Universitat de les Illes Balears

Escola Politècnica Superior

Memòria del Treball de Fi de Grau

Efecte del reg sobre la fertilitat del sòl. Comparació entre la zona de baix cultiu i entre carrer

Llorenç Tortella Alomar

Grau d'Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural

Any acadèmic 2017-18

Treball tutelat per Dr. Jaume Vadell Adrover
Departament de Biologia, Universitat de les Illes Balears
Treball supervisat per Dra. María Isabel Sastre Conde
Investigadora de SEMILLA, Conselleria de Medi Ambient, Agricultura i Pesca

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	X		X	

Paraules clau del treball:
Sòl, fertilitat, reg, aigua, agronomia, agricultura

Taula de continguts

Llista de figures 5

Llista de taules 6

Llista d'acrònims 8

Resum 9

Agraïments 10

1. Introducció 11

1.1. Concepte de sòl 11

1.2. Gestió de l'ús del sòl agrícola. Qualitat del sòl. 12

1.3. L'aigua al sòl 12

1.4. Els sòls de les Illes Balears 13

1.5. Usos i aprofitaments dels sòls de les Illes Balears 15

1.6. Protecció del sòl i Marc legislatiu 18

2. Objectius 21

3. Materials i mètodes 22

3.1. Localització 22

3.1.1. Son Ferriol 22

3.1.2. Felanitx 23

3.1.3. Manacor 23

3.2. Dades meteorològiques 24

3.2.1. Dades climàtiques de Son Ferriol 24

3.2.2. Dades climàtiques de Felanitx 25

3.2.3. Dades climàtiques de Manacor 25

3.3. Disseny experimental 26

3.4. Anàlisi de sòl 27

3.4.1. Preparació de la mostra al laboratori 27

3.4.2. Paràmetres físics 27

3.4.3. Paràmetres químics 30

3.4.4. Paràmetres biològics 38

3.4.5. Criteris per a interpretar els resultats dels paràmetres del sòl 39

3.5. Anàlisi d'aigua de reg 39

3.5.1. Preparació de la mostra al laboratori 39

3.5.2. Paràmetres químics 40

3.5.3. Criteris per a interpretar els resultats dels paràmetres de les mostres d'aigua.... 42

3.6. Anàlisi d'estadístic 44

4. Resultats i discussió 45

4.1. Estat de la fertilitat dels sòls agrícoles a parcel·les en regadiu de Son Ferriol, Felanitx i Manacor. 45

4.1.1. Son Ferriol 45

4.1.2. Felanitx 50

4.1.3. Manacor 54

4.1.4. Valoració global de les tres zones analitzades 58

4.2. Influència del reg en les propietats físiques químiques i biològiques del sòls. Comparativa entre les posicions de baix carrer i entre cultiu. 59

4.2.1. Comparativa entre les zones de baix cultiu i entre carrer del total de la població de les mostres analitzades 59

4.2.2. Comparativa entre les zones de baix cultiu i entre carrer del total de la població de les mostres analitzades a Son Ferriol 62

4.2.3. Comparativa entre les zones de baix cultiu i entre carrer del total de la població de les mostres analitzades a Felanitx 64

4.2.4. Comparativa entre les zones de baix cultiu i entre carrer del total de la població de les mostres analitzades a Manacor 66

4.3. Examinar l'efecte de la qualitat de l'aigua de reg en la qualitat dels sòl. 68

4.3.1. Característiques de l'aigua de reg 68

4.3.1. Influència de l'aigua de reg al sòl 70

4.4. Detectar possibles paràmetres que comprometin l'estat de sostenibilitat dels sòls agrícoles. 73

5. Conclusions 76

6. Referències bibliogràfiques 78

7. Annexes 82

Annex I. Criteris d'interpretació per als paràmetres fisicoquímics del sòl. 82

Annex II. Criteris d'interpretació per als paràmetres de l'aigua de reg. 89

Llista de figures

Figura 1. Tipologies de sòls de l'illa de Mallorca d'acord a la WRB (IUSS Working Group, 2006)..... 14

Figura 2. Distribució de les superfícies de les Illes Balears. Font: SEMILLA, 2017 16

Figura 3. Distribució de la SAU, la superfície forestal i la SNA respecte a la superfície geogràfica per illes. Font: SEMILLA..... 16

Figura 4. Situació de les zones de mostreig. En vermell Son Ferriol, en verd Felanitx i en blau Manacor. 22

Figura 5. Localització de Son Ferriol al terme municipal de Palma (vermell) 22

Figura 6. Localització de Felanitx respecte Mallorca 23

Figura 7. Localització de Manacor respecte Mallorca 24

Figura 8. Esquema del disseny experimental 26

Figura 9. Triangle de textura segons els criteris USDA. 29

Figura 10. Normes de Riverside per a avaluar la qualitat de les aigües de reg 43

Figura 11. Distribució de les textures de les mostres de Son Ferriol 46

Figura 12. Gràfica de regressió lineal entre la CE 1:5 i la CE eps 47

Figura 13. Distribució de les textures de les mostres de Felanitx 50

Figura 14. Distribució de les textures de les mostres de Manacor 54

Figura 15. Gràfica de regressió de la CE de l'aigua del reg i la del sòl 70

Llista de taules

Taula 1. Diferenciació de les superfícies en producció i abandonada en cultius llenyosos 17

Taula 2. Dades climàtiques de Son Ferriol 24

Taula 3. Dades climàtiques de Felanitx 25

Taula 4. Dades climàtiques de Manacor 25

Taula 5. Valors de θ en funció de les lectures L mesurades amb el densímetre. 29

Taula 6. Gradient de temperatura per al bloc de digestió Kjedahl. 32

Taula 7. Ordre i reactius necessaris per a la recta de calibrat i les mostres de sòl 35

Taula 8. Mostra de sòl necessària per al càlcul dels carbonats, segons el % de calcària activa 36

Taula 9. Fraccions granulomètriques de la població de mostres de sòls estudiades a Son Ferriol 45

Taula 10. PMP, CC i Aigua útil de la població de mostres de sòls estudiades a Son Ferriol 46

Taula 11. Característiques químiques de la població de mostres de sòls estudiades a Son Ferriol 49

Taula 12. Respiració induïda de la població de mostres de sòls estudiades a Son Ferriol 50

Taula 13. Fraccions granulomètriques de la població de mostres de sòls estudiades a Felanitx 50

Taula 14. Característiques químiques de la població de mostres de sòls estudiades a Felanitx 53

Taula 15. Respiració induïda de la població de mostres de sòls estudiades a Felanitx. 53

Taula 16. Fraccions granulomètriques de la població de mostres de sòls estudiades a Manacor 54

Taula 17. PMP, CC i Aigua útil de la població de mostres de sòls estudiades a Manacor 55

Taula 18. Característiques químiques de la població de mostres de sòls estudiades a Manacor 57

Taula 19. Respiració induïda de la població de mostres del sòls estudiades a Manacor57

Taula 20. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer dels paràmetres de retenció d'aigua i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a nivell general 60

Taula 21. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer del paràmetres químics significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a nivell general 61

Taula 22. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer de la respiració induïda i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a nivell general..... 62

Taula 23. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer dels paràmetres de retenció d'aigua i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Son Ferriol 62

Taula 24. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer del paràmetres químics significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Son Ferriol..... 63

Taula 25. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer de la respiració induïda i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Son Ferriol 64

Taula 26. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer del paràmetres químics significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Felanitx..... 65

Taula 27. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer de la respiració induïda i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Felanitx 66

Taula 28. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer dels paràmetres de retenció d'aigua i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Manacor 66

Taula 29. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer del paràmetres químics significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Manacor..... 67

Taula 30. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer de la respiració induïda i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Manacor 68

Taula 31. Característiques de les aigües de Son Ferriol, Felanitx i Manacor..... 69

Taula 32. Correlacions estadístiques entre els paràmetres fisicoquímics més rellevant de l'aigua i del sòl. 71

Taula 33. Correlacions estadístiques entre els paràmetres fisicoquímics més rellevant del sòl..... 74

Llista d'acrònims

CA	Calcària activa
Ca_{canv}	Calci canviable
CC	Capacitat de camp
CE	Conductivitat elèctrica
CE eps	Conductivitat elèctrica de l'extracte de pasta saturada
CIC	Capacitat d'intercanvi catiònic
CO	Carboni orgànic
FAO	Organització de las Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació
K_{canv}	Potassi canviable
Mg_{canv}	Magnesi canviable
MO	Matèria orgànica
Na_{canv}	Sodi canviable
N_{total}	Nitrogen total
P_{assim}	Fòsfor assimilable
PMP	Punt de marciment permanent
SAU	Superfície agrària útil
SEMILLA	Serveis de Millora agrària i Pesquera
SNA	Superfície no agrària
USDA	Departament d'Agricultura dels Estat Units

Resum

Aquest Treball presenta la situació de terres agrícoles en regadiu, especialitzades en els cultius hortícoles i fructícoles, que es troben a tres àrees geogràfiques de Mallorca. La zona d'estudi s'ha situat a Son Ferriol, Felanitx i Manacor. En aquestes àrees s'estudia la fertilitat dels sòls a parcel·les que segueixen pràctiques de irrigació, per mitjà de l'anàlisi dels seus paràmetres fisicoquímics, així com el paràmetre biològic de la respiració induïda dels sòls. El propòsit d'aquest estudi és avaluar l'efecte que genera el reg en aquests sòls agrícoles per tal d'estimar possibles efectes adversos o riscos de degradació de la fertilitat del sòl que poden ser disminuïts o evitats. Per això s'analitza la fertilitat del conjunt de la poblacions de sòls mostrejats, i a continuació s'estudia cada àrea geogràfica per separat per a discernir quins paràmetres fisicoquímics resultats es troben a fora dels rangs normals, tant per excés com en carència, i diagnosticar així la sostenibilitat dels sòls agrícoles. Unit a aquest estudi prospectiu de la situació de les poblacions de terres de regadiu mostrejades a Son Ferriol, Felanitx i Manacor, es pretén conèixer l'efecte puntual del reg per irrigació sobre la capa llaurable del sòl; per la qual cosa es mostregen i comparen els resultats obtinguts de baix cultiu, i entre carrer en cada una de les zones geogràfiques. Les característiques fisicoquímiques poblacions de les mostrejades de sòls s'analitzen d'acord amb els mètodes oficials d'anàlisi del Ministeri d'Agricultura. Les propietats físiques analitzades són la textura, capacitat de camp i punt de marciment permanent. Pel que fa a les propietats químiques es troben el pH, conductivitat elèctrica, percentatge de matèria orgànica, nitrogen, contingut de fòsfor assimilable i cations intercanviables, així com la seva capacitat d'intercanvi catiònic. A més, s'ha analitzat la espiració induïda dels sòls per glucosa com a índex biològic de qualitat. Igualment, s'han estudiat un conjunt d'aigües corresponent a l'aigua de reg de distintes parcel·les en les diferents àrees de mostreig. En general tots els sòls estudiats presenten pH moderadament bàsic. La població de terres de Son Ferriol mostra els valors més alts de conductivitat elèctrica, que en alguns casos aquests valors estan dins del rang de salinitat de sòls. Els sòls de Felanitx i Manacor no presenten gaires diferències, tenen valors mitjans de matèria orgànica, són més pesats, però no presenten problemes de salinitat. En general són sòls amb valors alts de cations intercanviables, com calci i magnesi, i fins i tot potassi, el que provoca que en zones com Son Ferriol les relacions entre ells per exemple Ca/Mg estigui desequilibrada en excés o defecte d'un d'ells. L'anàlisi estadístic de les poblacions de sòls mostrejades baix cultiu i entre carrer denota alts valors de conductivitat elèctrica del contingut en sodi a la zona de baix cultiu respecte a la d'entre carrer, fet que demostra que s'està produint una acumulació del sals degut a la fertirrigació. Finalment, es pot concloure que aquest estudi revela que no totes les aigües són aptes per al reg, s'ha d'estudiar quina freqüència i quin tipus de fertirrigació es pot fer d'acord a l'aigua i el sòl

Agraïments

En primer lloc vull donar les gràcies a la Dra. Isabel Sastre Conde, per haver-me animat a començar aquest projecte, per ajudar-me de manera constant i dedicar-hi hores del teu temps lliure al meu treball; però sobretot, per haver-me fet creure amb les meves possibilitats. Moltes gràcies per tot.

Agrair també al Dr. Jaume Vadell Adrover per deixar a la meva disposició les instal·lacions del laboratori d'Edafologia de la Universitat de les Illes Balears, per mostrar-se col·laborador en tot moment, per haver-me resolt els dubtes, i tutelar aquest treball.

A Pepe Rovira i a Antònia Llompart del laboratori de Bromatologia, Nutrició Vegetal i Fertilitat de sòls del Serveis de Millora Agrària i Pesquera (SEMILLA). Gràcies pels bons moments viscuts durant la feina, i per tractar-me com un més del laboratori. De la mateixa manera, a tots els treballadors de SEMILLA de Son Ferriol, gràcies per tot, la veritat és que em vaig sentir un company més.

A l'Institut de Recerca i Formació Agrària i Pesquera (IRFAP) per proposar aquest projecte i per haver confiat en mi per a dur-ho a terme.

Al laboratori de sòls de l'Institut Madrileny d'Investigació i Desenvolupament Rural (IMIDRA) per facilitar les anàlisis de la respiració induïda del sòl.

Al DOIP per proporcionar contractes d'estudiants de la UIB amb empreses, i donar-me l'oportunitat de treballar, alhora que em formava, durant 9 mesos.

Moltes gràcies a la meva família. Als meus pares Lorenzo i Maria, per inculcar-me els valors de la constància i del sacrifici. A les meves germanes Catirene i Margalida, per creure sempre amb mi i ser tot un exemple a seguir. A na Joana Maria per estar-hi en els moments feliços, recolzar-me en els moments més durs i animar-me a continuar endavant cada dia.

Finalment vull donar les gràcies als que ja no hi són. A la meva padrina Catalina per mostrar-me el que significa lluitar. Al padrí Mateu i al Tio Macià per a inculcar-me l'estima cap al camp. De ben segur que tots ells estarien orgullosos de mi.

1. Introducció

1.1. Concepte de sòl

Segons l'Institut d'Estudis Catalans, la paraula sòl abasteix fins a 4 significats diferents. Respecte al terme agrícola ho especifica com "terreny considerat en relació amb el conreu o com a suport de la vegetació. *Un sòl fèrtil*.". Pel que fa a l'Organització de les Nacions Unides per a l'Agricultura i l'Alimentació (FAO), defineix el sòl com un cos natural que consisteix en capes (horitzons del sòl) formades a partir de materials procedents de minerals meteoritzats, de la matèria orgànica que es forma, l'aire i l'aigua. En definitiva, el sòl és el producte final de la influència del temps, combinat amb el clima, materials parentals (roques i minerals originaris), la topografia, i els organismes com la flora, la fauna i, en el cas dels sòls agrícoles, l'ésser humà.

La consideració de sòl com un cos natural no començà a aparèixer fins a principis del segle XIX, tal com apunten les obres dels autors Sprengel (1837) i de Fallow (1862), citades per Porta (1994). Més endavant, cap a finals del segle, Dokuchaev (1886) afirma, a partir dels treballs de Vilenskii (1957), que a més de ser un cos natural independent, es forma a partir de la influència dels 5 factors, on la vegetació juga el paper més important (Buol i col., 2011). També parla d'horitzons explicant que són "aquells horitzons de la roca que diària o gairebé diàriament canvien les seves relacions sota la influència conjunta de l'aigua, l'aire i diverses formes d'organismes vius i morts".

La definició clàssica de sòl de Demolón (1965) afirma que aquest és la formació natural de superfície terrestre, d'estructura esponjosa i espessor variable, que resulta de la transformació de la roca mare subjacent per la influència de diversos processos físics, químics i biològics.

El present treball parla de sòls agrícoles, i per tant l'aparició del terme sòl agrícola, així com l'evolució de la seva definició i la relació de l'acció humana en la seva transformació per pràctiques com el reg i la fertilització, entre d'altres. Aquests són la conseqüència de la modificació dels sòls verges o naturals per l'activitat humana amb l'objectiu de poder-hi obtenir un profit en forma de collites (Guigou, 1985). Per tant és imprescindible tenir clara la definició del que es coneix com a fertilitat del sòl amb la finalitat de maximitzar les produccions. Molts d'autors parlen d'aquest terme referint-se a "sòl fèrtil": Demolon (1965) afirma que un sòl és fèrtil si d'ell s'obtenen bones collites, Rémy, (1985), per altra banda, afegeix a l'anterior definició la capacitat d'obtenir un marge brut elevat. Finalment, la definició més comuna de fertilitat del sòl la recull Brady (1990), "és aquell que té la capacitat de subministrar els nutrients suficients al cultiu, assegurant el seu creixement i el seu desenvolupament".

Les anteriors definicions no tenen en compte que el sòl és un recurs natural considerat no renovable pel fet que el procés de formació és molt lent. Un mal ús

d'aquest amb monocultius, rotacions de cultius excessivament curtes, excessos de fertilitzants, mala gestió del reg, etc. Pot comportar a problemes com la pèrdua de fertilitat del sòl, compactació, salinització, erosió, contaminació, i un llarg etcètera que poden agreujar-se fent que el procés sigui irreversible.

1.2. Gestió de l'ús del sòl agrícola. Qualitat del sòl.

L'agricultura pot generar un impacte negatiu sobre el recurs natural sòl. Arran d'aquest concepte sorgeix el terme d'agricultura sostenible. Un model d'agricultura basat amb la gestió de la fertilitat, que consisteix en la planificació i desenvolupament d'una estratègia cultural concreta amb la finalitat d'aconseguir una millora global de les propietats agronòmiques d'un determinat sòl i dels rendiments de les collites que sustenta; tot això fonamentat en l'avaluació de les capacitats potencials del sòl, i baix les restriccions tècniques, socioeconòmiques i mediambientals imposades per cada situació particular (Saña i col., 1985).

Eckert (1987), sustenta que una bona gestió de la fertilitat del sòl consta de dues fases consecutives, però perfectament delimitades. La primera que consisteix a establir el diagnòstic de la fertilitat que presenta el sòl; una part es fa a camp, on es recullen les mostres de terra a analitzar, i l'altra es du a terme al laboratori, on s'analitzen les propietats físiques, químiques i biològiques. I la segona etapa que és el desenvolupament del consell agronòmic.

Per a quantificar els resultats obtinguts al laboratori, on s'han analitzat les diferents propietats del sòl, sorgeix el concepte de qualitat del sòl. Les primeres citacions sobre aquest terme són de Forbes (1928), i més endavant de Wolf (1982). Ells tan sols aporten la idea del que es coneix avui en dia com a qualitat del sòl.

