
| Sorgo de gra | 6,8 | Moderadament sensible |
| Blat | 6 | Moderadament sensible |
| Cotó | 7,7 | Tolerant |
| Ordi | 8 | Tolerant |
| Remolatxa sucrera | 7 | Tolerant |

Taula 5.3.5.4 Tolerància a la salinitat de cultius hortícoles[62]

5.4 Agricultura sostenible

El sector agrari, encara que acull un percentatge molt baix de la població (3% de la població activa), té un pes específic important a l'economia catalana:

- La superfície dedicada a l'agricultura a Catalunya ocupa un 30% de la superfície total, i un 40% d'aquesta, correspon al sector forestal.
- Les produccions agrícoles representen un 36.9% de la producció agrària i les produccions forestals i altres només un 3.7%.
- La ramaderia dins del sector agrari representa un 59.4% de la producció final agrària (28.4% de porcí 31% la resta de bestiar).
- L'agroindústria representa 19% de la producció indústria.

Tot i que qualsevol tipus d'agricultura afecta a l'entorn i manipula en certa manera els ecosistemes, incidint sobre el sòl i el paisatge, el pagès ha estat cridat a ésser el protector i vigilant del medi natural. L'agricultura i la ramaderia, complementant-se, han estat durant molts anys respectuosos amb la conservació dels recursos naturals: sòl i aigua són alguns dels capitals que té un país que cal mantenir i, si és possible, incrementar. S'ha de viure dels interessos, no del capital, i per aconseguir-ho s'hauria d'haver mantingut els equilibris territorials, aprofitant al màxim els recursos, sense oblidar en cap moment, d'altra banda, la necessitat de produir aliments de qualitat.[63]

L'agricultura pot ser una bona receptora dels residus agropecuaris i de molts residus produïts per les acumulacions urbanes i certs tipus d'indústria en especial de l'agroalimentària. La gestió d'aquest a través del sòl, aprofitant la seva capacitat autodepuradora podria servir per mantenir la seva fertilitat i evitar problemes d'erosió i desertització. Aquest fet pot facilitar la reutilització dels residus orgànics, sempre que es faci d'una manera integradora i tenint com a finalitat principal la millora dels sòls i la qualitat de les collites.

Avui han canviat les necessitats de la societat, els indicadors òptims de productivitat i el grau de competitivitat, la qual cosa ha afectat d'una manera notable els sistemes de producció agrícoles i ramaders. El canvi de model ha provocat i continuarà provocant, si persisteixen, impactes ambientals negatius.

Fins al moment 's'ha buscat constantment més producció, cosa que ha suposat més intensificació, especialització i una certa industrialització de la producció agrària. Els objectius d'industrialitzar, especialitzar i produir s'estan assolint, però amb unes conseqüències, de les quals no sempre se n'és prou conscient. Les més destacables són:

- Més dependència de l'exterior i de les empreses internacionals.
- Més consum d'aigua i energia i de combustibles fòssils.
- Més producció de subproductes i residus(sòlids, líquids i gasosos).
- Oblit del manteniment de la fertilitat del sòl, utilitzant-los, simplement, com un suport de cultius.
- Minimitzar la diversitat a favor dels monocultius.[64]

5.5.1 L'aigua a l'agricultura

L'agricultura utilitza 4/5 parts de tota l'aigua que es consumeix a Espanya. Es produeix disputes entre la societat urbana i l'agrícola per l'aigua. Els problemes al voltant de l'aigua són deguts tant a la seva escassetat en algunes zones, com a les diferents vies de contaminació que pateix que afecten al seu ús com a aigua potable i com a aigua de reg.

La qualitat d'una aigua de reg es valora segons la concentració total de sals i la concentració relativa d'uns cations respecte d'altres (per exemple el sodi respecte del calci i el magnesi). L'ús d'aigües ~~entre~~ moderadament salines pot ser la causa que s'origini salinitat al sòl, encara que hi hagi un bon drenatge; l'extracció contínua d'aigua per les arrels i per l'evaporació fa que es vagin acumulant sals en el sòl. La salinització provoca problemes de clorosi (manca de ferro), malformacions, etc. Hi ha aigües salines naturals per raó de la naturalesa dels materials geològics, ja que en circular l'aigua a través seu pot mobilitzar les sals solubles i actuar com a distribuïdora de la salinitat; però no s'ha d'oblidar que actualment moltes actuacions inadequades (fertilització desequilibrada, ja sigui mineral o orgànica, abocament de residus al sòl i mal ús de les tècniques de reg) pot dur a salinitzar les aigües ja sigui contaminant-les amb excés de nutrients i sals solubles, o afavorint la intrusió d'aigua de mar.

L'increment de la producció té com a factors limitants l'aigua, l'estructura social en zones rurals, la política comunitària i, sobretot, la compatibilitat ambiental. L'escassa viabilitat econòmica generada per aquesta situació actual i la necessitat d'aplicar unes tècniques



més respectuoses amb l'entorn, hauria de compensar-se amb una millora de la qualitat dels productes i tenint com a primer objectiu l'increment de la demanda dels mercats interregionals o interregionals enfront dels internacionals.[65]

S'han d'aconseguir estalvis que suposin tenir més aigua disponible per al futur, reduint-ne el consum actual. Per tant cal reduir pèrdues, millorar els sistemes de reg fent-los més eficients, reduir la dosi d'aigua aplicada als cultius i escollir els cultius adequats segons les disponibilitats d'aigua.[66]

Per això el que s'estudia en aquest projecte té una rellevància important per l'agricultura, ja que obra un nou paradigma a l'hora de establir un mètode per a cultivar qualsevol vegetal, de manera poc costosa i sostenible.



CAPÍTULS EXPERIMENTALS

Disseny del model experimental i anàlisi dels resultats obtinguts

6 Anàlisis preliminars

6.1 Anàlisi dels substrats

En aquest es detallen els resultats obtinguts en l'anàlisi dels substrats utilitzats en aquest TFG, els quals en són una part vital, juntament amb l'aigua marina. Calia, doncs, conèixer les condicions inicials amb les que es va treballar, per poder estimar els resultats obtinguts a la part final d'aquest treball ja que sense una referència, no haurien servir de res.

Per conèixer les característiques dels substrats utilitzats, es van fer una sèrie de proves, establint uns paràmetres a analitzar, els quals delimitaren les propietats del sòl a través de les quals es van poder estimar els resultats finals. Els paràmetres seleccionats van ser:

- Temperatura
- Conductivitat
- Humitat
- Residu sec
- pH

En ambdós substrats emprats es fixaren uns paràmetres prèviament determinats en TFG's previs realitzats per altres companys. Els paràmetres fixats van ser:

- Granulometria
- Tipus de substrat
- Permeabilitat dels materials del model

El sauló va ser la terra utilitzada com a substrat de drenatge, aquest substrat va estar en contacte amb el filtre, per la qual cosa absorbí l'aigua marina d'una manera concreta tot depenen del comportament del filtre (sorra de sílice). Calia, doncs, conèixer les propietats del sòl utilitzat.

La sorra de sílice en canvi, va ser el filtre emprat essent, en conseqüència, el material que estigué en contacte directe amb l'aigua marina, ja que es situà dins del canal per on es va fer circular l'aigua marina.

6.1.1 Granulometria

Es distingeixen dues granulometries en els substrats utilitzats, essent la del sauló la més petita:

- <0,4 mm per el sauló
- 1-1,5 mm per la sorra de sílice

La sorra de sílice és bàsicament sorra de platja, que ha estat tamisada amb barreges de partícules entre 1-1,5 mm.

D'altra banda el sauló és sorra industrial per a la construcció, coneguda com a sorra de morter, amb partícules que no superen els 0,4 mm, aquesta sorra ha esta proveïda per els sacs mostrats en la figura 6.1.1.1.



Figura 6.1.1.1 Sauló BIG MAT 0/0,4 mm

6.1.2 Residu sec

Aquesta prova, es va fer servir per determinar tant la quantitat d'aigua que contenia una mostra sòlida com el residu sòlid (sals) deixava una mostra líquida.

La metodologia emprada en la realització de pesada per residu sec va ser la següent:

- Pesada d'una quantitat determinada de mostra
- Col·locació de la mostra en una estufa a 110°C fins evaporació total durant 48 h com a mínim, tant si la mostra era líquida com sòlida.
- Deixar reposar la mostra dins un dessecador fins a temperatura ambient
- Segona pesada de la mostra i determinació de la diferència de pes amb la que es determinava la humitat, en el cas d'una mostra sòlida, o el residu sec, en el cas d'una mostra líquida.

6.1.2.1 Estufa i incubadora a 50°C

en el cas de mostres sòlides es va decidir emprar estufes a 50°C durant un temps més llarg, per simular les condicions ambientals de les zones més desèrtiques del planeta. Aquestes estufes, mostrades a les figures 6.1.2.1 i 6.1.2.2, pertanyien a dos laboratoris diferents dins de la universitat.



figura 6.1.2.1 Estufa

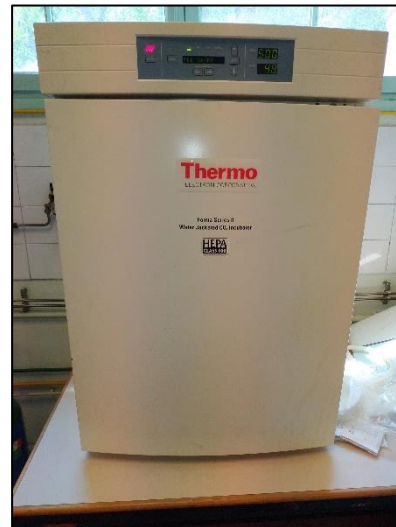


figura 6.1.2.1 Incubadora

Per tal de comprovar el seu funcionament es van agafar 3 mostres de sauló, i es va realitzar una pesada en sec, els resultats es mostren en la següent taula:

| Mostra | Humitat (g d'aigua per cada 100g de sauló) |
|--------|--|
| N1 | 0,001 |
| N2 | 0,0005 |
| N3 | 0,001 |
| A1 | 0,001 |
| A2 | 0,0025 |
| A3 | 0,0015 |

Figura 6.1.2.3 Humitat del sauló

On la nomenclatura es refereix a les dues estufes: N a la incubadora, i A a la estufa. Es va comprovar que la diferència entre ambdues fonts tèrmiques va ser molt petita, inapreciable a efectes pràctics.

La quantitat d'aigua present al sauló, determinada a 50 °C, va ser de l'ordre de 1mg d'aigua per cada 100 grams de sauló. A efectes pràctics es considerarà que el sauló estava sec.

6.1.2.2 Estufa a 110°C sals solubles Sauló

Una vegada determinada la humitat en el sauló, es procedí a determinar el contingut de sals solubles en la mostra. En aquest cas es requerí, tan si com no, emprar una estufa a 110°C.

En aquesta determinació, s'agafava una quantitat coneguda de mostra i es barrejava amb 100 ml d'aigua destil·lada. Tot seguit, es procedia a agitar-lo (figura 8.1.3.).

Seguidament, es filtrava el contingut de la mescla i s'introduïa a l'estufa a 110°C durant un període mínim de 48 hores. El contingut en sals solubles de les mateixes mostres a les que, prèviament, se havia determinat la humitat donaren continguts inapreciables en granetari de dues xifres decimals, tal com es fa palès en la taula 6.1.2.2.1.

Seguidament, es filtra el contingut de la mescla i es col·loca a l'estufa a 110°C durant 24 hores, donant els següents resultats:

| Mostra | Residu sec |
|--------|--------------|
| N1 | inapreciable |
| N2 | inapreciable |
| N3 | inapreciable |
| A1 | inapreciable |
| A2 | inapreciable |
| A3 | inapreciable |

Taula 6.1.2.2.1 Sals solubles al sauló

6.1.2.3 Sals presents a l'aigua marina utilitzada

Les sals presents a l'aigua marina va ser un paràmetre important a tenir en compte, durant el desenvolupament d'aquest TFG. Mitjançant un procés de residu sec, es quantificaren els g/L continguts en l'aigua marina emprada, procedent de la costa de Badalona. A la taula 6.1.2.3.1 es recull el residu sec obtingut mitjançant l'evaporació a 110°C de mig litre aigua marina i, consegüentment el seu contingut en percentatge (salinitat).

| V mostra | Residu sec | %sals |
|----------|------------|-------|
| 0,5 L | 18,38 | 36,76 |

Taula 6.1.2.3.1 Salinitat aigua marina inicial

Per saber com evoluciona la salinitat de l'aigua de mar, s'agafen mostres d'aigua del dipòsit, però on circula constantment per les jardineres, i es compara amb l'aigua que es va afegint al circuit, que es aigua marina inicial, d'aquesta manera es veu un augment de la salinitat.

6.1.3 Sals solubles

Per determinar la quantitat de sals solubles presents a cadascuna de les mostres estudiades en aquest TFG es va utilitzar una corba de calibratge, agafant com a referència el NaCl.

Com s'ha comentat amb anterioritat, es van emprar dos conductímetres diferents per a la mesura dels valors de conductivitat. L'utilitzat per les determinacions més rigoroses va ser el que es mostra a la figura 6.1.3.1, un conductímetre JLC 20. En canvi el que es mostra a la figura 6.1.3.2 és un instrument de mesura la conductivitat de manera directa tot introduint-lo en el terreny. Aquest conductímetre de punxó era de la Marca Hanna Instruments, model "Grocine Soil Test" i mesurava, de manera aproximada, la conductivitat del sòl. Aquest conductímetre només es va emprar per fer mesures in situ i periòdicament, per saber com evolucionava la conductivitat del sauló a diferents alçades respecte el filtre de sorra de platja.



figura 6.1.3.1 Conductímetre



figura 6.1.3.2 Conductímetre de punxó

Experimentalment, es realitzen corbes de calibratge tant amb NaCl com amb CaCl₂, essent la primera sal la que es va considerar com a referència ja que és el component molt majoritari en l'aigua marina.

6.1.3.1 Corba de calibratge NaCl

Corbes realitzades en les que van correlacionar la concentració de NaCl amb la conductivitat elèctrica de cadascuna de les mostres preparades. A la figura 6.1.3.1.1 es recull el comportament lineal fins a una concentració de 8 g/L, amb un valor de coeficient de regressió(R²) de 0,999.

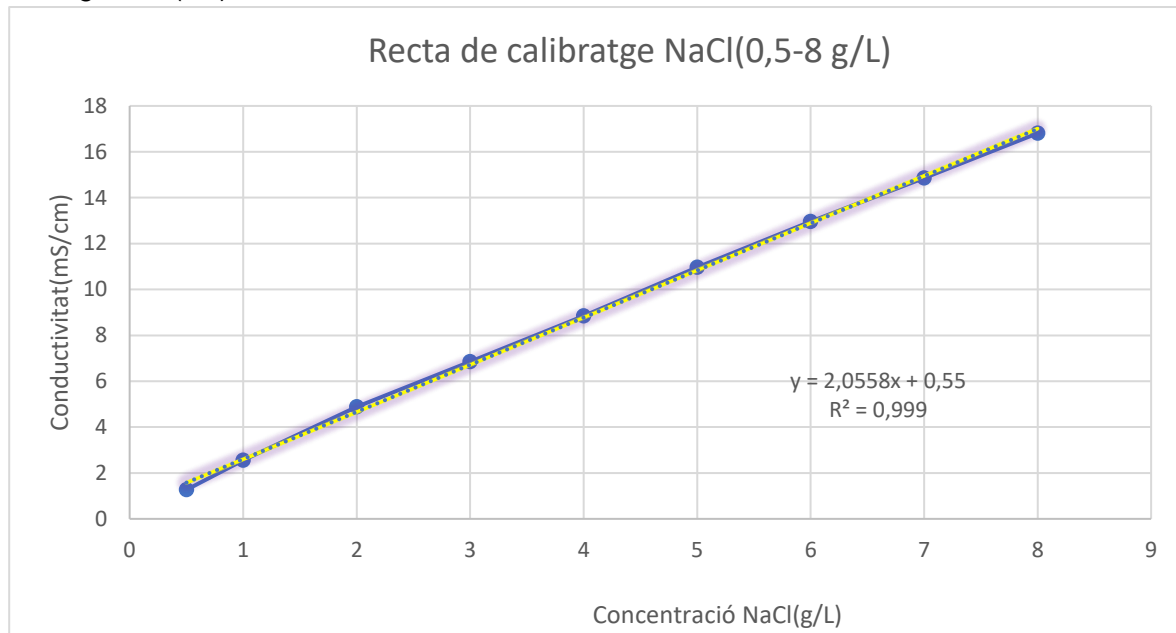


Figura 6.1.3.1.1 Recta de calibratge NaCl(0,5-8 g/L)

Per comprovar la sensibilitat d'aquest conductímetre es va fer una corba de calibratge per a concentracions inferiors a 0,5 g/L, tal com es recull a la figura 6.1.3.1.2. Es pot apreciar un valor de coeficient de regressió (R²) de 0.998 en l'interval comprès entre 0-0,5 g/L.

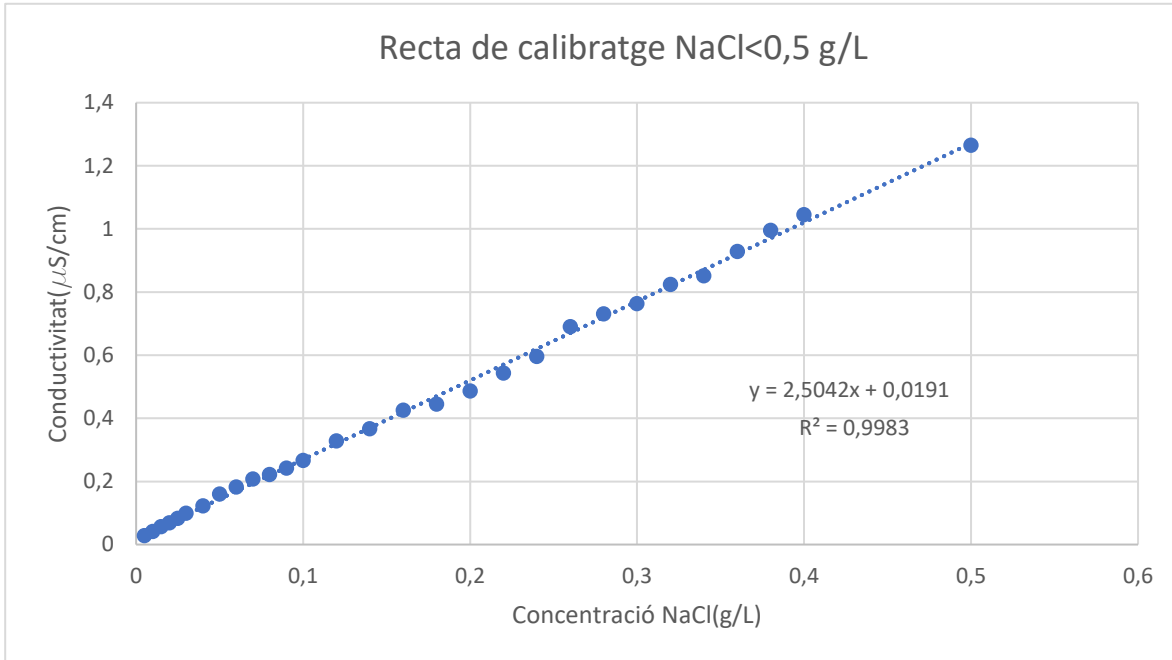


Figura 6.1.3.1.2 Recta de calibratge NaCl(0-0,5 g/L)

Per tal de veure fins quin concentració pot arribar el conductímetre, de manera experimental, s'analitza el pendent de les corbes de calibratge

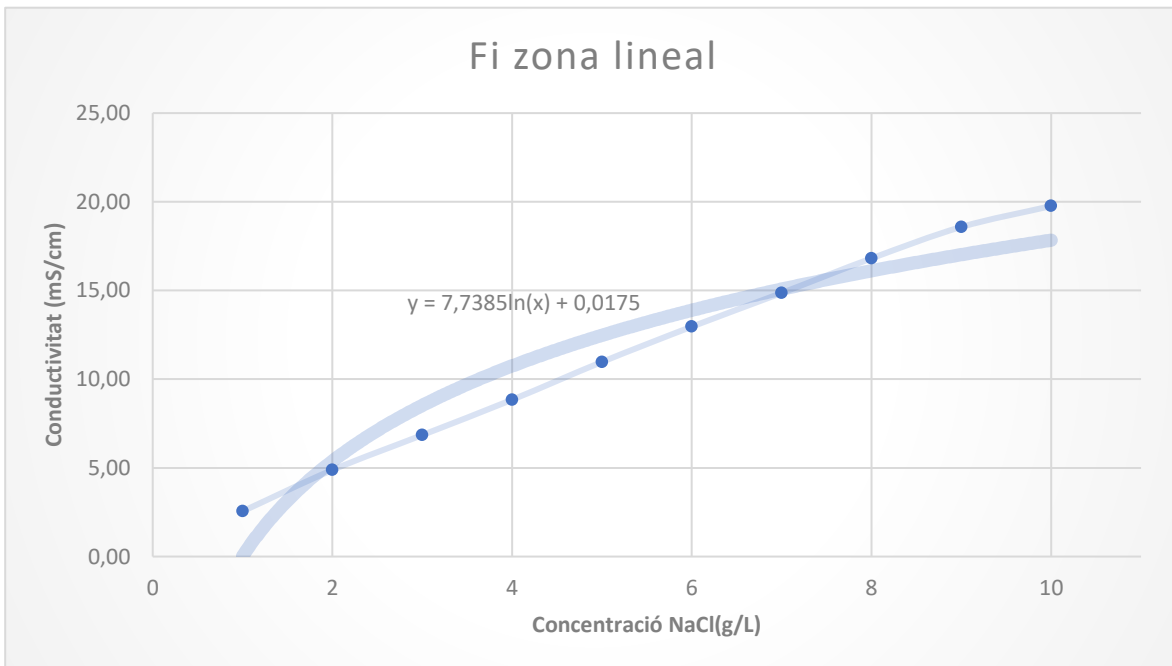


Figura 6.1.3.1.3 Fi zona lineal NaCl, corba de tendència logarítmica.

Com es pot observar en la figura 6.1.3.1.3 conforme la corba es va apropant a 20g/L es va perdent linealitat, degut a que l'instrument mesura fins a aquesta concentració.

6.1.3.2 Corba de calibratge CaCl2

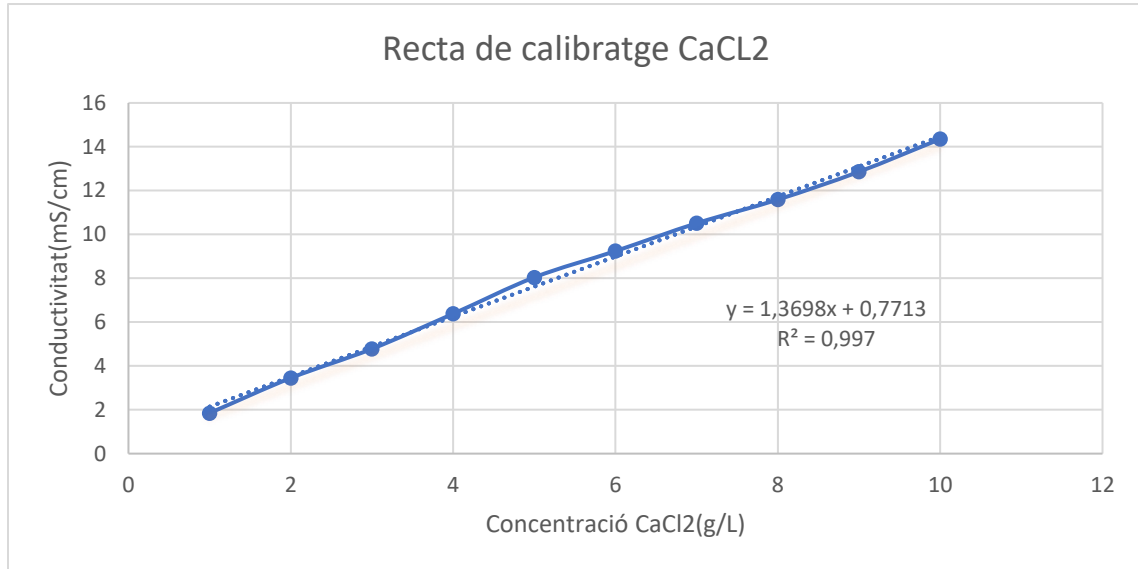


Figura 6.1.3.2.1 recta de calibratge CaCl2(1-10 g/L)

6.1.3.3 Corba de calibratge sal marina

Amb el residu sec que queda després de l'evaporació de l'aigua marina, es construeix una recta de calibratge, per saber la relació que hi ha entre els diferents ions presents.

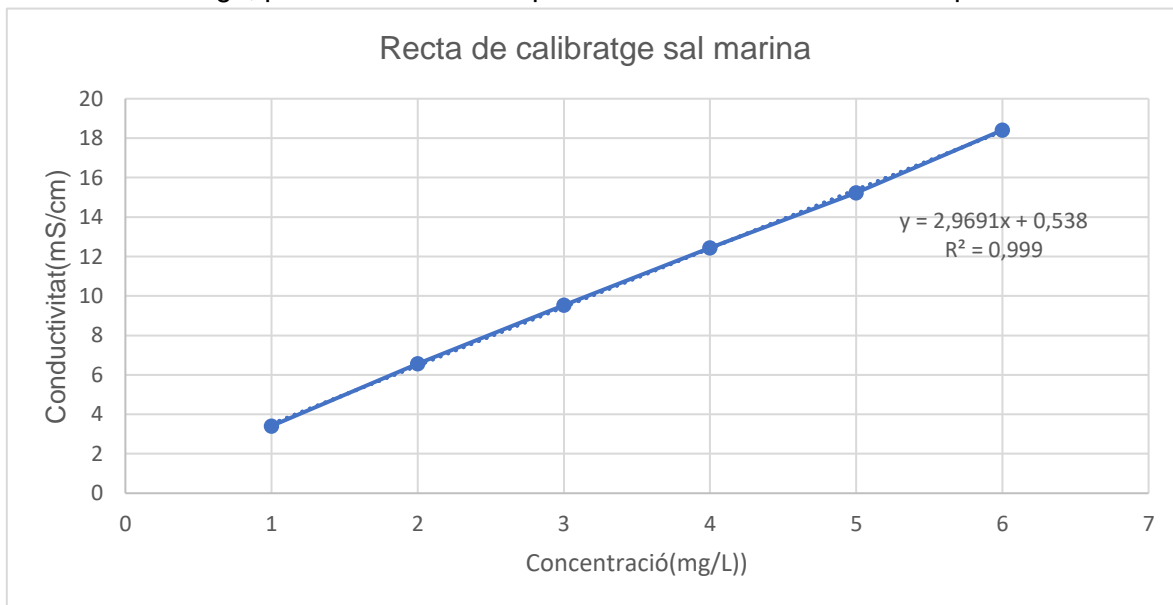


Figura 6.1.3.3.1 recta de calibratge sal marina(1000-10000 ppm)

6.1.3.4 Comparació corbes de calibratge

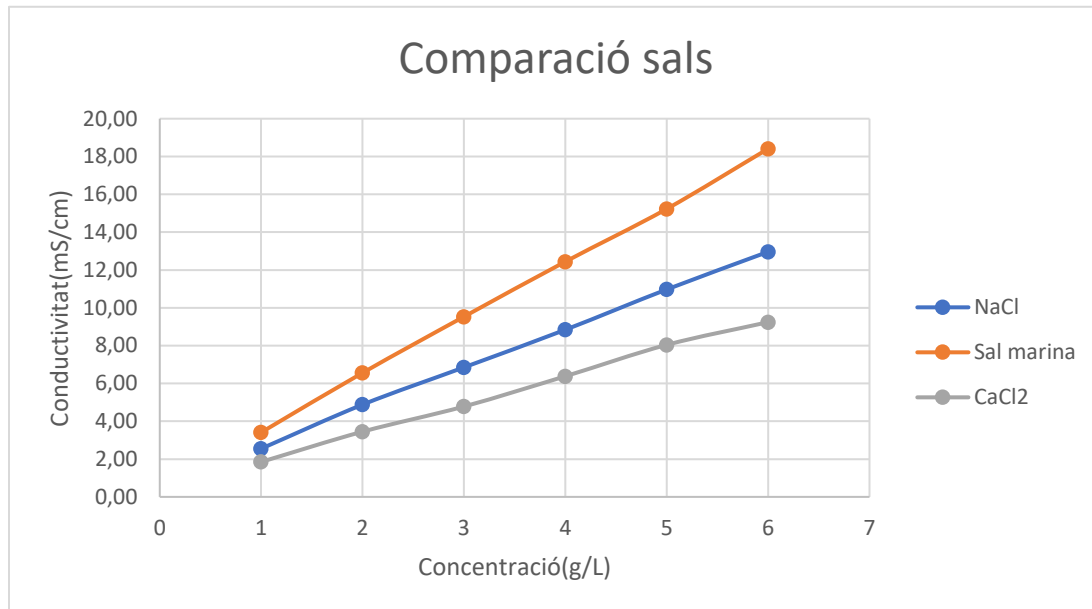


Figura 6.1.3.4.1 Comparació rectes de calibratge sals(1-6 g/L)

Com es pot observar la corba de sals esta per sobre de les de NaCl i CaCl2, fet que pot donar-se per altres traces presents, tot i això, els valors donats són molt semblants, pel que podem estimar que el NaCl és pràcticament totes les sals presents a la sal marina.

6.1.3.5 Comparació corbes de calibratge dels instruments

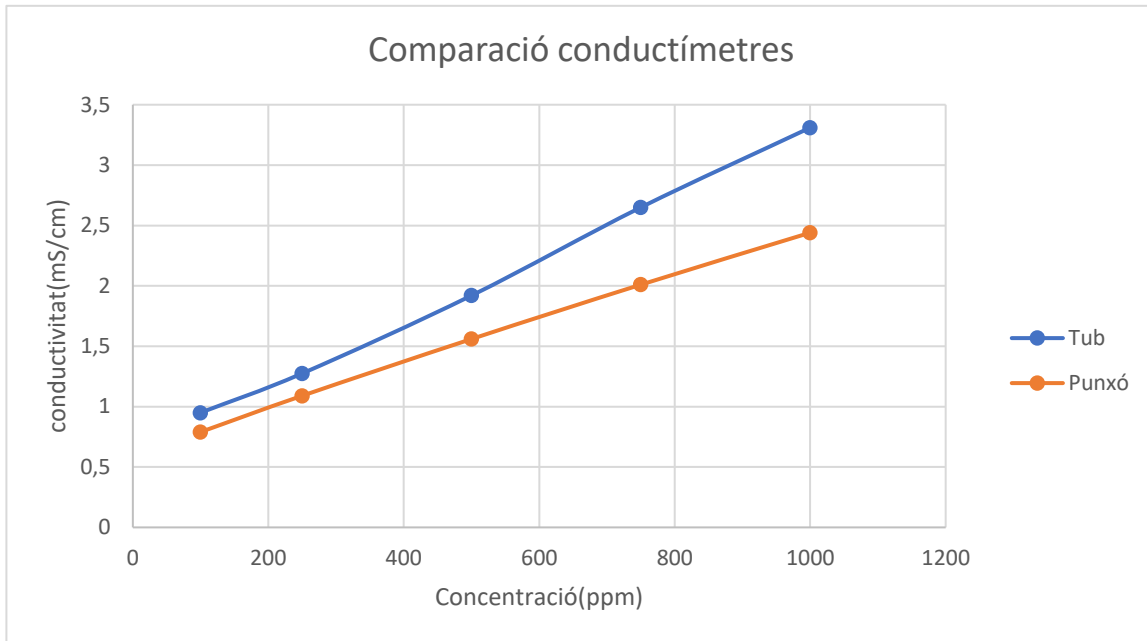


Figura 6.1.3.5.1 Comparació conductímetres(100-1000 ppm)

Les corbes de calibratge mostrades per a cada instrument donen valors diferents, essent els valors en el conductímetre principal més altes respecte del conductímetre de control, per tant podem establir la relació entre ambdós per les estimacions fetes amb el conductímetre de punxó.

6.1.3.6 Sals solubles inicials a la sorra de sílice

Es va emprar la corba de calibratge per una concentració inferior a 500 ppm (0,5 g/L) de la figura 6.1.3.1.2, per tal de determinar la concentració inicial de sals solubles a la sorra.

La següent taula mostra els valors de les mitjanes aritmètiques de les mostres descrites a l'apartat 6.1.2, referents a les dues estufes.

| Mostra | Ppm(mg/L) |
|-------------|--------------|
| Mitjana N | 90,52 ± 0,04 |
| Mitjana A | 98,69 ± 0.04 |
| Mitjana N-A | 94,61 ± 0,04 |

Taula 6.1.3.6.1 Sals solubles sorra de sílice

Cal esmentar, que la sorra de sílice es va rentar amb aigua destil·lada a través d'un tamís de 1µm, per tal d'eliminar la major quantitat de sals que hi fossin presents.

Aquest procés consistí en anar dipositant sorra en el tamís, aplicant aigua destil·lada amb una agitació constant, de tal manera que les sals s'anessin dissolent amb l'aigua i passant a través del tamís. Per anar comprovant que el nivell de sals anava disminuint, es mesurava la conductivitat amb el conductímetre en forma de punxó. D'aquesta manera, es tenia un valor aproximat de la conductivitat. De fet, el que interessava era comprovar que aquest paràmetre anava disminuint i, així, comprovar el descens de sals.



Figura 6.1.3.6.2 Assecat Sorra rentada

6.1.4 pH

La determinació del pH tant dels substrats com de l'aigua marina es va fer mitjançant el pH-metre de la figura 4.5.1.1.

Els resultats obtinguts per la sorra de sílice van ser els següents:

| Mostra | pH |
|-------------|------------|
| Mitjana N | 7,18 ± 0,1 |
| Mitjana A | 7,38 ± 0,1 |
| Mitjana N-A | 7,28 ± 0,1 |

Taula 6.1.4.1 pH inicial sorra de sílice

Tanmateix per a l'aigua marina:

| Mostra | pH |
|--------------|------------|
| Aigua marina | 7,76 ± 0,1 |

Taula 6.1.4.3 pH inicial aigua marina

6.1.6 Carbonats

Tal i com esta comentat a la teoria, per l'anàlisi de carbonats, es procedí a realitzar una pH-metria, mitjançant un potenciòmetre amb un elèctrode de referencia per tal d'esbrinar la presència de sals carbonatades.

Amb la realització de diverses proves, es va poder estimar la presencia de bicarbonats, tal i com es mostra en la següent figura:

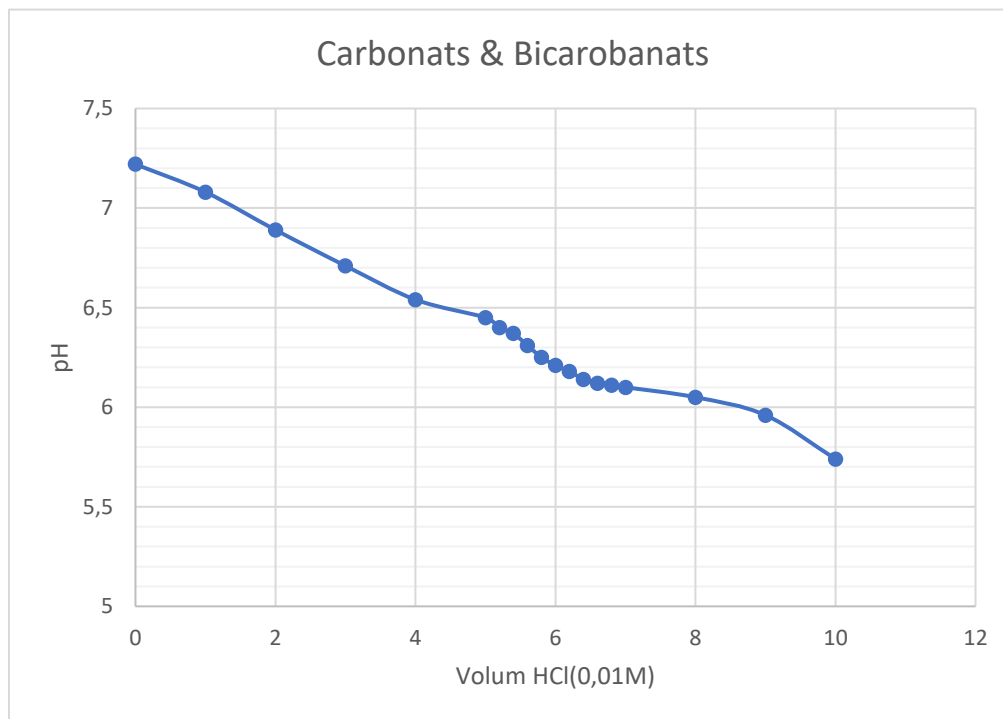


Figura 6.1.6.1 Carbonats & Bicarbonats

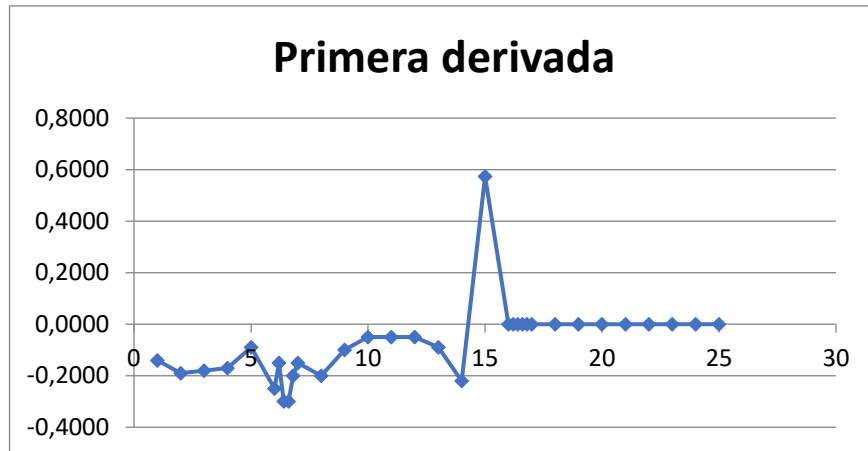


Figura 6.1.6.2 Primera derivada anàlisi carbonats.



Figura 6.1.6.3 Segona derivada anàlisi carbonats.

Com es pot observar a la figura 6.1.6.1, no hi ha presència de carbonats, ja que el valor del pH inicial va ser de 7,22 unitats i aquesta espècie només és estable a valors de pH superiors a 8,3 unitats de pH. La concentració de bicarbonats determinada va ser la recollida a la taula següent:

| Mostra | % bicarbonats |
|--------|---------------|
| Sauló | 0,28 ± 0,01 |

Figura 6.1.6.2 Percentatge de bicarbonats al sauló

7 Disseny i construcció del model

7.1 Consideracions prèvies

Hi ha una sèrie d'aspectes a tenir en compte a l'hora de dissenyar el model a estudiar ja que el sistema creat es un model a escala que ha de permetre determinar el comportament dels paràmetres de control per, així, poder fer extrapolacions en considerar-los a una escala major.

En primer lloc, pel fet d'haver de determinar el comportament de l'aigua marina, aquest model establí unes zones de control en els diferents nivells en que es va dividir el volum del recipient, en el ben entès que part la seva part inferior es va fer circular, a través d'una canalització, l'aigua marina.

Atès que la forma geomètrica del recipient emprat va ser un cub, les diferents seccions van presentar la mateixa superfície i, en alçada, van assimilar-se a paral·lelepípedes.

Les parets interiors del cub van haver de contenir un recobriments d'un material amb una permeabilitat baixa, a fi i efecte de que no absorbís humitat i pogués afectar la distribució espacial de l'aigua dins el recipient.

D'altra banda, va ser necessari que l'aigua pogués circular per l'interior del canal i, simultàniament, fluís a través del filtre. Per aquest motiu es va haver de determinar un cabal de compromís.

A mode de control, en els dos recipients que restaren als extrems, es col·loca una finestra amb de PVC, per poder seguir, de manera visual, l'evolució de la humitat a mesura que ascendia verticalment..

Com l'objectiu era irrigar el volum de sauló contingut en el recipient, calgué evitar possibles fuges d'aigua, bé pel canal, bé per possibles obertures del recipient. Per tal motiu, es procedí a segellar totes les arestes del recipient i, a més a més, dins del canal, s'hi va col·locar una malla prou fina com per que la sorra del filtre no obstruís el pas de l'aigua pel canal i, simultàniament, fos possible el contacte entre la sorra de platja i l'aigua marina circulant.

7.2 Elements del model

Les parts que conformaren el model van ser les següents:

- Canal
- Bomba d'aigua
- Dipòsit d'aigua
- Tubs
- Recipients de fusta, de forma cúbica
- Planxa de fusta
- Recobriment de PVC per les parets del cub
- Finestra de PVC
- Regleta
- Malla
- Polièstirè expandit
- Temporitzador de corrent
- Termòmetre



Canal



Bomba



Dipòsit



Tub



Cub de fusta



Planxa de fusta



Recobriments de les parets del cub



Finestra



Malla



Poliestirè expandit



Regleta



Temporitzador



Termòmetre

Figura 7.2.1 Elements del model

7.3 Construcció

7.3.1 Procés

PASOS EN LA CONSTRUCCIÓ

1. Unió de les 5 planxes de fusta per construir el cub i tallar les obertures.
2. Col·locació del poliestirè expandit per la base del canal.
3. Col·locació de la planxa de fusta per la base del canal.
4. Recobriment del recipient.
5. Col·locació del canal.
6. Ampliació de l'altura del canal amb les làmines de PVC.
7. Recobriment del canal amb una malla.
8. Posicionament del dipòsit, de la bomba i dels tubs.
9. Ompliment de la jardinera amb el filtre i el terreny.



1 Unió de les 5 planxes de fusta per construir el cub i tallar les obertures.



2 Col·locació del poliestirè expandit per la base del canal.



3 Col·locació de la planxa de fusta per la base del canal.



4 Recobrint el recipient



5 Col·locació del canal.



6 Ampliació de l'altura del canal amb les làmines de PVC.



7 Recobriments del canal amb una malla.



8 Posicionament del dipòsit, de la bomba i dels tubs.



9 Ompliment de la jardinera amb el filtre i el terreny.

Figura 7.3.1.1 Passos en la construcció del model

7.3.2 Errors inicials de disseny

Durant la posta a punt del procés experimental, van sorgir alguns errors de disseny que feien impossible posar-ho en marxa:

- La regleta que havia de permetre mantenir el nivell d'aigua dins del canal de manera que pogués circular-hi i, simultàniament, amarrar el filtre de sorra de platja no va tenir un disseny òptim. Es van col·locar tres seccions cadascuna en una de les jardineres, de tal manera que a la sortida d'aquestes, entre jardinera i jardinera, l'aigua només tenia contacte amb el canal; tal i com es pot veure en la figura 7.3.2.1; la solució per aquest problema es ficar una regleta que passi per tots els canals, es a dir, que comenci per on entra el flux d'aigua i termini per on abandona l'última jardinera, com es mostra a la figura 7.3.2.2.

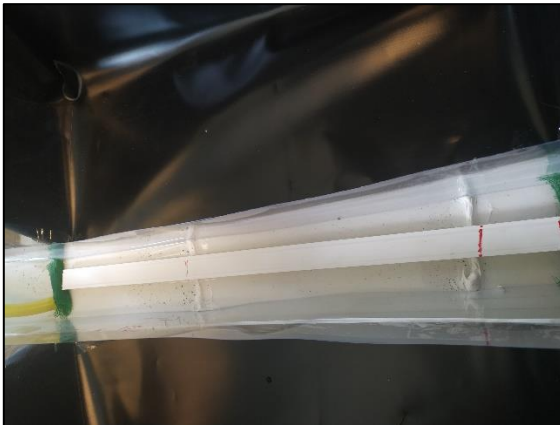


Figura 7.3.2.1 Estancament d'aigua



Figura 7.3.2.2 Solució estancament d'aigua

- La malla que propicia l'intercanvi d'humitat i a la vegada evita possibles taponaments, en una primera instància no tenia una col·locació correcta, pel que la sorra entrava, i a més aquesta taponava l'entrada de la jardinera; en la figura 7.3.2.3 es mostra aquesta composició. Per solucionar-ho, i tenint en compte que el problema es compartit amb el disseny inicial de la regleta, es va optar per posar la malla totalment expandida, i que cobris completament tot el canal, creant una bossa dins d'aquest, on s'assegurava que no hi haurien fugues de sorra de sílice per cap costat, el disseny és el que es mostra en la figura 7.3.2.4.

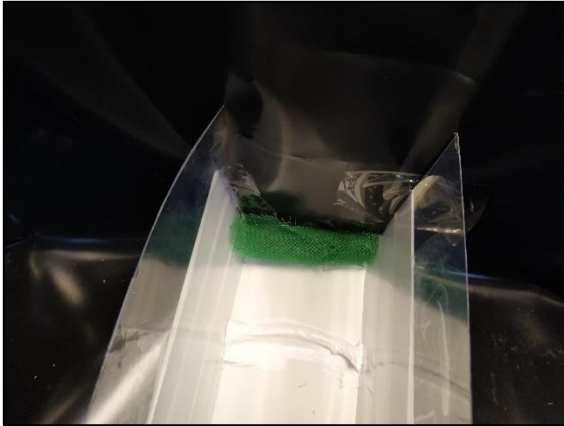


Figura 7.3.2.3 Estancament de sorra



Figura 7.3.2.4 Solució estancament de sorra

7.3.3 Vista del model

A continuació es mostren les diferents vistes que conformen el model:



Figura 7.3.3.1 Planta recipients dels extrems



Figura 7.3.3.2 Isomètric recipients dels extrems.

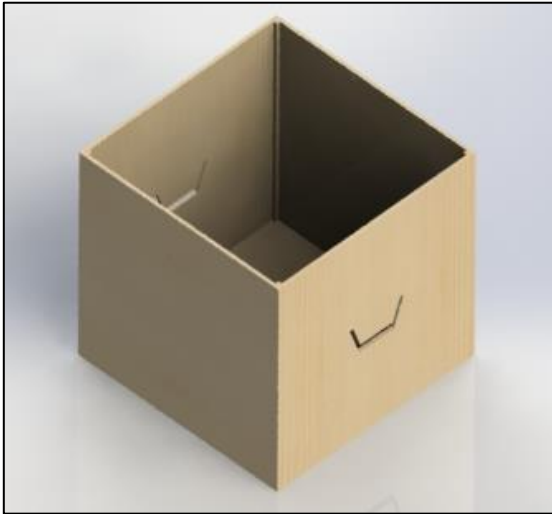


Figura 7.3.2.3 Isomètric jardinerera central

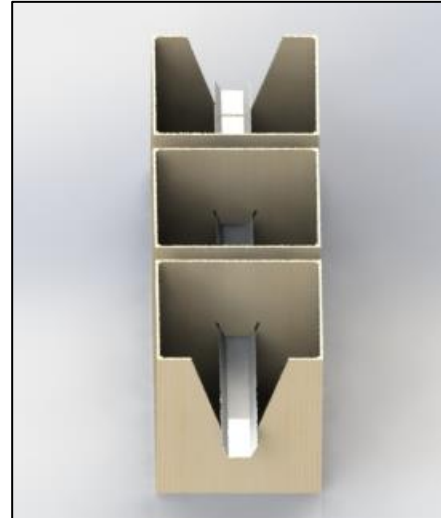


Figura 7.3.2.4 Vista superior del model.

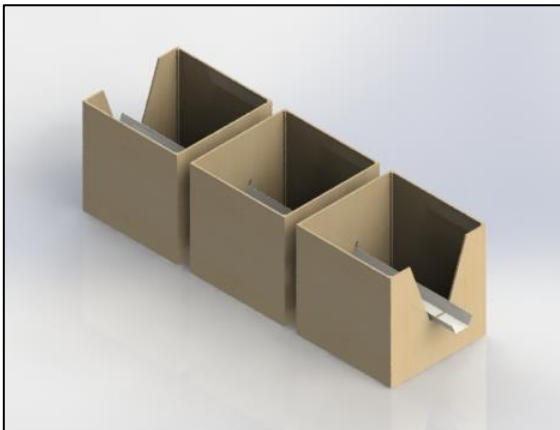


Figura 7.3.2.5 Isomètric del model.

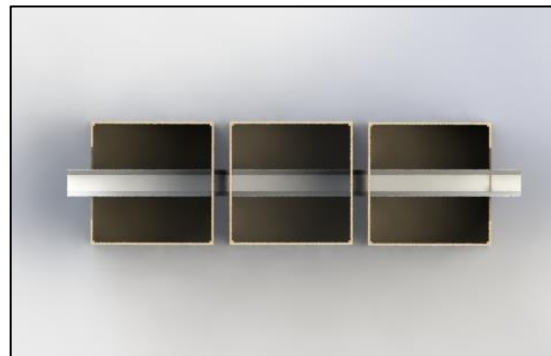


Figura 7.3.2.6 Planta del model.



Figura 7.3.2.7 Vista de planta de la instal·lació.



Figura 7.3.2.8 Vista del canal.



Figura 7.3.2.9 Sortida d'aigua i entrada al dipòsit



Figura 7.3.2.10 Entrada al dipòsit.



Figura 7.3.2.11 Canal omplert de sorra i sauló a nivell.

7.3.4 Funcionament

7.3.4.1 Esquematzació global

El funcionament de l'experiment ve esquematitzat en la figura 7.3.4.1; els tres recipients restaren connectats entre si mitjançant un canal, que desembocava en un dipòsit. Dins d'aquest dipòsit hi havia una bomba que feia circular l'aigua cap l'altre extrem del canal, de manera que es disposava d'un circuit tancat.

Com que aquest TFG va ser una part d'un estudi més ampli, es va aprofitar per fer una replica amb tres recipients més, en el ben entès que aquesta segona tanda de tres recipients (en color taronja a la figura 7.3.4.1.) van constituir un altre TFG en el que les condicions experimentals van ser diferents. EL cabal d'alimentació és de 6 L/min, dividit entre dos el caudal d'entrada al circuit es de 3 L/min.

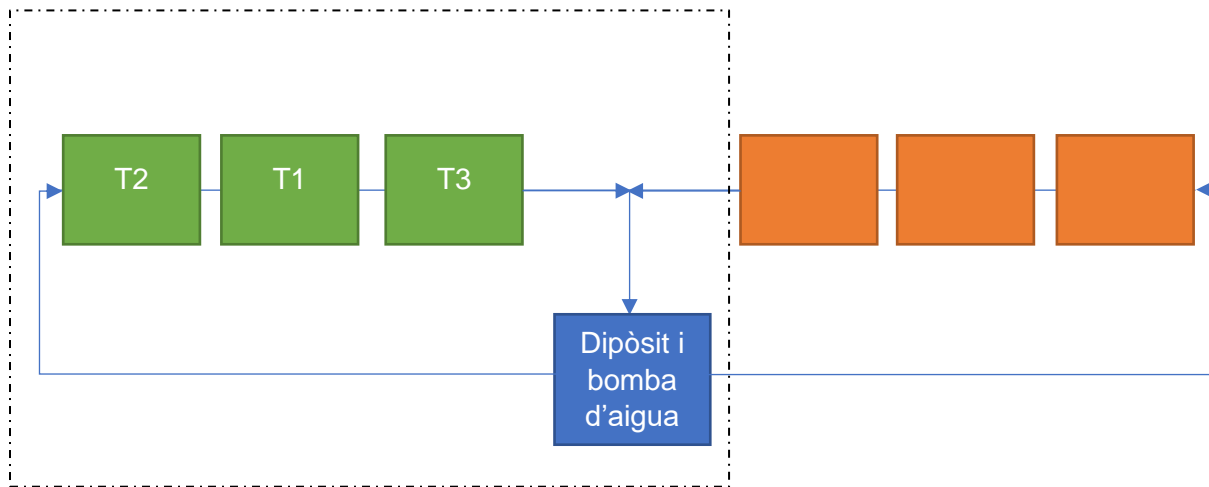


Figura 7.3.4.1.1 Esquema de l'experiment

Cadascun dels recipients estigué operatiu una temporalitat diferent. D'aquesta manera es va fer palesa l'evolució dels paràmetres de control en funció d'un temps predeterminat.

El fet de que el primer recipient avaluat fos el central (T1) es degué a que els altres dos, situats a banda i banda del T1 (T2 i T3) presentaven una finestra de PVC, la qual cosa era equivalent a dir que presentaven dos materials amb dues permeabilitats, la qual cosa, potencialment, podia tenir influència en els resultats finals.

7.3.4.2 Esquematzació jardinerera

Per tal de poder fer un seguiment exhaustiu de l'evolució temporal de la humitat i de la conductivitat, cada recipient es va dividir en les 9 zones superficials de control (vegeu figura 7.3.4.2.1.) en el ben entès que cada zona superficial tenia, sota seu, la distribució de pressa de mostres que es veu en la figura 7.3.4.2.2.

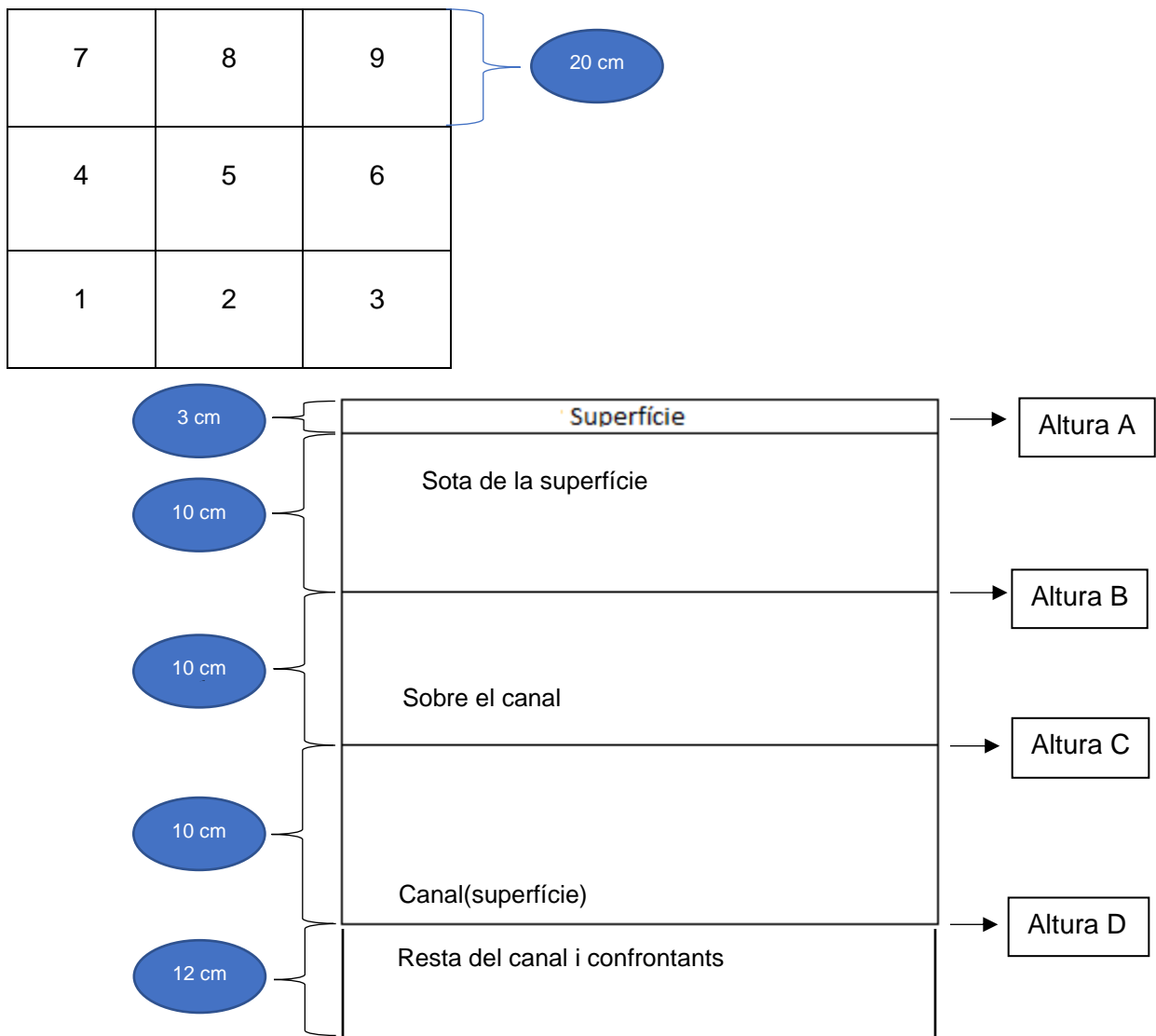


Figura 7.3.4.2.2 Dimensions d'alçat del model

Esquemàticament, les diferents mostres per ser analitzades es van extreure de la forma següent:

- Zona del canal: el mateix canal i les zones paral·leles a l'eix (altura D).
- Zona per sobre del canal: zones per sobre del canal i paral·leles a la mateixa (altura C).
- Zona per sota de la superfície: zones per sota de la superfície de la jardineria (altura B).
- Superfície: Zones de la superfície del recipient.(Altura A)

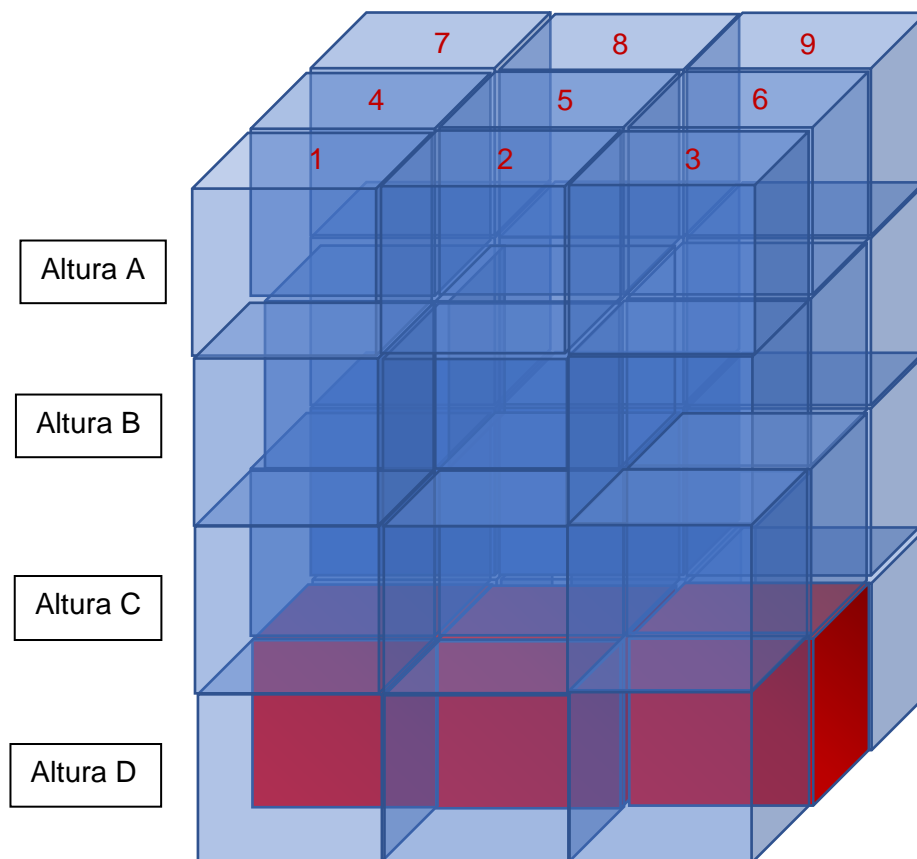


Figura 7.3.4.2.3 Visió 3D del model

8 Proves experimentals

8.1 Metodologia d'anàlisi

La metodologia emprada en l'anàlisi de les mostres extretes en el model dissenyat, segueix una mecànica igual per a cadascuna de les temporalitats, de tal manera que es puguin comparar amb les mateixes condicions.