No és fins a la dècada dels 90 que s'estableix la definició actual de qualitat del sòl. Doran i Parkin (1994) afirmen que aquesta es mesura a través d'una sèrie d'indicadors que són físics, químics i biològics. Els indicadors físics estan relacionats amb la disposició de partícules sòlides i els porus del sòl; per tant, juguen un paper important en l'emergència de les plàntules, pot limitar el creixement de les arrels, evitar la infiltració o el moviment de l'aigua dins el perfil del sòl, etc. (SQI, 1996). Per altra banda, els indicadors químics, inclouen els paràmetres com el pH, salinitat, matèria orgànica, concentracions de fòsfor, capacitat de canvi de catiònic, etc.; així com les relacions planta-sòl, la qualitat de l'aigua, la capacitat tampó, la disponibilitat de nutrients i aigua a les plantes, etc. Finalment els indicadors biològics Inclouen les mesures dels micro i macroorganismes, la seva activitat i els subproductes (SQI, 1996).

1.3. L'aigua al sòl

La relació que existeix entre el contingut d'aigua al sòl i el creixement de les plantes és un dels conceptes empírics més que comprovats per la humanitat. Tant

l'excés com la carència d'aigua al sòl són factors que afecten al desenvolupament de les arrels, i per tant al creixement de les plantes (Mañas, 2005).

L'agricultura és l'activitat humana on es destina la proporció més gran d'aquest recurs. El consum d'aigua per part del sector agrícola pot arribar a sobrepassar el 90% en països en vies de desenvolupament, mentre que a països més industrialitzats s'apropa al 70% del total d'aigua (Mañas, 2005).

Espanya és el país europeu més àrid i que més recursos hídrics dedica a la irrigació segons dades del Ministeri de Medi Ambient (2017). A més, a la Mediterrània i especialment a les Illes Balears aquest problema es veu agreujat per la pressió que existeix entre l'ús domèstic, que va creixent durant les èpoques estivals, i l'augment de les pràctiques de l'agricultura en regadiu; fet que es tradueix en una major demanda d'aigua.

Tot això sumat al canvi climàtic que provoca canvis en l'escenari meteorològic donant a lloc una major variabilitat en el model de precipitacions estacionals i inter-anuals, que fan que existeixin episodis de pluges molt intenses en petits períodes de temps, que generen impactes negatius sobre el sòl com l'escorrentia (Candela i col., 2009).

Per altra banda, existeix la preocupació de l'efecte sobre el sòl de la irrigació amb aigües de baixa qualitat, que provoquen greus problemes en la producció, així com amb la qualitat dels cultius (Zhang i col., 2015).

1.4. Els sòls de les Illes Balears

A les Illes Balears existeix una gran variabilitat de sòls, tots ells amb característiques perfectament diferenciades. Entre els més abundants es troben els *Luvisols*, *Calcisols*, *Cambisols*, *Regosols* i els *Leptosols*; cadascun d'aquests presenten un caràcter més o manco calcari (Colombàs, 2014).

Els *Luvisols*, coneguts col·loquialment com a *terra rossa*, són sòls vermells molt apreciats per a l'agricultura. Aquests constitueixen la forma més diferenciada dels sòls desenvolupats sobre roques calcàries. La característica principal és que han sofert descarbonatació, i presenten un horitzó d'acumulació d'argiles que s'identifica com a horitzó àrgic. En aquests tipus de sòls és comú l'erosió, que provoca la pèrdua dels horitzons superiors, deixant a prop de la superfície l'horitzó àrgic.

Els *Calcisols*, en aquest cas es caracteritzen per tenir un horitzó d'acumulació de carbonats de calci. Aquesta acumulació pot suposar un enriquiment de carbonats de calci, on les arrels dels cultius són capaces d'explorar la capa (horitzó càlcic); o formar una capa calcària infranquejable per al sistema radicular (horitzó petrocàlcic).

Els *Cambisols*, són sòls amb un horitzó subsuperficial (horitzó càmbic) diferenciat respecte al material superior per paràmetres com la pèrdua de carbonats,

color, estructura, etc. Aquests es poden trobar sobre substrats durs, i sobre materials més tous com són les margues.

Els *Regosols* agrupen aquells tipus de sòls de menys de 25 cm de profunditat damunt roques o materials tous, i tots aquells que no compleix els requisits per a ser inclosos dins cap altre grup. És freqüent trobar-los sobre margues, sistemes dunars, i altres materials no consolidats.

Els *Leptosols* es desenvolupen damunt roques dures, i són sòls amb menys de 25 cm de profunditat. Són molt abundants a terrenys erosionats i a zones de muntanya. Aquests sòls se solen aprofitar com a pastures arbrades, que consisteixen en cultius llenyosos de secà com l'ametller, el garrover i l'olivera, amb cultius herbacis en extensiu.

Els sòls desenvolupats damunt arenes es coneixen amb el nom d'*Arenosols* i *Arenic Regosols*. Els *Arenosols* són aquells que presenten un perfil d'1 m de profunditat de textura arenosa o arenosa franca, els sòls que no reuneixen els requisits de textura esmentats anteriorment s'han de classificar com a *Arenic Regosols*.

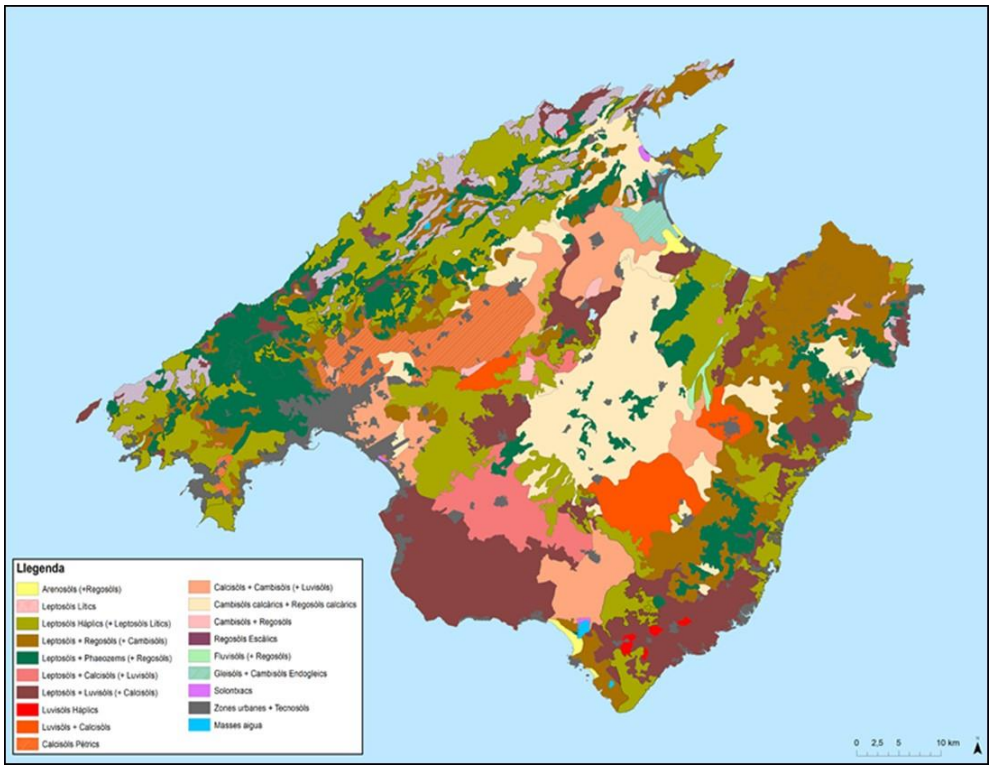

Figura 1. Tipologies de sòls de l'illa de Mallorca d'acord a la WRB (IUSS Working Group, 2006).

A Mallorca el sòl amb més renom es coneix popularment amb el nom de "call vermell". Aquests són els *Luvisols*, i són molt apreciat a causa de l'alt contingut en mineral d'argiles i elements minerals. Per contra, la seva profunditat sol ser molt limitada, problema que fa que la disponibilitat hídrica sigui el seu punt feble. En aquests tipus de sòls són molt freqüent les pèrdues per erosió, fins al punt que, en el moment en

què l'horitzó àrgic passa a formar part de la capa llaurable, s'han de classificar com a *Leptosols*.

L'altra tipologia molt abundant a Mallorca són els *Calcisols*. A causa dels horitzons petrocàlcics, que suposen una barrera per l'avanç del sistema radicular dels cultius llenyosos, limitant així la disponibilitat hídrica, són imprescindibles les labors agrícoles dirigides a rompre la capa calcària, augmentant d'aquesta manera la disponibilitat hídrica i el volum explorable per a les arrels.

Les margues ocupen grans extensions, i són terres reconegudes amb el nom d'argiloses. Totes aquestes tenen un contingut moderat de minerals d'argila i elements minerals, que en aquest cas, no són tan elevats com en el "call vermell". Quan es pot diferenciar l'horitzó càmbic, reben el nom de *Cambisols*; per altra banda, quan la pèrdua de sòl per erosió és molt pronunciada, i no és possible diferenciar l'horitzó càmbic, es coneixen com a *Regosols*. Finalment, quan presenten horitzó càlcic, s'identifiquen amb el nom de *Calcisols*, i es caracteritzen per tenir una elevada disponibilitat hídrica, la qual cosa fa que siguin terres molt apreciades per l'agricultura mallorquina.

1.5. Usos i aprofitaments dels sòls de les Illes Balears

Les Illes Balears tenen una superfície geogràfica de 498.196 ha. Respecte a la distribució d'aquesta superfície, l'activitat agrària presenta una extensió de 233.765 ha, entre cultius agrícoles i pastures. La superfície forestal és de 181.486 ha, on s'hi diferencien les terres forestals amb aprofitament secundari per a pastures i les superfícies forestals arbrades. Per altra banda, la superfície no agrària (SNA) tan sols ocupa un 16% de la distribució geogràfica.

Els cultius agrícoles representen totes aquelles zones que s'hi troben cultius herbacis, llenyosos, guarets i altres terres agrícoles no ocupades. Els cultius herbacis, entre els quals es troben els cereals, els llegums, els farratges, les hortalisses i les patates entre d'altres, presenten una extensió total de 87.160 ha. Pel que fa als cultius llenyosos, tant si són per autoconsum, per producció comercial o terrenys abandonats, ocupen una superfície de fins a 52.845 ha. Per altra banda, les superfícies destinades a guarets i altres terres agrícoles no ocupades, però que són utilitzades per al cultiu de forma habitual, representen una extensió de 28.578 ha.

Les terres amb coberta vegetal natural i amb aprofitament principal o secundari, conegudes com a pastures, ocupen una extensió de 65.182 ha.

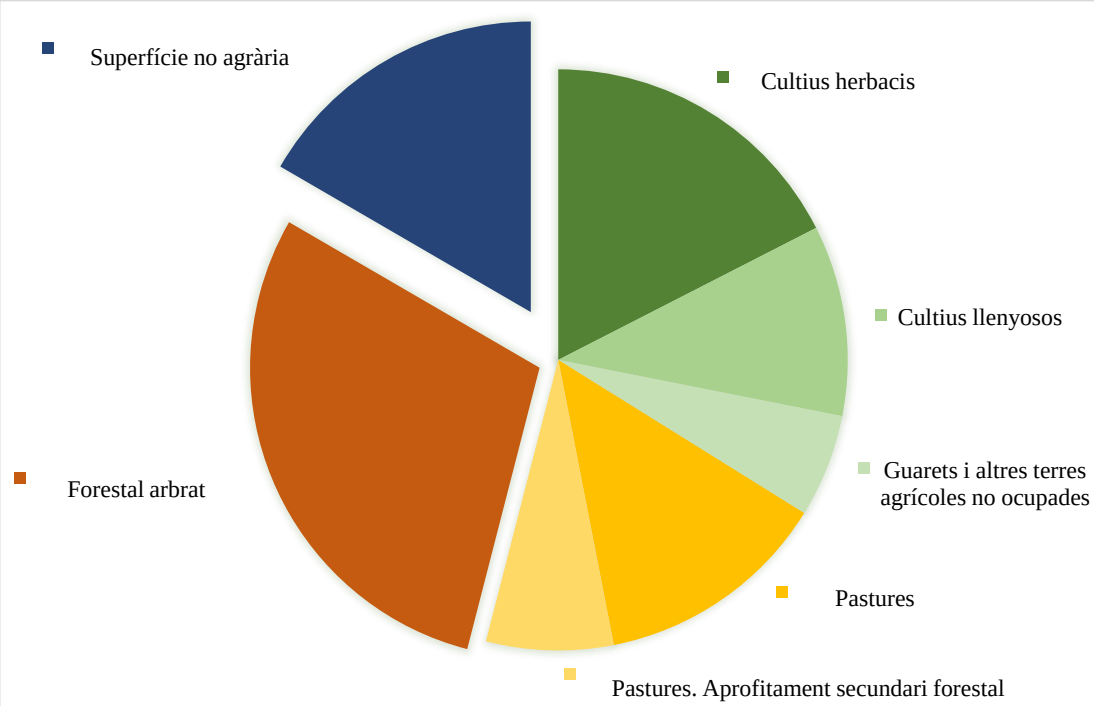

Figura 2. Distribució de les superfícies de les Illes Balears. Font: SEMILLA, 2017

Com es pot observar a la Figura 2, la suma de la superfície agrària i forestal proporciona una extensió total que representa més de tres quartes parts de la superfície geogràfica, amb 414.695 ha (83%).

La superfície agrària útil (SAU) reuneix totes aquelles terres sobre les quals es basa la producció agrària. Per tant, agrupa els cultius agrícoles, les pastures i les pastures forestals amb aprofitament secundari. A les Illes representa un 54% del total de la superfície geogràfica, amb 269.132 ha. Com es pot apreciar a la Figura 3, aquests percentatges varien segons l'illa en la qual s'estima la SAU, fet que es tradueix amb un 60.3% a Mallorca, un 59,4% a Menorca, un 13% a Eivissa i un 18,1% a Formentera.

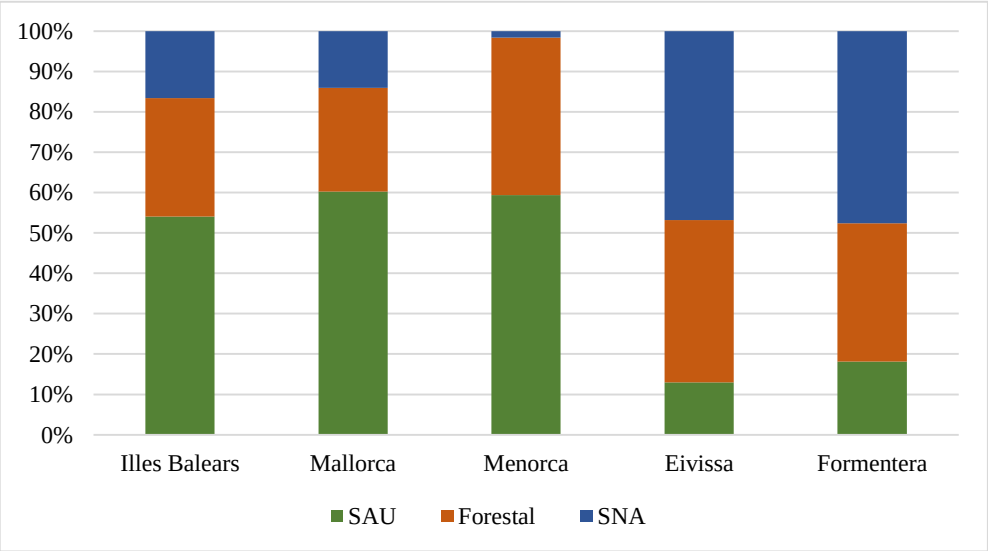

Figura 3. Distribució de la SAU, la superfície forestal i la SNA respecte a la superfície geogràfica per illes. Font: SEMILLA

Cal destacar que pel procés d'abandonament que han patit els cultius llenyosos, resulta imprescindible diferenciar entre superfície en producció i superfície abandonada o d'autoconsum (Taula 1).

Taula 1. Diferenciació de les superfícies en producció i abandonada en cultius llenyosos

Cultius llenyosos	Superfície en producció	Superfície abandonada o d'autoconsum	Superfície total
	ha	ha	ha
Ametller	17431	6589	24020
Garrover	10190	2832	13022
Olivera	4517	35050	8022
Figuera	360	1858	2218
Cítrics	1748	382	2130
Vinya	1642	729	2371
Fruita dolça	399	585	984
Total llenyosos	36287	16480	52767

Font: Estadístiques Agràries – Pesqueres, 2017.

Respecte a producció agrícola, a Balears, destaquen sobretot els cultius herbacis en extensiu, amb una producció final de més de 280.000 tn (pes en sec). Aquests es classifiquen en cereals (61.935 tn), llegums (1.079 tn) i farratges (524.316 tn en verd).

Pel que fa als cultius hortícoles, aquests superen les 60.000 tn anuals amb menys de 2.200 ha. El principal cultiu és la tomàtiga (*Solanum lycopersicum*), amb produccions que s'acosten a les 14.500 tn; el segon cultiu hortícola respecte a la producció és la síndria (*Citrullus lanatus*), seguida del meló (*Cucumis melo*), amb produccions de 12.000 i 5.000 tn respectivament. El cultiu de la patata (*Solanum tuberosum*) destaca per la seva producció de més de 58.500 tn.

Dels cultius llenyosos, a les Illes Balears s'hi troben un ampli nombre de cultius. La producció principal s'obté dels fruiters de fruits secs, amb més de 20.000 tn anuals; aquests són l'ametller (*Prunus dulcis*), el garrover (*Ceratonia síliqua*) i la figuera (*Ficus carica).*

El segon cultiu de llenyosos pel que fa a la producció són els cítrics. Entre el taronger, el mandariner, el llimoner i el pomelo, s'obtenen prop de 13.200 tn.

Sobre el cultiu de la vinya, la producció dedicada a l'obtenció del raïm de taula, tan sols genera prop de 240 tn; mentre que el cultiu de vinya per a vinificació supera les 8.000 tn amb una producció de quasi 53.000 hl.

Respecte al cultiu de l'olivera, a l'igual que passa amb la vinya, la producció dedicada a les olives de taula tan sols genera unes 70 tn; la qual cosa contrasta amb les

prop de 3.000 tn que es destinen a l'oli per a tafona, que es tradueixen en una producció de quasi 400 tn d'oli a les Illes Balears.

De la resta de fruiters s'obtenen 881 tn de fruiters de pinyol, 828 tn de fruiters de llavor i 325 tn de fruiters de fruit carnós.

Finalment, pel que fa a l'economia agrària, és important destacar que el pes econòmic del subsector ramader és menor respecte al de l'agrícola, fet que es tradueix en què l'activitat ramadera no arribi als 58 milions d'euros (57.906.601 €, 2016), mentre que les darreres dades estadístiques d'economia agrària mostren que l'agricultura ha generat més de 165 milions.