8.1.1 Presa de mostres

Tal i com s'especifica en l'apartat 7.3.4.2, per agafar les mostres es va tenir en compte les àrees específiques de control, que van per quadrants(1 al 9) i per altures (A,B,C,D).

Amb una pala de laboratori s'extreia la mostra de tot el quadrant, agafant parts petites de cada zona per tenir una mostra representativa del sector, després es procedia a buidar de sauló l'altura seleccionada fins a la marca següent, repetint el procés fins a tenir les 36 mostres.

Les mostres es desaven en pots de vidre tancats hermèticament, fins el moment de fer la determinació, especialment de la humitat.

8.1.2 Temporalitats

Un factor clau per determinar l'evolució de la humitat, conductivitat i pH va ser el temps. En aquest TFG es van establir les tres temporalitats següents:

- T1: 30 dies (17/05/19 → 17/06/19)
- T2: 60 dies (17/05/19 → 17/07/19)
- T3: 120 dies (17/05/19 → 17/09/19)

8.1.3 Paràmetres d'anàlisi

Com s'especifica en l'apartat 6.1 "anàlisi preliminars" els paràmetres de control són els següents:

- Humitat
- pH
- Sals solubles

Els valors experimentals d'aquests paràmetres venen referits respecte l'altura en el que es van extreure les mostres, i la distància de l'eix horitzontal, de tal manera que conformen un model tridimensional.

La mecànica emprada per a cada mostra va ser la següent:

1. Residu sec: mostra a 110°C durant un temps determinat variable depenent de la temporalitat (mínim 96 hores).
2. Preparació d'una alíquota de $20 \pm 0,1$ g amb 250 ml d'aigua destil·lada.
3. Agitació de la mostra durant 20 min.
4. Filtració de la mostra fins obtenir una terbolesa mínima.
5. pH-metria de cada mostra
6. Anàlisi de la conductivitat de cada mostra
7. Turbidimetria de cada mostra.



Figura 8.1.3 Agitador de corrons

8.1.4 Alimentació d'aigua marina

Un altre factor a tenir en compte va ser l'alimentació d'aigua marina, ja que per efecte de la temperatura (sobretot de juny fins a setembre), i l'absorció de l'aigua per part del substrat, el nivell d'aigua del dipòsit va anar disminuint al llarg de tot l'experiment. Com a conseqüència, calgué incorporar aigua marina. Tot i això, la concentració de sals va augmentar de manera molt significativa, tal com es mostra a la taula 8.1.4.1.

| Data | Concentració sals |
|----------|-------------------|
| 17/05/19 | 36,76% |
| 22/07/19 | 52,34% |
| 15/09/19 | 65,5% |

Taula 8.1.4.1 Evolució concentració d'aigua marina

8.2 Anàlisi de resultats

8.2.1 Seguiment de la humitat dels recipients



Figura 8.2.1 04/06/19 T2



Figura 8.2.2 04/06/19 T1



Figura 8.2.3 04/06/19 T3



Figura 8.2.4 17/05/19 T2



Figura 8.2.5 11/06/19 T1



Figura 8.2.6 18/06/19 T2



Figura 8.2.7 18/06/19 T3



Figura 8.2.8 03/07/19 T2



Figura 8.2.9 03/07/19 T3



Figura 8.2.10 17/07/19 T2



Figura 8.2.11 17/07/19 T3



Figura 8.2.12 02/08/19 T3



Figura 8.2.13 12/08/19 T3



Figura 8.2.13 28/08/19 T3



Figura 8.2.13 13/09/19 T3



Figura 8.2.13 17/09/19 T3

8.2.2 Evolució de la concentració de sals

A continuació, a la taula 8.2.2.1, es mostren els valors de les mitjanes aritmètiques de totes les mesures de conductivitat, que amb l'ajuda de la corba de calibratge, van permetre obtenir els valors expressats en g/L de NaCl. Cal remarcar la temporalitat associada a cada recipient: T1, un mes; T2, dos mesos i T3, quatre mesos

| g/L | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T1.A | 0,58 | 0,44 | 0,25 | 0,77 | 0,64 | 0,37 | 0,49 | 0,25 | 0,20 |
| T1.B | 0,30 | 0,15 | 0,16 | 0,35 | 0,26 | 0,21 | 0,16 | 0,11 | 0,09 |
| T1.C | 0,30 | 0,22 | 0,24 | 0,40 | 0,29 | 0,27 | 0,23 | 0,19 | 0,11 |
| T1.D | 0,32 | 0,28 | 0,16 | 2,49 | 1,06 | 0,84 | 0,25 | 0,17 | 0,19 |
| T2.A | 1,57 | 1,32 | 0,64 | 3,41 | 3,40 | 2,77 | 1,05 | 0,82 | 0,74 |
| T2.B | 0,57 | 0,44 | 0,43 | 0,74 | 0,57 | 0,74 | 0,57 | 0,40 | 0,34 |
| T2.C | 0,50 | 0,37 | 0,42 | 0,58 | 0,50 | 0,53 | 0,48 | 0,38 | 0,48 |
| T2.D | 0,47 | 0,40 | 0,43 | 0,47 | 0,42 | 1,01 | 0,45 | 0,40 | 0,40 |
| T3.A | 2,82 | 3,90 | 4,07 | 7,77 | 5,32 | 5,51 | 3,77 | 4,09 | 4,24 |
| T3.B | 0,86 | 0,66 | 0,64 | 1,35 | 1,17 | 1,39 | 0,88 | 0,99 | 1,04 |
| T3.C | 0,56 | 0,65 | 0,64 | 0,74 | 0,89 | 1,06 | 0,57 | 0,72 | 0,86 |
| T3.D | 0,97 | 0,77 | 0,86 | 1,19 | 1,28 | 1,13 | 0,94 | 1,21 | 1,31 |

Taula 8.2.2.1 Evolució de Sals solubles.
Altures: A(30cm),B(20cm),C(10 cm),D(0cm)

Tal i com es podria preveure, la concentració alta de sals a la superfície va ser evident, de fet es van obtenir valors inviables per a qualsevol cultiu, després de quatre mesos. Aquest comportament havia estat previst, atès que a la superfície es produïa un fenomen de evaporació degut a la temperatura ambiental, que des de mitjans del mes de juliol va superar els 30°C.

D'altra banda, a primera vista, també s'observa un augment constant a tots els quadrants, fet també evident, però que cal matisar, i es que el flux d'aigua entrant va anar augmentant la seva concentració en sals, degut a l'evaporació d'aigua del dipòsit com a conseqüència de la temperatura ambiental.

A les zones pertanyents al canal i al seu eix vertical la mitjana aritmètica dels valors que es van obtenir van ser superiors als valors mitjan a qualsevol altre zona (excepte a la superfície).

8.2.3 Evolució de la Humitat

De manera anàloga a com s'han presentat els valors de la conductivitat a la taula 8.2.2.1, en aquest apartat es mostren els valors de les mitjanes aritmètiques de totes les mesures de la humitat, recollides a la taula 8.2.3.1.

| % | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|-----|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| T1.A | 2,2 | 2,1 | 1,0 | 5,3 | 3,4 | 2,3 | 2,9 | 1,5 | 1,0 |
| T1.B | 4,0 | 3,4 | 1,0 | 6,1 | 4,7 | 4,4 | 4,3 | 3,3 | 1,9 |
| T1.C | 5,7 | 5,2 | 3,5 | 7,1 | 5,6 | 4,9 | 4,3 | 3,6 | 2,9 |
| T1.D | 6,4 | 5,9 | 3,3 | 16,5 | 13,8 | 13,3 | 5,4 | 4,1 | 1,7 |
| T2.A | 2,5 | 2,9 | 1,9 | 4,4 | 5,7 | 7,0 | 2,4 | 2,6 | 1,6 |
| T2.B | 4,5 | 4,6 | 7,1 | 6,2 | 7,0 | 5,2 | 4,3 | 4,5 | 3,4 |
| T2.C | 5,6 | 5,1 | 3,9 | 7,6 | 7,3 | 6,1 | 6,1 | 5,2 | 5,1 |
| T2.D | 6,4 | 6,3 | 23,7 | 9,8 | 10,4 | 16,1 | 6,3 | 6,4 | 5,7 |
| T3.A | 3,9 | 6,6 | 5,4 | 6,5 | 14,9 | 11,9 | 4,8 | 5,0 | 4,8 |
| T3.B | 7,3 | 5,9 | 6,9 | 6,3 | 7,4 | 12,6 | 5,9 | 6,7 | 7,0 |
| T3.C | 7,4 | 7,3 | 7,2 | 7,4 | 7,9 | 8,0 | 6,8 | 7,3 | 7,4 |
| T3.D | 8,2 | 7,9 | 8,4 | 9,4 | 10,6 | 12,2 | 9,1 | 9,5 | 9,3 |

Taula 8.2.3.1 Evolució de la humitat.
Altures: A(30cm),B(20cm),C(10 cm),D(0cm)

Es pot observar com la humitat segueix una tendència positiva, mantenint els valors correctes per a cultiu, i aquest es el punt, ja que no s'ha d'oblidar el fet que tant important és un nivell de sals baix, com de humitat suficient.

La homogeneïtzació de la humitat en el recipient restà dins del valors d'humitat necessaris per a gairebé qualsevol vegetal, fet important en aquest estudi, ja que s'han obtingut valors d'humitat adequats amb un nivell de sals permisible. I tot això tenint en compte que el caudal entrant d'aigua marina va estar concentrant-se fins a valors superiors a un 60% de contingut en sals. En conseqüència, l'efectivitat del filtre es evident, i a més tenint en compte que el filtre només es una mescla de diferents granulometries de sorra de platja.

8.2.4 Evolució del pH

De manera anàloga a com s'han presentat els valors de la conductivitat a la taula 8.2.2.1 i de la humitat a la taula 8.2.3.1, a la taula 8.2.4.1 es mostren els valors de les mitjanes aritmètiques de totes les mesures del pH.

| pH | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| T1.A | 7,0 | 7,2 | 7,7 | 7,7 | 7,6 | 8,3 | 7,6 | 7,8 | 7,7 |
| T1.B | 7,5 | 7,6 | 7,7 | 7,9 | 7,7 | 7,9 | 6,9 | 7,4 | 7,5 |
| T1.C | 7,1 | 7,7 | 7,6 | 7,9 | 7,8 | 7,9 | 7,8 | 7,8 | 7,9 |
| T1.D | 7,9 | 8,0 | 8,1 | 8,4 | 9,4 | 8,0 | 8,4 | 8,3 | 8,1 |
| T2.A | 7,8 | 7,8 | 8,0 | 8,3 | 8,3 | 8,2 | 8,2 | 8,4 | 8,3 |
| T2.B | 7,6 | 8,2 | 8,5 | 8,5 | 8,6 | 8,4 | 8,5 | 8,4 | 8,3 |
| T2.C | 7,4 | 7,8 | 7,7 | 7,8 | 8,1 | 8,3 | 8,1 | 8,0 | 8,0 |
| T2.D | 7,4 | 7,3 | 7,4 | 7,5 | 7,3 | 9,3 | 8,3 | 7,9 | 7,8 |
| T3.A | 7,8 | 7,9 | 8,1 | 8,1 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,6 | 8,3 |
| T3.B | 7,7 | 8,4 | 8,4 | 8,3 | 8,7 | 8,6 | 8,2 | 8,5 | 8,4 |
| T3.C | 7,8 | 8,5 | 8,4 | 8,8 | 8,8 | 8,8 | 8,7 | 8,7 | 8,9 |
| T3.D | 7,7 | 8,2 | 8,5 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,4 |

Taula 8.2.4.1 Evolució del pH.
Altures: A(30cm),B(20cm),C(10 cm),D(0cm)

El pH es mantingué pràcticament constant en tota la experiència, com era d'esperar. De fet, es pot apreciar un lleuger augment, que no resultà significatiu, ja que la pràctica totalitat dels valors restaren dins l'interval acceptat per a l'aigua marina. En cap cas, aquests valors representen un impediment per al cultiu.

8.2.5 Evolució de les sals en funció de l'altura

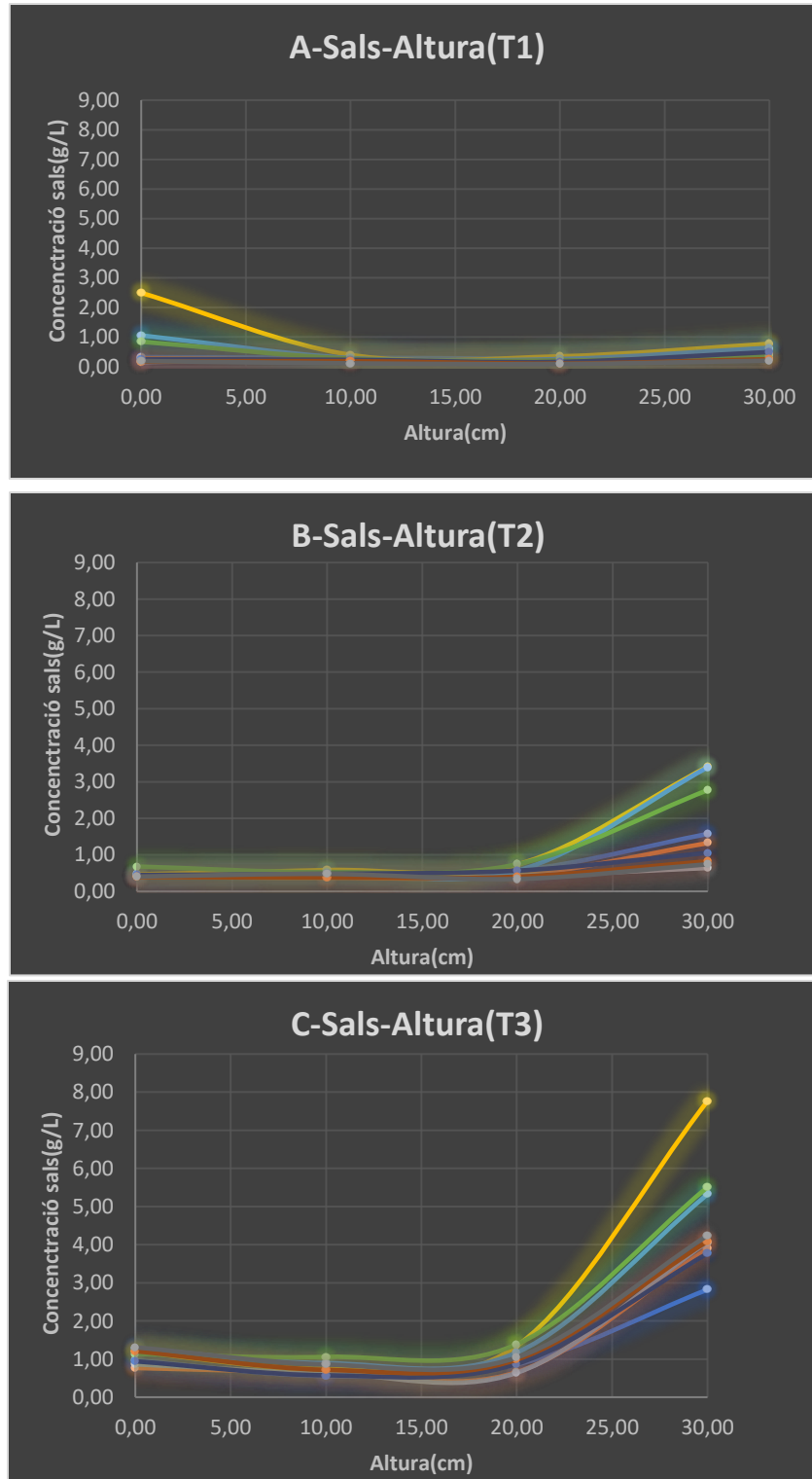


Figura 8.2.5.1 Evolució de les sals en funció de l'altura per a T1-T3 per als 9 quadrants.

En les tres representacions gràfiques de la figura 8.2.5.1 hi estan recollits els 9 quadrants de les 3 experiències, de tal manera que es pugui observar la tendència.

S'observa com la tendència és a augmentar de sals de manera pronunciada en la superfície, és a dir, que hi ha un punt on la concentració deixa de tenir un pendent negatiu, i comença a tenir un pendent positiu, un gradient considerable en l'augment de la salinitat superficial.

El nivell 0 representa en aquest cas la superfície del canal, i la cota 30 la superfície del recipient, i es pot observar que en el temps T1(30 dies) hi ha diferents gràfiques que són coincidents a partir dels 10 cm, però a mesura que passa el temps i circula aigua marina va augmentant lleugerament aquesta diferència, encara que no és substancial.

La línia groga representa el quadrant on entra el flux d'aigua a la superfície de la zona del canal, i la verda i blava els quadrants que el segueixen, i ja s'observa que des de principi a final són les zones on hi ha una acumulació de sals més gran que en qualsevol quadrant i altura del recipient.

8.2.6 Evolució de les sals per zones longitudinals i alçades en funció del temps.

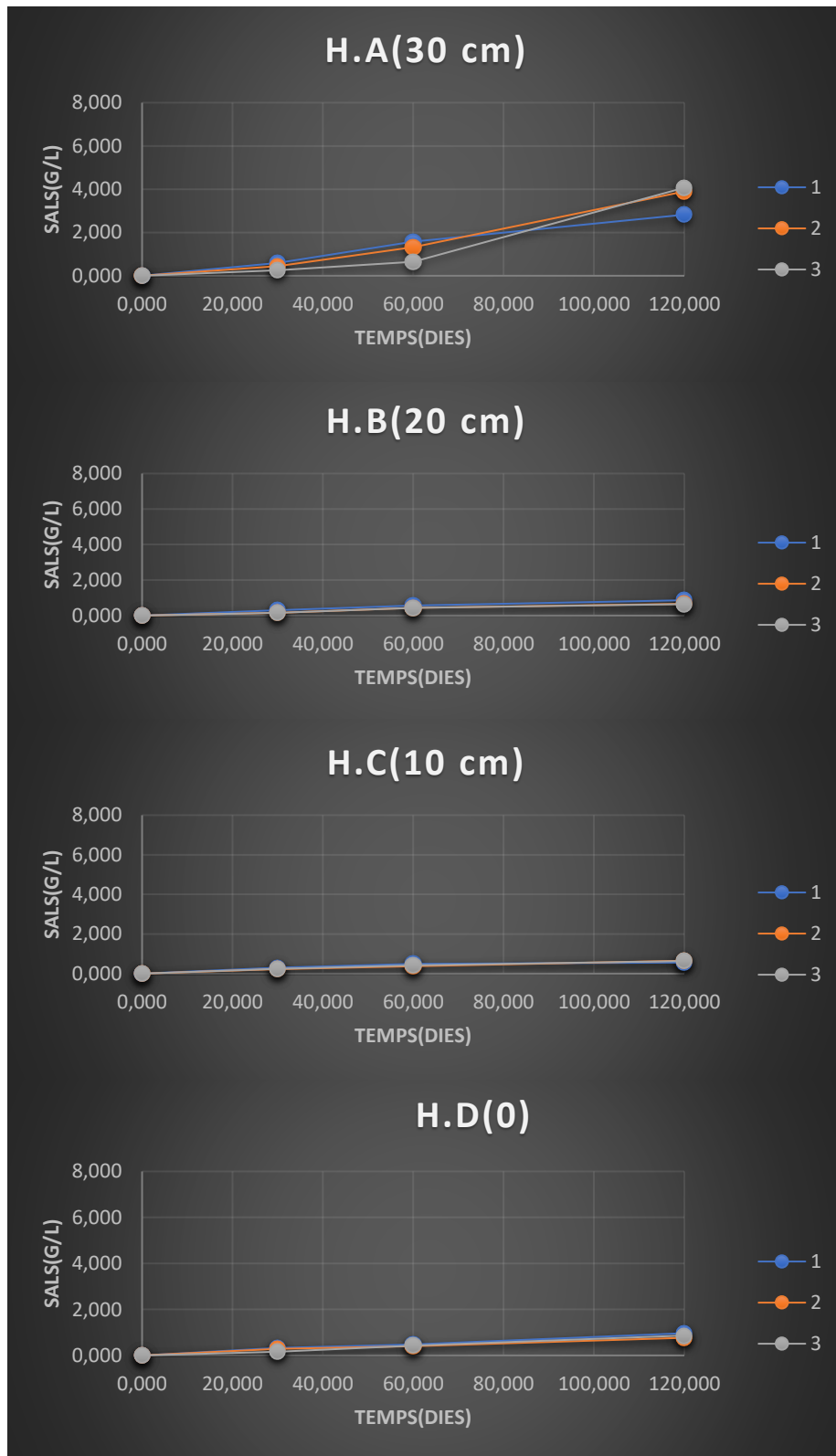


Figura 8.2.6.1 Evolució sals per altures, quadrants 1-2-3.

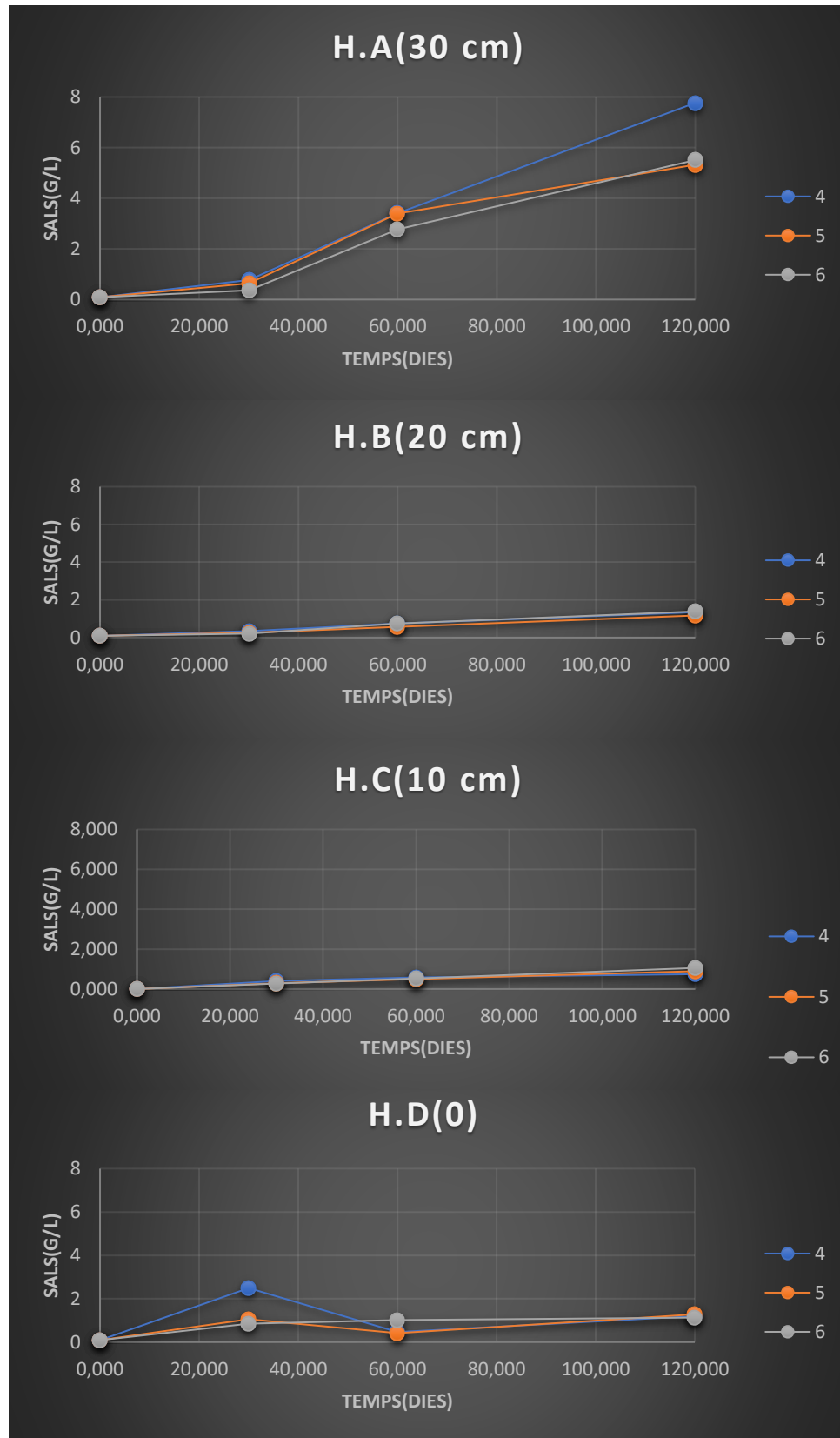


Figura 8.2.6.2 Evolució sals per altures, quadrants 4-5-6

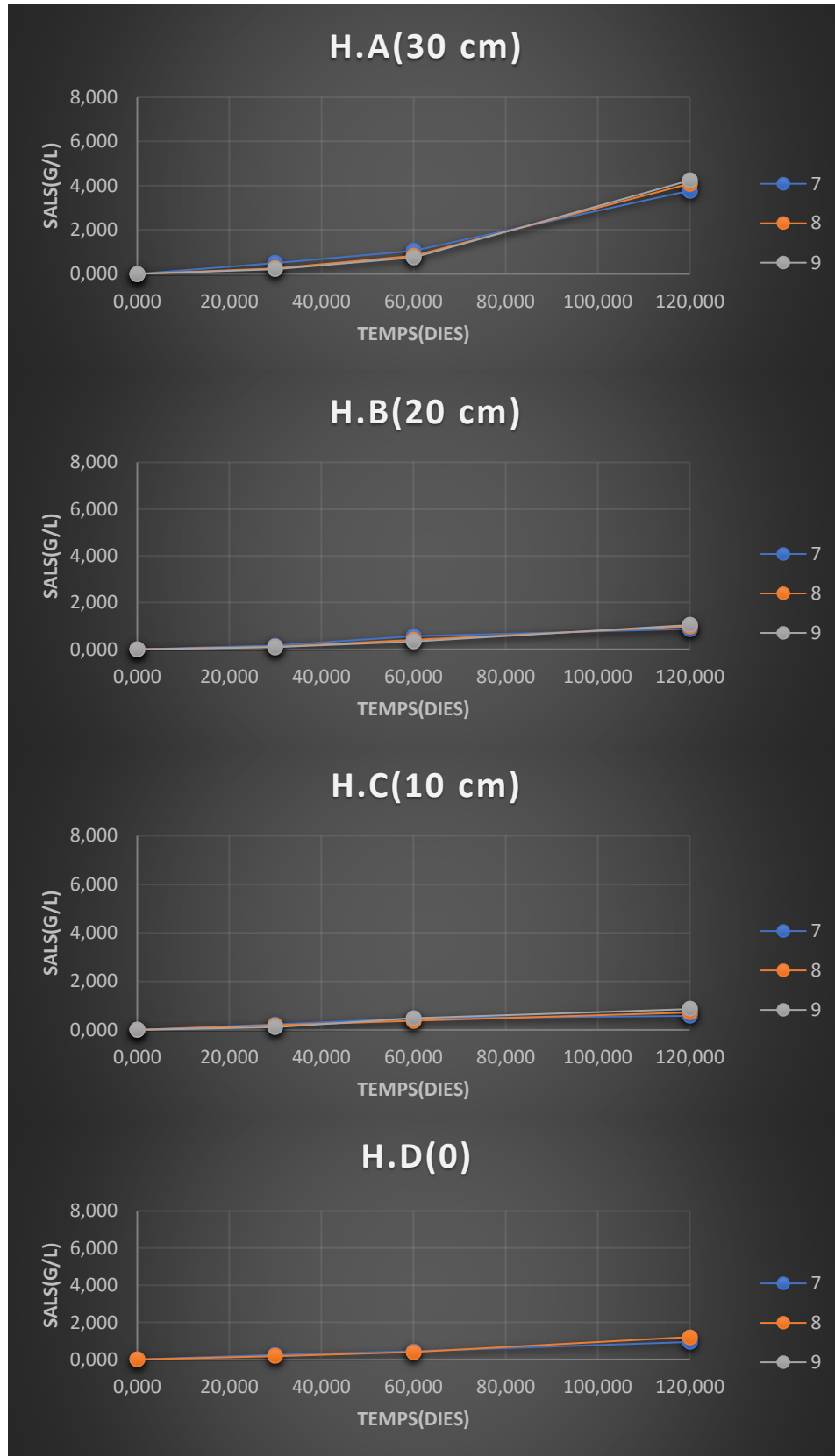


Figura 8.2.6.3 Evolució sals per altures, quadrants 7-8-9

Queda plasmat a les gràfiques que hi ha un pendent similar en totes les zones, menys a la superfície i el canal, l'augment de pendent és significatiu en la superfície. Com a conseqüència, es pot afirmar que la concentració de les sals només augmenta de manera significativa a la superfície, ben al contrari aquesta increment és suau al llarg dels 30 primers centímetres. Aquesta fet es justificà per l'evaporació de l'aigua quan arribà a la superfície del substrat (sauló) especialment durant els mesos de major temperatura ambiental, des de mitjans de juny fins a mitjans de setembre.