Els cultius principals són les hortalisses, amb un 30,1% dels ingressos a les Illes; seguit de la producció de vins, que arriba fins a un 16,1%; el cultiu de la patata, que produeix un 13,7% del total de l'economia agrícola; i el cultiu de farratges, del qual s'obtenen fins al 11,4%.

Pel que fa al ramat sacrificat, destaca el bestiar oví, boví i porcí, amb un 35,2, 31,6 i un 30,8% del total dels ingressos ramaders respectivament (SEMILLA, 2017).

1.6. Protecció del sòl i Marc legislatiu

Com s'explica a l'apartat 1.1, el sòl és considerat un recurs natural no renovable degut a causa del fet que el procés de formació d'aquest és molt lent. Per altra banda, els impactes nocius que es generen sobre el sòl com la salinització, l'erosió, la contaminació, la pèrdua de fertilitat, la compactació, etc. No sols afecten negativament a les propietats físiques, químiques i biològiques del sòl; sinó que es tradueixen en impactes negatius sobre la salut humana, el clima, els ecosistemes i l'economia.

Amb l'objectiu de protegir els sòls de la Unió Europea (UE) i abordar la problemàtica que generen els impactes negatius sobre aquest, la Comissió Europea proposà l'Estratègia Temàtica per a la Protecció del Sòl (COM 231 (2006)).

L'any 2012 es publica l'informe de la Comissió al Parlament Europeu, al Consell, al Comitè Econòmic i Social Europeu i al Comitè de les Regions (COM 46 (2012)). En ell s'exposen les tendències de la degradació del sòl a Europa i al món, així com els reptes futurs per a assegurar la seva protecció. L'informe afirma que el sòl continua degradant-se, declarant que és un problema fonamental i persistent a escala mundial. (European Comission, 2012).

L'informe COM 46 (2012) es completa, en col·laboració amb l'Agència Europea del Medi Ambient, amb l'informe de referència "L'estat del sòl a Europa" (Jones i col., 2012) del Centre Comú de Recerca de la Comissió Europea. Aquest ofereix una visió general actual dels processos de recursos i degradació del sòl.

Encara que els informes mostrin el mal estat en què es troben els sòls a nivell europeu i mundial, així com la necessitat d'adoptar mesures urgents, a la UE no existeix una legislació dirigida específicament cap a la protecció del sòl, i per tant, no està sotmesa a un procés formal d'adopció per part de les altres institucions. Per altra banda, la proposta de Directiva del Parlament Europeu i del Consell (COM 232 (2006)) pel qual s'estableixen principis comuns per protegir els sòls de tota la UE i que ofereix un marc comú, determina que són els Estats Membres de la UE els responsables de decidir la millor manera de protegir el sòl i de com utilitzar-lo de forma sostenible en el seu propi territori.

En l'àmbit estatal, es comença a treballar amb normatives referents a la protecció del sòl a partir de la dècada dels 90 amb el Reial Decret 1310/1990 pel qual es regula la utilització de llots de depuradora en el sector agrari (BOE núm. 262, 29 d'octubre, 1990).

L'any 1995 es publica el Pla Nacional de Recuperació de Sòls Contaminats (1995-2000), amb l'objectiu d'orientar l'actuació de l'administració de l'estat i autonòmica en matèria de recuperació de sòls contaminats, a mitjà i llarg termini (BOE núm. 114, 13 de maig, 1995).

Tres anys després surt la Llei 10/1998 de Residus. Aquesta té com a objectiu prevenir la producció de residus, establint el règim jurídic de la seva producció i gestió; fomentar la seva reducció, la reutilització, reciclat i altres formes de valorització; així com regular els sòls contaminats, amb la finalitat de protegir el medi ambient i la salut de les persones (BOE núm. 96, 22 d'abril, 1998).

L'any 2002 es publica la Llei 16/2002 de prevenció i control integrats de la contaminació. Aquesta té com a objectiu evitar o, quan no sigui possible, reduir i controlar la contaminació de l'atmosfera, de l'aigua i del sòl. S'aplica a les instal·lacions en què es desenvolupin activitats industrials.

El Reial Decret 9/2005 estableix la relació d'activitats susceptibles de causar contaminació al sòl, així com adoptar els criteris i estàndards per a la declaració de sòls contaminats. A més, les infraccions comeses contra el que disposa aquest Reial decret estan sotmeses al règim sancionador (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio ambiente, 2005).

La Llei 26/2007 de Responsabilitat Mediambiental regula la responsabilitat dels operadors de prevenir, evitar i reparar els danys mediambientals, de conformitat amb l'article 45 de la Constitució i amb els principis de prevenció i de què «qui contamina paga». A més, a l'annex II de la llei s'assenyalen els criteris que s'han de seguir en la reparació dels terrenys contaminats.

La Llei 22/2011 de residus i sòls contaminats, substitueix a l'anteriorment Llei 10/1998 vigent de Residus. Aquesta té com a objectiu regular la gestió dels residus,

impulsant mesures que previnguin la seva generació i mitiguin els impactes adversos sobre la salut humana i el medi ambient deguts a la seva generació i gestió, millorant l'eficiència en l'ús dels recursos. Alhora també té l'objectiu de regular el règim jurídic dels sòls contaminats. La Llei atribueix a les Comunitats Autònomes la capacitat de declarar i delimitar els sòls contaminats, així com elaborar un inventari amb els sòls declarats contaminats; també declararan que un sòl ha deixat d'estar contaminat després comprovar que s'han realitzat de forma adequada les operacions de descontaminació i recuperació del mateix i han d'incloure aquesta declaració en l'inventari.

La Llei 21/2013 d'avaluació ambiental estableix les bases que han de regir l'avaluació ambiental dels plans, programes i projectes que puguin tenir efectes significatius sobre el medi ambient «entre els quals es troba el sòl, el subsòl, l'aire, l'aigua...» garantint en tot el territori de l'Estat un elevat nivell de protecció ambiental, per tal de promoure un desenvolupament sostenible. Aquesta Llei estableix el règim de cooperació entre l'Administració General de l'Estat i les comunitats autònomes a través de la Conferència Sectorial de Medi Ambient.

Les Illes Balears no compten amb un marc normatiu en matèria de residus i sòls contaminats, de manera que tot s'ha d'aplicar d'acord a la normativa estatal. A més, les Illes no compleix el requeriment de la Llei 22/2011 que estableix que les comunitats tenen la capacitat de declarar y delimitar els sòls contaminants, així com l'elaboració de l'inventari de sòls contaminats

A partir del Decret 116/2010, de 19 de novembre, es declarà, amb la Resolució del conseller d'Agricultura, Medi Ambient i Territori el 5 de novembre de 2013, la determinació i delimitació de zones vulnerables per la contaminació de nitrats procedents de fonts agràries i el seu programa de seguiment i control del domini públic hidràulic a la Comunitat Autònoma de les Illes Balears, per la qual s'aprova el programa d'actuació aplicable a les zones declarades vulnerables en relació amb la contaminació de nitrats d'origen agrari de les Illes Balears. En tot cas, aquesta resolució parla de la contaminació per nitrats a les aigües subterrànies, en cap moment de la protecció del sòl.

2. Objectius

Objectiu principal

L'objectiu principal d'aquest Treball de Fi de Grau és el d'estudiar l'impacte que genera el reg en la fertilitat i la qualitat del sòl a zones hortícoles i fructícoles de Son Ferriol, Felanitx i Manacor (Mallorca). Aquest objectiu es troba compost pels següents objectius secundaris:

2.1. Avaluar l'estat de fertilitat dels sòls agrícoles a parcel·les en regadiu de Son Ferriol, Felanitx i Manacor.

2.2. Analitzar la influència del reg en les propietats físiques, químiques i biològiques del sòls.

2.3. Examinar l'efecte de la qualitat de l'aigua de reg en la qualitat dels sòl.

2.4. Diagnosticar l'estat de sostenibilitat dels sòls agrícoles.

3. Materials i mètodes

3.1. Localització

L'àrea d'estudi es troba distribuïda per tres zones geogràfiques diferents: la zona de Palma, al sud-est i a l'est de Mallorca. S'han elegit parcel·les a l'atzar de cultius hortícoles i fructícoles en regadiu d'aquestes regions. En concret s'han mostrejat diferents sòls a Son Ferriol (Palma), Felanitx i Manacor (Figura 4).

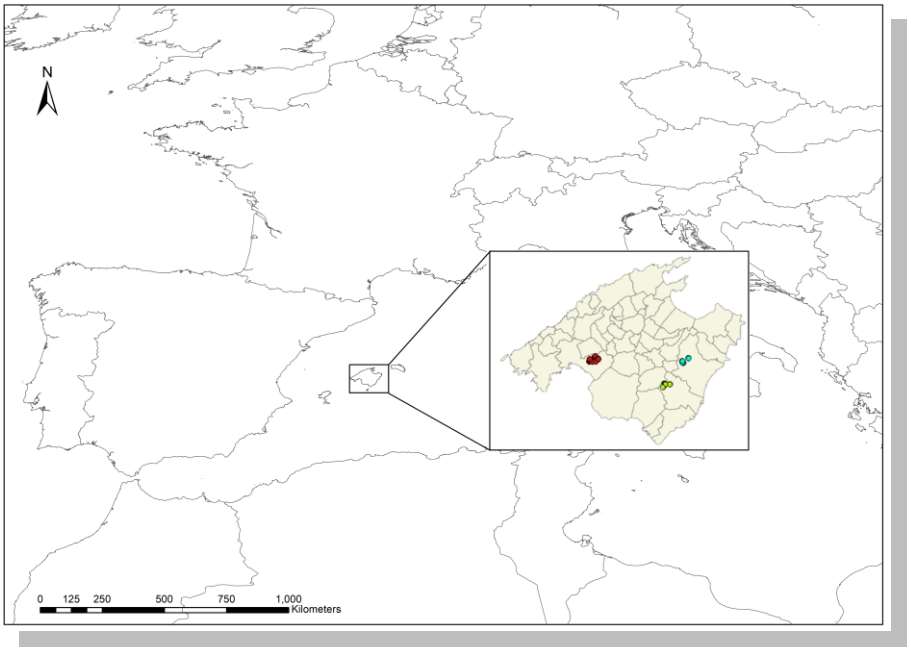

Figura 4. Situació de les zones de mostreig. En vermell Son Ferriol, en verd Felanitx i en blau Manacor.

A continuació es comenta cada zona geogràfica, així com els cultius i nombre de parcel·les analitzades.

3.1.1. Son Ferriol

Son Ferriol està situat a uns 6 km de Palma. L'any 1713 ja es pot observar documentat com a possessió. També és present en el mapa del cardenal Despuig l'any 1785. La barriada és coneguda per la seva forta activitat agrària i ramadera, encara que actualment es trobi en retrocés.

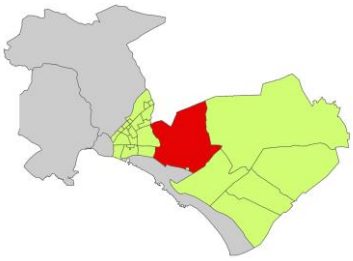

Figura 5. Localització de Son Ferriol al terme municipal de Palma (vermell)

L'activitat agrària de Son Ferriol és molt diversa, la qual cosa es veu reflectida en els mostreigs realitzats. Les sortides a camp han permès observar zones d'activitat hortícola intensiva, amb cultius forçats, semiforçats, amb diferents estructures de protecció, així com cultius extensius. Alhora s'hi troben altres zones destinades a l'activitat ramadera, i cultius llenyosos en secà i en regadiu.

A Son Ferriol s'han mostrejat sòls dels polígons 33 i 35. L'àrea d'estudi està distribuïda en diferents parcel·les: la parcel·la 34 del polígon 33, i les parcel·les 20 i 14 del polígon 35 de Palma. A la parcel·la 34 es trobaven implantats els cultius hortícoles de tomàtigues (*Solanum lycopersicum*) i albergínies (*Solanum melongena*); per altra banda, a la parcel·la 14, s'hi cultivaven melons (*Cucumis melo*); finalment a la parcel·la 35 hi havia oliveres (*Olea europaeaa*). Tots els cultius es troben en regadiu.

3.1.2. Felanitx

El terme municipal de Felanitx es troba al sud-est de Mallorca. Durant el segle XIX la principal activitat econòmica i el que va donar prosperitat al poble va ser el cultiu de la vinya. A finals del segle, a conseqüència de la fil·loxera, es deixa d'exportar raïm i la vila entre en decadència.

Figura 6. Localització de Felanitx respecte Mallorca (blau)

En l'actualitat, malgrat d'haver superat la fil·loxera, Felanitx no ha tornat a ser el líder mallorquí en la producció i comercialització de vi. Avui en destaca principalment pel nombre d'explotacions agrícoles, amb més de 536; tan sols superades per Manacor amb 548.

Pel que fa a les zones d'estudi, en aquest cas es varen dur a terme els mostreigs a les parcel·les 177 i 178 del polígon 2 de Felanitx. El cultiu que es trobava en el moment de l'estudi era el pebre dolç (*Capsicum annuum*).

3.1.3. Manacor

Manacor es troba a l'est de l'illa de Mallorca a uns 50 km de Palma. Com la majoria dels pobles de les Illes, abans del boom urbanístic, l'economia de la vila es basava pràcticament amb l'agricultura i ramaderia. Hi predominava el cultiu de la vinya, i el conreu de cereals per a bestiar, que principalment eren ovelles.

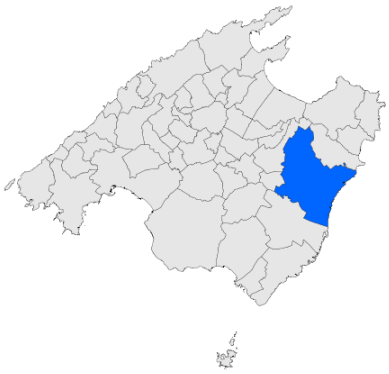

Figura 7. Localització de Manacor respecte Mallorca (blau)

Actualment el sector agrícola ha passat a un terme més aviat secundari. Al municipi s'hi troba principalment el cultiu de l'ametller, la figuera (*Ficus carica*), cereals en extensiu i, en menor instància, el garrover (*Ceratonia síliqua*) i la vinya (*Vitis vinífera*). Pel que fa als cultius hortícoles majoritàriament es troba el meló, la tomàtiga, el pebre i la lletuga.

En aquesta ocasió s'han estudiat estudiar diferents parcel·les situades als polígons 27, 26 i 4. Del polígon 27 tan sols es va mostrejar la parcel·la 197, mentre que al polígon 26 es varen analitzar les parcel·les 441, 446, 448, 450, 1217; finalment al polígon 4 les parcel·les d'estudi han estat la 641, 643 i la 644. En totes elles hi havia cultius llenyosos en regadiu, més concretament cirerers (*Prunus avium*), melicotoners (*Prunus pèrsica*) i paraguaians (*Prunus persica var. platycarpa*).

3.2. Dades meteorològiques

Les dades meteorològiques han estat extretes del portal d'internet *Balearsmeteo* (http://www.balearsmeteo.com/) l'any 2016.

3.2.1. Dades climàtiques de Son Ferriol

Taula 2. Dades climàtiques de Son Ferriol

2016	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec	Anual
Tª mitjana (ºC)	12,2	11,9	12,1	15,2	17,9	22,6	25,4	24,8	22,8	19,3	14,7	11,5	16,10
Tª màxima (ºC)	21,1	23,6	23,5	25,1	28,4	33,9	38,3	36,7	35,9	29,9	24,8	20,7	28,49
Tª mínima (ºC)	-1,2	-0,1	0,7	5,3	4,7	10,7	14,5	14,9	12,1	8,5	5,1	1,3	6,36
Precipitació (mm)	3,2	43,6	16,9	34,6	30,8	5,4	0	0,8	46,4	101,9	49,6	125,1	458

A Son Ferriol, com es pot comprovar a la Taula 2, existeix una gran diferència durant tot l'any entre les temperatures mínimes i màximes, que en la majoria dels mesos supera els 20 ºC; per tant es pot afirmar que a la zona hi ha una amplitud tèrmica molt elevada. Els estius són calorosos, amb temperatures mitjanes que van des de 22,6 ºC al juny, fins als 25,4 ºC al mes de juliol, amb una temperatura màxima de 38,3 ºC. Els

hiverns en aquest cas són suaus, amb temperatures mitjanes que superen els 11,5 ºC, amb un mínim de -1,2 en el mes de gener.

Pel que fa a les precipitacions, l'any 2016 es varen acumular fins a 458 mm, que corresponen al clima mediterrani costaner. Aquestes són irregulars, amb els seus màxims durant la tardor, i una època de sequera durant l'estiu.

3.2.2. Dades climàtiques de Felanitx

Taula 3. Dades climàtiques de Felanitx

2016	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec	Anual
Tª mitjana (ºC)	11,5	11,4	11,7	14,7	17,7	23,0	25,8	25,1	22,6	18,9	14,1	11,2	15,70
Tª màxima (ºC)	20,9	21,7	24,7	24,5	30,1	34,3	37,0	36,4	38,6	29,1	26,0	21,0	27,37
Tª mínima (ºC)	-1,5	0,3	1,4	4,5	5,1	10,3	14,4	14,2	12,5	8,0	4,9	0,9	6,25
Precipitació (mm)	11,3	45,2	23,8	83,0	47,3	1,8	0,0	0,2	111,5	60,6	60,2	232,6	677

A Felanitx la diferència entre les temperatures màximes i mínimes continua sent de més de 20 ºC, per tant, també es pot afirmar que existeix una amplitud tèrmica molt elevada. Els estius són calorosos, amb temperatures màximes de 38,6 ºC durant setembre i mínimes de 10,3 al mes de juny. Respecte als hiverns, tal com es pot comprovar a la Taula 3, són suaus, amb el mes més fred amb una temperatura mitjana d'11,2 ºC (desembre), i un mínim de -1,5 ºC a gener.

Quant a les precipitacions, durant l'any 2016 es varen acumular fins a 677, que continuen classificant-se com a escasses, però en aquest cas són superiors a les de Son Ferriol, i cal tenir en compte que es troben per damunt de la mitjana de la zona. Les precipitacions continuen sent irregulars, amb la màxima acumulació durant els mesos de tardor, i un període de sequera durant l'estiu.

3.2.3. Dades climàtiques de Manacor

Taula 4. Dades climàtiques de Manacor

2016	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec	Anual
Tª mitjana (ºC)	11,1	11,0	11,3	14,4	17,2	21,9	24,8	24,2	21,8	18,4	13,8	11,0	15,22
Tª màxima (ºC)	20,7	21,4	23,5	26,2	29,2	33,4	35,6	36,8	36,3	29,4	26,3	20,0	26,98
Tª mínima (ºC)	-2,2	-1,4	0,5	4,0	3,6	7,9	12,1	12,2	10,2	5,4	3,5	0,7	4,70
Precipitació (mm)	20,9	44,4	36,4	65,9	54,1	10,9	0,0	0,0	65,9	62,3	60,7	225,8	647,31

A Manacor l'amplitud tèrmica continua sent molt elevada, amb diferències entre les temperatures màximes i mínimes de més de 20 ºC. Pel que fa als estiu, aquests són calorosos, amb el mes de juliol amb la temperatura mitjana més elevada (24,8 ºC) i la temperatura màxima de 36,8 ºC a l'agost. Els hiverns són suaus amb desembre i febrer com a mesos més freds (11,0 ºC de mitjana) i amb -2,2 ºC de mínima a gener.

La precipitació anual acumulada és molt semblant a la de Felanitx, amb 647,31 mm, que és classificada com a escassa. Al ser de clima mediterrani costaner, les precipitacions continuen sent irregulars, amb la màxima acumulació durant els mesos de tardor, i un període de sequera durant l'estiu.

3.3. Disseny experimental

En el mostreig de sòl s'han diferenciat dues posicions: la de baix cultiu, que és la mostra de terra que s'obté de la zona que es troba just a davall la planta, i la d'entre carrer, que és la mostra de sòl que es troba a la línia del terreny on no hi ha cultiu.

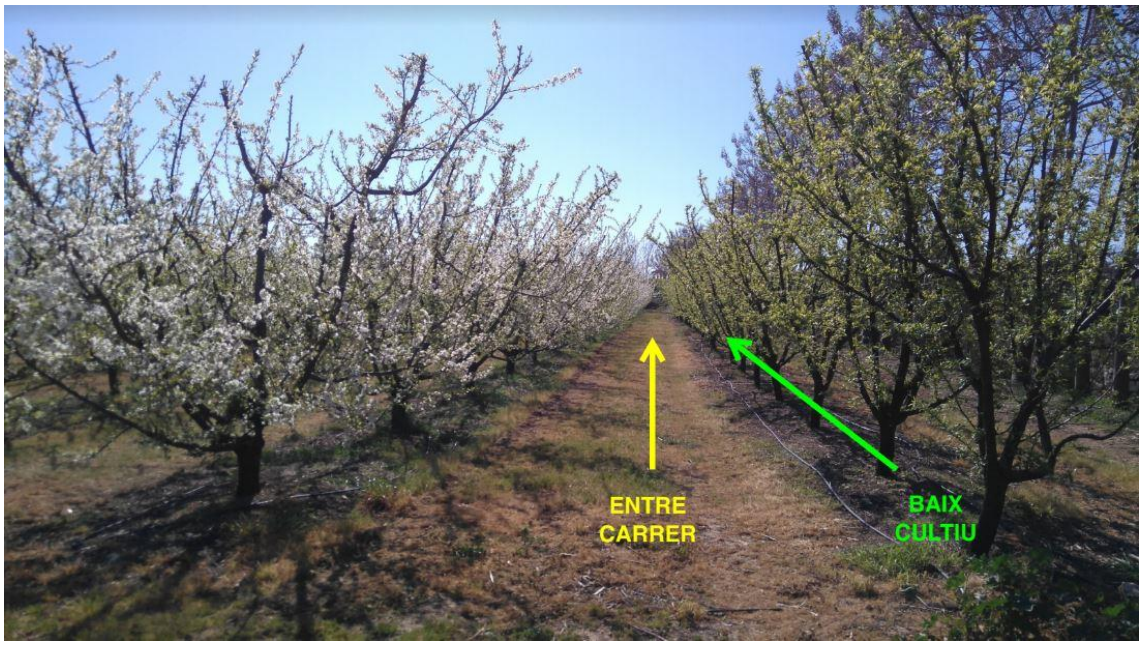

Figura 8. Esquema del disseny experimental

L'experiment ha estat dissenyat per a obtenir de cada àrea a estudiar mostres de sòl d'entre carrer i de baix cultiu, així com mostres de l'aigua de reg.

Pel que fa al disseny experimental es divideixen les parcel·les per cultius, en el cas que tinguin més d'un tipus de cultiu. De cada àrea dividida s'obtenen 3 o més mostres de sòl tant d'entre carrer com de baix cultiu (el nombre de mostres depèn de la superfície a estudiar, per tant a parcel·les petites, de menys d'1 ha, s'agafen fins a 3 mostres de cada; i a parcel·les més grans, 4 o més per tal d'obtenir valors representatius). A la mateixa parcel·la s'adquireixen mostres de l'aigua de reg per a analitzar.

La tècnica de mostreig de sòls es coneix com a mostreig simple a l'atzar. Els punts de mostreig s'obtenen de forma aleatòria fent moviments en zig-zag a través de tota l'àrea a analitzar. Aquest és el sistema de mostreig més utilitzat (Vilaseca, 1996).

Cada mostra de sòl és el resultat d'extreure, a diferents punts de la parcel·la, terra amb una sonda manual de 20 cm de profunditat per 4 cm d'ample, fins a obtenir entre 1 i 2 kg de mostra. Seguidament la terra s'introdueix a dins bosses de plàstic, que són identificades amb un nombre de camp; i paral·lelament, a la llibreta s'identifica la mostra amb el tipus de cultiu, i si prové d'entre carrer o de baix cultiu.

Pel que fa a les mostres de l'aigua de reg es segueix el següent procediment: s'omple i es buidà el recipient amb l'aigua fins a 3 cops per a evitar que la mostra d'aigua presenti restes del contingut anterior; tot seguit s'introdueix l'aigua directament a botelles de plàstic d'1,5 l.

Finalment les mostres tant de sòl com d'aigua són portades al laboratori, on s'analitzaran els paràmetres físics, químics i biològics pertinents.

3.4. Anàlisi de sòl

3.4.1. Preparació de la mostra al laboratori

Un cop arribaren les bosses amb les diferents mostres de sòl al laboratori s'aboca el contingut d'aquestes a dins safates de plàstic, i es reserva una part que és introduïda sense que sofreixi cap alteració a dins bosses estanques de plàstic per passar a conservar-les en gelera a 4 ºC.

Seguidament es pesen les safates i es deixen que es vagin assecant. S'han d'anar pesant diàriament fins que el pes d'aquestes deixa de baixar i es mantingui constant. És en aquest moment quan ja es troben llestes per tamisar, amb un tamís de 2 mm de diàmetre, i ficar a dins pots de plàstic (2 pots per a cada mostra) amb el codi corresponent. Aquesta terra tamisada rep el nom de terra fina. Per altra banda, es reserva una part de la terra fina per a passar per un molí que processa la terra a partícules menors de 0,5 mm; la finalitat d'aquest processat és la d'obtenir una major homogeneïtat de la mostra per a realitzar diferents anàlisis com el nitrogen total i la matèria orgànica.

3.4.2. Paràmetres físics

Els paràmetres físics d'humitat, matèria seca i textura, han estat analitzats al Laboratori de Bromatologia, Nutrició Vegetal i Fertilitat de Sòls de SEMILLA. El punt de marciment permanent i la capacitat de camp s'han determinat al Laboratori d'Edafologia de la Universitat de les Illes Balears.

- **Humitat**

Per a determinar el contingut d'humitat que presenta una mostra de sòl es pesen aproximadament uns 10 g de terra fina a dins flameres d'alumini prèviament assecades a l'estufa (105 ºC) i tarades. Seguidament s'introdueixen les mostres a dins l'estufa que es troba a la mateixa temperatura i es deixen assecar. El percentatge d'humitat es calcula per la diferència que hi ha del pes de les flameres abans i un cop es troben assecades.

- **Matèria seca**

El contingut de matèria seca que conté una mostra és el resultat de restar el percentatge d'humitat respecte al 100%.

- **Textura**

La textura d'un sòl descriu l'abundància relativa de diferents fraccions sòlides d'aquest, definides segons la mida de les seves partícules minerals individualitzades (Vilaseca, 1996). Es consideren tres grups principals de partícules: les arenes, amb diàmetres aparents d'entre els 50 i els 2000 µm; els llims, amb fraccions de 2 a 50 µm; i les argiles, que representen aquelles partícules amb diàmetres aparents de menys de 2 µm. Aquestes fraccions granulomètriques segueixen els criteris de la classificació del Departament d'Agricultura dels Estat Units d'Amèrica (USDA).

Aquest paràmetre presenta una gran influència sobre la porositat del sòl, i per tant en la capacitat de retenció d'aigua i nutrients, així com el desenvolupament dels sistemes radiculars.

Per a la determinació de la textura s'utilitza el mètode del densímetre de Bouyoucos. Es pesen aproximadament uns 30 g de terra fina, i s'introdueix a dins potets de plàstic amb 100 ml de dispersant. La mostra es deixa en agitació durant 16 hores. Un cop hagi transcorregut el temps d'agitació, s'aboca el contingut a dins provetes de 1000 ml, i s'enrasa amb aigua destil·lada fins a arribar als 1000 ml del tub.

Per aquesta tècnica és necessari fer un "blanc", que consisteix a afegir 100 ml del dispersant i 900 ml d'aigua destil·lada a dins un tub de 1000 ml.

Abans de fer la primera lectura de cada tub s'ha de tapar i agitar enèrgicament durant 1 min perquè la mostra sigui homogènia. Seguidament es realitza les lectures del densímetre als 30 s, 40 s, 1 min, 2 min, 3 min, 4 min, 5 min, 6 min i 8 min, anotant la temperatura; tot seguit es torna a fer la lectura als 30 min, 90 min, 120 min, 300 min i finalment a les 24 h aproximadament, anotant la temperatura a cada lectura. És important retirar el densímetre a la lectura dels 8 minuts i a cada lectura posterior, a causa del fet que es poden dipositar sediments a sobre l'aparell fent que la mesura sigui errònia.

Per a calcular el diàmetre de les partícules ($x(\mu)$) s'aplica la següent fórmula:

$$x(\mu) = \theta / t^{1/2}$$

θ s'obté a partir de les lectures L mesurades amb els densímetres (Taula 2), i t és el temps de sedimentació (min).

Taula 5. Valors de θ en funció de les lectures L mesurades amb el densímetre.

L	θ	L	θ	L	θ
-5	50,4	9	47,0	23	43,1
-3	49,9	11	46,4	25	42,5
-1	49,9	13	45,9	27	41,9
1	48,9	15	45,3	29	41,3
3	48,4	17	44,8	31	40,7
5	47,9	19	42,2	33	40,1
7	47,4	21	43,7	35	39,5

Coneixent el percentatge de cada grup principal de partícules és pot estimar el tipus de textura a través del triangle textural (Figura 9). La textura es pot classificar com a argilosa, argil·loarenosa, franco-argil·loarenosa, franco-arenosa, arenofranca, arenosa, franca, franco-argilosa, franco-llimosa, llimosa, franco-arenollimosa i argil·lollimosa.

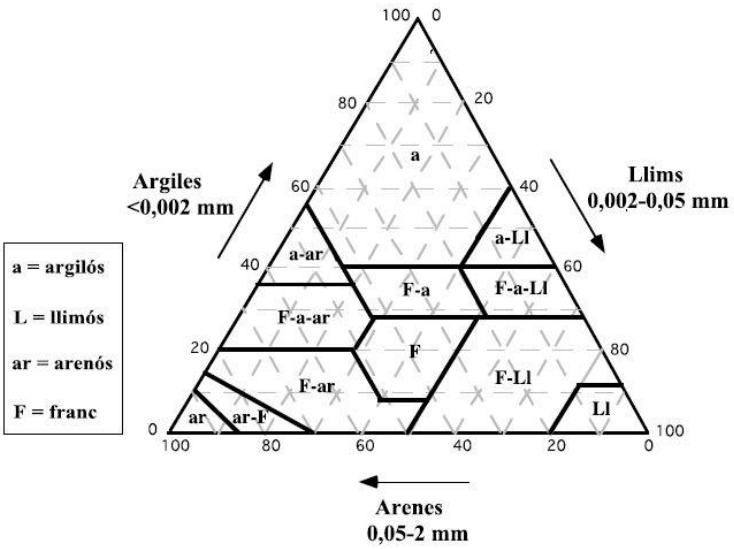

Figura 9. Triangle de textura segons els criteris USDA.

És important tenir en compte que la textura és una característica molt poc variable en el temps, a diferència d'altres paràmetres físics com l'estructura, la qual és fàcilment modificable amb el maneig del sòl (de la Horra ets al., 2008). Per aquest motiu, aquesta determinació no cal que s'analitzi a totes les repeticions de cada parcel·la, amb una mostra de baix cultiu i una d'entre carrer a la parcel·la n'és suficient.

- **Punt de marciment permanent**

El punt de marciment permanent (PMP) representa el percentatge d'humitat que, retingut a -1500 kPa, no és aprofitable per les plantes.

Per a la determinació del PMP se saturen les mostres de terra fina amb aigua i se les sotmet a una pressió de 1500 kPa amb un aparell de membrana de pressió (Eijkelkamp). Dos dies després, un cop el drenatge hagi cessat es determina el contingut hídric de la mostra.

- **Capacitat de camp**

La capacitat de camp (CC) fa referència al contingut d'aigua que reté un sòl després que hagi drenat l'aigua gravitacional.

Per a la determinació d'aquest paràmetre es fica a dins cilindres metàl·lics de 5 cm de diàmetre i 5 cm d'alçada (100 cm^3 de volum) la mostra de terra poc alterada (mantenint els terrossos). Se satura amb aigua durant dos dies per després sotmetre-la a una succió de 33 kPa a un banc d'arena i caolí (Eijkelkamp). Passat els dos dies, quan el drenatge ha cessat es determina el contingut hídric de la mostra.

Posteriorment es determina el contingut d'elements grossos (> 2 mm) de la mostra, recollint en un tamís de 2 mm les graves presents a la mostra.

- **Aigua útil**

El contingut d'aigua útil per a la planta resulta és el resultat de la diferència entre els valors de la capacitat de camp i el punt de marciment permanent.

3.4.3. Paràmetres químics

Els paràmetres químics han estat analitzats al Laboratori de Bromatologia, Nutrició Vegetal i Fertilitat de Sòls de SEMILLA.

- **pH**

Per a determinar el pH d'una mostra de sòl es pesen 10 g de terra fina i s'introdueixen a dins pots de plàstic de 100 ml. Tot seguin s'afegeixen 25 ml d'aigua destil·lada amb un dispensador automàtic. S'agita el pot a 200 rpm durant 30 min. Després es deixa reposar durant un altre període de 30 min. Per a determinar el pH s'agita el pot i es mesura amb un elèctrode de sòl.

- **Conductivitat elèctrica**

Per a la conductivitat elèctrica (CE) es pesen 8 g de terra fina, i s'introdueixen a dins pots de plàstic de 100 ml. Tot seguit s'afegeixen 40 ml d'aigua destil·lada amb un dispensador automàtic. A continuació s'agiten durant 30 min a 200 rpm. Es filtra el contingut amb paper albet durant 2 ò 3 hores depenent de la textura de la mostra. Finalment es mesura la conductivitat amb la sonda corresponent.

Si la conductivitat elèctrica resultant és igual o superior a 0,26 µS serà necessari realitzar la conductivitat elèctrica de l'extracte de pasta saturada (CE eps). Per altra banda si la conductivitat és superior a 0,2 µS i el pH és superior a 8,5 també s'ha de realitzar la prova de l'extracte de pasta saturada.

- **Extracte de pasta saturada**

Es pesen aproximadament 200 g de la terra fina i s'afegeixen 50 ml d'aigua destil·lada amb un dispensador semiautomàtic. Tot seguit es va mesclant el contingut amb una espàtula fins que la barreja quedi perfectament homogènia. Per a saber si s'ha mesclat bé, la superfície de la pasta ha de ser brillant, aquesta no s'ha de lliscar sobre l'espàtula i alhora, al realitzar un tall amb la espàtula la pasta ha de tornar al seu estat inicial en copejar lleugerament el recipient.

Es deixa reposar la pasta durant una hora. Transcorregut aquest període de temps, s'ha de comprovar si hi ha excés d'aigua. En el cas que hi hagi aigua sobrenedant s'ha d'afegir un poc de mostra, mai eliminar l'excés.

- **Conductivitat elèctrica de l'extracte de pasta saturada**

Un cop s'ha preparat l'extracte de pasta saturada, es deixa incubar 4 hores. S'afegeix la mostra de terra saturada a un embut Buchnre i Kitasato i es filtra amb un paper albet de 140 amb l'ajuda d'una bomba de buit. Finalment es recull el filtratge a dins un tub de centrífuga i es mesura la conductivitat elèctrica de l'extracte de pasta saturada (CE eps) amb la sonda corresponent.

- **Matèria orgànica**

Per a determinar el contingut de matèria orgànica (MO) que conté una mostra de sòl s'introdueix 1 g de terra processada amb un molí de 0,5 mm a un Erlenmeyer de 500 ml. Seguidament s'afegeixen 10 ml de dicromat potàssic 1 N amb una pipeta automàtica agitant suaument. Amb un dispensador s'addicionen lentament 20 ml d'àcid sulfúric concentrat i es deixa incubant durant 30 minuts. És imprescindible treballar amb campana de gasos per evitar intoxicacions per inhalació.

S'han de fer dos blancs de dicromat potàssic, àcid sulfúric i aigua

Un cop hagin passat els 30 minuts s'afegeixen 200 ml d'aigua destil·lada amb un dosificador i s'aprofita per a netejar les parets de l'Erlenmeyer amb cada dispensada. Es deixa refredar durant 2 hores la dissolució.

S'introdueix un agitador a l'Erlenmeyer i en agitació es dispensa sal Mohr (primer 1,6 ml). Finalment es valorarà gota a gota fins que caigui el voltatge (el color canviarà de groc verdós a turquesa).

$$\% \text{ MO} = \% \text{ CO} \times 1{,}724$$

- **Carboni orgànic**

El contingut en carboni orgànic (CO) s'obté de la següent fórmula:

$$\% \text{ CO} = \frac{(\text{Vmostra} - \text{Vblanc}) \times \text{N sal Mohr} \times 0{,}3}{\text{Pes mostra} \times \text{matèria seca}} \times 100$$

- **Nitrogen total**

S'utilitza el mètode Kjeldhal per a determinar el nitrogen total (N_{total}) d'una mostra de sòl. El procediment és el següent.

Es pesen 2 g de mostra passada per molí a 0,5 mm a sobre d'un paper i s'introdueixen a dins un tub Kjeldhal, que s'afegeix a un matràs de digestió Kjeldhal. A dins cada tub s'incorpora una pastilla de catalitzador Kjeldhal i mitja cullereta de pedra tosca. S'addicionen 20 ml d'àcid sulfúric concentrat a cada tub agitant lleugerament.

S'encalenteix el bloc de digestió Kjedahl de 8 posicions seguint el següent gradient de temperatura (Taula 6):

Taula 6. Gradient de temperatura per al bloc de digestió Kjedahl.