Aquest comportament demostrà que les sals es mantingueren en valors raonables i suficientment acceptables per a poder realitzar el cultiu d'un gran nombre d'espècies vegetals. De fet, la única modificació imprescindible a fer, en aquestes condicions experimentals, és aïllar, d'alguna manera, la superfície, a fi i efecte que no es produeixi la concentració de sals per efecte de l'evaporació ja que en les cotes per sota de la superfície els nivells salins són adients per al conreu tant d'espècies comestibles com ornamentals.

L'augment significatiu en la concentració de sals a la superfície a costa de la evaporació, marca la frontera d'equilibri, entre una zona perfectament irrigada i plena de nutrients, i una zona completament estèril per a cultiu. Aquest punt esdevé clau per demostrar que, efectivament, es pot cultivar amb aigua marina amb el sistema plantejat. Ara bé, la qüestió següent es com, i per determinar-ho cal estudiar la dispersió de totes les zones de control, per poder establir quantitativament de quina manera s'han de aplicar les modificacions pertinents per el correcte funcionament de la instal·lació.

D'altra banda, cal considerar, a la vista dels resultats representats en la figura 8.2.6.2 concretament a la cota 0, la presència d'una concentració anormal (pic) en la primera temporalitat corresponent a 30 dies.

Cal mencionar el fet de que el sistema pugui equilibrar-se, sobre el terreny quan es vulgui purgar el substrat de sals després de varies etapes de cultiu, el propi sistema de canals juntament amb el filtre especificat per el fenomen de la lixiviació, podrà purgar les sals fluïnt per el canal on tornaran al mar.

8.2.7 Evolució humitat per zones longitudinals i alçades en funció del temps.

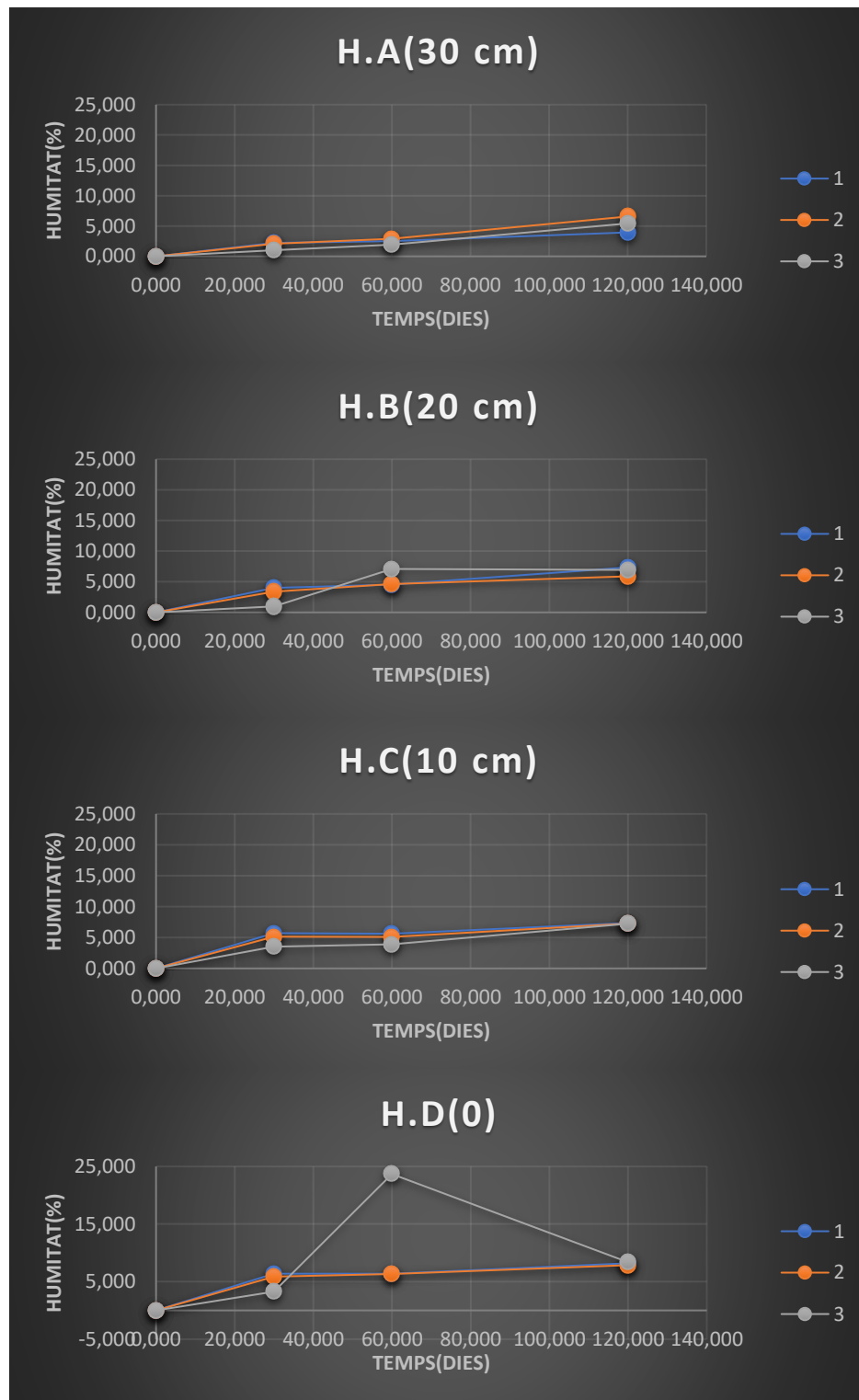


Figura 8.2.7.1 Evolució sals per altures, quadrants 1-2-3

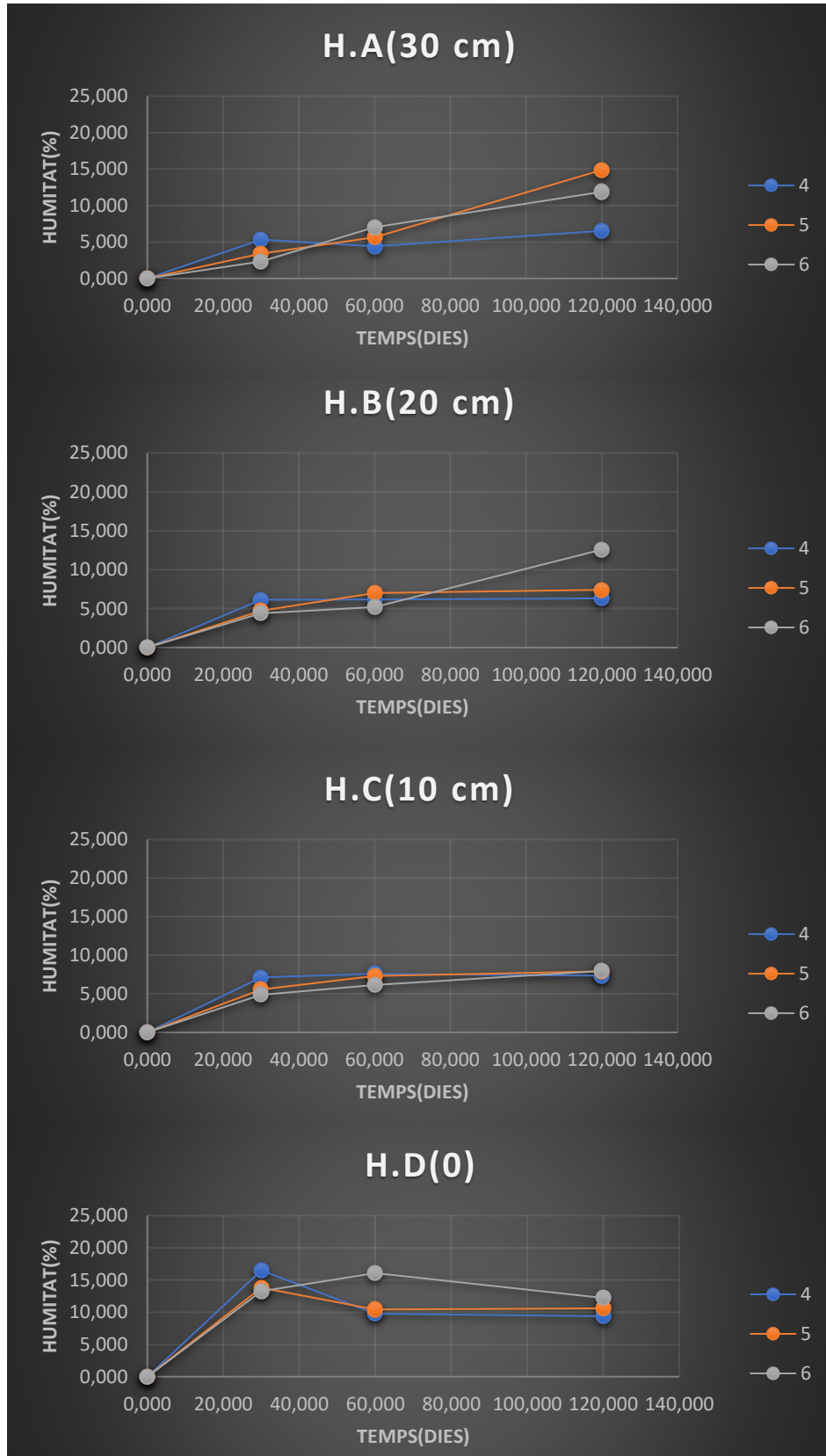


Figura 8.2.7.2 Evolució sals per altures, quadrants 4-5-6

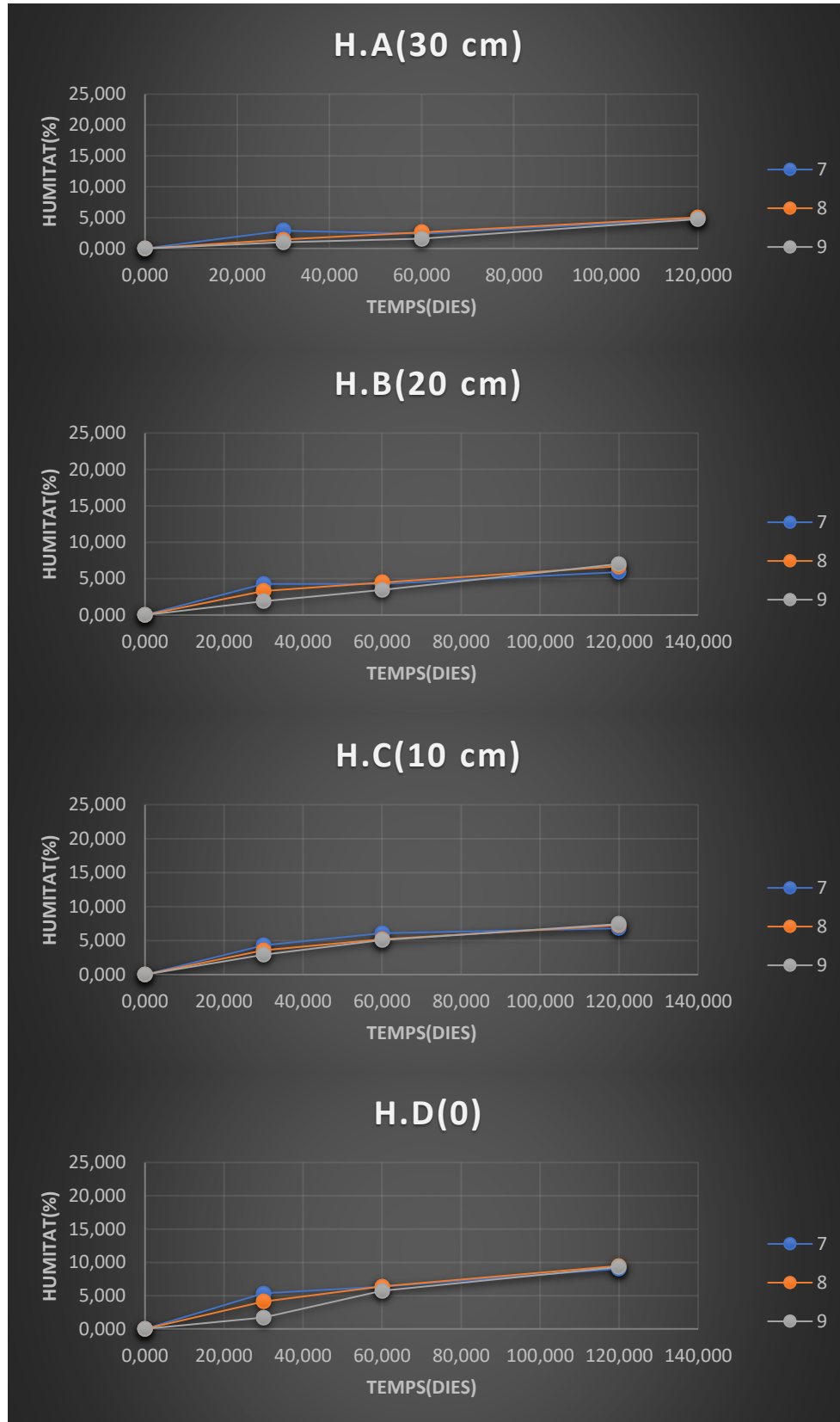


Figura 8.2.7.3 Evolució sals per altures, quadrants 7-8-9

Pel que fa al comportament de la humitat, es mantingué en la pràctica totalitat del recipient en valors constants. Així, pràcticament, la tendència a tots els quadrants va ser la mateixa, s'observà una dispersió vertical amb una tendència a equilibrar-se. L'Aigua absorbida queda molt lluny del seu valor de saturació.

Cal esmentar que, en un primer moment, l'aigua experimentà un ascens vertical més pronunciat en la zona del canal, respecte a les zones veïnes, ja que hi ha una irrigació absoluta i més pronunciada. Aquest fet justificà el gradient de sals més elevat a la zona central del recipient (zona d'influència directa del canal per on circula l'aigua marina), respecte les laterals, tot observant que les zones laterals situades a la mateixa alçada que el canal van arribar a valors d'humitat lleugerament superiors respecte a les alçades superiors.

En les figures 8.2.9.1 i 8.2.9.2 es mostra la difusió vertical de la humitat, es pot observar sense dubte que la difusió horitzontal de l'aigua compleix els mateixos paràmetres que en la vertical, si es veritat que la humitat vertical del canal és més pronunciada, la difusió en totes les direccions és pràcticament igual, la qual cosa ens diu que l'aigua troba camins capil·lars horitzontalment sense problemes, i que la gravetat no és problema per a qualsevol punt de la jardinera, recalcant el fet que verticalment té gradients lleugerament superiors.

La difusió vertical segueix en la zona del canal un vector amb un valor absolut més gran que en qualsevol lloc, i per el fenomen d'evaporació de l'aigua, aquesta queda acumulada en la superfície; a les zones transversals al canal tenim valors que disminueixen progressivament i el fet es que les seu ascens vertical no es notable, pel que realment tot el flux neix en el vector perpendicular al canal, tot i així trobem valors en la superfície de la jardinera molt semblants en els 9 quadrants d'aquesta, per tant l'acumulació de sales es constant a tota la superfície.

8.2.8 Difusió horitzontal de la concentració de sals

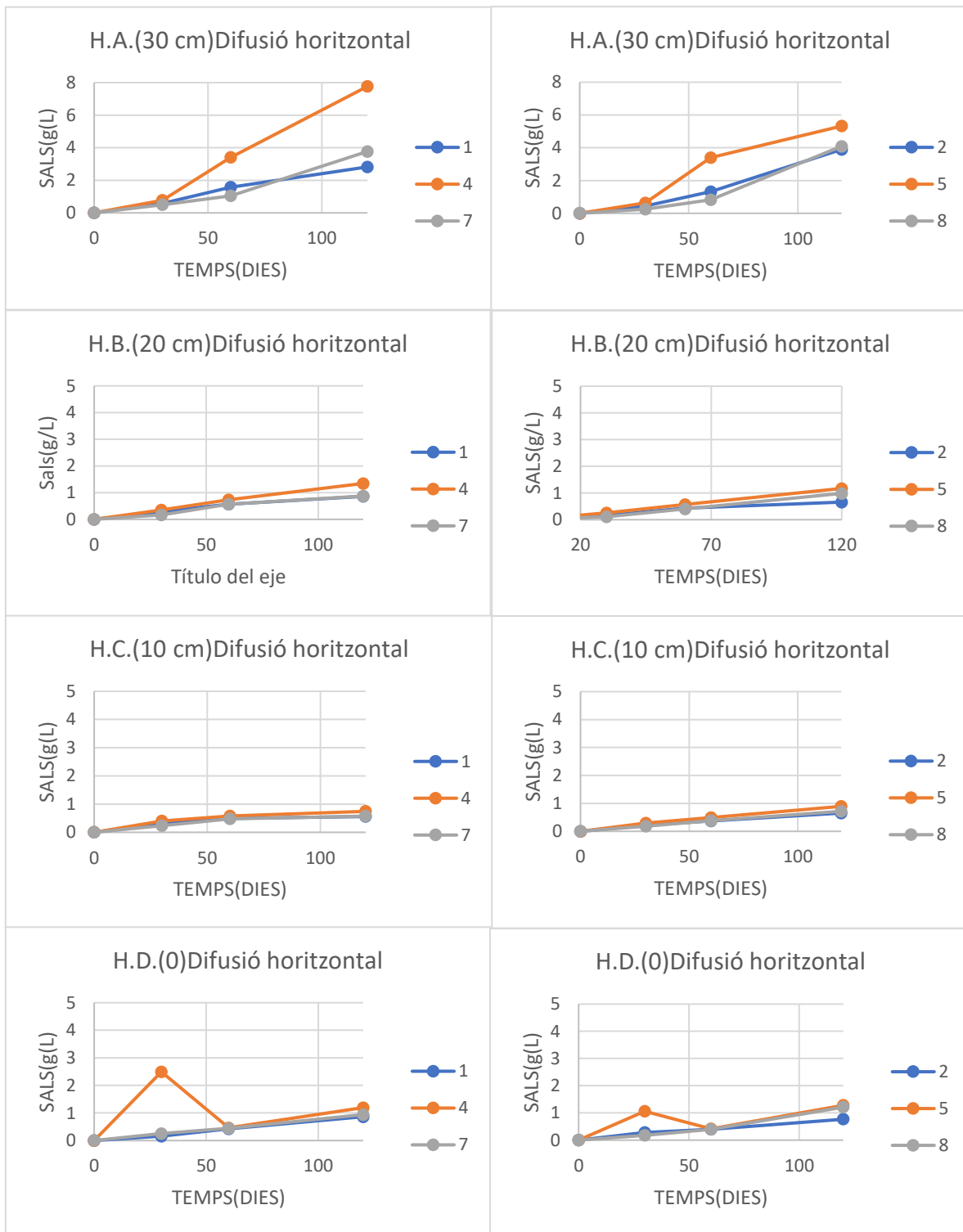


Figura 8.2.8.1 Comparació difusió per distancia horitzontal 1r-2n quadrants.

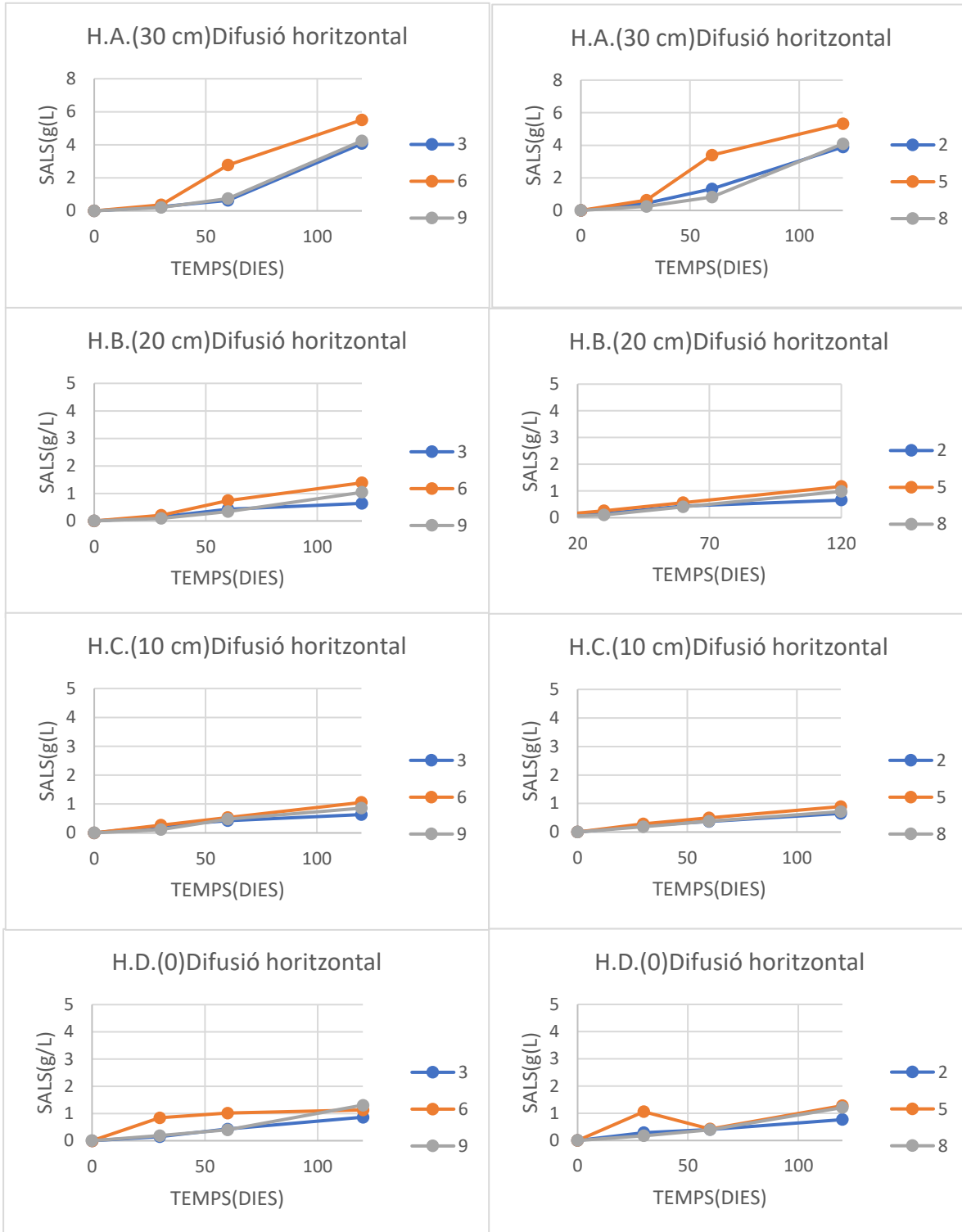


Figura 8.2.8.2 Comparació difusió per distància horitzontal 3r-2n quadrants.

Es trobà que la mecànica de difusió de les sals al terreny, experimentà una diferència respecte a la humitat, o com a mínim la representa de manera més correcta, es el que s'anomena "efecte palmera".

Aquest efecte palmera, bé a dir que la difusió es dona de manera asimptòtica, difonent les sals des de el centre amb paràboles on la intensitat va disminuint amb la distància.

Es distingeixen per consegüent dos fenòmens :

- Els pendents de les difusions, si els comparem per altura son semblants, pràcticament idèntics, fet que podria donar validesa a la teoria de que efectivament hi ha difusió horitzontal.
- La desviació entre gradients i altures d'un mateix sector transversal, per exemple el 1-2-3(figura 8.2.8.1), visualitza que la difusió horitzontal va disminuint amb l'altura.

Llavors el fet es que efectivament, hi ha una difusió horitzontal de sals amb un efecte palmera, i que els gradients de concentració de sals en les zones veïnes al canal van disminuint amb l'altura, ens remarca una dispersió de palmera en la jardinera, tal i com es mostra en la figura 8.2.8.3.

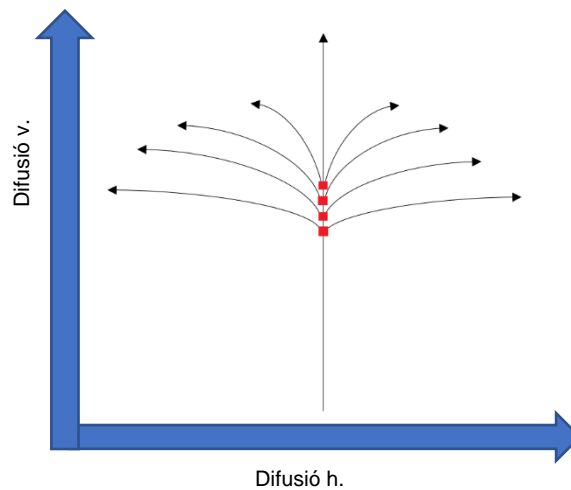


Figura 8.2.8.3 Efecte palmera

8.2.9 Difusió horitzontal de la humitat

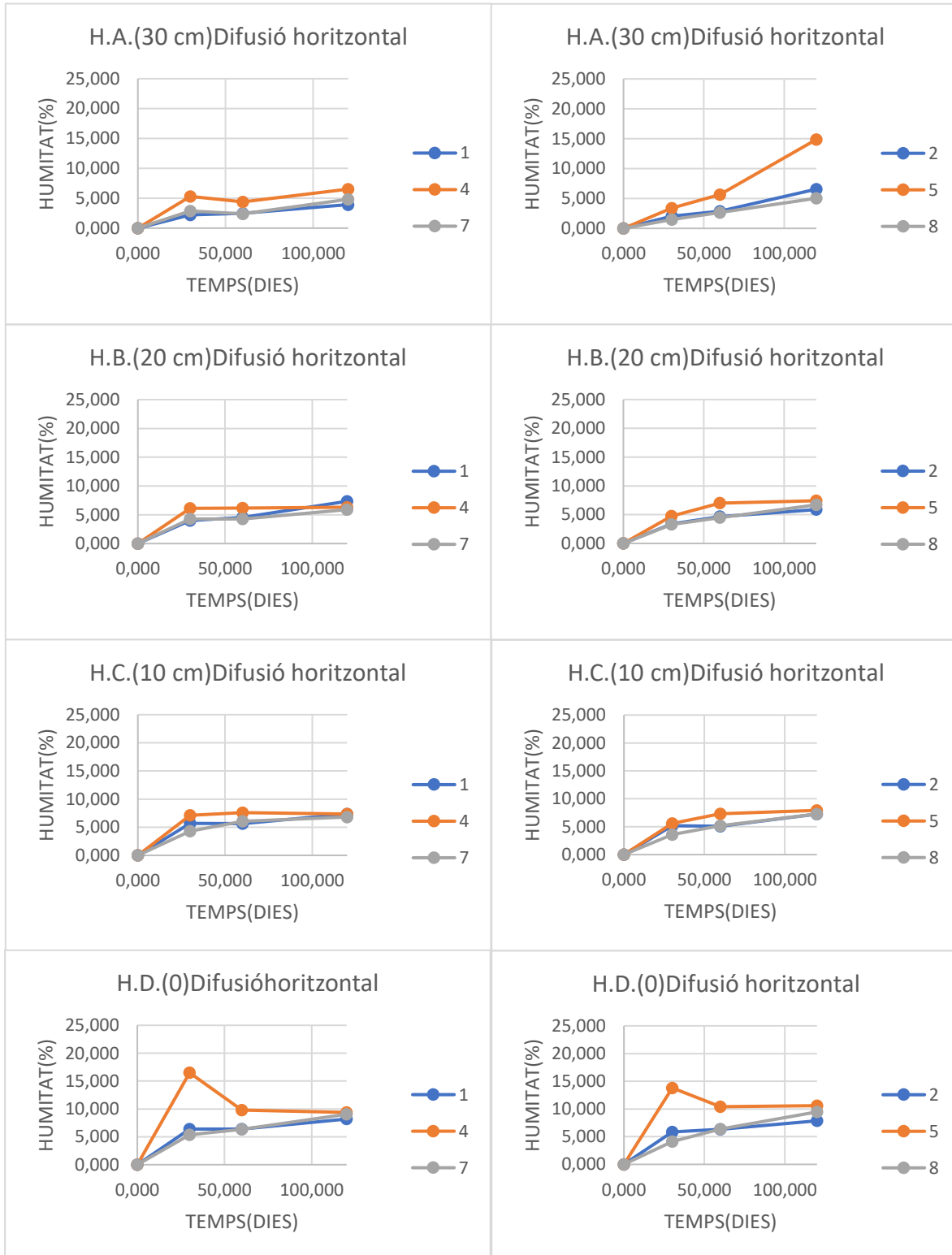


Figura 8.2.9.1 Comparació difusió de la humitat per distància horitzontal 1r-2n quadrants.

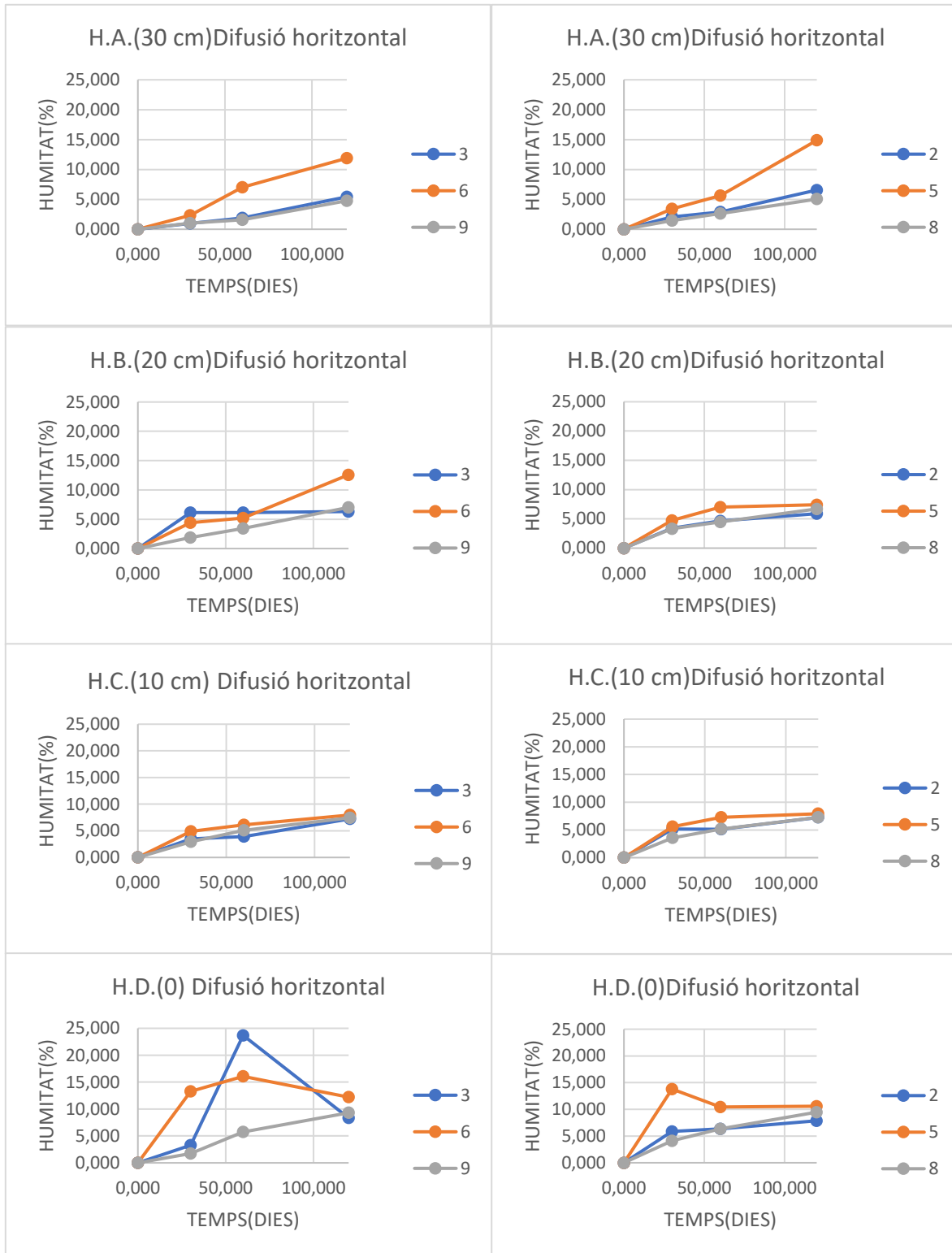


Figura 8.2.9.2 Comparació difusió de la humitat per distancia horitzontal 3r-2n quadrants.

8.2.10 Desviació estàndard de la humitat

| σ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| T1.A | 2,0 | 2,1 | 2,6 | 0,4 | 1,4 | 1,9 | 1,7 | 2,4 | 2,6 |
| T1.B | 1,1 | 1,4 | 2,6 | 0,0 | 0,7 | 0,9 | 1,0 | 1,4 | 2,2 |
| T1.C | 0,3 | 0,5 | 1,4 | 0,5 | 0,3 | 0,7 | 1,0 | 1,3 | 1,6 |
| T1.D | 0,1 | 0,2 | 1,5 | 5,1 | 3,8 | 3,5 | 0,4 | 1,0 | 2,2 |
| T2.A | 1,9 | 1,7 | 2,1 | 0,9 | 0,3 | 0,4 | 1,9 | 1,8 | 2,3 |
| T2.B | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,5 | 1,0 | 0,9 | 1,4 |
| T2.C | 0,3 | 0,5 | 1,1 | 0,7 | 0,5 | 0,0 | 0,1 | 0,5 | 0,6 |
| T2.D | 0,1 | 0,1 | 8,7 | 1,8 | 2,1 | 4,9 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| T3.A | 1,1 | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 4,3 | 2,8 | 0,7 | 0,6 | 0,7 |
| T3.B | 0,6 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0,6 | 3,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 |
| T3.C | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 0,9 | 0,3 | 0,5 | 0,6 |
| T3.D | 1,0 | 0,8 | 1,1 | 1,6 | 2,2 | 3,0 | 1,4 | 1,6 | 1,6 |

Taula 8.2.10.1 Desviació estàndard humitat

Tal i com s'observa en la taula 8.2.10.1, la humitat pràcticament és uniforme en tot el recipient; hi ha alguns punts amb una desviació lleugerament pronunciada, i llevat el punt T2.D.3 que representa un anomalia, els punt T1.D.4, T1.D.5 i T1.D.6 corresponen al filtre en la primera etapa, pel que és normal que encara presentin valors d'humitat; també apareixen el punt T2.D.6 i el T3.A.5, els quals son valors que no es desvien exageradament, però que podrien tenir un origen, podria haver hagut una acumulació d'humitat per algun motiu, però encara amb un efecte no representen una anomalia en el sistema.

Per tant es pot dir que la humitat es manté constant en totes les direccions, essent un fet fonamental per poder establir que les condicions d'humitat a la recipient son les optimes per a poder cultivar qualsevol tipus de vegetal.

8.2.11 Mitjanes de la Salinitat

| g/L | No canal | Canal |
|------|------------|------------|
| T1.A | 0,37 ±0,04 | 0,59 ±0,04 |
| T1.B | 0,16 ±0,04 | 0,27 ±0,04 |
| T1.C | 0,22 ±0,04 | 0,32 ±0,04 |
| T1.D | 0,23 ±0,04 | 1,46 ±0,04 |
| T2.A | 1,03 ±0,04 | 3,19 ±0,04 |
| T2.B | 0,46 ±0,04 | 0,68 ±0,04 |
| T2.C | 0,44 ±0,04 | 0,54 ±0,04 |
| T2.D | 0,42 ±0,04 | 0,63 ±0,04 |
| T3.A | 3,81 ±0,04 | 6,20 ±0,04 |
| T3.B | 0,84 ±0,04 | 1,30 ±0,04 |
| T3.C | 0,67 ±0,04 | 0,90 ±0,04 |
| T3.D | 1,01 ±0,04 | 1,20 ±0,04 |

Taula 8.2.11.1 Mitjanes de la salinitat

La taula 8.2.11.1 mostra les mitjanes de la salinitat en g/L, basades en les corbes de calibratge de NaCl, considerant que aquest es l'element que representa la major part de la salinitat de l'aigua marina. S'observa com els valors de les mesures corresponents a cotes per sota de la superfície (altura A) presenten valors màxims de 1,3 g/L, essent encara més baixos a les zones paral·leles al canal, amb un valor màxim de 1,03 g/L, fet que dona com a conclusió que l'aplicació d'un filtre de granulometria controlada en aquest substrat es totalment efectiu.

Per estudiar la salinitat, aquí es tenen dues forces en compte, la força de la gravetat actuant en la direcció vertical, i les forces de retenció de l'aigua al sol, les forces capil·lars, creant camins capil·lars per on l'aigua circula, degut a les característiques electronegatives dels col·loides que formen les partícules al terreny, provocant la creació d'aquest camins, propiciant el traspàs d'aigua a zones més seques. Un fet interessant es que sorprenentment, l'aigua tendeix a difondre's amb més facilitat verticalment que horitzontalment, teoria basada en el fet que la zona directament vertical esta per sobre del canal, zona mes irrigada pel que el flux d'aigua tindrà un valor major, però a les zones paral·leles el flux com depèn de la dispersió de la zona del canal, esdevé normal que el seus gradients siguin inferiors; s'aprecia com la difusió horitzontal ha experimentat un fet curiós i es que el seu valor va disminuint a mesura que augmentem l'altura respecte la difusió vertical, és a dir, els valors de sals en la superfície son aproximadament iguals, però la proporció de difusió horitzontal

en funció de la vertical, va disminuint amb l'altura, i la conclusió esdevé interessant, perquè en conreus grans, en un terreny considerable, les zones paral·leles als canals, tenen les condicions més òptimes, i amb un canal sota terra a una distància correcta, esdevé una configuració excel·lent.

8.2.12 Cultius disponibles

Es pot estimar quins cultius entren dins dels valors absoluts, sense considerar altres factors, com per exemple la mida de les arrels, o el tipus de vegetal, ja que per exemple els tubercles i la ceba, estan a cota superficial, i amb la configuració actual són impossibles de conrear, per tant la següent taula mostra els cultius que amb els valors de sals donats podrien ésser conreats.

| Cultiu | CE límit(mS/cm) | Tipus de tolerància | Cultiu | CE límit(mS/cm) | Tipus de tolerància |
|--------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------------|
| Ceba | 1,2 | Sensible | Alvocat | 1.60 | Sensible |
| Ceba tendra | 1,2 | Sensible | Albercoquer | 1.60 | Sensible |
| Pèsol | 1,5 | Sensible | Ametller | 1.50 | Sensible |
| Jueva | 1 | Sensible | Cirerer | 1.50 | Sensible |
| Pastanaga | 1 | Sensible | Prunera | 1.50 | Sensible |
| Síndria | 0,9 | Moderadament sensible | Caqui | 1.70 | Sensible |
| Api | 1,8 | Moderadament sensible | Mandariner | 1.70 | Sensible |
| Civada | 1,7 | Moderadament sensible | Pomera | 1.50 | Sensible |
| Albergínia | 1,1 | Moderadament sensible | Llimoner x Taronger amarg | 1.50 | Sensible |
| Col Bròcoli | 2,8 | Moderadament sensible | Llimoner x Citrus Macrofil·la | 1.21 | Sensible |
| Carabassa | 1,2 | Moderadament sensible | Presseguer | 1.70 | Sensible |
| Coliflor | 1,8 | Moderadament sensible | Taronger | 1.70 | Sensible |
| Espinac | 2 | Moderadament sensible | Nespra | 1.60 | Sensible |
| Gira-sol | 1,7 | Moderadament sensible | Peral | 1.50 | Sensible |
| Fesol tendre | 1,6 | Moderadament sensible | Aranja | 1.70 | Sensible |
| Enciam | 1,25 | Moderadament sensible | Llimoner | 1.50 | Moderadament sensible |
| Lli | 1,7 | Moderadament sensible | Vinya | 1.50 | Moderadament sensible |
| Blat de moro dolç | 1,7 | Moderadament sensible | Magraner | 5.00 | Moderadament sensible |
| Blat de moro grano | 1,7 | Moderadament sensible | Figuera | 4.20 | Moderadament sensible |
| Meló | 1,7 | Moderadament sensible | Olivera | 5.00 | Moderadament sensible |
| Patata | 1,7 | Moderadament sensible | Palmera | 4.00 | Tolerant |
| Cogombre | 2 | Moderadament sensible | Carxofa | 6,1 | Moderadament sensible |
| Pebrot | 1,5 | Moderadament sensible | *Sorgo gra | 6,8 | Moderadament sensible |
| Rave | 1,2 | Moderadament sensible | Blat | 6 | Moderadament sensible |
| Alfals | 2 | Moderadament sensible | Cotó | 7,7 | Tolerant |
| Tomàquet | 2 | Moderadament sensible | Ordi | 8 | Tolerant |
| Carxofa | 6,1 | Moderadament sensible | Remolatxa sucrera | 7 | Tolerant |

Figura 8.2.12.1 Cultius aptes per els valors de salinitat, en verd els aptes i en vermell els no aptes.

8.2.13 Influència de l'alimentació d'aigua marina

S'ha pogut observar que la influència de la salinitat en el caudal d'entrada d'aigua, no afecta a la manera en que aquesta es distribueix per la jardinera; en la figura 11.2 la gràfica mostra l'evolució en aquest TFG de les sals en 8 setmanes amb un flux d'aigua que augmenta la seva salinitat, i comparant-la amb la figura 11.3 que té un flux d'aigua de salinitat constant amb les mateixes condicions, es veu com la tendència es semblant, fet dona com a conclusió que la salinitat del flux d'aigua entrant, no afecta a la difusió de la mateixa. Els valors absoluts son diferents degut a que l'estudi de la figura 11.3 té un model amb una superfície més gran en l'eix vertical que horitzontal.

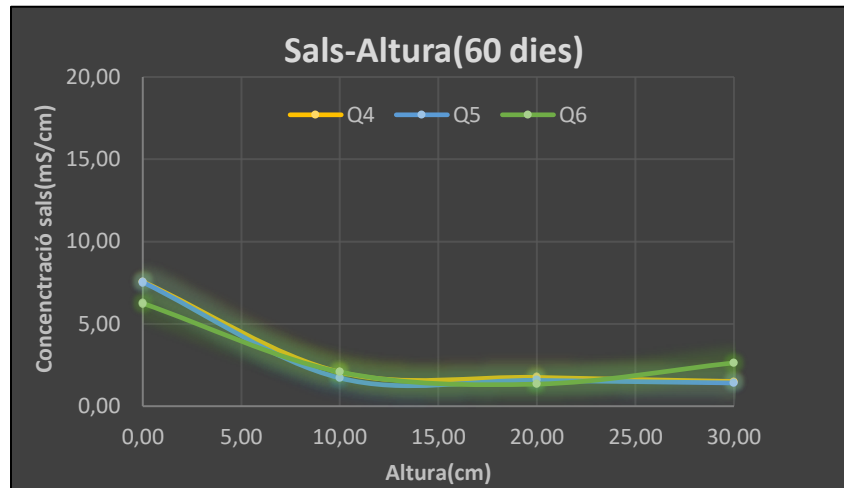


Figura 8.2.13.1 Evolució de la salinitat per altura en 60 dies.

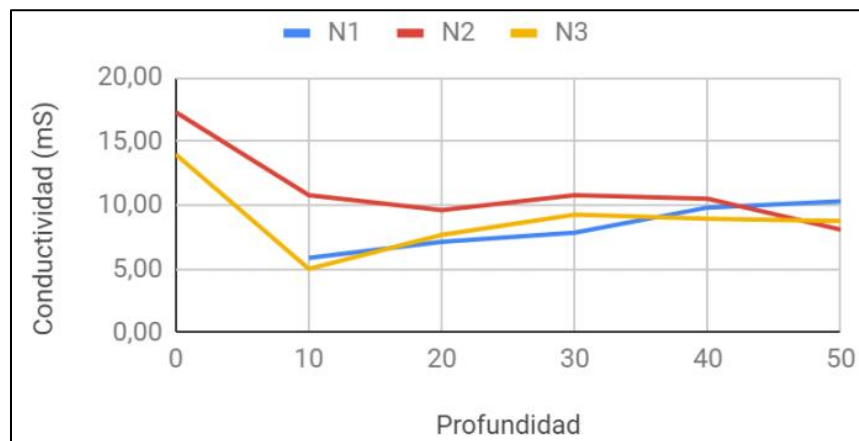


Figura 8.2.13.2 Evolució de la salinitat per altura en 60 dies, gràfica extreta del treball final de grau del Alejandro García Velasco, Estudi sobre l'evolució d'un substrat sotmès a estres hipertònic amb aigua marina.

8.2.14 Rati Sals-Humitat

Les figures 8.2.14.1 i 8.2.14.2 mostren el rati d'humitat i sals, es a dir, quanta humitat hi ha per quantitat de sals. Aquests valors relatius esdevenen una confirmació de la bona sintonia entre ambdós paràmetres en relació amb la qualitat del terreny, i si en aquest s'hi podria conrear, i efectivament es així , tan sols a la superfície trobem valors alts, de un 45% a un 97%, a la resta d'altures però els nivells no superen el 15% , i ni tan sols es significativa la zona analitzada, si esta o no perpendicular o paral·lelament al canal, en els dos casos els valors son aptes.

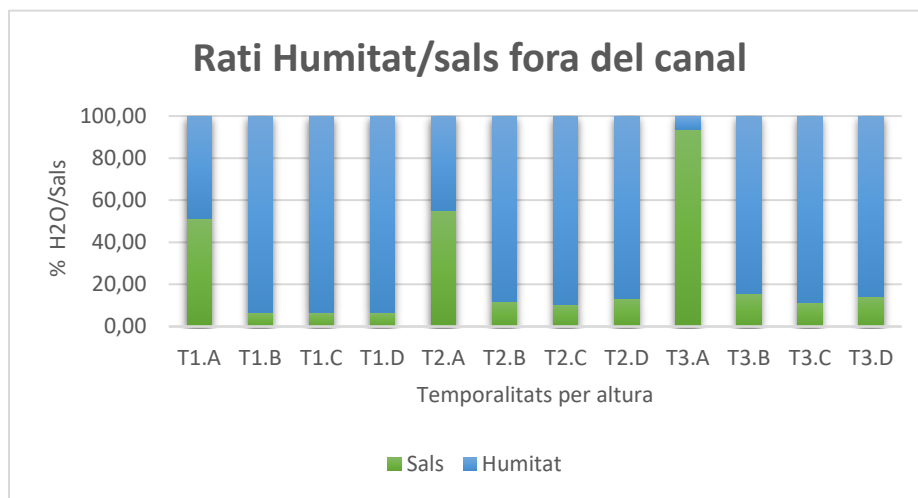


Figura 8.2.14.1 Rati Humitat/sals fora del canal.

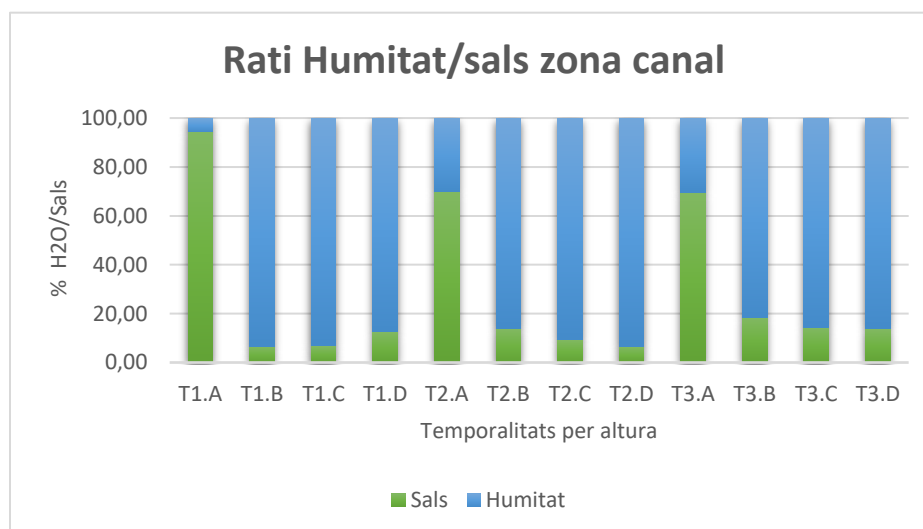


Figura 8.2.14.2 Rati Humitat/sals zona del canal.

9. Cost econòmic del projecte

Les activitats econòmiques del projecte es divideixen en material de laboratori, reactius, construcció del model i cost humà.

| Material | Distribuidor | Preu unitari | Unitats | Preu total |
|-------------------------------------|------------------|--------------|---------|------------|
| Balança analítica | labbox | 898 | 1 | 898 |
| Conductímetre | labbox | 359,99 | 1 | 359,99 |
| Conductímetre punxó | Hanna | 125,84 | 1 | 125,84 |
| Matràs aforat 100 ml | labbox | 8,99 | 5 | 44,95 |
| Matràs aforat 1000 ml | labbox | 13,02 | 1 | 13,02 |
| Vas precipitats 250 ml | labbox | 9,13 | 4 | 36,52 |
| Embut | labbox | 11,31 | 3 | 33,93 |
| Recipients de vidre de 100 ml | labbox | 20,69 | 4 | 82,76 |
| Pinça universal | labbox | 16,85 | 1 | 16,85 |
| Agitador de corrons | P.Selecta | 299 | 1 | 299 |
| Espàtula | labbox | 2,52 | 1 | 2,52 |
| Pipeta graduada d'un enràs de 10 ml | labbox | 13,17 | 1 | 13,17 |
| Vareta agitadora | labbox | 7,51 | 1 | 7,51 |
| Pera de goma | labbox | 4,3 | 1 | 4,3 |
| Servei-Estufa | labbox | 20€/mostra | 44 | 880 |
| Columna de tamisos | labbox | 1240 | 1 | 1240 |
| bureta de clau de vidre de 25 ml | labbox | 16,85 | 1 | 16,85 |
| pH-metre | Thermo científic | 757,58 | 1 | 757,58 |
| TOTAL | | | | 4832,794 € |

Taula 9.1 Costos material de laboratori

| Material | Distribuïdor | Preu unitari(€) | Quantitat utilitzada | Preu total(€) |
|-----------------------------|--------------|-----------------|----------------------|---------------|
| Clorur sòdic | labbox | 3,82 | 500 g | 3,82 |
| Clorur de calci di-hidratat | labbox | 9,53 | 500 g | 9,53 |
| Aigua de mar | - | - | 300 L | 0 |
| Aigua destil·lada | Bosque verde | 3.99 | 75 L | 59,85 |
| TOTAL | | | | 73,2 € |

Taula 9.2 Costos reactius

| Tasca | Categoria | Preu per hora | Hores treballades | Cost total |
|------------------------------------|-----------------|---------------|-------------------|----------------|
| Desenvolupament de la investigació | Enginyer químic | 20€/h | 400 | 8000 |
| Redactat de la memòria | Enginyer químic | 20€/h | 250 | 3000 |
| TOTAL | | | | 11000 € |

Taula 9.3 Cost humà

| Material | Distribuidor | Preu unitari | Unitats | Preu total |
|-------------------------------------|--------------|--------------|---------|-----------------|
| Sauló | Aquamaris | 0,8 | 15 | 12 |
| Sorra de platja | Aquamaris | - | 40 kg | - |
| Recipient de fusta | Aquamaris | 25 | 3 | 75 |
| Regleta 20x200x2m | Aquamaris | 2,79 | 2 | 5,58 |
| Canal PVC 6x10m | Aquamaris | 19,99 | 1 | 19,99 |
| Malla 1x5m | Aquamaris | 3 | 1 | 3 |
| Silicona + pistola | Aquamaris | 8,99 | 1 | 8,99 |
| Bomba | Aquamaris | 20 | 1 | 20 |
| Lamines de PVC transparent 1x3x0,4m | Aquamaris | 3,1 | 1 | 3,1 |
| Dipòsit 50 L | Aquamaris | 26 | 1 | 26 |
| Tub 15m | Aquamaris | 12,25 | 1 | 12,25 |
| Cinta americana | Aquamaris | 3 | 1 | 3 |
| Lona PE 5m | Aquamaris | 31,44 | 1 | 31,44 |
| Distribuidor tubs | Aquamaris | 7 | 1 | 7 |
| Poliestirè expandit 5x2mx1cm | Aquamaris | 69,37 | 1 | 69,37 |
| Termòmetre | Aquamaris | 12,9 | 1 | 12,9 |
| Temporitzador | Aquamaris | 12 | 1 | 12 |
| TOTAL | | | | 321,62 € |

Taula 9.4 Cost del model

| Tipus de cost | Preu (€) |
|------------------------|--------------------|
| Material de laboratori | 4832,794 |
| Reactius | 73,2 |
| Humà | 11000 |
| Muntatge del model | 321,62 |
| TOTAL | 16.227,61 € |

Taula 9.5 Cost total del projecte

10. Diagrama de Gantt

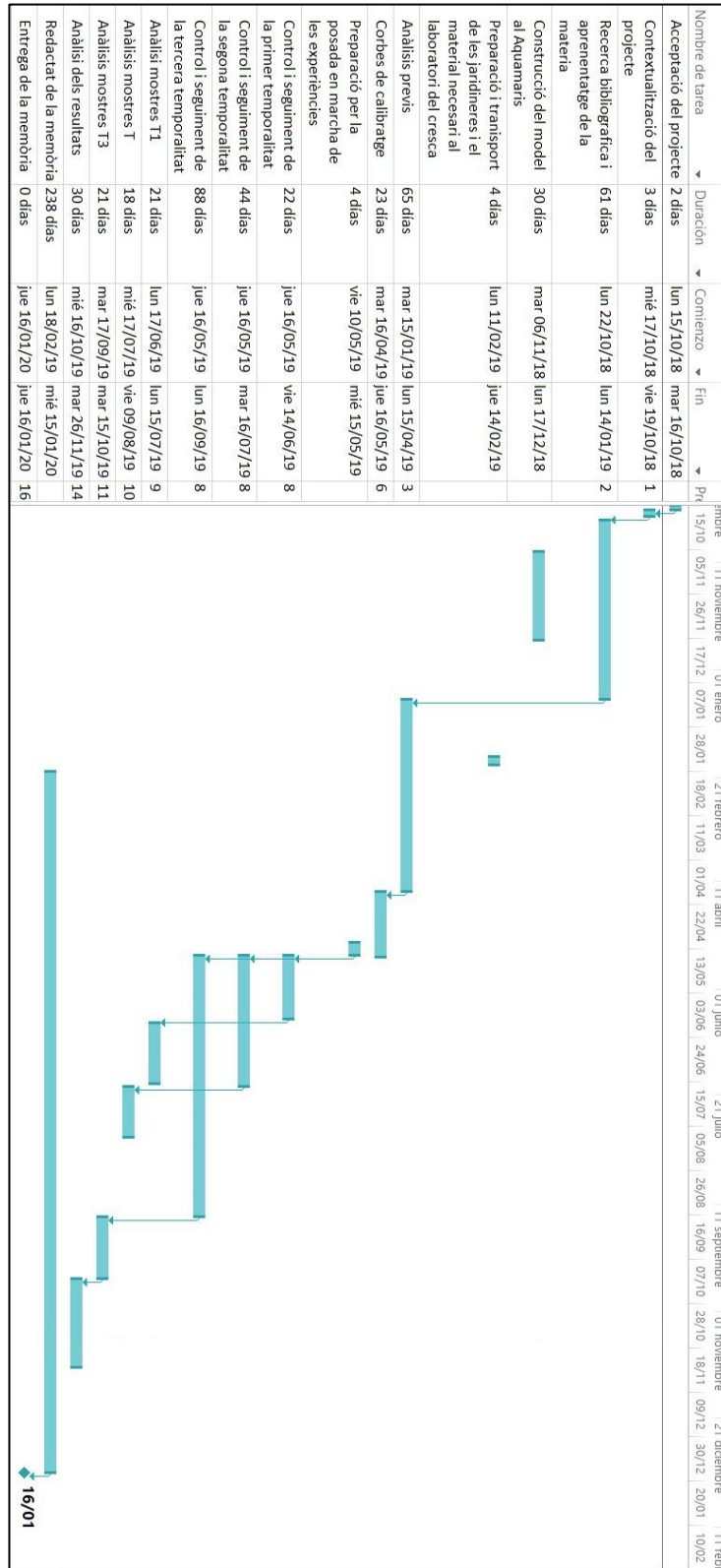


Figura 10.1 Diagrama de Gantt

- **Acceptació del projecte:** Plantejament per part del tutor i acceptació de la proposta.
- **Contextualització del projecte:** Assimilació dels conceptes bàsics del projecte, així com de la metodologia que s'utilitza, i la importància en el context que ocupa.
- **Recerca bibliogràfica i aprenentatge en la matèria:** Recerca bibliogràfica de tota la teoria que avarca el projecte, de tal manera que amb tots els coneixements adquirits es pogués realitzar la part experimental amb coneixement de causa
- **Construcció del model al Aquamaris:** Construcció dels recipients dins d'un hivernacle, a la fundació Aquamaris.
- **Preparació i transport de les jardineres i el material necessari al laboratori del CRESCA:** Transport i preparació de les jardineres i tot el material necessari per el projecte.
- **Anàlisis previs:** Anàlisi dels materials a estudiar, siguin: sorra de sílice(filtre), sauló i aigua marina.
- **Corbes de calibratge:** Realització de les corbes de calibratge dels ions NaCl, CaCl₂ i de les sals provinents de l'aigua marina, prèviament tractada amb el procés del residu sec.
- **Preparació per la posada en marxa de les experiències:** Comprovació de que tots els elements del sistema funcionen, així de que es compleixi amb la mecànica correcta, de tal manera que es corregeixin els errors per a començar amb tot correcte.