Temps (min)	Temperatura (ºC)
20	100
20	150
20	200
20	250
20	365
120	365

És important tenir cura del procés del gradient de temperatures, especialment els 30 primers minuts. Un cop ha finalitzat el temps del bloc de digestió Kjedahl, es deixa refredar durant uns 45 minuts, i s'afegeix 25 ml d'aigua destil·lada lentament i s'agita el contingut.

A continuació s'inicia el procés de destil·lació. Es col·loca cada tub en el destil·lador automàtic Gerhardt (model Vapodest 45), s'ajusta el temps d'addició d'àcid bòric en la cubeta de valoració, fent que el tub de sortida de condensats quedi completament submergit en l'àcid i que aquest cobreixi el diafragma de l'elèctrode de pH; i s'ajusta el temps de destil·lació de manera que es recullin uns 150 ml de destil·lat com a mínim.

Finalment per a mesurar el nitrogen total de la mostra, el destil·lador automàtic valora la solució recollida amb la solució volumètrica d'àcid clorhídric, amb pH = 4,65, i s'aplica la següent fórmula.

$$N\,(\%) = \frac{1.4007 \times (Vs - Vb) \times M}{W}$$

- **Fòsfor assimilable**

El contingut en fòsfor assimilable (P_{assim}) d'una mostra de sòl es mesura a través d'un aparell d'espectrofotometria (Milton Roy model Spectronic 1201).

Per a aquest procediment és necessari preparar els següents reactius:

- Reactiu 1:

Es pesen 12 ± 0,0005 g de molibdat d'amoni, s'introdueixen en un matràs aforat de 250 ml i s'enrasa amb aigua destil·lada.

Es pesen 0,2908 ± 0,0005 g de tartrat, s'introdueixen en un matràs aforat de 100 ml i s'enrasa amb aigua destil·lada.

Es mesuren 136 ± 2 ml de H_2SO_4 al 96% PA amb proveta de 250 ml, i s'enrasa a 1 l amb aigua destil·lada.

Finalment es mescla tot a dins un matràs de 2 l i s'enrasa amb aigua destil·lada.

- Reactiu 2:

Es pesen 1,056 ± 0,0005 g d'àcid ascòrbic, s'aboca a dins un matràs de 200 ml. Seguidament s'afegeix el Reactiu 1, s'agita el contingut i s'enrasa amb el reactiu. Finalment es guarda amb obscuritat.

- $NaHCO_3$ 5,5 M:

Es pesen 42 ± 0,05 g de $NaHCO_3$ a dins un tassó de precipitat de 100 ml i es dissol amb uns 800 ml d'aigua destil·lada a dins un tassó de precipitat de 1000 ml de volum. Finalment s'ajusta amb NaOH 1 M fins a arribar al pH de 8,5 i s'enrasa fins als 1000 ml amb aigua destil·lada.

- H_2SO_4 1,5 M:

Amb una proveta de 100 ml es mesuren 82 ± 0,1 ml d'H_2SO_4 al 96%, s'aboquen a dins un tassó de precipitat de 1000 ml i s'enrasa amb aigua destil·lada fins a arribar als 1000 ml.

- Dissolució patró de fòsfor de 100 ppm:

Es pesen 0,4393 ± 0,5 mg de fosfat monopotàsic (KH_2PO_4) prèviament assecat en estufa (105 ºC durant 12 hores y posteriorment refredat en dessecador) i s'aboca a dins un matràs aforat de 1000 ml. Seguidament s'afegeixen uns 500 ml d'aigua destil·lada i s'agita el contingut fins que es dissolgui. Finalment s'enrasa amb aigua destil·lada fins als 1000 ml. La dissolució s'ha de guardar a un lloc obscur.

- Dissolució de fòsfor de 10 ppm:

Es pipetegen 10 ml de la dissolució patró de fòsfor de 100 ppm i es dispensen a dins un matràs aforat de 100 ml. Finalment s'enrasa amb aigua destil·lada i es guarda a un lloc obscur.

Per a la preparació de la mostra de sòl es pesen 5 g de la mostra de terra fina a dins tubs de centrífuga, a continuació, s'afegeixen uns 50 ml de bicarbonat sòdic 0,5 M, de pH 8,5. Es deixa un tub, que farà la funció de blanc, amb uns 50 ml de bicarbonat sòdic. Seguidament s'agiten, a 200 rpm durant 30 minuts, tots els tubs de centrífuga. Passat aquest temps es filtra el contingut, amb paper whatman núm. 40, a dins tassons d'orina de 100 ml de volum. Finalment es guarden els tassons d'orina a dins gelera.

Abans d'iniciar el procediment sa temperen les mostres de sòl a dins safates amb aigua d'aixeta.

A continuació es prepara la recta de calibrat i les mostres de sòl a dins matrassos de 50 ml seguint l'ordre de la taula 7.

Taula 7. Ordre i reactius necessaris per a la recta de calibrat i les mostres de sòl

Matràs	ppm P	Solució 10 ppm (ml)	Mostra de sòl (ml)	$NaHCO_3$ 0,5 M (ml)	H_2SO_4 1,5 M (ml)	Reactiu 2 (ml)	
1	0	0		5	0,83	8 ± 0,1	**Recta de calibrat**
2	0,1	0,5		5	0,83	8 ± 0,1	Incubar 2 hores, i agitar de tant en tant per a evitar l'efervescència
3	0,2	1		5	0,83	8 ± 0,1	
4	0,4	2		5	0,83	8 ± 0,1	
5	0,6	3		5	0,83	8 ± 0,1	
6	0,8	4		5	0,83	8 ± 0,1	
7	1	5		5	0,83	8 ± 0,1	
8	Blanc		5		0,83	8 ± 0,1	
9	Mostra		5		0,83	8 ± 0,1	**Mostres**
10	Mostra		5		0,83	8 ± 0,1	Incubar 2 hores, i agitar de tant en tant per a evitar l'efervescència
11	Mostra		5		0,83	8 ± 0,1	
...	Mostra		5		0,83	8 ± 0,1	
23	Mostra		5		0,83	8 ± 0,1	

S'incuben els matrassos de 50 ml en obscuritat durant 30 minuts. Seguidament s'enrasen amb aigua destil·lada i s'agita el contingut. Finalment es realitza la lectura amb l'espectrofotòmetre a 882 nm.

Per acabar es representa la recta de calibrat i es calcula la concentració de fòsfor de les mostres:

Càlcul de les concentracions de fòsfor de les mostres a partir de l'equació de la recta de calibrat:

$$\text{Abs} = A\,[P] + b$$

Càlcul de la concentració de fòsfor de les mostres tenint en compte les dissolucions realitzades:

$$[P] = \frac{mg\ P}{1000\ ml} \times \frac{V\ del\ matràs}{Aliquota\ mostra} \times \frac{V\ solució\ extracte\ \tan te}{1} \times \frac{1}{Pes\ mostra} \times \frac{1}{\%\ MS} \times 100$$

- **Carbonat càlcic**

El contingut de carbonat càlcic d'una mostra representa el total del carbonat inorgànic del sòl. És imprescindible calcular prèviament la calcària activa, ja que segons el contingut d'aquesta s'utilitza de 0,2 a 5 g de mostra, com es pot observar a la Taula 8.

Taula 8. Mostra de sòl necessària per al càlcul dels carbonats, segons el % de calcària activa

Calcària activa (%)	Mostra per a calcular els carbonats (g)
0	5
1	2,5
2	1,5
3	0,9
4	0,7
5	0,7
6	0,6
7	0,5
8	0,5
9	0,4
10	0,4
11	0,3
12	0,3
13	0,3
14	0,3
15	0,3

Per a la determinació s'utilitza el calcímetre de Bernard. És necessari preparar 3 patrons de 0,07, 0,2 i 0,3 g de carbonat càlcic a dins matrassos Bernard, amb 10 ml d'aigua destil·lada i 1,6 ml d'àcid clorhídric.

Pel que fa a les mostres de sòl, a l'igual que els patrons, s'afegeixen 10 ml d'aigua destil·lada sobre la mostra que es troba a dins els matrassos Bernard i 1,6 ml d'àcid clorhídric.

Cada mostra es connecta al calcímetre de Bernard i s'agiten durant 1 minut els matrassos. Passat aquest temps, es fa la lectura i el % es calcula amb la següent fórmula:

$$\%\ Carbonats = \frac{Lectura\ mostra\ \times Pes\ CaCO3}{Lectura\ CaCO3\ \times Pes\ Mostra} \times 100$$

- **Calcària activa**

La Calcària activa (CA) és la fracció de carbonat càlcic total que reacciona amb una dissolució d'oxalat amònic.

$$CaCO_3 + (NH_4)_2C_2O_4 \rightarrow (NH_4)_2CO_3 + CaC_2O_4$$

Per a calcular el contingut en calcària activa es fa reaccionar el carbonat amònic amb àcid clorhídric, a dins un calcímetre a pressió i a temperatura constant. Aquesta reacció desprèn CO_2, i amb la lectura del volum desplaçat pel diòxid de carboni al calcímetre, es permet calcular aquest paràmetre.

$$(NH_4)_2CO_3 + 2HCl \rightarrow CO_2 + CaCl_2 + H_2O$$

Per a aquest procediment és necessari realitzar un mínim de dues repeticions per mostra. Es pesen 3 g de la terra fina a dins un tub de centrífuga de 80 ml. Seguidament s'introdueix a dins el tub 60 ml d'oxalat amònic 0,2 N (dissoldre 14,212 g d'oxalat amònic a dins 1 l d'aigua destil·lada), i s'agita durant 120 minuts a 200 rpm. Passat aquest període, se centrifuga a 3500 rpm durant 5 minuts. Finalment es filtra el contingut, evitant les primeres gotes.

A continuació s'aboquen 10 ml de la dissolució de cada mostra a un matràs Bernard, i es col·loca a dins 1,6 ml d'àcid clorhídric 1:1. S'ajusta l'altura del líquid del dipòsit del calcímetre amb la bureta, s'anota la lectura inicial, i es tomba el matràs Bernard fent que l'àcid clorhídric entri en contacte amb la dissolució de la mostra, i s'agita el contingut. Finalment s'anota la darrera lectura quan el valor sigui estable.

El valor de la calcària activa s'obtindrà de la següent fórmula:

$$\%\,CA = \frac{(V - Vi) \times 60}{10 \times P \times \%\,MS} \times 100 \times 100$$

On V és el volum de CO_2 de la lectura final, Vi el volum de la lectura inicial, P és el pes de la mostra (g), MS és la matèria seca de la mostra.

- **Capacitat d'intercanvi catiònic**

La capacitat d'intercanvi catiònic (CIC) és un paràmetre fisicoquímic que afecta el moviment i a la retenció de cations del sòl, i per tant, influeix en la nutrició de la planta, al poder de la recuperació del sòl, al seu pH potencial i la seva capacitat amortidora, etc. (Saña i col., 1985)

En la determinació de la CIC, són necessaris tres processos: saturar la mostra de sòl amb sodi, desplaçar el sodi i quantificar-ho.

Per a saturar la mostra amb sodi es pesen de 4 a 6 g de terra fina a dins un tub de centrífuga, i s'afegeixen 30 ml d'acetat sòdic. Seguidament s'agita la mostra durant 5 minuts a 3500 rpm amb un agitador mecànic. Passat aquest temps, se centrifuga durant uns altres 5 minuts, eliminant el sobrenedant. S'ha de repetir aquest procés fins a 4 vegades afegint cada cop els 30 ml d'acetat sòdic i tornant a suspendre la solució amb el vòrtex. Una vegada s'han realitzat els 4 rentats amb l'acetat, se suspèn la mostra en 22 ml d'etanol i s'agita el tub de centrífuga durant 5 minuts. Després d'aquests minuts es centrifuga i es decanta el líquid sobrenedant. Per acabar la saturació es repeteix el darrer tractament fins que la CE del líquid sobrenedant sigui inferior als 40 µS/cm.

A continuació, per al desplaçament del sodi, s'afegeixen 30 ml d'acetat amònic 1 N, se centrifuga i es decanta el líquid sobrenedant a dins un matràs aforat de 100 ml. Aquest procés es repeteix 3 cops i s'enrasa amb acetat amònic.

Per a quantificar la CIC d'una mostra de sòl, es mesura a través d'un espectrofotòmetre d'absorció atòmica el contingut de sodi recollit en l'extracte. Finalment s'aplica la següent fórmula, on [Na] és la concentració de sodi i P és el pes de la mostra de sòl.

$$CIC\ (meq/100g) = 10\ [Na] / P$$

- **Cations d'intercanvi**

- **Calci canviable**

El Calci canviable (Ca_{canv}) d'una mostra es mesura per mitjà d'un espectrofotòmetre d'absorció atòmica per mitjà del líquid recollit en l'extracte utilitzat el procés de quantificació de la CIC.

- **Magnesi canviable**

El Magnesi canviable (Mg_{canv}) d'una mostra es mesura per mitjà d'un espectrofotòmetre d'absorció atòmica per mitjà del líquid recollit en l'extracte utilitzat el procés de quantificació de la CIC.

- **Sodi canviable**

El Sodi canviable (Na_{canv}) d'una mostra es mesura per mitjà d'un espectrofotòmetre durant el procés de quantificació de la CIC.

- **Potassi canviable**

El Potassi canviable (K_{canv}) d'una mostra es mesura per mitjà d'un espectrofotòmetre d'absorció atòmica per mitjà del líquid recollit en l'extracte utilitzat el procés de quantificació de la CIC.

3.4.4. Paràmetres biològics

Pel que fa als paràmetres biològics, s'ha analitzat la respiració induïda al laboratori de sòls de l'institut Madrileny d'Investigació i Desenvolupament Rural, Agrari i Alimentari (IMIDRA).

- **Respiració**

La respiració induïda per un substrat s'ha mesurat utilitzant el mètode descrit per Jenkinson i Powlson (1981) amb algunes modificacions. Es pesen 30 g de terra fina, i s'afegeix aigua destil·lada en quantitat corresponent al 50% de la capacitat de camp. Seguidament es deixa incubar a temperatura ambient durant 48 hores. Passat aquest

temps s'afegeixen 150 mg d'una barreja talc-glucosa amb una quantitat de 0,5 mg de glucosa per cada gram de sòl. Es mescla tot homogèniament i es pesen fins a 3 repeticions de 5 g cadascuna, que es col·loquen en les càpsules de l'autoanalitzador microbiològic Bactrac 4300 (SY-Lab, GmbH, Purkersdorf, Àustria). Aquesta barreja es deixa durant 48 hores, amb les càpsules tapades, a una temperatura de 30 ºC. Finalment, l'autoanalitzador Bactrac 4300 mesura la concentració de CO_2 mitjançant un mètode automatitzat basat en canvis de la impedància d'una solució de KOH al 2% en un analitzador.

3.4.5. Criteris per a interpretar els resultats dels paràmetres del sòl

La interpretació dels paràmetres que s'analitzen al sòl es fa a partir de diferents estudis a camp, on s'han comparat multitud de tipus de sòls, en distintes condicions d'assajos i sota diverses pràctiques agràries amb moltes varietats de cultius. D'aquesta manera s'han anat desenvolupant diferents taules de criteris d'interpretació dels paràmetres fisicoquímics del sòl. Aquesta interpretació, també anomenada qualitat del sòl, ve condicionada sobretot per les seves característiques físiques (textura, estructura, profunditat, etc.), més que per les pròpies característiques químiques que canvien amb més facilitat (García-Serrano i col., 2009). Per exemple, el tipus de textura d'un sòl influeix en les característiques i el comportament del sòl en relació a la seva fertilitat per la seva capacitat de retenció d'aigua i nutrients, i d'alliberament d'aquests a partir de la descomposició de la matèria orgànica.

Altres paràmetres químics del sòl com són la capacitat d'intercanvi catiònic, i el nitrogen depenen més de característiques químiques com és el contingut de matèria orgànica i minerals d'argila, ja que l'activitat química d'un sòl depèn fonamentalment del complex argilo-húmic.

En relació als cations de canvi cal conèixer per exemple que no tots s'absorbeixen amb la mateixa força i que presenten diferent energia de fixació, el que a més d'afectar a la solució del sòl també influeix en l'adsorció d'aquests elements per les plantes, ja que condiciona processos d'antagonisme o de sinergètics, així com canvis de pressió osmòtica a la zona radicular.

Totes les taules amb els distints criteris d'interpretació físics i químics es recullen als Annexes I i II d'aquest treball.

3.5. Anàlisi d'aigua de reg

3.5.1. Preparació de la mostra al laboratori

Un cop arriben les mostres al laboratori la mostra s'acidifica a l'1% amb HNO_2 al 65% per a la seva conservació a dins gelera.

3.5.2. Paràmetres químics

- **pH**

El pH d'una mostra d'aigua es determina per mitjà d'un pH-metre amb un electròlit intern de la sonda de pH prèviament calibrat amb agitació. El procediment consisteix a abocar 100 ml d'aigua a dins una proveta, tot seguit es buida a dins una duquessa que conté un imant amb el sistema d'agitació. Finalment es mesura el pH fins que la lectura sigui estable.

- **Conductivitat elèctrica**

En aquest cas s'utilitza un conductímetre. S'aboca aigua a dins un flascó rentador de vidre de 25 ml i es mesura la conductivitat movent el flascó i traient-ho de la sonda perquè en la cèl·lula de conductivitat entri en contacte amb la mostra.

- **Clorurs**

La valoració dels clorurs amb nitrat de plata dóna lloc a un precipitat de clorur de plata:

$$Cl^- + AgNO_3 \rightarrow NO_3^- + AgCl$$

La primera gota de valorant en excés dóna lloc a la formació de cromat de plata de color rosat en presència de l'indicador de cromat potàssic.

Per a determinar el contingut en clorurs d'una mostra d'aigua el pH d'aquesta ha d'estar entre 7 y 10, en el cas de no estar-ho s'ha d'ajustar amb NaOH. El procediment és el següent: s'introdueixen a dins un matràs aforat 100 ml de la mostra, i se li afegeix 1 ml de l'indicador cromat potàssic. Seguidament es valora l'aigua amb AgCl 0,1 N amb agitació fins a obtenir el canvi de color de groc a rosa pàl·lid; el viratge ha de ser constant en el temps. El patró comercial de clorurs es dissol 1:10. S'ha de fer un blanc cada vegada que s'obri una botella de valorant comercial.

Els clorurs es mesuren amb la següent fórmula:

$$Clorurs\ (ppm) = \frac{(ml\ de\ AgNO3\ de\ la\ mostra\ -\ ml\ AgNO3\ del\ blanc)\ \times\ N\ \times\ 35450}{ml\ aigua}$$

- **Bicarbonats**

Per a determinar el contingut en bicarbonats, s'introdueixen 100 ml de la mostra d'aigua a una duquessa de 100 ml. Tot seguit es valora l'aigua amb HCl 0,1 N amb agitació dèbil per a evitar la pèrdua dels carbonats fins a arribar a un pH de 4,5 ± 0,05.