- **Control i seguiment de la primera temporalitat:** Control de en la evolució de la experiència per la primera temporalitat
- **Control i seguiment de la segona temporalitat:** Control de en la evolució de la experiència per la segona temporalitat
-
- **Control i seguiment de la tercera temporalitat:** Control de en la evolució de la experiència per la tercera temporalitat
- **Anàlisi mostres T1:** Anàlisi dels paràmetres de control de les mostres recollides en 30 dies d'experiment.
- **Anàlisi mostres T2:** Anàlisi dels paràmetres de control de les mostres recollides en 60 dies d'experiment.
- **Anàlisi mostres T2:** Anàlisi dels paràmetres de control de les mostres recollides en 120 dies d'experiment.
- **Anàlisi de resultats:** Anàlisi dels resultats obtinguts de les experiències, relació de conceptes i debat sobre que volen dir, i dotar-los d'una coherència científica.
- **Redactat de la memòria:** Redacció de tot el contingut de la memòria.
- **Entrega de la memòria:** Entrega del projecte.

11. Conclusions

Després de tot el procés experimental, es pot afirmar que el paradigma que estableix aquest sistema de cultiu, es sense dubte una realitat aplicable, ja que obre una nova manera de produir tant aliments agrícoles com plantes destinades a jardineria. Les experiències han sigut planificades per comprovar de quina manera es pot aplicar aigua marina al terreny, sabem que amb la metodologia correcte es pot fer, i en aquest TFG s'ha vist com es podria donar a la pràctica.

Les conclusions que es poden treure del estudi son les següents:

- L'acció d'un filtre de granulometria controlada per reduir la salinitat, amb un sistema de canals per on hi ha un flux d'aigua marina regulat es totalment viable.
- Els valors generals determinats d'humitat, sals i pH s'ajusten a les condicions aptes per a cultiu, d'una gran varietat de plantes, això sense tenir en compte el problema puntual de la significativa concentració salina a la superfície per l'efecte de la evaporació. Per tant solucionant els problemes d'acumulació de sals de la superfície, donades les condicions de pH, humitat i sals de la resta de nivells, la majoria de cultius s'hi podrien desenvolupar.
- Durant els 120 dies que han durat les experiències, no s'han trobat diferències significatives en la evolució de la humitat.
- Un punt clau en els resultats és la cota de superfície. S'ha comprovat que per l'efecte de l'evaporació, la concentració d'aigua hi anava minvant, fent que el contingut en sals augmentés significativament.
- A uns 10 cm per sota de la superfície, les condicions són aptes per conrear. El fet que ho marca es el gradient vertical de difusió de sals. Aquesta reducció de sals es produeix en el sentit ascendent respecte al canal per on circula l'aigua marina.
- El pH es lleugerament alcalí, amb valors que oscil·len de 7.5-8.5.
- Una de les qüestions plantejades, es la manera com es dispersen les sals, i després de les proves realitzades, s'ha pogut estimar que efectivament hi ha una difusió. S'ha pogut veure que el gradient del vector de difusió vertical es mes gran que l'horitzontal.
-



En definitiva, com a conclusió final, aquest sistema aporta la possibilitat de conrear d'una manera diferent i senzilla, de baix cost ,amb la producció de gairebé qualsevol vegetal, majoritàriament en zones càlides i aprofitant un recurs tan abundant com l'aigua marina , deixant de malgastar un de tan escàs com l'aigua dolça.

12 Perspectives de futur

Aquest estudi es un més dels que s'estan fent conjuntament entre la Fundació AquaMaris i el CRESCA analitzant les propietats i l'aplicació de l'aigua marina al món agrícola.

Altres companys estan estudiant aquest tema, obrin una nova línia d'estudi: l'aplicació de bioadsorbents al filtre, que actuen d'intercanviadors iònics, alguns d'aquests son:

- Pell de taronja sense tractar i tractada químicament
- Pell de llimona sense tractar i tractada químicament
- Barreja de les dues anteriors.

Els bescanviadors iònics intercanvien cations de Ca^{2+} per Na^{+} , fent que la concentració de sals disminueixi enormement, per contra la seva duresa augmenta, per tant es important estudiar la manera com aquests bescanviadors poden retenir les sals i la humitat.

Una altre modificació molt important és l'aplicació d'una reixa de microfibra, a uns 10 cm de la superfície, per retenir la humitat present en la superfície, d'aquesta manera la concentració de sals no arribaria a valors que possessin en perill el conreu de determinades espècies vegetals.

El potencial d'aquesta manera de conrear es enorme, cal estudiar amb mes profunditat la configuració mes òptima, que permeti conrear qualsevol tipus de vegetal de manera eficient i a baix cost. Les possibilitats son moltes, i aplicar-les de manera correcta esdevindrà la nova manera en la que el mon es relaciona amb l'agricultura.

Agraïments

Aquest projecte no hauria sigut possible sense l'ajuda del meu professor i tutor, el doctor Josep Garcia Raurich, que gràcies a la seva ajuda i recolzament, he pogut profunditzar en el tema, aprenent dia i dia d'una persona amb una gran experiència i coneixement, il·lusionant-me amb un tema apassionant amb un gran potencial.

Agrair també a l'Oriol Arnal, director de la fundació *Aquamaris*, per tota l'ajuda a l'hora de realitzar el projecte, ja que porta estudiant l'aigua marina durant anys, i la seva ajuda ha sigut clau; també ha facilitat tots els materials que es necessitaven per el projecte, així també la mateixa construcció de les jardineres.

També agraeixo a la Judith Crespeira, per el recolzament al laboratori del *Cresca*, laboratori on s'han realitzat les experiències, i on l'ambient es l'idoni per a la investigació.

També agrair als alumnes del Josep, Crisant Cusidó i Oriol Escofet, per la seva ajuda en la matèria, ja que els seus treballs estan relacionats amb aquest projecte i han sigut de gran ajuda.

En definitiva agrair a tota la gent que m'ha recolzat, tant a nivell docent, com a nivell personal, començant per el Josep i l'Oriol, i acabant per la meva família i la meva parella.

Gràcies.



ANNEXOS

13.1 Corbes de calibratge

Aquestes dades són les referents al càlcul de les corbes de calibratge dels diferents ions que s'analitzen en aquest TFG, de manera que es pugui fer una correlació entre els valor de conductivitat i els valor de concentració.

13.1.1 Corbes de calibratge NaCl

Esta dividida en dues parts, degut a la precisió numèrica que aporten, ja que parlem de valors que van des de 500 ppm fins a 10000 ppm, les dades son les següents:

| Mitjana C(g/L) | Mitjana (mS/cm) | 1 (mS/cm) | 2 (mS/cm) | 3 (mS/cm) |
|-------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0,005 | 0,03 | 0,028 | 0,028 | 0,028 |
| 0,01 | 0,04 | 0,039 | 0,041 | 0,043 |
| 0,015 | 0,06 | 0,056 | 0,056 | 0,056 |
| 0,02 | 0,07 | 0,069 | 0,069 | 0,069 |
| 0,025 | 0,08 | 0,082 | 0,084 | 0,084 |
| 0,03 | 0,10 | 0,098 | 0,099 | 0,099 |
| 0,04 | 0,12 | 0,122 | 0,122 | 0,123 |
| 0,05 | 0,16 | 0,160 | 0,160 | 0,159 |
| 0,06 | 0,18 | 0,182 | 0,183 | 0,183 |
| 0,07 | 0,21 | 0,209 | 0,207 | 0,208 |
| 0,08 | 0,22 | 0,221 | 0,225 | 0,221 |
| 0,09 | 0,24 | 0,240 | 0,239 | 0,246 |
| 0,1 | 0,27 | 0,265 | 0,263 | 0,269 |
| 0,12 | 0,33 | 0,324 | 0,329 | 0,330 |
| 0,14 | 0,37 | 0,368 | 0,361 | 0,371 |
| 0,16 | 0,43 | 0,428 | 0,427 | 0,424 |
| 0,18 | 0,45 | 0,445 | 0,441 | 0,449 |
| 0,2 | 0,49 | 0,489 | 0,481 | 0,489 |
| 0,22 | 0,54 | 0,543 | 0,544 | 0,543 |
| 0,24 | 0,60 | 0,598 | 0,596 | 0,593 |
| 0,26 | 0,69 | 0,720 | 0,650 | 0,700 |
| 0,28 | 0,73 | 0,730 | 0,729 | 0,735 |
| 0,3 | 0,76 | 0,760 | 0,769 | 0,760 |
| 0,32 | 0,82 | 0,826 | 0,826 | 0,821 |
| 0,34 | 0,85 | 0,843 | 0,850 | 0,859 |
| 0,36 | 0,93 | 0,929 | 0,925 | 0,929 |
| 0,38 | 1,00 | 0,996 | 0,995 | 0,996 |
| 0,4 | 1,05 | 1,044 | 1,030 | 1,059 |
| 0,5 | 1,27 | 1,263 | 1,265 | 1,267 |
| 1 | 2,55 | 2,500 | 2,490 | 2,650 |
| 2 | 4,88 | 4,890 | 4,810 | 4,940 |
| 3 | 6,85 | 6,840 | 6,850 | 6,850 |
| 4 | 8,84 | 8,800 | 8,850 | 8,870 |
| 5 | 10,97 | 10,950 | 10,960 | 10,990 |
| 6 | 12,96 | 12,840 | 12,890 | 13,150 |
| 7 | 14,86 | 14,840 | 14,880 | 14,850 |
| 8 | 16,81 | 16,830 | 16,780 | 16,840 |
| 9 | 18,58 | 18,570 | 18,580 | 18,580 |
| 10 | 19,76 | 19,720 | 19,780 | 19,780 |

Figura 13.1.1.1 Taula corba de calibratge NaCl

13.1.2 Corba de calibratge CaCl₂

| Mitjana | Mitjana | 1 | 2 | 3 |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| C(mg/L) | (mS/cm) | (mS/cm) | (mS/cm) | (mS/cm) |
| 10000 | 14,35 | 14,3 | 14,35 | 14,39 |
| 9000 | 12,86 | 12,85 | 12,86 | 12,86 |
| 8000 | 11,59 | 11,59 | 11,55 | 11,62 |
| 7000 | 10,51 | 10,49 | 10,54 | 10,51 |
| 6000 | 9,24 | 9,23 | 9,24 | 9,24 |
| 5000 | 8,04 | 8,02 | 8,06 | 8,04 |
| 4000 | 6,38 | 6,45 | 6,35 | 6,34 |
| 3000 | 4,78 | 4,78 | 4,78 | 4,79 |
| 2000 | 3,45 | 3,42 | 3,47 | 3,45 |
| 1000 | 1,85 | 1,86 | 1,85 | 1,85 |

Figura 13.1.2.1 Taula corba de calibratge CaCl₂

13.1.3 Corba de calibratge sal marina

| Mitjana | Mitjana | 1 | 2 | 3 |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| C(g/L) | (mS/cm) | (mS/cm) | (mS/cm) | (mS/cm) |
| 100 | 0,94 | 0,91 | 0,96 | 0,95 |
| 500 | 1,89 | 1,87 | 1,8 | 2,01 |
| 1000 | 3,41 | 3,41 | 3,42 | 3,41 |
| 2000 | 6,56 | 6,52 | 6,59 | 6,55 |
| 3000 | 9,53 | 9,51 | 9,52 | 9,55 |
| 4000 | 12,44 | 12,42 | 12,43 | 12,46 |
| 5000 | 15,23 | 15,21 | 15,24 | 15,24 |
| 6000 | 18,41 | 18,32 | 18,39 | 18,51 |
| 7000 | 21,76 | 21,75 | 21,73 | 21,78 |

Figura 13.1.3.1 Taula corba de calibratge aigua marina

13.1.4 Comparació conductímetres

| mg/L | mS/cm | mS/cm(punchó) |
|------|-------|---------------|
| 100 | 0,85 | 0,79 |
| 250 | 1,175 | 1,09 |
| 500 | 1,89 | 1,56 |
| 750 | 2,65 | 2,01 |
| 1000 | 3,31 | 2,44 |

Figura 13.1.4.1 Taula comparació corbes de calibratge conductímetres

13.2 Volumetria àcid-base carbonats

| ml HCl(0,01M) | pH | ml HCl(0,01M) | pH | ml HCl(0,01M) | pH |
|---------------|------|---------------|------|---------------|------|
| 0 | 6,79 | 0 | 7,22 | 0 | 7,22 |
| 1 | 6,55 | 1 | 6,98 | 1 | 7,08 |
| 2 | 6,22 | 2 | 6,76 | 2 | 6,89 |
| 3 | 5,94 | 3 | 6,57 | 3 | 6,71 |
| 4 | 5,64 | 4 | 6,54 | 4 | 6,54 |
| 5 | 5,47 | 4,2 | 6,53 | 5 | 6,45 |
| 6 | 4,99 | 4,4 | 6,52 | 5,2 | 6,4 |
| 7 | 4,59 | 4,6 | 6,51 | 5,4 | 6,37 |
| 8 | 4,39 | 4,8 | 6,5 | 5,6 | 6,31 |
| 9 | 4,15 | 5 | 6,49 | 5,8 | 6,25 |
| 10 | 3,98 | 5,2 | 6,4 | 6 | 6,21 |
| 11 | 3,85 | 5,4 | 6,37 | 6,2 | 6,18 |
| 12 | 3,74 | 5,6 | 6,31 | 6,4 | 6,14 |
| 13 | 3,67 | 5,8 | 6,25 | 6,6 | 6,12 |
| 14 | 3,59 | 6 | 6,21 | 6,8 | 6,11 |
| 15 | 3,54 | 6,2 | 6,18 | 7 | 6,1 |
| 16 | 3,48 | 6,4 | 6,14 | 8 | 6,05 |
| 17 | 3,41 | 6,6 | 6,12 | 9 | 5,96 |
| 18 | 3,37 | 6,8 | 6,11 | 10 | 5,74 |
| 19 | 3,34 | 7 | 6,1 | | |
| 20 | 3,3 | 7,2 | 6,09 | | |
| | | 7,4 | 6,08 | | |
| | | 7,6 | 6,07 | | |
| | | 7,8 | 6,06 | | |
| | | 8 | 6,05 | | |
| | | 9 | 5,96 | | |
| | | 10 | 5,74 | | |
| | | 11 | | | |
| | | 12 | | | |
| | | 13 | | | |
| | | 14 | | | |
| | | 15 | | | |

Figura 13.2 Dades volumètriques àcid-base carbonats i bicarbonats

13.3 Dades proves preliminars

13.3.1 Mostres Sorra de sílice i sauló inicial

| Mostra | Pes vas de vidre | Pes mostra + vas a 50° C (g) | Pes mostra + vas a 110° C (g) | Diferència | Residu sec |
|--------|------------------|------------------------------|-------------------------------|------------|----------------|
| M2.2 | 79,8 | 139,5 | 79,8 | 59,7 | 0 inapreciable |
| M2.1 | 79,7 | 138,8 | 79,7 | 59,1 | 0 inapreciable |
| NJ2 | 77,5 | 113,7 | 77,5 | 36,2 | 0 inapreciable |
| NJ1 | 80,4 | 120,2 | 80,4 | 39,8 | 0 inapreciable |
| M1.1 | 75,5 | 138,7 | 75,5 | 63,2 | 0 inapreciable |
| M3.2 | 82,0 | 140,3 | 82,0 | 58,3 | 0 inapreciable |
| AJ3 | 74,9 | 117,5 | 74,9 | 42,6 | 0 inapreciable |
| AJ2 | 76,8 | 138,8 | 76,8 | 62 | 0 inapreciable |
| NJ3 | 83,4 | 128,7 | 83,4 | 45,3 | 0 inapreciable |
| M1.2 | 80,2 | 140,7 | 80,2 | 60,5 | 0 inapreciable |
| M3.1 | 78,1 | 140,2 | 78,1 | 62,1 | 0 inapreciable |
| AJ1 | 111,1 | 165,3 | 111,1 | 54,2 | 0 inapreciable |

Figura 13.2 Mostres de sorra sílice i sauló inicials

13.4 Dades experimentals

Els resultats següents mostren totes les mesures fetes durant l'experiment, de les quals s'han obtingut els resultats mostrats.

13.4.1 Conductivitat

| Dada 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1.A | 1,748 | 1,113 | 0,648 | 2,11 | 1,618 | 0,934 | 1,258 | 0,652 | 0,528 |
| T1.B | 0,758 | 0,404 | 0,406 | 0,896 | 0,665 | 0,541 | 0,424 | 0,282 | 0,242 |
| T1.C | 0,775 | 0,572 | 0,628 | 1,016 | 0,747 | 0,693 | 0,596 | 0,49 | 0,303 |
| T1.D | 0,831 | 0,727 | 0,407 | 5,67 | 2,72 | 2,27 | 0,63 | 0,453 | 0,495 |
| T2.A | 3,77 | 3,25 | 1,61 | 7,57 | 7,52 | 6,26 | 2,72 | 2,23 | 2,05 |
| T2.B | 1,81 | 1,11 | 1,084 | 2,06 | 1,714 | 2,08 | 1,648 | 1,022 | 0,861 |
| T2.C | 1,262 | 1,271 | 1,071 | 1,93 | 1,568 | 1,345 | 1,54 | 1,312 | 1,217 |
| T2.D | 1,525 | 1,373 | 1,092 | 1,506 | 1,41 | 2,65 | 1,156 | 1,009 | 1,033 |
| T3.A | 6,35 | 8,56 | 8,9 | 16,5 | 11,61 | 12,19 | 8,33 | 8,94 | 9,28 |
| T3.B | 2,24 | 1,9 | 1,86 | 3,27 | 2,89 | 3,35 | 2,34 | 2,54 | 2,67 |
| T3.C | 1,694 | 1,89 | 1,901 | 2,08 | 2,38 | 2,73 | 1,456 | 1,997 | 2,32 |
| T3.D | 2,64 | 2,24 | 2,56 | 2,81 | 3,25 | 2,56 | 2,55 | 3,33 | 3,5 |

| Dada 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1.A | 1,751 | 1,111 | 0,659 | 2,11 | 1,619 | 0,936 | 1,259 | 0,659 | 0,538 |
| T1.B | 0,768 | 0,406 | 0,408 | 0,896 | 0,669 | 0,555 | 0,429 | 0,284 | 0,249 |
| T1.C | 0,776 | 0,579 | 0,629 | 1,016 | 0,749 | 0,699 | 0,599 | 0,51 | 0,309 |
| T1.D | 0,832 | 0,729 | 0,407 | 5,67 | 2,73 | 2,29 | 0,69 | 0,453 | 0,499 |
| T2.A | 3,79 | 3,29 | 1,65 | 7,57 | 7,52 | 6,29 | 2,72 | 2,29 | 2,09 |
| T2.B | 1,68 | 1,112 | 1,09 | 2,08 | 1,712 | 2,07 | 1,639 | 1,02 | 0,875 |
| T2.C | 1,262 | 1,343 | 1,073 | 1,937 | 1,568 | 1,342 | 1,535 | 1,341 | 1,214 |
| T2.D | 1,522 | 1,369 | 1,091 | 1,507 | 1,413 | 2,61 | 1,139 | 1,008 | 1,03 |
| T3.A | 6,36 | 8,57 | 8,87 | 16,52 | 11,45 | 12,22 | 8,3 | 8,97 | 9,25 |
| T3.B | 2,37 | 1,9 | 1,88 | 3,33 | 2,94 | 3,35 | 2,35 | 2,741 | 2,68 |
| T3.C | 1,701 | 1,891 | 1,012 | 2,07 | 2,38 | 2,71 | 1,458 | 2,03 | 2,3 |
| T3.D | 2,35 | 1,91 | 1,86 | 3,35 | 3,04 | 3,5 | 2,36 | 2,45 | 2,72 |

| Dada 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1.A | 1,755 | 1,116 | 0,649 | 2,19 | 1,619 | 0,936 | 1,256 | 0,649 | 0,527 |
| T1.B | 0,76 | 0,406 | 0,409 | 0,899 | 0,665 | 0,543 | 0,425 | 0,284 | 0,241 |
| T1.C | 0,779 | 0,576 | 0,629 | 1,019 | 0,749 | 0,694 | 0,596 | 0,46 | 0,301 |
| T1.D | 0,835 | 0,729 | 0,408 | 5,68 | 2,71 | 2,29 | 0,64 | 0,45 | 0,496 |
| T2.A | 3,79 | 3,26 | 1,61 | 7,56 | 7,56 | 6,2 | 2,71 | 2,21 | 2,09 |
| T2.B | 1,682 | 1,116 | 1,091 | 2,06 | 1,712 | 2,08 | 1,037 | 1,036 | 0,875 |
| T2.C | 1,262 | 1,343 | 1,073 | 1,377 | 1,568 | 1,342 | 1,535 | 1,341 | 1,215 |
| T2.D | 1,522 | 1,365 | 1,092 | 1,506 | 1,41 | 2,64 | 1,136 | 1,008 | 1,03 |
| T3.A | 6,35 | 8,55 | 8,98 | 16,53 | 11,42 | 11,21 | 8,28 | 8,96 | 9,27 |
| T3.B | 2,35 | 1,91 | 1,86 | 3,35 | 3,04 | 3,5 | 2,36 | 2,45 | 2,72 |
| T3.C | 1,697 | 1,893 | 1,918 | 2,08 | 2,4 | 2,72 | 1,458 | 2,05 | 2,32 |
| T3.D | 2,62 | 2,23 | 2,56 | 2,83 | 3,25 | 2,56 | 2,55 | 3,33 | 3,5 |

Figura 13.4.1.1 Dades experimentals conductivitat

| Mitjana(mS/cm) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| T1.A | 1,751 | 1,113 | 0,652 | 2,137 | 1,619 | 0,935 | 1,258 | 0,653 | 0,531 |
| T1.B | 0,762 | 0,405 | 0,408 | 0,897 | 0,666 | 0,546 | 0,426 | 0,283 | 0,244 |
| T1.C | 0,777 | 0,576 | 0,629 | 1,017 | 0,748 | 0,695 | 0,597 | 0,487 | 0,304 |
| T1.D | 0,833 | 0,728 | 0,407 | 5,673 | 2,720 | 2,283 | 0,653 | 0,452 | 0,497 |
| T2.A | 3,783 | 3,267 | 1,623 | 7,567 | 7,533 | 6,250 | 2,717 | 2,243 | 2,077 |
| T2.B | 1,724 | 1,113 | 1,088 | 2,067 | 1,713 | 2,077 | 1,441 | 1,026 | 0,870 |
| T2.C | 1,262 | 1,319 | 1,072 | 1,748 | 1,568 | 1,343 | 1,537 | 1,331 | 1,215 |
| T2.D | 1,523 | 1,369 | 1,092 | 1,506 | 1,411 | 2,633 | 1,144 | 1,008 | 1,031 |
| T3.A | 6,353 | 8,560 | 8,917 | 16,517 | 11,493 | 11,873 | 8,303 | 8,957 | 9,267 |
| T3.B | 2,320 | 1,903 | 1,867 | 3,317 | 2,957 | 3,400 | 2,350 | 2,577 | 2,690 |
| T3.C | 1,697 | 1,891 | 1,610 | 2,077 | 2,387 | 2,720 | 1,457 | 2,026 | 2,313 |
| T3.D | 2,537 | 2,127 | 2,327 | 2,997 | 3,180 | 2,873 | 2,487 | 3,037 | 3,240 |

Figura 13.4.1.Mitjanes experimentals conductivitat

13.4.2 Humitat

| Nom mostra | Pes abans d'assecar | Temperatura | Temps | Pes després d'assecar | Pèrdua de pes | Pes del pot | Pes de la sorra | % aigua perdut |
|-------------|---------------------|-------------|--------|-----------------------|---------------|-------------|-----------------|----------------|
| T1.A.1 Xavi | 416,7 | 110 °C | 4 dies | 410,9 | 5,8 | 156,94 | 259,76 | 2,2 |
| T1.A.2 Xavi | 872,2 | 110 °C | 4 dies | 859,6 | 12,6 | 260,06 | 612,14 | 2,1 |
| T1.A.3 Xavi | 652,4 | 110 °C | 4 dies | 648,5 | 3,9 | 257,67 | 394,73 | 1,0 |
| T1.A.4 Xavi | 689,1 | 110 °C | 4 dies | 666,2 | 22,9 | 259,24 | 429,86 | 5,3 |
| T1.A.5 Xavi | 747,3 | 110 °C | 4 dies | 730,9 | 16,4 | 265,78 | 481,52 | 3,4 |
| T1.A.6 Xavi | 613,1 | 110 °C | 4 dies | 604,9 | 8,2 | 261,94 | 351,16 | 2,3 |
| T1.A.7 Xavi | 508,1 | 110 °C | 4 dies | 498,2 | 9,9 | 162,97 | 345,13 | 2,9 |
| T1.A.8 Xavi | 552,6 | 110 °C | 4 dies | 547,2 | 5,4 | 186,84 | 365,76 | 1,5 |
| T1.A.9 Xavi | 397,3 | 110 °C | 4 dies | 394,7 | 2,6 | 143,27 | 254,03 | 1,0 |
| T1.B.1.XAVI | 896,2 | 110 °C | 4 dies | 870,8 | 25,4 | 260,04 | 636,16 | 4,0 |
| T1.B.2.XAVI | 561,7 | 110 °C | 4 dies | 550,5 | 11,2 | 232,15 | 329,55 | 3,4 |
| T1.B.3 Xavi | 652,4 | 110 °C | 4 dies | 648,5 | 3,9 | 259,19 | 393,21 | 1,0 |
| T1.B.4 XAVI | 474,7 | 110 °C | 4 dies | 454,6 | 20,1 | 147,28 | 327,42 | 6,1 |
| T1.B.5 XAVI | 511,4 | 110 °C | 4 dies | 495,6 | 15,8 | 178,21 | 333,19 | 4,7 |
| T1.B.6 XAVI | 775,2 | 110 °C | 4 dies | 752,4 | 22,8 | 258,21 | 516,99 | 4,4 |
| T1.B.7.XAVI | 528,6 | 111 °C | 4 dies | 514,3 | 14,3 | 194,59 | 334,01 | 4,3 |
| T1.B.8 XAVI | 545,6 | 117 °C | 4 dies | 533,8 | 11,8 | 188,37 | 357,23 | 3,3 |
| T1.B.9 XAVI | 382,6 | 118 °C | 4 dies | 378,2 | 4,4 | 149,22 | 233,38 | 1,9 |
| T1.C.1.XAVI | 560,6 | 126 °C | 4 dies | 540,1 | 20,5 | 200,56 | 360,04 | 5,7 |
| T1.C.2.XAVI | 374,7 | 127 °C | 4 dies | 362,9 | 11,8 | 145,77 | 228,93 | 5,2 |
| T1.C.3.XAVI | 402,5 | 128 °C | 4 dies | 393,2 | 9,3 | 136,49 | 266,01 | 3,5 |
| T1.C.4.XAVI | 298,8 | 129 °C | 4 dies | 286,5 | 12,3 | 126,3 | 172,5 | 7,1 |
| T1.C.5.XAVI | 443,2 | 130 °C | 4 dies | 428,2 | 15 | 174,36 | 268,84 | 5,6 |
| T1.C.6.XAVI | 440,2 | 131 °C | 4 dies | 426,7 | 13,5 | 163,54 | 276,66 | 4,9 |
| T1.C.7.XAVI | 400,6 | 132 °C | 4 dies | 389,3 | 11,3 | 137,6 | 263 | 4,3 |
| T1.C.8.XAVI | 387,9 | 133 °C | 4 dies | 379,5 | 8,4 | 154,2 | 233,7 | 3,6 |
| T1.C.9.XAVI | 502,2 | 134 °C | 4 dies | 492,7 | 9,5 | 178,66 | 323,54 | 2,9 |
| T1.D.1.XAVI | 502,3 | 147 °C | 4 dies | 481,7 | 20,6 | 179,23 | 323,07 | 6,4 |
| T1.D.2.XAVI | 389,8 | 148 °C | 4 dies | 375,6 | 14,2 | 147,55 | 242,25 | 5,9 |
| T1.D.3.XAVI | 525,9 | 149 °C | 4 dies | 513,6 | 12,3 | 149,61 | 376,29 | 3,3 |
| T1.D.4.XAVI | 680,8 | 150 °C | 4 dies | 601,4 | 79,4 | 199,43 | 481,37 | 16,5 |
| T1.D.5.XAVI | 683,8 | 151 °C | 4 dies | 614,6 | 69,2 | 182,37 | 501,43 | 13,8 |
| T1.D.6.XAVI | 715,8 | 152 °C | 4 dies | 647,1 | 68,7 | 198,2 | 517,6 | 13,3 |
| T1.D.7.XAVI | 384,1 | 153 °C | 4 dies | 371,4 | 12,7 | 146,94 | 237,16 | 5,4 |
| T1.D.8.XAVI | 437,6 | 154 °C | 4 dies | 425,6 | 12 | 145,2 | 292,4 | 4,1 |
| T1.D.9.XAVI | 238,7 | 155 °C | 4 dies | 236,1 | 2,6 | 88,03 | 150,67 | 1,7 |
| T2.A.1 XAVI | 410,4 | 177 °C | 5 dies | 404,1 | 6,3 | 156,94 | 253,46 | 2,5 |
| T2.A.2 XAVI | 925,6 | 181 °C | 5 dies | 906,4 | 19,2 | 260,06 | 665,54 | 2,9 |
| T2.A.3 XAVI | 588,3 | 184 °C | 5 dies | 582 | 6,3 | 257,67 | 330,63 | 1,9 |
| T2.A.4 XAVI | 761,3 | 183 °C | 5 dies | 739,2 | 22,1 | 259,24 | 502,06 | 4,4 |
| T2.A.5 XAVI | 718,6 | 182 °C | 5 dies | 693 | 25,6 | 265,78 | 452,82 | 5,7 |
| T2.A.6 XAVI | 486,9 | 185 °C | 5 dies | 471,1 | 15,8 | 261,94 | 224,96 | 7,0 |
| T2.A.7 XAVI | 518,5 | 179 °C | 5 dies | 509,9 | 8,6 | 162,97 | 355,53 | 2,4 |
| T2.A.8 XAVI | 527,4 | 178 °C | 5 dies | 518,4 | 9 | 186,84 | 340,56 | 2,6 |
| T2.A.9 XAVI | 380,6 | 180 °C | 5 dies | 376,8 | 3,8 | 143,27 | 237,33 | 1,6 |
| T2.B.1 XAVI | 833,4 | 110 °C | 5 dies | 807,4 | 26 | 260,04 | 573,36 | 4,5 |
| T2.B.2 XAVI | 534 | 110 °C | 5 dies | 520 | 14 | 232,15 | 301,85 | 4,6 |
| T2.B.3 XAVI | 466,5 | 110 °C | 5 dies | 451,8 | 14,7 | 259,19 | 207,31 | 7,1 |
| T2.B.4 XAVI | 486,5 | 110 °C | 5 dies | 465,6 | 20,9 | 147,28 | 339,22 | 6,2 |
| T2.B.5 XAVI | 553,3 | 110 °C | 5 dies | 527 | 26,3 | 178,21 | 375,09 | 7,0 |
| T2.B.6 XAVI | 897,7 | 110 °C | 5 dies | 864,4 | 33,3 | 258,21 | 639,49 | 5,2 |
| T2.B.7 XAVI | 550 | 110 °C | 5 dies | 534,8 | 15,2 | 194,59 | 355,41 | 4,3 |
| T2.B.8 XAVI | 525 | 110 °C | 5 dies | 510 | 15 | 188,37 | 336,63 | 4,5 |