El volum consumit durant la valoració permet calcular la concentració de bicarbonat que conté la mostra d'aigua amb la següent fórmula:

$$NHCl \times VHCl = NH2CO3 \times VH2CO3$$

- **Nitrats**

Els nitrats presents a l'aigua de reg es mesuren per mitjà de diferents kits, tots ells de la companyia Hach, que utilitzen distints mètodes segons el contingut:

- Mètode de reducció de cadmi (Mètode 8171) per a concentracions de 0,1 a 10,0 mg/l NO_3^-N (MR, espectrofotòmetres) i 0,2 a 5,0 mg/l NO_3^-N (MR, colorímetres). S'utilitzen almohades en pols o amperes AccuVac®

- Mètode de reducció de cadmi (Mètode 8039) per a concentracions de 0,3 a 30,0 mg/l NO_3^-N (HR) s'utilitzen almohades en pols o amperes AccuVac®

- El kit comercial LCK 340 per a continguts de 5 - 35 mg/l NO3-N i 22 - 150 mg/l NO_3^-

- **Nitrits**

En aquest cas s'utilitza el mètode de diazotització USEPA (Mètode 8507) per a concentracions de 0,002 a 0,300 mg/l NO2-N (LR, espectrofotòmetres), i de 0,005 a 0,350 mg/l NO_2-N (LR, colorímetres). S'empren almohades en pols o apolles AccuVac®

- **Sulfats**

Per a determinar el contingut en sulfats s'empren dos mètodes en funció de la concentració d'aquest paràmetre en l'aigua de reg.

- El Mètode USEPA SulfaVer 4 (Mètode 8051) proporciona valors de 2 a 70 mg/l SO_4^{2-}. S'utilitzen almohades en pols o ampolles AccuVac®.

- El kit comercial LCK 535 per a concentracions des de 150 a 900 mg/l SO_4^{2-}.

- **Sodi**

El sodi present a l'aigua es mesura per mitjà de l'absorció atòmica d'aigües

- **Calci**

El calci present a l'aigua de reg es calcula a través de l'absorció atòmica d'aigües.

- **Magnesi**

A l'igual que el sodi i el calci, el magnesi es determina per mitjà d'absorció atòmica d'aigües.

- **RAS**

La Relació d'absorció de sodi (RAS) indica la concentració de sodi respecte al calci i magnesi. Valors elevats poden provocar problemes d'acumulació de sodi en el sòl i/o de baixa infiltració. Es calcula a través de la següent fórmula:

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

- **Fòsfor**

Per a determinar el contingut en fòsfor, s'ha utilitzat el mètode 8190 de la companyia Hach. Aquest mètode permet mesurar la concentració de fòsfor de 0,06 a 3,50 mg/l PO_4^{3-}.

3.5.3. Criteris per a interpretar els resultats dels paràmetres de les mostres d'aigua

El pH de l'aigua a agricultura no és relativament important en la qualificació d'aquesta; encara que si és aquest valor sobresurt dels límits de 7 a 8, pot ser un indicador de què les aigües han estat contaminades per residus industrials (Fondo Social Europeo, 2007).

El principal paràmetre a avaluar és el contingut en sals totals, mesurat amb la conductivitat elèctrica CE. Un valor de 1.500 – 2.000 micromhos/cm ja indica que existeixen riscos de salinització del sòl.

Pel que fa a la concentració de cations i anions sol esser molt variada, i en general, els cations més abundants són el Calci i el Magnesi i entre els anions principals es troben els Clorurs i el Sulfat.

A partir dels resultats de la CE i RAS s'estableix la classificació de l'aigua en referència a les normes de Riverside (Figura 10). Aquest mètode és fonamental per a avaluar la qualitat de les aigües de reg.

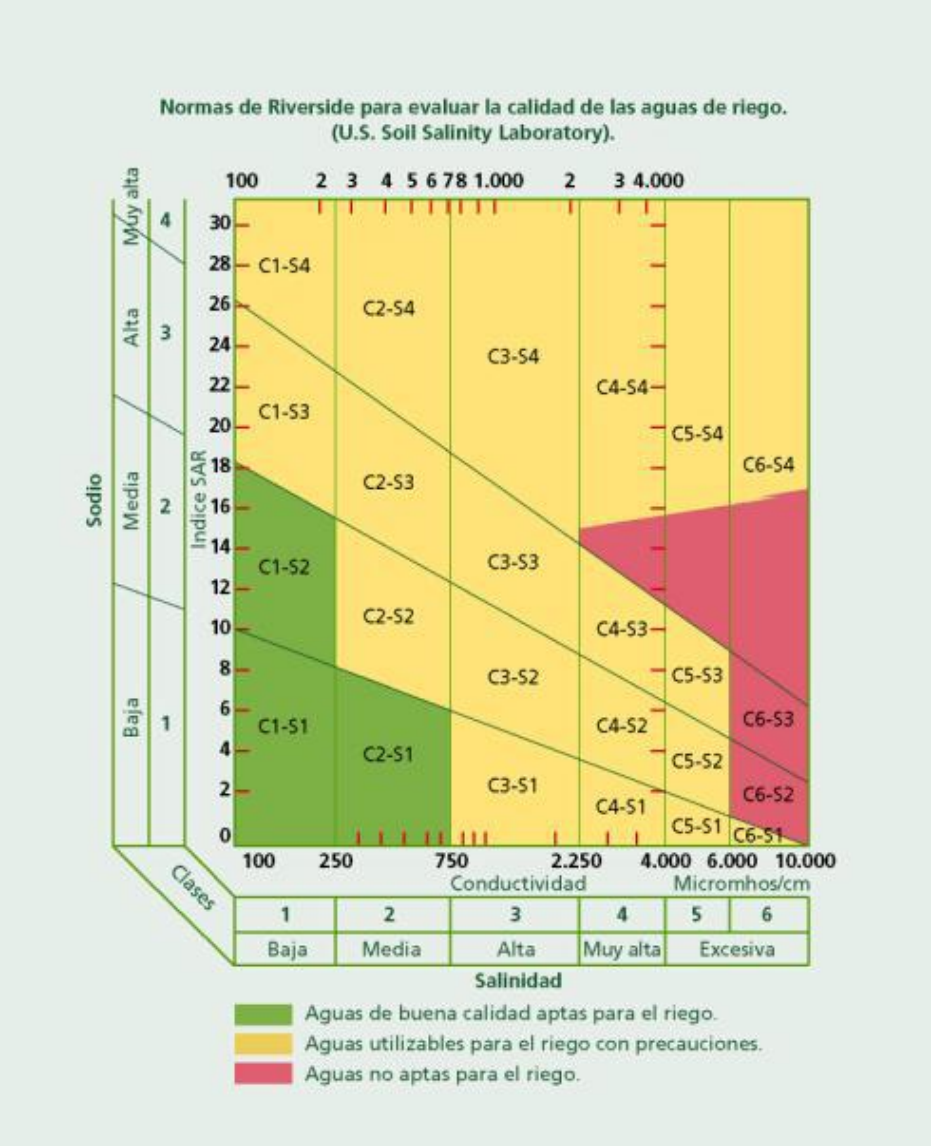

Figura 10. Normes de Riverside per a avaluar la qualitat de les aigües de reg

3.6. Anàlisi d'estadístic

Totes les dades han estat analitzades estadísticament amb el programa informàtic IBM SPSS Stadistics 23.

S'ha realitzat una anàlisi dels estadístics descriptius del total de la població de les mostres preses en aquest treball per a determinar els valors de la mitjana, la mediana, els màxims i mínims, així com la desviació estàndard, amb la finalitat d'avaluar l'estat de fertilitat dels sòls agrícoles a parcel·les en regadiu de Son Ferriol, Felanitx i Manacor (Objectiu 1).

Per a comparar la zona de baix respecte a la d'entre carrer, i observar si existeixen diferències significatives, s'ha recorregut la prova t d'Student per a mostres independents, i així comparar els diferents paràmetres físics, químics i biològics, amb un interval de confiança del 95 % (Objectiu 2).

Per a examinar l'efecte de la qualitat de l'aigua de reg en la qualitat dels sòls, es realitzen anàlisis de regressions simple i múltiples entre els paràmetres de l'aigua de reg i els paràmetres de les mostres de sòls. Finalment es realitza una anàlisi de correlacions entre els paràmetres dels sòls i els de l'aigua amb la finalitat de trobar correlacions significatives (Objectiu 3).

Per a acabar s'efectua una anàlisi de correlacions entre els paràmetres fisicoquímics més representatius del sòl, per a observar les correlacions i detectar d'aquesta manera aquells paràmetres que comprometen l'estat de sostenibilitat del sòl (Objectiu 4).

4. Resultats i discussió

4.1. Estat de la fertilitat dels sòls agrícoles a parcel·les en regadiu de Son Ferriol, Felanitx i Manacor.

En aquest apartat s'observen els resultats obtinguts en l'anàlisi dels estadístics descriptius dels diferents paràmetres físics, químics i biològics a cada zona geogràfica.

4.1.1. Son Ferriol

- **Característiques físiques**

A la Taula 9 apareixen els percentatges de les diferents fraccions granulomètriques de les poblacions de sòls de Son Ferriol. La distribució de les fraccions granulomètriques mostra que les arenes presenten percentatges que varien entre el 21% i el 47%; els continguts en llims van d'un mínim del 30%, fins a un màxim del 46%; i en quant a les argiles, s'observa un percentatge màxim del 36% i un mínim de 23%.

Taula 9. Fraccions granulomètriques de la població de mostres de sòls estudiades a Son Ferriol

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
Arenes	(%)	18	33,72	34,50	5,91	47,00	21,00
Llims	(%)	18	38,17	38,00	4,27	46,00	30,00
Argiles	(%)	18	28,11	27,50	3,45	36,00	23,00

Aquesta distribució de les fraccions granulomètriques dels sòls analitzats a Son Ferriol, correspon a les textures franca i franco-argiloses, tal com es pot observar a la Figura 11. Aquest tipus de textures, en referència a la Taula I de l'Annex I, són indicadores de què els sòls es troben equilibrats.

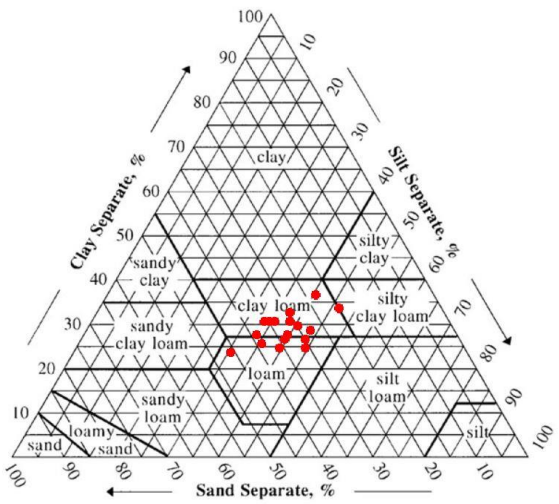

Figura 11. Distribució de les textures de les mostres de Son Ferriol

Per altra banda, les textures equilibrades proporcionen bons valors tant de capacitat de camp com de punt de marciment permanent. Tal com es poden observar a la Taula 10, a Son Ferriol el punt de marciment permanent (PMP) va del 8,65 al 12,78%, i la capacitat de camp (CC) del 19,38 al 28,21%. Aquests valors fan que el contingut d'aigua útil present a aquests sòls sigui alt, amb un percentatge mitjà del 12,42%.

Taula 10. PMP, CC i Aigua útil de la població de mostres de sòls estudiades a Son Ferriol

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
PMP	**(g aigua/100 g sòl)**	15	10,36	10,31	1,06	12,78	8,67
CC	**(g aigua/100 g sòl)**	15	22,78	22,59	2,45	28,21	19,38
Aigua útil	**(g aigua/100 g sòl)**	15	12,42	12,12	2,15	16,85	9,81

- **Característiques químiques**

Els sòls analitzats a Son Ferriol presenten un pH mitjà moderadament bàsic, amb valors que oscil·len entre un màxim de 8,66, i el mínim de 7,78 (Taula 11). Aquests resultats presenten una variabilitat que es tradueix en què el pH màxim que es troba als terrenys analitzats és lleugerament alcalí, mentre que el mínim és moderadament bàsic.

Pel que fa a la Conductivitat elèctrica 1:5 (CE 1:5), prop del 85% de les mostres analitzades presenten problemes de salinitat (lleugerament salí o salí). De tota la població de les mostres analitzades, tan sols un 15% d'aquests no són salines. Més d'un

56% són considerades salines, amb un valor màxim de 1,24 dS/m com es pot observar a la Taula 11. Per altra banda, com és d'esperar, la conductivitat elèctrica de la pasta saturada (CE eps) presenta valors problemàtics. En aquest cas, al 100% de les mostres s'observen problemes de salinitat. Crida l'atenció que quasi la meitat de la població del total de les mostres analitzades a Son Ferriol provenen de sòls definits com a salins, amb un màxim de 13,57 dS/m. Per a conèixer quina és la relació entre la CE 1:5 i la CE eps s'ha realitzat la regressió lineal, on els resultats confirmen que existeixen relacions significatives positives entre aquests dos paràmetres amb una R^2 de 0,627. D'aquesta manera es pot calcular la CE eps a partir de la fórmula que es troba a la Figura 12.

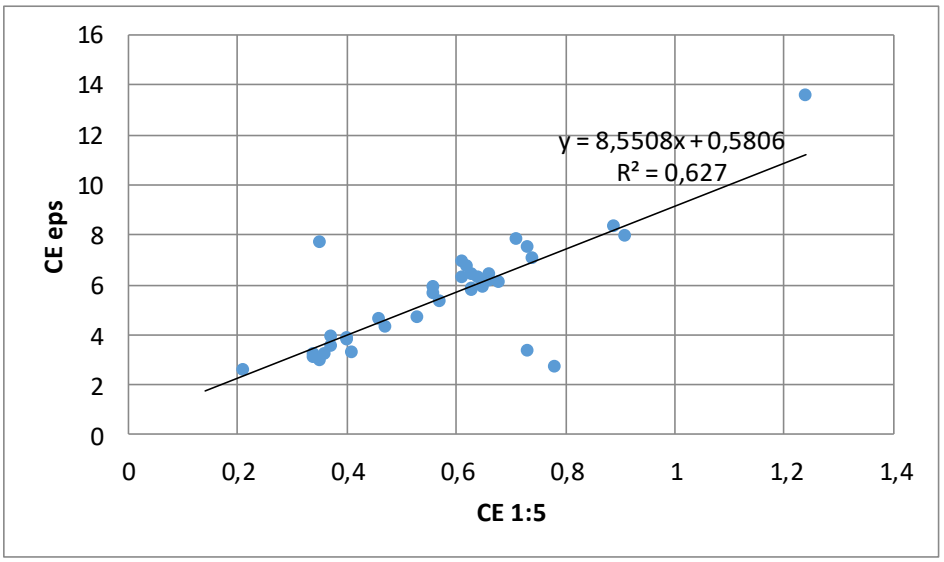

Figura 12. Gràfica de regressió lineal entre la CE 1:5 i la CE eps

Respecte a la matèria orgànica (MO), els sòls analitzats a Son Ferriol presenten continguts que van de mitjans a molt alts. Com es pot observar a la Taula 11, el valor mínim d'1,66% representa un sòl amb un percentatge en matèria orgànica qualificat de mitjà. El màxim de 4,71% té un nivell molt alt de matèria orgànica. En definitiva, un 89% de les terres analitzades a Son Ferriol presenten valors en matèria orgànica alts o molt alts.

El contingut en Nitrogen total (N_{total}) present als sòls analitzats a Son Ferriol, en referència a la Taula V de l'Annex I, es pot interpretar com a mitjà-alt. El percentatge mitjà és de 0,21%, i és reconegut com a alt, a l'igual que el valor màxim amb 0,34%; en canvi el valor mínim que s'ha obtingut és de 0,15% i és classificat com a mitjà.

Pel que fa a la relació carboni nitrogen (C/N), els valors van de normal a excessiva, amb un màxim d'11,63 (Taula 11). Aquests valors són indicadors de què els processos de mineralització van més de pressa que els d'humificació.

Respecte al fòsfor assimilable (P_{assim}), a les parcel·les agrícoles de Son Ferriol s'ha obtingut un valor mitjà de quasi 69 ppm, amb un mínim de 52,08 ppm i un màxim de 228,72 ppm. La mediana situada a 63,55 ppm suposa que més del 50% de les

mostres presenten alts continguts en fòsfor assimilable, i que en alguns casos aquests valors són excessius.

A partir dels resultats obtinguts en l'anàlisi del carbonat càlcic de les mostres de Son Ferriol, es pot afirmar que els sòls d'aquesta zona són generalment molt calcaris (35,09% de mitjana). Com a mínim es troben 21,8% de carbonats al sòl, valor que ja és qualificat de mitjanament calcari. De tota la població de mostres un 89% es considerat com a molt calcari, l'altra 11% és mitjanament calcari.

De la mateixa forma que els carbonats, el contingut de calcària activa (CA) present en les mostres de sòl de Son Ferriol és generalment elevat. Tan sols un 12,4% del total de la població de mostres analitzades ha obtingut un valor baix de CA. Un 40,4% dels sòl d'aquesta zona presenten uns nivells mitjans, mentre que a quasi la meitat dels sòls (47, 2%) s'observa un contingut alt.

Pel que fa als cations d'intercanvi, als sòls de Son Ferriol, el calci canviable (Ca_{canv}) generalment es pot classificar amb un nivell de qualificació baix, pel fet que presenta un valor mitjà de 9,50 meq/100 g. Malgrat que la mitjana de la població de mostres tinguin nivells de calci canviable baixos, a la Taula 11 es pot observar com el valor màxim és de 44,46 meq/100 g, que en referència a la Taula XI de l'Annex I, és molt alt; mentre que el valor mínim és quantificat com a molt baix (4,08 meq/100 g). Aquest fet és indicador de què als sòls de Son Ferriol hi ha una elevada variabilitat en quant als continguts en calci canviable.

Sobre el magnesi canviable (Mg_{canv}), també s'hi troba una gran variabilitat, a causa del fet que els valors van de baixos, amb un mínim de 0,90 meq/100 g, a un màxim de 4,50, que és classificat com a molt alt. El valor mitjà és de 2,92 meq/100 g, que és quantificat com a alt (Taula 11).

L'altre catió d'intercanvi és el sodi canviable (Na_{canv}). Aquest a Son Ferriol presenta un valor mitjà de 0,66 meq/100 g, que és classificat com a mitjà. Com es pot observar a la Taula 26, la mediana de 0,63 meq/100 g, seguit del màxim d'1,34 i el mínim de 0,12 meq/100 g, aporta la informació de què hi ha una gran variabilitat de valors de sodi canviable, amb un 14,75% de mostres classificades amb un nivell de molt baixos, un 24,59% baixos, un 32,79% de mitjans i un 27,87% de mostres amb valors alts de Sodi canviable.