| | | | | | | | | |
|-------------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|------|
| T2.B.9 XAVI | 382,4 | 110 °C | 5 dies | 374,4 | 8 | 149,22 | 233,18 | 3,4 |
| T2.C.1 XAVI | 552,9 | 110 °C | 5 dies | 533,1 | 19,8 | 200,56 | 352,34 | 5,6 |
| T2.C.2 XAVI | 400,4 | 110 °C | 5 dies | 387,4 | 13 | 145,77 | 254,63 | 5,1 |
| T2.C.3 XAVI | 386,6 | 110 °C | 5 dies | 376,8 | 9,8 | 136,49 | 250,11 | 3,9 |
| T2.C.4 XAVI | 364,5 | 110 °C | 5 dies | 346,4 | 18,1 | 126,3 | 238,2 | 7,6 |
| T2.C.5 XAVI | 566,3 | 110 °C | 5 dies | 537,7 | 28,6 | 174,36 | 391,94 | 7,3 |
| T2.C.6 XAVI | 475 | 110 °C | 5 dies | 455,9 | 19,1 | 163,54 | 311,46 | 6,1 |
| T2.C.7 XAVI | 397,8 | 110 °C | 5 dies | 382 | 15,8 | 137,6 | 260,2 | 6,1 |
| T2.C.8 XAVI | 395,4 | 110 °C | 5 dies | 382,9 | 12,5 | 154,2 | 241,2 | 5,2 |
| T2.C.9 XAVI | 569,9 | 110 °C | 5 dies | 550 | 19,9 | 178,66 | 391,24 | 5,1 |
| T2.D.1 XAVI | 495,2 | 110 °C | 5 dies | 475,01 | 20,19 | 179,23 | 315,97 | 6,4 |
| T2.D.2 XAVI | 443,9 | 110 °C | 5 dies | 425,1 | 18,8 | 147,6 | 296,35 | 6,3 |
| T2.D.3 XAVI | 480,5 | 110 °C | 5 dies | 402,1 | 78,4 | 149,6 | 330,89 | 23,7 |
| T2.D.4 XAVI | 598,9 | 110 °C | 5 dies | 559,8 | 39,1 | 199,4 | 399,47 | 9,8 |
| T2.D.5 XAVI | 617,1 | 110 °C | 5 dies | 571,8 | 45,3 | 182,4 | 434,73 | 10,4 |
| T2.D.6 XAVI | 682,8 | 110 °C | 5 dies | 604,9 | 77,9 | 198,2 | 484,6 | 16,1 |
| T2.D.7 XAVI | 481,7 | 110 °C | 5 dies | 460,5 | 21,2 | 146,9 | 334,76 | 6,3 |
| T2.D.8 XAVI | 499,9 | 110 °C | 5 dies | 477,3 | 22,6 | 145,2 | 354,7 | 6,4 |
| T2.D.9 XAVI | 224,2 | 110 °C | 5 dies | 216,4 | 7,8 | 88,0 | 136,17 | 5,7 |
| T3.A1 XAVI | 397,9 | 110 °C | 5 dies | 388,4 | 9,5 | 156,94 | 240,96 | 3,9 |
| T3.A2 XAVI | 535,8 | 110 °C | 5 dies | 517,7 | 18,1 | 260,06 | 275,74 | 6,6 |
| T3.A3 XAVI | 571 | 110 °C | 5 dies | 554 | 17 | 257,67 | 313,33 | 5,4 |
| T3.A4 XAVI | 551,6 | 110 °C | 5 dies | 532,5 | 19,1 | 259,24 | 292,36 | 6,5 |
| T3.A5 XAVI | 347,8 | 110 °C | 5 dies | 335,6 | 12,2 | 265,78 | 82,02 | 14,9 |
| T3.A6 XAVI | 386,5 | 110 °C | 5 dies | 371,7 | 14,8 | 261,94 | 124,56 | 11,9 |
| T3.A7 XAVI | 496,1 | 110 °C | 5 dies | 480 | 16,1 | 162,97 | 333,13 | 4,8 |
| T3.A8 XAVI | 480,1 | 110 °C | 5 dies | 465,3 | 14,8 | 186,84 | 293,26 | 5,0 |
| T3.A9 XAVI | 384,6 | 110 °C | 5 dies | 373,1 | 11,5 | 143,27 | 241,33 | 4,8 |
| T3.B.1 XAVI | 586,7 | 110 °C | 5 dies | 562,7 | 24 | 260,04 | 326,66 | 7,3 |
| T3.B.2 XAVI | 507,5 | 110 °C | 5 dies | 491,3 | 16,2 | 232,15 | 275,35 | 5,9 |
| T3.B.3 XAVI | 739,5 | 110 °C | 5 dies | 706,2 | 33,3 | 259,19 | 480,31 | 6,9 |
| T3.B.4 XAVI | 484,5 | 110 °C | 5 dies | 463,2 | 21,3 | 147,28 | 337,22 | 6,3 |
| T3.B.5 XAVI | 603 | 110 °C | 5 dies | 571,5 | 31,5 | 178,21 | 424,79 | 7,4 |
| T3.B.6 XAVI | 458,5 | 110 °C | 5 dies | 433,3 | 25,2 | 258,21 | 200,29 | 12,6 |
| T3.B.7 XAVI | 554 | 110 °C | 5 dies | 532,8 | 21,2 | 194,59 | 359,41 | 5,9 |
| T3.B.8 XAVI | 497,4 | 110 °C | 5 dies | 476,7 | 20,7 | 188,37 | 309,03 | 6,7 |
| T3.B.9 XAVI | 377,1 | 110 °C | 5 dies | 361,1 | 16 | 149,22 | 227,88 | 7,0 |
| T3.C.1 XAVI | 574,6 | 110 °C | 5 dies | 547,1 | 27,5 | 200,56 | 374,04 | 7,4 |
| T3.C.2 XAVI | 407,5 | 110 °C | 5 dies | 388,5 | 19 | 145,77 | 261,73 | 7,3 |
| T3.C.3 XAVI | 374,4 | 110 °C | 5 dies | 357,2 | 17,2 | 136,49 | 237,91 | 7,2 |
| T3.C.4 XAVI | 342,4 | 110 °C | 5 dies | 326,5 | 15,9 | 126,3 | 216,1 | 7,4 |
| T3.C.5 XAVI | 587,2 | 110 °C | 5 dies | 554,5 | 32,7 | 174,36 | 412,84 | 7,9 |
| T3.C.6 XAVI | 443,6 | 110 °C | 5 dies | 421,3 | 22,3 | 163,54 | 280,06 | 8,0 |
| T3.C.7 XAVI | 404,8 | 110 °C | 5 dies | 386,6 | 18,2 | 137,6 | 267,2 | 6,8 |
| T3.C.8 XAVI | 383,9 | 110 °C | 5 dies | 367,2 | 16,7 | 154,2 | 229,7 | 7,3 |
| T3.C.9 XAVI | 560,2 | 110 °C | 5 dies | 531,8 | 28,4 | 178,66 | 381,54 | 7,4 |
| T3.D.1 XAVI | 565,1 | 110 °C | 5 dies | 533,5 | 31,6 | 179,23 | 385,87 | 8,2 |
| T3.D.2 XAVI | 431,1 | 110 °C | 5 dies | 408,8 | 22,3 | 147,55 | 283,55 | 7,9 |
| T3.D.3 XAVI | 522,3 | 110 °C | 5 dies | 491,1 | 31,2 | 149,61 | 372,69 | 8,4 |
| T3.D.4 XAVI | 595,3 | 110 °C | 5 dies | 558,1 | 37,2 | 199,43 | 395,87 | 9,4 |
| T3.D.5 XAVI | 683,8 | 110 °C | 5 dies | 630,6 | 53,2 | 182,37 | 501,43 | 10,6 |
| T3.D.6 XAVI | 665,2 | 110 °C | 5 dies | 608,1 | 57,1 | 198,2 | 467 | 12,2 |
| T3.D.7 XAVI | 476,2 | 110 °C | 5 dies | 446,4 | 29,8 | 146,94 | 329,26 | 9,1 |
| T3.D.8 XAVI | 487,2 | 110 °C | 5 dies | 454,8 | 32,4 | 145,2 | 342 | 9,5 |
| T3.D.9 XAVI | 282,5 | 110 °C | 5 dies | 264,4 | 18,1 | 88,03 | 194,47 | 9,3 |

Figura 13.4.2.1 Dades humitat mostres

13.4.3 Terbolesa

| Ntu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T1.A | 6,97 | 7,19 | 7,66 | 7,61 | 7,78 | 7,9 | 7,54 | 7,71 | 7,67 |
| T1.B | 7,45 | 7,56 | 7,63 | 7,93 | 7,64 | 7,86 | 6,85 | 7,3 | 7,54 |
| T1.C | 7,12 | 7,63 | 7,54 | 7,93 | 7,8 | 7,95 | 7,81 | 7,7 | 7,84 |
| T1.D | 7,81 | 7,99 | 8,14 | 8,36 | 9,5 | 7,91 | 8,34 | 8,33 | 8,08 |
| T2.A | 25,6 | 21,5 | 39,5 | 17,5 | 24,6 | 31,2 | 48,5 | 45 | 62,6 |
| T2.B | 21,5 | 73,7 | 379 | 69,2 | 70,6 | 71,8 | 172 | 86,3 | 66,8 |
| T2.C | 33,6 | 76,5 | 39,9 | 97,4 | 74,8 | 467 | 572 | 99,3 | 108 |
| T2.D | 102 | 48 | 91,6 | 67,8 | 65,2 | 35,5 | 22,9 | 88,1 | 125 |
| T3.A | 85,1 | 90,7 | 105 | 51,8 | 81,8 | 37 | 59,1 | 309 | 70,9 |
| T3.B | 38,9 | 3339 | 313 | 320 | 529 | 236 | 116 | 339 | 110 |
| T3.C | 75,8 | 240 | 76,6 | 206 | 492 | 143 | 191 | 164 | 177 |
| T3.D | 63,7 | 70,6 | 126 | 35,3 | 37,3 | 46,1 | 42,3 | 44,8 | 71,1 |

Figura 13.4.3.1 Dades terbolesa de les mostres

Els valors de terbolesa de l'aigua venen expressats en NTU, unitat que equival a mg/L de partícules en suspensió, concretament 1/3 de NtU equival a un ppm.

13.4.4 pH

| Dada 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T1.A | 6,97 | 7,19 | 7,66 | 7,61 | 7,78 | 7,9 | 7,54 | 7,71 | 7,67 |
| T1.B | 7,45 | 7,56 | 7,63 | 7,93 | 7,64 | 7,86 | 6,85 | 7,3 | 7,54 |
| T1.C | 7,12 | 7,63 | 7,54 | 7,93 | 7,8 | 7,95 | 7,81 | 7,7 | 7,84 |
| T1.D | 7,81 | 7,99 | 8,14 | 8,36 | 9,5 | 7,91 | 8,34 | 8,33 | 8,08 |
| T2.A | 7,82 | 7,79 | 7,98 | 8,27 | 8,28 | 8,13 | 8,13 | 8,3 | 8,23 |
| T2.B | 7,72 | 8,04 | 8,51 | 8,45 | 8,66 | 8,44 | 8,49 | 8,4 | 8,35 |
| T2.C | 7,43 | 7,76 | 7,7 | 7,83 | 8,07 | 8,32 | 8,1 | 8,02 | 8 |
| T2.D | 7,38 | 7,28 | 7,39 | 7,5 | 7,33 | 9,32 | 8,34 | 7,9 | 7,78 |
| T3.A | 7,8 | 7,9 | 8,01 | 8,07 | 8,2 | 8,17 | 8,17 | 8,54 | 8,31 |
| T3.B | 7,7 | 8,35 | 8,4 | 8,26 | 8,64 | 8,58 | 8,25 | 8,5 | 8,46 |
| T3.C | 7,84 | 8,56 | 8,39 | 8,79 | 8,83 | 8,76 | 8,72 | 8,66 | 8,93 |
| T3.D | 7,7 | 8,23 | 8,51 | 8,18 | 8,21 | 8,21 | 8,16 | 8,17 | 8,47 |

| Dada 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| T1.A | 7,02 | 7,2 | 7,69 | 7,65 | 7 | 7,95 | 7,55 | 7,75 | 7,65 |
| T1.B | 7,48 | 7,6 | 7,64 | 7,94 | 7,7 | 7,89 | 6,86 | 7,4 | 7,55 |
| T1.C | 7,14 | 7,7 | 7,59 | 7,95 | 7,9 | 7,9 | 7,86 | 7,8 | 7,85 |
| T1.D | 7,9 | 8 | 8,14 | 8,3 | 9,2 | 7,95 | 8,35 | 8,3 | 8,01 |
| T2.A | 7,85 | 7,81 | 7,99 | 8,4 | 8,25 | 8,14 | 8,2 | 8,4 | 8,25 |
| T2.B | 7,64 | 8,54 | 8,47 | 8,66 | 8,42 | 8,49 | 8,38 | 8,36 | 8,35 |
| T2.C | 7,46 | 7,77 | 7,69 | 7,82 | 8,05 | 8,31 | 8,1 | 8,02 | 8 |
| T2.D | 7,37 | 7,29 | 7,45 | 7,5 | 7,26 | 9,32 | 8,34 | 7,91 | 7,8 |
| T3.A | 7,8 | 7,91 | 8,2 | 8,09 | 8,22 | 8,2 | 8,16 | 8,57 | 8,31 |
| T3.B | 7,63 | 8,37 | 8,4 | 8,29 | 8,68 | 8,57 | 8,24 | 8,53 | 8,45 |
| T3.C | 7,75 | 8,6 | 8,38 | 8,85 | 8,84 | 8,79 | 8,69 | 8,67 | 8,96 |
| T3.D | 7,69 | 8,21 | 8,58 | 8,15 | 8,24 | 8,21 | 8,16 | 8,17 | 8,34 |

| Dada 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1.A | 1,755 | 1,116 | 0,649 | 2,19 | 1,619 | 0,936 | 1,256 | 0,649 | 0,527 |
| T1.B | 0,76 | 0,406 | 0,409 | 0,899 | 0,665 | 0,543 | 0,425 | 0,284 | 0,241 |
| T1.C | 0,779 | 0,576 | 0,629 | 1,019 | 0,749 | 0,694 | 0,596 | 0,46 | 0,301 |
| T1.D | 0,835 | 0,729 | 0,408 | 5,68 | 2,71 | 2,29 | 0,64 | 0,45 | 0,496 |
| T2.A | 3,79 | 3,26 | 1,61 | 7,56 | 7,56 | 6,2 | 2,71 | 2,21 | 2,09 |
| T2.B | 1,682 | 1,116 | 1,091 | 2,06 | 1,712 | 2,08 | 1,037 | 1,036 | 0,875 |
| T2.C | 1,262 | 1,343 | 1,073 | 1,377 | 1,568 | 1,342 | 1,535 | 1,341 | 1,215 |
| T2.D | 1,522 | 1,365 | 1,092 | 1,506 | 1,41 | 2,64 | 1,136 | 1,008 | 1,03 |
| T3.A | 6,35 | 8,55 | 8,98 | 16,53 | 11,42 | 11,21 | 8,28 | 8,96 | 9,27 |
| T3.B | 2,35 | 1,91 | 1,86 | 3,35 | 3,04 | 3,5 | 2,36 | 2,45 | 2,72 |
| T3.C | 1,697 | 1,893 | 1,918 | 2,08 | 2,4 | 2,72 | 1,458 | 2,05 | 2,32 |
| T3.D | 2,62 | 2,23 | 2,56 | 2,83 | 3,25 | 2,56 | 2,55 | 3,33 | 3,5 |

Figura 13.4.4.1 Dades pH mostres

| Mitjana | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| T1.A | 7,0 | 7,2 | 7,7 | 7,7 | 7,6 | 8,3 | 7,6 | 7,8 | 7,7 |
| T1.B | 7,5 | 7,6 | 7,7 | 7,9 | 7,7 | 7,9 | 6,9 | 7,4 | 7,5 |
| T1.C | 7,1 | 7,7 | 7,6 | 7,9 | 7,8 | 7,9 | 7,8 | 7,8 | 7,9 |
| T1.D | 7,9 | 8,0 | 8,1 | 8,4 | 9,4 | 8,0 | 8,4 | 8,3 | 8,1 |
| T2.A | 7,8 | 7,8 | 8,0 | 8,3 | 8,3 | 8,2 | 8,2 | 8,4 | 8,3 |
| T2.B | 7,6 | 8,2 | 8,5 | 8,5 | 8,6 | 8,4 | 8,5 | 8,4 | 8,3 |
| T2.C | 7,4 | 7,8 | 7,7 | 7,8 | 8,1 | 8,3 | 8,1 | 8,0 | 8,0 |
| T2.D | 7,4 | 7,3 | 7,4 | 7,5 | 7,3 | 9,3 | 8,3 | 7,9 | 7,8 |
| T3.A | 7,8 | 7,9 | 8,1 | 8,1 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,6 | 8,3 |
| T3.B | 7,7 | 8,4 | 8,4 | 8,3 | 8,7 | 8,6 | 8,2 | 8,5 | 8,4 |
| T3.C | 7,8 | 8,5 | 8,4 | 8,8 | 8,8 | 8,8 | 8,7 | 8,7 | 8,9 |
| T3.D | 7,7 | 8,2 | 8,5 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,2 | 8,4 |

Figura 13.4.4.1 Mitjana pH mostres

13.4.5 Pes de les mostres

| grams | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|
| T1.A | 19,96 | 20,06 | 2,11 | 2,1 | 20,08 | 19,9 | 20,06 | 20,04 | 20,05 |
| T1.B | 20,1 | 20,05 | 20,06 | 19,99 | 20,02 | 20,02 | 20,05 | 20,12 | 20,06 |
| T1.C | 20 | 19,94 | 20,11 | 20,04 | 20,14 | 20,12 | 20,06 | 20,11 | 20,12 |
| T1.D | 19,99 | 20,09 | 20,1 | 20,08 | 20,06 | 19,95 | 20,05 | 20,1 | 20,09 |
| T2.A | 20,03 | 20,05 | 20,08 | 20,03 | 20,12 | 20,1 | 20,07 | 20,04 | 20,02 |
| T2.B | 20,07 | 20,01 | 20,02 | 20,06 | 20,02 | 20,024 | 20,028 | 20,04 | 20,03 |
| T2.C | 20,08 | 20,02 | 20,023 | 20,028 | 20,04 | 20,1 | 20,1 | 20,06 | 20,08 |
| T2.D | 20,01 | 2,1 | 20,2 | 20,07 | 20,06 | 20,01 | 20 | 20,11 | 20,12 |
| T3.A | 20,03 | 20,08 | 19,95 | 20,05 | 20,07 | 19,95 | 19,96 | 19,95 | 20,04 |
| T3.B | 20,1 | 20,09 | 20,02 | 20,07 | 20,01 | 20,03 | 20,03 | 20 | 20,08 |
| T3.C | 20,07 | 19,97 | 20,06 | 20,05 | 20,06 | 20,03 | 19,92 | 19,99 | 20,09 |
| T3.D | 20,07 | 20,03 | 20,06 | 20,07 | 20,08 | 20,02 | 20,03 | 20,03 | 20,05 |

Figura 13.4.5.1 Pes de les mostres analitzades

13.5 Evolució concentració aigua marina

Les dades mostren els resultats dels anàlisis realitzats per residu sec, durant tres temporalitats, per saber l'evolució de la concentració de sals.

| V mostra(L) | Residu sec (g) | %sals |
|-------------|----------------|-------|
| 0,5 | 18,38 | 36,76 |
| 0,5 | 26,17 | 52,34 |
| 0,5 | 32,75 | 65,5 |

Figura 13.4.5.1 Evolució salinitat aigua marina

13.6 Càlcul d'errors de les corbes de calibratge

| Nom mostra | mS/cm | g/L | M | N | m | x | y | Sxx | Syy | Sr | Sc | Err. bal. | Er.mesura | Err.matras | Error(g/L) |
|--------------|-------|------|---|----|------|------|------|-------|--------|------|------|-----------|-----------|------------|------------|
| T1.A.1 Xavi | 1,751 | 0,58 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,035 |
| T1.A.2 Xavi | 1,113 | 0,44 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T1.A.3 Xavi | 0,652 | 0,25 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.A.4 Xavi | 2,137 | 0,77 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T1.A.5 Xavi | 1,619 | 0,64 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T1.A.6 Xavi | 0,935 | 0,37 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.A.7 Xavi | 1,258 | 0,49 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T1.A.8 Xavi | 0,653 | 0,25 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.A.9 Xavi | 0,531 | 0,20 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.B.1. XAVI | 0,762 | 0,30 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.B.2.XAVI | 0,405 | 0,15 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,037 |
| T1.B.3 Xavi | 0,408 | 0,16 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,037 |
| T1.B.4 XAVI | 0,897 | 0,35 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.B.5 XAVI | 0,666 | 0,26 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.B.6 XAVI | 0,546 | 0,21 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.B.7. XAVI | 0,426 | 0,16 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,037 |
| T1.B.8 XAVI | 0,283 | 0,11 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,037 |
| T1.B.9 XAVI | 0,244 | 0,09 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| T1.C.1.XAVI | 0,777 | 0,30 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.C.2.XAVI | 0,576 | 0,22 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.C.3.XAVI | 0,629 | 0,24 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.C.4.XAVI | 1,017 | 0,40 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T1.C.5.XAVI | 0,748 | 0,29 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.C.6.XAVI | 0,695 | 0,27 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.C.7.XAVI | 0,597 | 0,23 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.C.8.XAVI | 0,487 | 0,19 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.C.9.XAVI | 0,304 | 0,11 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,037 |
| T1.D.1.XAVI | 0,833 | 0,32 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.D.2.XAVI | 0,728 | 0,28 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.D.3.XAVI | 0,407 | 0,16 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,037 |
| T1.D.4.XAVI | 5,673 | 2,49 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,064 |
| T1.D.5.XAVI | 2,720 | 1,06 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,043 |
| T1.D.6.XAVI | 2,283 | 0,84 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,040 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|------|---|----|------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| T1.D.7.XAVI | 0,653 | 0,25 | 1 | 1 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.D.8.XAVI | 0,452 | 0,17 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T1.D.9.XAVI | 0,497 | 0,19 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T2.A.1 XAVI | 3,783 | 1,57 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,051 |
| T2.A.2 XAVI | 3,267 | 1,32 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,047 |
| T2.A.3 XAVI | 1,623 | 0,64 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.A.4 XAVI | 7,567 | 3,41 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,077 |
| T2.A.5 XAVI | 7,533 | 3,40 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,077 |
| T2.A.6 XAVI | 6,250 | 2,77 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,068 |
| T2.A.7 XAVI | 2,717 | 1,05 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,043 |
| T2.A.8 XAVI | 2,243 | 0,82 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,040 |
| T2.A.9 XAVI | 2,077 | 0,74 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T2.B.1 XAVI | 1,724 | 0,57 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,035 |
| T2.B.2 XAVI | 1,113 | 0,44 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.B.3 XAVI | 1,088 | 0,43 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.B.4 XAVI | 2,067 | 0,74 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T2.B.5 XAVI | 1,713 | 0,57 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,034 |
| T2.B.6 XAVI | 2,077 | 0,74 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T2.B.7 XAVI | 1,441 | 0,57 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.B.8 XAVI | 1,026 | 0,40 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.B.9 XAVI | 0,870 | 0,34 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T2.C.1 XAVI | 1,262 | 0,50 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.C.2 XAVI | 1,319 | 0,37 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,029 |
| T2.C.3 XAVI | 1,072 | 0,42 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.C.4 XAVI | 1,748 | 0,58 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,035 |
| T2.C.5 XAVI | 1,568 | 0,50 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,033 |
| T2.C.6 XAVI | 1,343 | 0,53 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.C.7 XAVI | 1,537 | 0,48 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,032 |
| T2.C.8 XAVI | 1,331 | 0,38 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,029 |
| T2.C.9 XAVI | 1,215 | 0,48 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.D.1 XAVI | 1,523 | 0,47 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,032 |
| T2.D.2 XAVI | 1,369 | 0,40 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,030 |
| T2.D.3 XAVI | 1,092 | 0,43 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T2.D.4 XAVI | 1,506 | 0,47 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,032 |
| T2.D.5 XAVI | 1,411 | 0,42 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,030 |
| T2.D.6 XAVI | 2,633 | 1,01 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,043 |
| T2.D.7 XAVI | 1,144 | 0,45 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|------|---|----|------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| T2.D.8 XAVI | 1,008 | 0,40 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T2.D.9 XAVI | 1,031 | 0,40 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T3.A1 XAVI | 6,353 | 2,82 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,068 |
| T3.A2 XAVI | 8,560 | 3,90 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,085 |
| T3.A3 XAVI | 8,917 | 4,07 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,087 |
| T3.A4 XAVI | 16,517 | 7,77 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,165 |
| T3.A5 XAVI | 11,493 | 5,32 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,109 |
| T3.A6 XAVI | 11,873 | 5,51 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,113 |
| T3.A7 XAVI | 8,303 | 3,77 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,083 |
| T3.A8 XAVI | 8,957 | 4,09 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,088 |
| T3.A9 XAVI | 9,267 | 4,24 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,09 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,090 |
| T3.B.1 XAVI | 2,320 | 0,86 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,040 |
| T3.B.2 XAVI | 1,903 | 0,66 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| T3.B.3 XAVI | 1,867 | 0,64 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| T3.B.4 XAVI | 3,317 | 1,35 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,048 |
| T3.B.5 XAVI | 2,957 | 1,17 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,045 |
| T3.B.6 XAVI | 3,400 | 1,39 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,048 |
| T3.B.7 XAVI | 2,350 | 0,88 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,041 |
| T3.B.8 XAVI | 2,577 | 0,99 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,042 |
| T3.B.9 XAVI | 2,690 | 1,04 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,043 |
| T3.C.1 XAVI | 1,697 | 0,56 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,034 |
| T3.C.2 XAVI | 1,891 | 0,65 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| T3.C.3 XAVI | 1,610 | 0,64 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T3.C.4 XAVI | 2,077 | 0,74 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T3.C.5 XAVI | 2,387 | 0,89 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,041 |
| T3.C.6 XAVI | 2,720 | 1,06 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,043 |
| T3.C.7 XAVI | 1,457 | 0,57 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T3.C.8 XAVI | 2,026 | 0,72 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,038 |
| T3.C.9 XAVI | 2,313 | 0,86 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,040 |
| T3.D.1. XAVI | 2,537 | 0,97 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,042 |
| T3.D.2. XAVI | 2,127 | 0,77 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,039 |
| T3.D.3. XAVI | 2,327 | 0,86 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,040 |
| T3.D.4. XAVI | 2,997 | 1,19 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,045 |
| T3.D.5. XAVI | 3,180 | 1,28 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,047 |
| T3.D.6. XAVI | 2,873 | 1,13 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,045 |
| T3.D.7. XAVI | 2,487 | 0,94 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,042 |
| T3.D.8. XAVI | 3,037 | 1,21 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,046 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|------|---|----|------|------|------|-------|--------|------|------|------|------|------|-------|
| T3.D.9. XAVI | 3,240 | 1,31 | 1 | 9 | 2,06 | 4,06 | 8,89 | 56,22 | 237,84 | 0,18 | 0,10 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,047 |
| A1 | 0,263 | 0,10 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| A2 | 0,2465 | 0,09 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| A3 | 0,2228 | 0,08 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| N1 | 0,226 | 0,08 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| N2 | 0,2258 | 0,08 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| N3 | 0,2281 | 0,08 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| Mitj.A | 0,2441 | 0,09 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |
| Mitj.N | 0,2318 | 0,08 | 1 | 29 | 2,5 | 0,45 | 0,17 | 0,56 | 3,49 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,10 | 0,01 | 0,036 |

Figura 13.6.1 Càlcul d'errors de les corbes de calibratge per la salinitat

Per a la mostra dels resultats mitjançant les corbes de calibratge, s'han utilitzat dues, per tant els errors que es calculen mitjançant l'equació de la corba, són lleugerament diferents, no representen un gran canvi, així doncs podem estimar que els dos són gairebé iguals.