El darrer catió d'intercanvi és el potassi canviable (K_{canv}). A l'igual que ocorre amb els altres cations també hi ha una gran variabilitat, que fa que dels resultats obtinguts en l'anàlisi d'aquest paràmetre mostri valors en Potassi que van de molt baixos a molt alts. Malgrat aquest fet, en la majoria dels casos de Son Ferriol s'han donat valors molt alts de Sodi canviable (76,52% de les mostres amb més d'1 meq/100 g de Potassi), amb un màxim de 3,77 meq/100 g.

Finalment, pel que fa a la capacitat d'intercanvi catiònic (CIC), s'hi troben valors que van de molt baixa CIC, amb un mínim de 2,57 meq/100 g, fins a un màxim de 22,71 meq/100 g, que és qualificat d'alt. Tot i això, generalment presenten una CIC acceptable, gràcies a la textura equilibrada (Taula 11).

Taula 11. Característiques químiques de la població de mostres de sòls estudiades a Son Ferriol

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
pH		45	8,05	8,02	0,16	8,66	7,78
CE 1:5	**(dS/m, 25 ºC)**	41	0,54	0,56	0,22	1,24	0,19
CEPS	**(dS/m)**	40	5,36	5,66	2,19	13,57	2,10
MO	**(%)**	45	2,41	2,17	0,71	4,71	1,66
N_{total}	**(%)**	45	0,21	0,19	0,05	0,34	0,15
CO	**(%)**	45	1,41	1,27	0,42	2,75	0,97
C/N		45	6,71	6,58	1,22	11,63	3,12
P_{assim}	**Ppm**	45	68,89	63,55	52,08	228,72	3,30
$CaCO_3$	**(%)**	45	35,09	35,44	7,39	50,67	21,80
CA	**(%)**	45	9,34	9,61	1,80	12,50	5,08
Ca_{canv}	**(meq/100g)**	45	9,50	8,53	2,64	44,46	4,08
Mg_{canv}	**(meq/100g)**	45	2,92	3,13	0,87	4,50	0,90
Na_{canv}	**(meq/100g)**	45	0,66	0,63	0,29	1,34	0,12
K_{canv}	**(meq/100g)**	45	1,45	1,64	0,67	3,77	0,15
CIC	**(meq/100g)**	45	16,12	15,88	2,57	22,71	10,22

- **Característiques biològiques**

La Taula 12 mostra una alta variabilitat en els valors de la respiració induïda del total de la població de mostres analitzades a Son Ferriol. Aquesta variabilitat pot dependre de diferents factors independents com són el cultiu, i les propietats fisicoquímiques que caracteritzen aquests sòls.

Taula 12. Respiració induïda de la població de mostres de sòls estudiades a Son Ferriol

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
Respiració	**mg CO/kg sòl/d**	12	253,33	254,51	112,41	418,17	50,91

4.1.2. Felanitx

- Característiques físiques

A la Taula 13 es mostren els percentatges obtinguts de les fraccions d'arenes, llims i argiles de les mostres de sòl analitzades a Felanitx. En referència a les arenes, s'observa una distribució molt homogènia, ja que la mitjana coincideix amb la medina; el valor mínim és d'un 18% i el màxim del 21%. Els percentatges de llims varien entre el 38 i el 45%, amb una mitjana de 43,50%. Respecte a les argiles presents, els resultats han donat un màxim del 41% i un mínim del 36%, amb percentatge mitjà del 38%.

Taula 13. Fraccions granulomètriques de la població de mostres de sòls estudiades a Felanitx

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
Arenes	**(%)**	4	19,50	19,50	1,29	21,00	18,00
Llims	**(%)**	4	42,50	43,50	3,11	45,00	38,00
Argiles	**(%)**	4	38,00	37,50	2,16	36,00	41,00

En quant a la distribució de les fraccions, es pot observar que les argiles i els llims dominen per sobre les arenes. Aquesta proporció determina que els sòls de Felanitx són majoritàriament franco-argil·lollimosos, amb tan sols una mostra amb textura argilosa (Figura 13). Aquest tipus de textura és típica de sòls pesats.

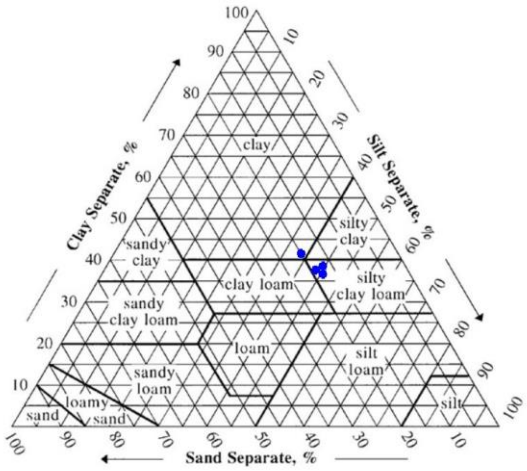

Figura 13. Distribució de les textures de les mostres de Felanitx

- **Característiques químiques**

Del total de la població de mostres de sòl analitzades a Felanitx el 100% presenten un pH moderadament bàsic. Aquests valors oscil·len entre el 8,13 i el 8,48 (Taula 14).

Pel que fa a la conductivitat elèctrica (CE 1:5), com es pot observar a la Taula 14, a diferència de Son Ferriol, totes les mostres de Felanitx es troben classificades com a no salines, és a dir, el 100% de les mostres analitzades no presenten continguts en sals que perjudiquen el desenvolupament vegetal.

Per altra banda, els valors dels continguts en matèria orgànica (MO) presents a les mostres de Felanitx van del 1,47 al 2,29%. Aquests percentatges, en relació a la textura pesada present a aquests sòls, es poden interpretar amb nivell de qualificació mitjà.

A l'igual que ocorre amb la matèria orgànica, el contingut en nitrogen total (N_{total}) present a les mostres de Felanitx es classifiquen amb el nivell mitjà. Els valors d'aquest paràmetre van del 0,16 al 0,18%, amb un resultat mitjà de 0,17%.

La relació carboni nitrogen (C/N) a les mostres analitzades a Felanitx, en relació a la Taula VII de l'Annex I, és qualificada amb el nivell d'excessiva. Els valors obtinguts van del 5,36 al 7,86 (Taula 14).

Pel que fa el contingut en fòsfor assimilable (P_{assim}), als sòls analitzats a Felanitx s'observa una gran varietat de nivells, que van des de l'apreciació de molt baixos, fins a nivells molt alts. Generalment es pot afirmar que aquests sòls presenten continguts alts de fòsfor assimilable (25,51 ppm P_{assim} de mitjana, Taula 14). Un 8,12% dels sòls analitzats són qualificats amb el nivell d'apreciació de molt baixos continguts en P, un 16,89% presenten nivells baixos, un altra 16,89% són mitjans, un 33,75% es troben classificats com a sòls amb un nivell alt de fòsfor, i finalment un 24,35% de les mostres analitzades presenten valors molt alts de P_{assim}.

En quant al carbonat càlcic ($CaCO_3$), s'han obtingut valors que van del 9,71% fins al 24,27%, amb un valor mitjà de 16,74% (Taula 14). En referència a la Taula IX de l'Annex I, es pot afirmar que generalment els sòls de Felanitx són mitjanament calcaris, amb tan sols un 2% de mostres amb el nivell d'apreciació de poc calcaris.

Pel que fa a la calcària activa (CA), a Felanitx el 100% dels valors obtinguts en l'anàlisi d'aquest paràmetre han donat com a resultat uns continguts baixos en calcària activa. Aquests valors van del 1,98 fins al 4,75%, amb una mitjana de 3,53 (Taula 14).

Respecte als cations intercanviables, del calci canviable (Ca_{canv}) s'han obtingut valors que van dels 10,12 al 16,35 meq/100 g, amb una mitjana de 12,16 meq/100 g. A partir d'aquests resultats, en referència a la taula XII de l'Annex I, es pot afirmar que el 100% de les mostres analitzades a Felanitx tenen un nivell mitjà da Calci canviable.

Sobre al magnesi canviable (Mg_{canv}) amb un resultat de 2,68 meq/100 g de mitjana (Taula 14) es pot afirmar que els sòls analitzats de Felanitx generalment contenen nivells alts d'aquest catió. S'ha obtingut un mínim d'1,53 meq/100 g, que és considerat com a mitjà, mentre que el màxim de 3,77 meq/100 g es classifica com a molt alt.

El sodi canviable (Na_{canv}) resultant de les anàlisi de sòls realitzats a Felanitx, han donat de mitjana 0,52 meq/100 g, que corresponen al nivell de qualificació baixos. Un 9,84% de les mostres tenen continguts molt baixos de Sodi, un 49,18% presenten continguts baixos, i un 40,98% de les mostres es troben classificades amb el nivell mitjà de sodi canviable.

El darrer catió analitzat és el potassi (K_{canv}). Aquest ha presentat valors que van de 1,40 meq/100 g fins a 2,08 meq/100g, amb una mitjana d'1,75 meq/100 g (Taula 14). Amb aquests valors, i l'estructura pesada que presenten els sòls de Felanitx, es pot afirmar que el 100% de les mostres tenen nivells molt alts de Potassi.

Finalment, la capacitat d'intercanvi catiònic (CIC) del total de la població de sòls analitzats a Felanitx, presenten valors que van de 18,25 a 23,28 meq/100 g (Taula 14). Per tant, en referència a la taula XI de l'Annex I, es pot afirmar que aquests sòls tenen nivells mitjà-alts de CIC.

Taula 14. Característiques químiques de la població de mostres de sòls estudiades a Felanitx

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
pH		16	8,32	8,31	0,11	8,48	8,13
CE 1:5	**(dS/m, 25 ºC)**	16	0,20	0,21	0,03	0,26	0,14
CEPS	**(dS/m)**	-	-	-	-	-	-
MO	**(%)**	16	1,89	1,91	0,19	2,29	1,47
N_{tot}	**(%)**	16	0,17	0,17	0,01	0,18	0,16
C	**(%)**	16	1,10	1,11	0,11	1,34	0,86
C/N		16	6,54	6,52	0,60	7,86	5,36
P_{assim}	**Ppm**	16	25,51	25,38	13,39	51,53	4,16
$CaCO_3$	**(%)**	16	16,74	16,47	4,54	24,27	9,71
CA	**(%)**	16	3,53	3,47	0,90	4,75	1,98
Ca_{canv}	**(meq/100g)**	16	12,16	11,45	1,94	16,35	10,12
Mg_{canv}	**(meq/100g)**	16	2,68	2,72	0,65	3,77	1,53
Na_{canv}	**(meq/100g)**	16	0,52	0,53	0,19	0,85	0,24
K_{canv}	**(meq/100g)**	16	1,75	1,70	0,21	2,08	1,40
CIC	**(meq/100g)**	16	21,39	21,79	1,66	23,28	18,25

- Característiques biològiques

Pel que fa a la respiració induïda de les cinc mostres de sòl analitzades a Felanitx s'ha obtingut una mitjana de 400,69 mg CO_2/kg/d de sòl. Tal com es pot observar a la Taula 15, els valors d'aquest paràmetre varien entre 256,96 i 565,97 mg CO_2/kg/d de sòl, la qual cosa indica que existeix una elevada variabilitat.

Taula 15. Respiració induïda de la població de mostres de sòls estudiades a Felanitx

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
Respiració	**mg CO/kg sòl/d**	5	400,69	410,26	117,00	565,97	256,96

4.1.3. Manacor

- **Característiques físiques**

A la Taula 16 s'observen els percentatges de les diferents fraccions granulomètriques de les poblacions de sòls analitzats a Manacor. Aquesta distribució mostra que les arenes han obtingut percentatges que varien entre el 19% i el 23%; els continguts en llims van d'un mínim del 24%, fins a un màxim del 41%; i quant a les argiles, s'observa un percentatge màxim del 55% i un mínim del 36%.

Taula 16. Fraccions granulomètriques de la població de mostres de sòls estudiades a Manacor

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
Arenes	**(%)**	10	20,40	20,00	1,35	23,00	19,00
Llims	**(%)**	10	32,00	32,00	5,31	41,00	24,00
Argiles	**(%)**	10	47,60	48,50	6,10	55,00	36,00

La distribució de les fraccions granulomètriques dels sòls analitzats a Manacor corresponen a les textures argiloses i argil·lollimoses (Figura 14). Aquests tipus de textures, on hi dominen les argiles, són classificades com a textures pesades (Taula I de l'Annex I).

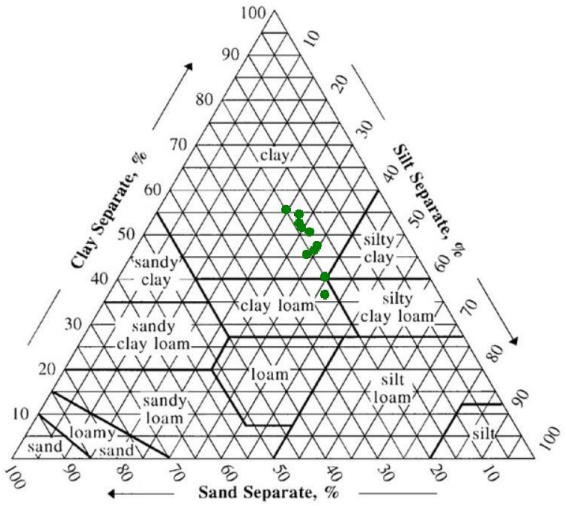

Figura 14. Distribució de les textures de les mostres de Manacor

Com es pot observar a la Taula 17, els sòls analitzats a Manacor presenten valors de PMP que van de l'11,30 al 20,10%; aquests percentatges corresponen a nivells bons d'argiles, com és en aquest cas. Com també ocorre amb el PMP, l'alt contingut en argiles que presenten aquests sòls fan que s'obtinguin bons valors de CC; aquests del 23,25 al 31,61%. Per contra, l'aigua útil és qualificada amb el nivell de mitjà, amb valors que van del 7,75 al 15,63%.

Taula 17. PMP, CC i Aigua útil de la població de mostres de sòls estudiades a Manacor

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
PMP	**(g aigua/100 g sòl)**	12	14,77	14,85	2,23	20,10	11,30
CC	**(g aigua/100 g sòl)**	12	26,23	25,84	2,51	31,61	23,25
Aigua útil	**(g aigua/100 g sòl)**	12	11,46	11,08	2,66	15,63	7,75

- **Característiques químiques**

Tots els sòls analitzats a Manacor presenten un pH moderadament bàsic. Com es pot observar a la Taula 18, aquests valors van d'un mínim de 7,92 fins a un màxim de 8,43, amb un pH mitjà de 8,21.

Pel que fa a la conductivitat elèctrica (CE), als sòls analitzats a Manacor es troben valors que van del mínim de 0,14 fins a un màxim de 0,22 dS/m, amb una mitjana de 0,17 dS/m (Taula 18). Aquests valors, en referència a la Taula IV de l'Annex I, posen de manifest que el 100% de les mostres analitzades a Manacor són considerades no salines.

En quant al contingut en matèria orgànica (MO) de les mostres de sòls analitzades a Manacor, es pot afirmar que generalment presenten nivells mitjans d'aquest paràmetre, ja que com es pot observar a la Taula 18, aquests percentatges van de l'1,58 al 3,13%, amb una mitjana del 2,25%. S'han obtingut un 59,4% de les mostres amb nivells mitjans de matèria orgànica, i un 40,60% de les mostres amb un nivell alt en matèria orgànica.

A l'igual que ocorre amb la matèria orgànica, el Nitrogen total (N_{total}) present als sòls de Manacor tenen nivells mitjans-alts d'aquest paràmetre; en concret un 46,15% és classificat com a nivell mitjà, metre que un 53,85% de les mostres analitzades presenten nivells alts de Nitrogen total .

Com es pot observar a la Taula 18, la relació carboni nitrogen present als sòls de Manacor és de 6,60 de mitjana, i els resultats de les mostres van d'un mínim de 5,12 fins a un màxim de 7,26. Aquests valors, en referència a la Taula VII de l'Annex I són qualificats amb relació carboni nitrogen excessiva.

El contingut en fòsfor assimilable (P_{assim}) present a les mostres de sòl analitzades a Manacor han donat com a resultat 72,25 ppm de mitjana, amb un mínim de 18,16 i un màxim de 172,95 ppm. Per tant, en relació a la Taula VIII de l'Annex I, un 85,90% de les mostres presenten valors molt elevats de fòsfor, un 3,77% tenen nivells alts i un 10,33% són qualificats amb el nivell mitjà.

En quant als Carbonats, com es pot observar a la Taula 18, la mitjana de mostres de sòls han donat com a resultat nivells que són classificats com a mitjanament calcaris, amb el resultat del 24,58% de mitjana (Taula 18). Tot i això, cal tenir en compte que un 62,19% de les mostres són qualificades de molt calcàries.

Pel que fa a la calcària activa (CA), als resultats obtinguts a Manacor hi ha els tres nivells qualificatius: la mitjana de 7,59% és classificada com a nivell mitjà, el mínim de 2,50 com a nivell baix i el màxim de 12,60 és qualificat amb el nivell d'alt (Taula 18). Per tant, es pot afirmar que a Manacor existeix una gran variabilitat en referència a aquest paràmetre.

Respecte als cations intercanviables, els sòls de Manacor presenten nivells mitjans de calci canviable (Ca_{canv}), amb una mitjana de 14,18, i un mínim i un màxim de 12,14 i 17,64 meq/100 g respectivament.

En el cas del magnesi canviable (Mg_{canv}), els nivells observats a Manacor van de mitjà a molt alts. Com es pot observar a la Taula 18, la mitjana d'aquest catió és de 2,81, i és qualificada amb el nivell alt; el mínim d'1,92 meq/100 g és mitjà i el màxim de 3,64 meq/100 g és molt alt.

Sobre al sodi canviable (Na_{canv}), les mostres presenten valors que van del 0,16 al 0,56 meq/100 g, amb una mitjana de 0,28 (Taula 18). Tots aquests valors són qualificats amb el nivell de molt baixos o baixos continguts en sodi.

Pel que fa al potassi canviable (K_{canv}), com es pot observar a la Taula 18, els resultats van d'1,36 a 3,37 meq/100 g. Tots ells, en relació a la Taula XV de l'Annex I, són classificats amb el nivell d'apreciació de molt alt.

Finalment, la capacitat d'intercanvi catiònic (CIC) presenta valors que van de 17,05 fins a 27,05 meq/100 g. En referència a la Taula XI de l'Annex I es pot afirmar que més d'un 50 % de les mostres presenten nivells alts d'aquest paràmetre.