Tenim llavors dues equacions:

| | |
|---------------|------------------------|
| 10000 > 500 | $y = 2,0558x + 0,55$ |
| < 500 (1,265) | $y = 2,5042x + 0,0191$ |

Per al càlcul s'utilitzen les equacions estadístiques per a regressions lineals, essent S_{xx} i S_{yy} la suma de quadrats, S_r el coeficient de correlació, i finalment S_c el coeficient de correlació lineal per a la mida de la mostra.

$$S_{xx} = \sum(x_i - \bar{x})S_{xx} = \sum(x_i - \bar{x})^2 S_r = \sqrt{\frac{S_{yy} - m^2 \cdot S_{xx}}{N-2}} \quad S_c = \frac{S_r}{m} \cdot \sqrt{\frac{1}{M} + \frac{1}{N} + \frac{(\bar{y}_c - \bar{y})^2}{m^2 \cdot S_{xx}}}$$

13.7 Desviacions dels resultats

| σ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1.A | 0,022 | 0,008 | 0,060 | 0,033 | 0,393 | 0,460 | 0,054 | 0,033 | 0,016 |
| T1.B | 0,021 | 0,037 | 0,125 | 0,008 | 0,041 | 0,042 | 0,005 | 0,125 | 0,005 |
| T1.C | 0,012 | 0,031 | 0,026 | 0,012 | 0,041 | 0,024 | 0,024 | 0,082 | 0,045 |
| T1.D | 0,037 | 0,008 | 0,009 | 0,037 | 0,170 | 0,033 | 0,022 | 0,042 | 0,114 |
| T2.A | 0,017 | 0,012 | 0,005 | 0,056 | 0,017 | 0,045 | 0,029 | 0,125 | 0,043 |
| T2.B | 0,091 | 0,229 | 0,033 | 0,091 | 0,124 | 0,033 | 0,052 | 0,019 | 0,005 |
| T2.C | 0,014 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,009 | 0,005 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| T2.D | 0,031 | 0,036 | 0,025 | 0,005 | 0,036 | 0,005 | 0,000 | 0,005 | 0,009 |
| T3.A | 0,009 | 0,008 | 0,082 | 0,016 | 0,012 | 0,018 | 0,005 | 0,012 | 0,005 |
| T3.B | 0,029 | 0,012 | 0,019 | 0,012 | 0,022 | 0,005 | 0,116 | 0,014 | 0,026 |
| T3.C | 0,037 | 0,110 | 0,008 | 0,037 | 0,012 | 0,017 | 0,021 | 0,008 | 0,012 |
| T3.D | 0,017 | 0,012 | 0,036 | 0,017 | 0,021 | 0,000 | 0,014 | 0,009 | 0,079 |

Figura 13.7.1 Desviació estàndard pH

| Errors | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| T1.A | 0,05 | 0,02 | 0,14 | 0,08 | 0,88 | 1 | 0,12 | 0,08 | 0,04 |
| T1.B | 0,05 | 0,09 | 0,27 | 0,02 | 0,1 | 0,1 | 0,01 | 0,3 | 0,01 |
| T1.C | 0,03 | 0,07 | 0,06 | 0,03 | 0,1 | 0,05 | 0,05 | 0,2 | 0,1 |
| T1.D | 0,09 | 0,02 | 0,02 | 0,09 | 0,4 | 0,08 | 0,05 | 0,1 | 0,27 |
| T2.A | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,13 | 0,04 | 0,1 | 0,07 | 0,3 | 0,1 |
| T2.B | 0,22 | 0,5 | 0,08 | 0,21 | 0,28 | 0,08 | 0,11 | 0,04 | 0,01 |
| T2.C | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0 | 0 | 0 |
| T2.D | 0,07 | 0,08 | 0,06 | 0,01 | 0,08 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,02 |
| T3.A | 0,02 | 0,02 | 0,19 | 0,04 | 0,03 | 0,042 | 0,01 | 0,03 | 0,01 |
| T3.B | 0,07 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 0,25 | 0,03 | 0,06 |
| T3.C | 0,09 | 0,25 | 0,02 | 0,09 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,02 | 0,03 |
| T3.D | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,04 | 0,05 | 0 | 0,03 | 0,02 | 0,19 |

Figura 13.7.2 Errors absoluts del pH

| σ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1.A | 0,003 | 0,002 | 0,005 | 0,038 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,004 | 0,005 |
| T1.B | 0,004 | 0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,006 | 0,002 | 0,001 | 0,004 |
| T1.C | 0,002 | 0,003 | 0,000 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,001 | 0,021 | 0,003 |
| T1.D | 0,002 | 0,001 | 0,000 | 0,005 | 0,008 | 0,009 | 0,026 | 0,001 | 0,002 |
| T2.A | 0,009 | 0,017 | 0,019 | 0,005 | 0,019 | 0,037 | 0,005 | 0,034 | 0,019 |
| T2.B | 0,061 | 0,002 | 0,003 | 0,009 | 0,001 | 0,005 | 0,286 | 0,007 | 0,007 |
| T2.C | 0,000 | 0,034 | 0,001 | 0,262 | 0,000 | 0,001 | 0,002 | 0,014 | 0,001 |
| T2.D | 0,001 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,017 | 0,009 | 0,000 | 0,001 |
| T3.A | 0,005 | 0,008 | 0,046 | 0,012 | 0,083 | 0,469 | 0,021 | 0,012 | 0,012 |
| T3.B | 0,057 | 0,005 | 0,009 | 0,034 | 0,062 | 0,071 | 0,008 | 0,122 | 0,022 |
| T3.C | 0,003 | 0,001 | 0,423 | 0,005 | 0,009 | 0,008 | 0,001 | 0,022 | 0,009 |
| T3.D | 0,132 | 0,153 | 0,330 | 0,250 | 0,099 | 0,443 | 0,090 | 0,415 | 0,368 |

Figura 13.7.3 Desviació estàndard de la salinitat

| Errors | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T1.A | 0,007 | 0,005 | 0,011 | 0,08 | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,01 | 0,011 |
| T1.B | 0,01 | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,004 | 0,014 | 0,005 | 0,002 | 0,008 |
| T1.C | 0,004 | 0,007 | 0,001 | 0,003 | 0,002 | 0,006 | 0,003 | 0,05 | 0,008 |
| T1.D | 0,004 | 0,002 | 0,001 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,003 | 0,004 |
| T2.A | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,04 | 0,09 | 0,01 | 0,08 | 0,04 |
| T2.B | 0,13 | 0,006 | 0,007 | 0,02 | 0,002 | 0,01 | 0,611 | 0,016 | 0,014 |
| T2.C | 0 | 0,072 | 0,002 | 0,56 | 0 | 0,003 | 0,005 | 0,029 | 0,003 |
| T2.D | 0,003 | 0,008 | 0,001 | 0,001 | 0,003 | 0,04 | 0,02 | 0,001 | 0,003 |
| T3.A | 0,01 | 0,02 | 0,11 | 0,03 | 0,19 | 1,01 | 0,05 | 0,03 | 0,03 |
| T3.B | 0,13 | 0,01 | 0,02 | 0,08 | 0,15 | 0,15 | 0,02 | 0,291 | 0,05 |
| T3.C | 0,007 | 0,003 | 0,906 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,002 | 0,053 | 0,02 |
| T3.D | 0,29 | 0,33 | 0,7 | 0,54 | 0,21 | 0,94 | 0,19 | 0,88 | 0,78 |

Figura 13.7.3 Errors absoluts de la salinitat

Aquestes desviacions estàndard estan calculades sobre la mitja aritmètica de totes les mostres, és a dir, amb les 3 mesures fetes, així es pot saber quins valors estan fora de rang, i observant els resultats es pot concloure que pràcticament totes les dades no presenten desviació, encara que certs valors com en el cas de l'alçada T3.D, alguna de les mesures s'escapa, fet no tant significatiu si parlem de que l'escala d'aquests valors està molt per sobre de la resta de valors, ja que als 120 dies d'experiment la salinitat esdevenia més alta; en el cas del pH no es troben discrepàncies.

Els errors calculats, són una diferència absoluta entre els 3 valors, per tant només serveixen per a calcular els errors de les corbes de calibratge, per a construir regressions lineals.

13.8 Càlculs ratis humitat/sals

Per calcular el rati s'han agafat els grams de sals per grams de mostra mitjançant la corba de calibratge, amb la conductimetria, i agafant els valors d'humitat amb el mètode d'anàlisi del residu sec, així s'obtenen els valors relatius d'humitat i sals de la mostra.

| g sals/g mostra | No canal | Canal | g H2O/g mostra | No canal | Canal |
|------------------------|-----------------|--------------|-----------------------|-----------------|--------------|
| T1.A | 0,009 | 0,035 | T1.A | 0,02 | 0,04 |
| T1.B | 0,002 | 0,003 | T1.B | 0,03 | 0,05 |
| T1.C | 0,003 | 0,004 | T1.C | 0,04 | 0,06 |
| T1.D | 0,003 | 0,018 | T1.D | 0,04 | 0,15 |
| T2.A | 0,013 | 0,040 | T2.A | 0,02 | 0,06 |
| T2.B | 0,006 | 0,009 | T2.B | 0,05 | 0,06 |
| T2.C | 0,005 | 0,007 | T2.C | 0,05 | 0,07 |
| T2.D | 0,012 | 0,008 | T2.D | 0,09 | 0,12 |
| T3.A | 0,048 | 0,077 | T3.A | 0,05 | 0,11 |
| T3.B | 0,011 | 0,016 | T3.B | 0,07 | 0,09 |
| T3.C | 0,008 | 0,011 | T3.C | 0,07 | 0,08 |
| T3.D | 0,013 | 0,015 | T3.D | 0,09 | 0,11 |
| Sals/H | No canal | Canal | H/sals | No canal | Canal |
| T1.A | 51,26 | 94,35 | T1.A | 48,74 | 5,65 |
| T1.B | 6,72 | 6,70 | T1.B | 93,28 | 93,30 |
| T1.C | 6,44 | 6,79 | T1.C | 93,56 | 93,21 |
| T1.D | 6,44 | 12,57 | T1.D | 93,56 | 87,43 |
| T2.A | 55,07 | 69,85 | T2.A | 44,93 | 30,15 |
| T2.B | 12,05 | 13,89 | T2.B | 87,95 | 86,11 |
| T2.C | 10,57 | 9,52 | T2.C | 89,43 | 90,48 |
| T2.D | 13,52 | 6,53 | T2.D | 86,48 | 93,47 |
| T3.A | 93,57 | 69,74 | T3.A | 6,43 | 30,26 |
| T3.B | 15,86 | 18,50 | T3.B | 84,14 | 81,50 |
| T3.C | 11,51 | 14,44 | T3.C | 88,49 | 85,56 |
| T3.D | 14,46 | 13,92 | T3.D | 85,54 | 86,08 |

Figura 13.8.1 Càlcul ratis Sals/humitat

Bibliografia i Webgrafia

- [1] Medi ambient i tecnologia, guia ambiental de la UPC, edicions UPC, pp 22
- [2] Medi ambient i tecnologia, guia ambiental de la UPC, edicions UPC, pp 24
- [3] Medi ambient i tecnologia, guia ambiental de la UPC, edicions UPC, pp 25
- [4] <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>
- [5] <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/datos-del-agua/principales-datos-del-agua-en-el-mundo/>
- [6] https://elaguaenelmundo.webcindario.com/el_agua_en_el_mundo.html
- [7] <http://www.laenergiadelcambio.com/como-esta-distribuida-el-agua-del-planeta/>
- [8] <http://www.aguas.org.mx/sitio/publicaciones/agua-en-el-mundo/agua-en-el-mundo.pdf>
- [9] <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/sostenibilidad/agua-virtual/>
- [10] <http://www.xtec.cat/~alopez/hidrosfera/cicle.htm>
- [11] http://webs.ucm.es/info/diciex/proyectos/agua/escorrentia_superficial.html
- [12] <http://www.ub.edu/plasostenibilitat/2017/09/laigua-virtual-el-consum-ocult-eco2-0-52/>
- [13] <https://www.aulafacil.com/cursos/medio-ambiente/el-agua-una-maravilla-de-la-naturaleza/estructura-de-una-molecula-de-agua-l36471>
- [14] <http://www.biologia.arizona.edu/biochemistry/tutorials/chemistry/page3.html>
- [15] https://www.sebbm.es/BioROM/contenido/UIB/Jmoldesarrollo/aguajmol/agua_jmol.html
- [16] Aquatic chemistry. Wernem Stumm & James J. Morgan. (pp4)
- [17] Aquatic chemistry. Wernem Stumm & James J. Morgan. (pp523)
- [18] Aquatic chemistry. Wernem Stumm & James J. Morgan. (pp562)
- [19] Aquatic chemistry. Wernem Stumm & James J. Morgan. (pp566)
- [20] Aquatic chemistry. Wernem Stumm & James J. Morgan. (pp567)
- [21] Aquatic chemistry. Wernem Stumm & James J. Morgan. (pp568)
- [22] http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_7/2_7_9.html
- [23] <https://www.fundacionaquae.org/wiki-aquae/otros/la-ancestral-salinidad-del-mar/>
file:///C:/Users/xavib/Downloads/ORE603_03Seawater.pdf
- [24] http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/12/htm/sec_17.html

- [25] https://es.wikipedia.org/wiki/Acidificaci%C3%B3n_del_oc%C3%A9ano
- [26] González, Matilde (2001). Origen y clasificación del suelo. El Terreno. Edicions UPC (pp.13-30, Barcelona).
- [27] <http://www.aridos-siro.com/>
- [28] <http://universidadagricola.com/clasificaciones-de-sustratos-de-cultivos/>
- [29] <https://www.agroanuncios.es/pj13432/Venta-de-Paja-de-cereal-en-Madrid.html>
- [30] <https://pngimage.net/sand-pile-png-2/>
- [31] Manual de edafología.P.Duchafor.pp7
- [32] <http://tocentellesoliva2.blogspot.com/2015/12/practiques-sobre-la-textura-i-ph-dun-sol.html>
- [33] Manual de edafología.P.Duchafor.pp28
- [34] Manual de edafología.P.Duchafor.pp8
- [35] <http://balipiedranatural.com/producto/arena-de-silice/>
- [36] <http://www.tipsytemasagronicos.com/2582-2/>
- [37] <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema03/tema.htm>
- [38] <https://es.khanacademy.org/science/biology/water-acids-and-bases/cohesion-and-adhesion/a/cohesion-and-adhesion-in-water>
- [39] Manual de edafología.P.Duchafor.pp59
- [40] Manual de edafología.P.Duchafor.pp66-67
- [41] González, Matilde (2001). Origen y clasificación del suelo. El Terreno. Edicions UPC(pp 63-66)
- [42] <https://mexico.infoagro.com/composicion-quimica-del-suelo-y-su-ph/>
- [43] <https://www.lifeder.com/composicion-del-suelo/>
- [44]Gonzalez, Matilde (2001). Origen y clasificación del suelo. El Terreno. Edicions UPC (pp 18)
- [45] Ed.Douglas A.Skoog 9a ed. Fundamentos de química analítica (pp1)
- [46] Ed.Douglas A.Skoog 9a ed. Fundamentos de química analítica (pp3)
- [47] <https://concepto.de/conductividad-electrica/>

- [48] Ed.Douglas A.Skoog 9a ed. Fundamentos de química analítica (pp302-304)
- [49] <https://elornitorrincocientifico.wordpress.com/2016/05/28/practica-determinacion-carbonatos-y-bicarbonatos/>
- [50] Ed.Douglas A.Skoog 9a ed. Fundamentos de química analítica (pp335-338)
- [51] <https://www.orbitalesmoleculares.com/introduccion-las-tecnicas-instrumentales/>
- [52] <https://www.redalyc.org/html/1812/181226886003/>
- [53] https://www.researchgate.net/figure/Tecnicas-para-la-medicion-de-turbidez_fig1_242329682
- [54] <https://triplenlace.com/2012/12/07/conductimetria-ii-conductimetros/>
- [55] <https://www.studocu.com/es/document/universidad-francisco-de-vitoria/fisiologia-vegetal/apuntes/tema-10-desarrollo/2395804/view>
- [56] <https://www.botanical-online.com/botanica/plantas-tipos>
- [57] http://www.infoagro.com/abonos/elementos_suelo_esenciales_plantas.htm
- [58] <https://www.agromaticas.es/el-ph-de-las-plantas/>
- [59] <http://www.bedisagricola.com/elementosplantas.html>
- [60] <https://elverdecillo.com/como-afecta-la-sal-a-mis-plantas/>
- [61] Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies, Texas Agricultural Extensión Service, The Texas A&M University System, 1996.
- [62] <http://agrosal.ivia.es/tolerancia.html>
- [63] Medi ambient i tecnologia, guia ambiental de la UPC, edicions UPC,pp 127
- [64] Medi ambient i tecnologia, guia ambiental de la UPC, edicions UPC,pp 128
- [65] Medi ambient i tecnologia, guia ambiental de la UPC, edicions UPC,pp 125
- [66] Medi ambient i tecnologia, guia ambiental de la UPC, edicions UPC,pp 138

Figures i Taules

Figura 1.3.1 Aigua dolça[5]

Figura 1.3.2 Aigua dolça superficial[6]

Figura 1.3.3 Distribució aigua[6]

Figura 1.3.4 Mitjana de la petjada hídrica per país, mesurada en metres cúbics per any entre 1996 i 2005. Els països en verd presenten una petjada menor a la mitjana anual, mentre que els països en groc i vermell tenen un impacte major a la mitjana.[7]

Figura 1.3.5 Aigua virtual[9]

Figura 2.1.1 Cicle hidrològic[10]

Figura 2.2.1 Angles molècula d'aigua[13]

Figura 2.2.2 Ponts d'hidrogen a l'aigua[15]

Figura 2.2.3 Molècula de NaCl,, dissolta en aigua, mostrant la capacitat de dissoldre la sal.[15]

Figura 2.3.1.1. Alguns dels element més importants en les aigües naturals, amb la seva concentració. Hi ha elements que per acció biològica s'esgoten en les aigües superficials tals com el P i el N. Les espècies en parèntesis són pars d'ions importants en l'aigua de mar. Les concentracions estan en Mols (mol/l) vàlides per a aigua de mar de P. G Brewer en química Oceaonography Vol. 1, J. P Riley i G. Skirrow, eds., Academic, Nova York, 1975 de A.Sr. Livingsstone, components químics de rius i llacs, O. S Geological Survey Paper.no 440G, 1963.[16]

Figura 2.3.1.2. Les corbes acumulatives exhibeixen la distribució de freqüències de diversos components en l'aigua terrestre. Les dades són principalment dels Estats Units.[17]

Figura 2.3.2.1. Reacció de producció de material orgànic mitjançant la fotosíntesis.[18]

Figura 2.3.2.2 Concentracions de ions més freqüents a l'aigua de mar.[19]

Figura 2.3.3.1 Concentracions de ions menys presents a l'aigua de mar.[20]

Figura 2.4.1. Relació entre la salinitat i la densitat, a diferents temperatures.[22]

Figura 2.4.2. Relació entre la salinitat i la conductivitat, a diferents temperatures.[22]

Figura 2.4.3. Relació entre la salinitat i la profunditat, a diferents temperatures.[23]

Figura 2.4.4. pH als mars i oceans[25]

Figura 3.1.1 Sòl[27]

Figura 3.2.1 Sòl actiu[28]

Figura 3.2.2 Palla de cereals[29]

Figura 4.2.3 Sauló[29]

Figura 4.2.4 Sorra de Sílice[30]

Figura 3.3.1 Triangle textures[33]

Figura 3.3.1.1 Forces d'adhesió de l'aigua[36]

Figura 3.3.2.1 Tensió superficial[37]

Figura 3.3.2.2 Capil·laritat[38]

Figura 3.3.3.1 Composició del sòl[41]

Figura 3.3.3.1.1 Corbes granulomètriques[44]

Figura 4.1 Branques química analítica[46]

Figura 4.5.1.1 pH-metre

Figura 4.6.1.1 Esquema turbidímetre[53]

Figura 4.6.1.2 turbidímetre

Figura 5.1.1 Cicle de vida de les plantes[55]

Figura 5.2.1 Tipus de plantes[56]

Taula 5.3.1.1 pH òptim per a alguns cultius [57]

Taula 5.3.4.1 Principals nutrients per a les plantes [57]

Figura 5.3.5.1 Fulles cremades per l'acció de sals [58]

Taula 5.3.5.2 Concentració límit de sodi o clorurs en les aigües de reg per diferents cultius [59]

Taula 5.3.5.3 Límit de tolerància per a la concentració de Cl⁻ en el sòl [59]

Taula 5.3.5.3 Tolerància a la salinitat de cultius llenyosos[62]

Taula 5.3.5.4 Tolerància a la salinitat de cultius hortícoles[62]

figura 6.1.1.1 Sauló BIG MAT 0/0,4 mm

figura 6.1.2.1 Estufa

figura 6.1.2.1 Incubadora

Taula 6.1.2.3 Humitat del sauló

Taula 6.1.2.2.1 Sals solubles al sauló

Taula 6.1.2.3.1 Salinitat aigua marina inicial

Figura 6.1.3.1 Conductímetre

Figura 6.1.3.1 Conductímetre de punxó

Figura 6.1.3.1.1 Recta de calibratge NaCl(0,5-8 g/L)

Figura 6.1.3.2 Recta de calibratge NaCl(0-0,5 g/L)

Figura 6.1.3.1.3 Fi zona lineal NaCl

Figura 6.1.3.2.1 recta de calibratge CaCl₂(1-10 g/L)

Figura 6.1.3.3.1 recta de calibratge sal marina(1-10g/L)

Figura 6.1.3.4.1 Comparació rectes de calibratge sals(1-6 g/L)

Figura 6.1.3.5.1 Comparació conductímetres(100-1000 ppm)

Taula 6.1.3.6.1 Sals solubles sorra de sílice

Figura 6.1.3.6.2 Assecat Sorra rentada

Taula 6.1.4.1 pH inicial sorra de sílice

Taula 6.1.4.3 pH inicial aigua marina

Figura 6.1.6.1 Carbonats & Bicarbonats

Figura 6.1.6.2 Primera derivada anàlisi carbonats.

Figura 6.1.6.3 Segona derivada anàlisi carbonats.

Taula 6.1.6.2 Percentatge de bicarbonats al sauló

Figura 7.2.1 Elements del model

Figura 7.3.1.1 Passos en la construcció del model

Figura 7.3.2.1 Estancament d'aigua

Figura 7.3.2.2 Solució estancament d'aigua

Figura 7.3.2.3 Estancament de sorra

Figura 7.3.2.4 Solució estancament de sorra

Figura 7.3.3.1 Planta recipients dels extrems.

Figura 7.3.3.2 Isomètric recipients dels extrems.

Figura 7.3.2.3 Isomètric recipient central.

Figura 7.3.2.4 Vista superior del model.

Figura 7.3.2.5 Isomètric del model.

Figura 7.3.2.6 Planta del model.

Figura 7.3.2.7 Vista de planta de la instal·lació

Figura 7.3.2.8 Vista del canal.

Figura 7.3.2.9 Sortida d'aigua i entrada al dipòsit

Figura 7.3.2.10 Entrada al dipòsit.

Figura 7.3.2.11 Canal omplert de sorra i sauló a nivell.

Figura 7.3.4.1.1 Esquema de l'experiment

Figura 7.3.4.2.1 Dimensions de planta del model

Figura 7.3.4.2.2 Dimensions d'alçat del model

Figura 7.3.4.2.3 Visió 3D del model

Figura 8.1.3 Agitador

Taula 8.1.4.1 Evolució concentració d'aigua marina

Figura 8.2.1 04/06/19 T2

Figura 8.2.2 04/06/19 T1

Figura 8.2.3 04/06/19 T3

Figura 8.2.4 17/05/19 T2

Figura 8.2.5 11/06/19 T1

Figura 8.2.6 18/06/19 T2

Figura 8.2.7 18/06/19 T3

Figura 8.2.8 03/07/19 T2

Figura 8.2.9 03/07/19 T3

Figura 8.2.10 17/07/19 T2

Figura 8.2.11 17/07/19 T3

Figura 8.2.12 02/08/19 T3

Figura 8.2.13 12/08/19 T3

Figura 8.2.13 28/08/19 T3

Figura 8.2.13 13/09/19 T3

Figura 8.2.13 17/09/19 T3

Taula 8.2.2.1 Evolució de Sals solubles

Taula 8.2.3.1 Evolució de la humitat

Taula 8.2.4.1 Evolució del pH

Figura 8.2.5.1 Evolució de les sals en funció de l'altura per a T1-T3 per als 9 quadrants.

Figura 8.2.6.1 Evolució sals per altures, quadrants 1-2-3.

Figura 8.2.6.2 Evolució sals per altures, quadrants 4-5-6

Figura 8.2.6.3 Evolució sals per altures, quadrants 7-8-9

Figura 8.2.7.1 Evolució sals per altures, quadrants 1-2-3

Figura 8.2.7.2 Evolució sals per altures, quadrants 4-5-6

Figura 8.2.7.3 Evolució sals per altures, quadrants 7-8-9

Figura 8.2.8.1 Comparació difusió per distancia horitzontal 1r-2n quadrants

Figura 8.2.8.2 Comparació difusió per distancia horitzontal 3r-2n quadrants.

Figura 8.2.8.3 Efecte palmera

Figura 8.2.9.1 Comparació difusió de la humitat per distancia horitzontal 1r-2n quadrants

Figura 8.2.9.2 Comparació difusió de la humitat per distancia horitzontal 3r-2n quadrants.

Taula 8.2.10.1 Desviació estàndard humitat

Taula 8.2.11.1 Mitjanes de la salinitat

Taula 8.2.12.1 Cultius aptes per els valors de salinitat, en verd els aptes i en vermell els no aptes

Taula 8.2.13.1 Evolució de la salinitat per altura en 60 dies

Taula 8.2.13.2 Evolució de la salinitat per altura en 60 dies, gràfica extreta del treball final de grau del Alejandro García Velasco, Estudi sobre l'evolució d'un substrat sotmès a estres hipertònic amb aigua marina.

Figura 8.2.14.1 Rati Humitat/sals fora del canal

Figura 8.2.14.2 Rati Humitat/sals zona del canal

Taula 9.1 Costos material de laboratori

Taula 9.2 Costos reactius

Taula 9.3 Cost humà

Taula 9.4 Cost del model

Taula 9.5 Cost total del projecte

Figura 10.1 Diagrama de Gantt

Figura 13.1.1.1 Taula corba de calibratge NaCl

Figura 13.1.2.1 Taula corba de calibratge CaCl₂

Figura 13.1.3.1 Taula corba de calibratge aigua marina

Figura 13.1.4.1 Taula comparació corbes de calibratge conductímetres

Figura 13.2 Dades volumètriques àcid-base carbonats i bicarbonats

Figura 13.2 Mostres de sorra sílice i sauló inicials

Figura 13.4.1.1 Dades experimentals conductivitat

Figura 13.4.1. Mitjanes experimentals conductivitat

Figura 13.4.2.1 Dades humitat mostres

Figura 13.4.3.1 Dades terbolesa de les mostres

Figura 13.4.4.1 Dades pH mostres

Figura 13.4.4.1 Mitjana pH mostres

Figura 13.4.5.1 Pes de les mostres analitzades

Figura 13.4.5.1 Evolució salinitat aigua marina

Figura 13.6.1 Càlcul d'errors de les corbes de calibratge per la salinitat

Figura 13.7.1 Desviació estàndard pH

Figura 13.7.2 Errors absoluts del pH

Figura 13.7.3 Desviació estàndard de la salinitat

Figura 13.7.3 Errors absoluts de la salinitat

Figura 13.8.1 Càlcul ratis Sals/humitat