Taula 18. Característiques químiques de la població de mostres de sòls estudiades a Manacor

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
pH		24	8,21	8,20	0,12	8,43	7,92
CE 1:5	**(dS/m, 25 ºC)**	24	0,17	0,17	0,02	0,22	0,14
CEPS	**(dS/m)**	-	-	-	-	-	-
MO	**(%)**	24	2,25	2,27	0,37	3,13	1,58
N_{tot}	**(%)**	24	0,20	0,20	0,03	0,27	0,14
C	**(%)**	24	1,31	1,32	0,22	1,83	0,92
C/N		24	6,60	6,69	0,47	7,26	5,12
P_{assim}	**ppm**	24	72,25	66,40	39,64	172,95	18,16
$CaCO_3$	**(%)**	24	24,54	19,60	11,53	48,40	10,10
CA	**(%)**	24	7,59	6,53	3,30	12,60	2,50
Ca_{canv}	**(meq/100g)**	24	14,18	14,16	1,36	17,64	12,14
Mg_{canv}	**(meq/100g)**	24	2,81	2,88	0,48	3,64	1,92
Na_{canv}	**(meq/100g)**	24	0,28	0,25	0,10	0,56	0,16
K_{canv}	**(meq/100g)**	24	2,31	2,41	0,60	3,37	1,36
CIC	**(meq/100g)**	24	22,51	23,20	3,15	27,05	17,05

- **Característiques biològiques**

La respiració induïda dels sòls analitzats a Manacor és de 347,15 mg CO2/kg/d, amb un mínim de 181,26 i un màxim de 550,22 mg CO2/kg/d (Taula 19). Igual que ocorre a les altres dues zones estudiades, a Manacor existeix una alta variabilitat respecte a la respiració induïda.

Taula 19. Respiració induïda de la població de mostres del sòls estudiades a Manacor

		Núm. mostres	Mitjana	Mediana	Desviació estàndard	Màxim	Mínim
Respiració	**mg CO_2/kg sòl/d**	15	347,15	332,12	114,66	550,22	181,26

4.1.4. Valoració global de les tres zones analitzades

Des del punt de vista de la fertilitat del sòl de cara a la producció agrícola, a Son Ferriol es troben alts continguts dels tres macronutrients: un elevat contingut en matèria orgànica, que proporciona un nivell mitjà-alt de nitrogen total; alts continguts en fòsfor i nivells molt alts potassi. D'altra banda, la baixa relació carboni nitrogen denota una excessiva mineralització, que sumada a l'estructura equilibrada que proporciona el tipus de textura franca d'aquesta zona, faria indicar que a Son Ferriol s'han analitzat terres molt fèrtils. Tot i això, el factor limitant d'aquesta localitat és la salinitat, que proporciona problemes a més del 85% de les mostres analitzades, per tant s'han d'utilitzar cultius resistents al contingut en sals present a la capa llaurable.

A Felanitx es troben nivells mitjans en matèria orgànica, que en aquest cas donen a lloc nivells també mitjans del percentatge de nitrogen total. En quant al fòsfor i al potassi s'han detectat continguts alts i molt alts respectivament. a Manacor hi ha bons continguts dels tres macronutrients. Pel que fa a la relació carboni nitrogen continua provocant una excessiva mineralització. La textura franco-argil·lollimosa proporciona sòls pesats, que amb un bon maneig resulten beneficiosos per a l'agricultura, ja que permeten un bon aprofitament dels recursos hídrics, i alhora actuen com a retenidors de nutrients. No s'han detectat problemes de salinitat en cap de les mostres analitzades, per tant, es pot afirmar que els sòls de Felanitx són bons sòls per dur a terme l'activitat agrícola amb bons resultats.

Finalment, pel que fa als sòls analitzats a Manacor, no s'observen grans diferències respecte als de Felanitx. A l'igual que als de la zona sud-est de l'Illa, es troben nivells bons de NPK, encara que el contingut en matèria orgànica és més elevat en aquest cas; la relació carboni nitrogen també provoca una excessiva mineralització, els sòls són pesats i no s'han detectat problemes de salinitat; la qual cosa fan que els sòls analitzats a Felanitx, igual que a Manacor, presentin bones característiques agronòmiques.

Per altra banda, es pot valorar la qualitat del sòl mesurant una sèrie de paràmetres que es troben classificats en tres temàtiques principals: la producció sostenible, la qualitat ambiental i la salut humana i animal (Doran i Parkin, 1994). Aquests autors afirmen que l'índex de qualitat del sòl (SQ) es mesura en funció de la producció d'aliment i de fibra per a la ramaderia (SQE_1), l'erosivitat (SQE_2), la qualitat de l'aigua subterrània (SQE_3), la qualitat de l'aigua superficial (SQE_4), la qualitat de l'aire (SQE_5) i la qualitat dels aliments (SQE_6).

$$SQ = f\,(SQE_1, SQE_2, SQE_3, SQE_4, SQE_5, SQE_6)$$

En referència a les dades analitzades en aquest treball no es pot avaluar la qualitat de la producció d'aliment per a ramaderia (SQE_1), ni tampoc la qualitat dels aliments (SQE_6). Així i tot, sí que s'ha detectar un risc de salinització de les aigües subterrànies (SQE_3), sobretot a les terres analitzades a la zona de Son Ferriol, fet que

podria disgregar l'estructura del sòl y provocar a llarg termini problemes d'erosió (SQE_2). Per tant, a partir de les dades analitzades, es pot afirmar que els sòls de Son Ferriol no reuneixen les mesures necessàries per a poder-ho qualificar de sòl amb una bona qualitat.

Sastre-Conde, i col. (2015) parlen de la importància de la matèria orgànica en la restauració de sòls salins sòdics on hi ha un desequilibri de ions. Així per exemple, el contingut de K va des del nivell d'alt fins a molt alt a les àrees estudiades, fet que crea un desequilibri respecte al Mg, la qual cosa pot repercutir en la resistència a les plantes a determinades malalties (Perez, 1983), i alhora, al seu desenvolupament fisiològic. Igualment, tot i que els valors de Mg són adequats, en molts dels sòls analitzats, la relació Ca/Mg resulta ser baixa. No obstant això, alguns estudis on aquesta relació resulta ser baixa en concentracions de Ca i amb nivells alts de Mg no recomanen afegir Ca, des del punt de vista de la planta (Schulte i Kelling, 1985). Però pensant en el sòl i en l'erosió d'aquest si resulta important tenir en compte les relacions Ca/Mg (Dontsova i Norton, 2001).

4.2. Influència del reg en les propietats físiques químiques i biològiques del sòls. Comparativa entre les posicions de baix carrer i entre cultiu.

En aquest apartat s'estudien les diferències obtingudes en la comparació de les mostres de sòl que provenen de baix cultiu en contraposició a les d'entre carrer. En primer lloc s'ha realitzat l'anàlisi de tot el conjunt de població de mostres, sense diferenciar les tres zones d'estudi (Apartat 4.2.1). Tot seguit s'ha estudiat cada zona per separat per a identificar possibles diferències significatives que no s'observen analitzant el conjunt de tot mostres de forma general.

4.2.1. Comparativa entre les zones de baix cultiu i entre carrer del total de la població de les mostres analitzades

A continuació es comparen els paràmetres físics, químics i biològics obtinguts a la zona de baix cultiu respecte a les mostres analitzades a la zona d'entre carrer del total de les mostres analitzades en aquest treball. Per això s'ha realitzat l'anàlisi de la prova t per a mostres independents, amb una significació de t d'Student a nivell $p<0,05$.

- **Paràmetres físics**

Com es pot observar a la Taula 20 cap dels paràmetres de retenció d'aigua analitzats han presentat una $p<0,05$, per tant, es pot afirmar que al conjunt de les mostres de sòls analitzades a Son Ferriol, Felanitx i Manacor no s'observen diferències significatives entre baix cultiu i entre carrer en cap de les característiques físiques estudiades.

Taula 20. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer dels paràmetres de retenció d'aigua i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a nivell general

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig.
PMP (g aigua/100 g sòl)	11	12,93 ± 3,17	12,74 ± 2,35	0,453
CC (g aigua/100 g sòl)	11	24,83 ± 3,02	24,81 ± 3,02	0,935
Aigua útil (g aigua/100 g sòl)	11	11,79 ± 4,45	13,45 ± 3,43	0,648

- Paràmetres químics

Pel que fa als paràmetres químics analitzats a les zones de Son Ferriol, Felanitx i Manacor, tan sols s'observen diferències significatives dels paràmetres de la conductivitat elèctrica de l'extracte la pasta saturada (CE eps) i el Sodi canviable (Na_{canv}), amb una significació de 0,006 i 0,008 respectivament (Taula 21). Cal tenir en compte que la CE eps just corresponen a algunes de les conductivitats elèctriques de Son Ferriol, ja que aquest paràmetre no ha estat necessari realitzar-lo a les altres dues àrees d'estudi pel fet de no mostren problemàtica.

Quant a la CE eps, a la Taula 36 s'observa que les mostres que provenen de baix cultiu han donat valors més elevats que les d'entre carrer. En concret, la CE eps de baix cultiu presenta 5,21 ± 1,91 dS/m, que és qualificat amb el nivell de salí; mentre en el cas d'entre carrer els 3,27 ± 0,56 dS/m són identificats com a sòls lleugerament salins. Aquest fet és degut a l'acumulació de sals que es produeix al sòl a través de la irrigació de nutrients per mitjà del sistema de fertirrigació.

L'altra diferència significativa que s'observa és el cas del Na_{canv}. Encara que en cap dels dos casos els continguts en Na_{canv} són problemàtics, cal destacar que a la zona de baix cultiu són més elevats respecte a la d'entre carrer (0,52 ± 0,22 meq/100 g i 0,32 ± 0,14 dS/m respectivament). A l'igual que en el cas de la CE eps, s'ha produït una acumulació de sals major en la zona de baix cultiu per mitjà del sistema de fertirrigació.

Taula 21. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer del paràmetres químics significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a nivell general

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
pH	36	8,21 ± 0,17	8,23 ± 0,14	0,281
CE 1:5 (dS/m, 25ºC)	36	0,29 ± 0,18	0,23 ± 0,12	0,107
CE eps (dS/m)	36	5,21 ± 1,91	3,27 ± 0,56	0,006
MO (%)	36	2,31 ± 0,60	2,03 ± 0,37	0,274
N_{tot} (%)	36	0,19 ± 0,04	0,18 ± 0,03	0,408
CO (%)	36	1,35 ± 0,35	1,19 ± 0,22	0,274
C/N	36	6,95 ± 1,03	6,47 ± 1,15	0,461
P_{assim} ppm	36	61,96 ± 41,68	40,95 ± 30,05	0,107
$CaCO_3$ (%)	36	25,59 ± 11,59	26,62 ± 11,12	0,648
CA (%)	36	6,90 ± 3,21	7,07 ± 3,37	0,834
Ca_{canv} (meq/100g)	36	11,34 ± 3,02	11,84 ± 3,49	0,347
Mg_{canv} (meq/100g)	36	3,03 ± 0,69	2,36 ± 0,70	0,368
Na_{canv} (meq/100g)	36	0,52 ± 0,22	0,32 ± 0,14	0,008
K_{canv} (meq/100g)	36	1,88 ± 0,66	1,76 ± 0,60	0,712
CIC (meq/100g)	36	20,34 ± 4,12	19,04 ± 4,19	0,888

- **Paràmetres biològics**

A la Taula 22 s'observa que la respiració induïda no presenta diferències significatives entre les mostres preses baix cultiu i les mostres que provenen d'entre carrer.

Taula 22. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer de la respiració induïda i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a nivell general

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
Respiració (mg CO2/kg sòl/d)	16	316,39 ± 93,34	320,11 ± 150,19	0,086

4.2.2. Comparativa entre les zones de baix cultiu i entre carrer del total de la població de les mostres analitzades a Son Ferriol

A continuació es comparen els paràmetres físics químics i biològics obtinguts a la zona de baix cultiu respecte a les mostres analitzades a la zona d'entre carrer del total de les mostres analitzades a Son Ferriol. Per això s'ha realitzat la prova T per a mostres independents i significació estadística de p<0,05.

- **Paràmetres físics**

Com es pot observar a la Taula 23 els paràmetres de retenció d'aigua analitzats a Son Ferriol no presenten cap p<0,05, per tant, es pot afirmar que a aquests sòls no s'observen diferències significatives quant als paràmetres físics entre les zones de baix cultiu i entre carrer.

Taula 23. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer dels paràmetres de retenció d'aigua i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Son Ferriol

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
PMP (%)	5	10,52 ± 0,77	10,50 ± 0,71	0,127
CC (%)	5	23,20 ± 0,33	23,06 ± 0,19	0,208
Aigua útil (%)	5	12,68 ± 2,78	12,55 ± 1,97	0.364

- **Paràmetres químics**

De tots els paràmetres químics analitzats a Son Ferriol, tan sols s'observen diferències significatives a la CE eps. Com es pot observar a la Taula 24, les mostres que provenen de baix cultiu han donat valors més elevats que les d'entre carrer. En concret, la CE eps de baix cultiu presenta 5,21 ± 1,91 dS/m, que és qualificat amb el nivell de salí; mentre en el cas d'entre carrer els 3,27 ± 0,56 dS/m són identificats com a sòls lleugerament salins.

Taula 24. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer del paràmetres químics significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Son Ferriol

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
pH	16	8,08 ± 0,16	8,18 ± 0,18	0,847
CE (dS/m)	16	0,53 ± 0,19	0,35 ± 0,16	0,213
CE eps (dS/m)	16	5,21 ± 1,91	3,27 ± 0,56	0,006
MO (%)	16	2,50 ± 0,88	2,11 ± 0,50	0,321
N_{tot} (%)	16	0,19 ± 0,05	0,20 ± 0,05	0,882
C (%)	16	1,45 ± 0,51	1,23 ± 0,29	0,321
C/N	16	7,46 ± 1,58	6,48 ± 1,83	0,540
P_{assim} ppm	16	49,09 ± 35,53	45,03 ± 35,18	0,872
$CaCO_3$ (%)	16	35,19 ± 7,63	34,92 ± 7,68	0,826
CA (%)	16	8,87 ± 2,19	9,00 ± 2,37	0,418
Ca_{canv} (meq/100g)	16	8,39 ± 2,83	8,06 ± 2,39	0,832
Mg_{canv} (meq/100g)	16	2,86 ± 1,07	2,27 ± 1,03	0,787
Na_{canv} (meq/100g)	16	0,63 ± 0,24	0,39 ± 0,17	0,122
K_{canv} (meq/100g)	16	1,36 ± 0,56	1,25 ± 0,20	0,069
CIC (meq/100g)	16	15,97 ± 2,46	14,38 ± 1,87	0,346

- Paràmetres biològics

A la Taula 25 s'observa que la respiració induïda no presenta diferències significatives entre les mostres preses baix cultiu i les mostres que provenen d'entre carrer.

Taula 25. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer de la respiració induïda i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Son Ferriol

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
Respiració (mg CO2/kg sòl/d)	6	292,37 ± 84,27	219,88 ± 128,54	0,376

4.2.3. Comparativa entre les zones de baix cultiu i entre carrer del total de la població de les mostres analitzades a Felanitx

En aquest subapartat es comparen els paràmetres químics i biològics obtinguts a la zona de baix cultiu respecte a les mostres analitzades a la zona d'entre carrer del total de les mostres analitzades a la zona de Felanitx. Per això s'ha realitzat la prova T per a mostres independents i significació estadística de p<0,05.

- **Paràmetres químics**

A diferència de la zona de Son Ferriol, a Felanitx no s'observen diferències significatives entre baix cultiu i entre carrer en cap dels paràmetres químics analitzats (Taula 26).

Taula 26. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer del paràmetres químics significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Felanitx

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
pH	8	8,34 ± 0,10	8,29 ± 0,12	0,663
CE (dS/m)	8	0,23 ± 0,02	0,18 ± 0,02	0,365
MO (%)	8	1,88 ± 0,21	1,89 ± 0,19	0,503
N_{tot} (%)	8	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,548
C (%)	8	1,09 ± 0,12	1,10 ± 0,11	0,503
C/N	8	6,51 ± 0.66	6,60 ± 0,59	0,528
P_{assim} ppm	8	31,66 ± 13,61	19,36 ± 10,62	0,539
$CaCO_3$ (%)	8	16,18 ± 5,00	19,36 ± 10,62	0,527
CA (%)	8	3,50 ± 1,02	3,57 ± 0,84	0,230
Ca_{canv} (meq/100g)	8	11,48 ± 1,74	12,84 ± 1,99	0,719
Mg_{canv} (meq/100g)	8	3,10 ± 0,41	2,25 ± 0,57	0,116
Na_{canv} (meq/100g)	8	0,67 ± 0,09	0,36 ± 0,11	0,349
K_{canv} (meq/100g)	8	1,72 ± 0,20	1,79 ± 0,23	0,645
CIC (meq/100g)	8	21,50 ± 1,80	21,28 ± 1,63	0,719

- **Paràmetres biològics**

La respiració induïda tampoc presenta diferències significatives entre les mostres obtingudes d'entre carrer i les de baix cultiu (Taula 27).

Taula 27. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer de la respiració induïda i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Felanitx

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
Respiració (mg CO2/kg sòl/d)	3 - 2	332,22 ± 76,69	503,40 ± 128,54	0,762

4.2.4. Comparativa entre les zones de baix cultiu i entre carrer del total de la població de les mostres analitzades a Manacor

En el darrer punt d'aquest apartat es comparen els paràmetres físics, químics i biològics obtinguts a la zona de baix cultiu respecte a les mostres analitzades a la zona d'entre carrer del total de les mostres analitzades a la zona de Manacor. Per això s'ha realitzat la prova T per a mostres independents i significació estadística de p<0,05.

- **paràmetres físics**

Com també ocorre amb els casos de Son Ferriol i Felanitx, a Manacor no s'han detectat diferències significatives entre les posicions de baix cultiu i la d'entre carrer en cap dels paràmetres físics analitzats (Taula 28).

Taula 28. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer dels paràmetres de retenció d'aigua i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Manacor

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
PMP (%)	6	14,93 ± 3,01	14,60 ± 1,33	0,273
CC (%)	6	26,19 ± 2,08	26,27 ± 3,09	0,492
Aigua útil (%)	6	11,26 ± 3,26	11,6 ± 2,21	0,099

- **Paràmetres químics**

De totes les característiques químiques analitzades a la zona de Manacor tan sols s'han detectat diferències significatives en el paràmetre del Sodi canviable (Na_{canv}). Tal com es pot observar a la Taula 29, el Na_{canv} que prové de baix cultiu és major (0,33 ± 0,12 meq/100g) respecte a l'obtinguda en les mostres d'entre carrer (0,23 ± 0,04 meq/100g). Tot i presentar diferències significatives (p=0,002), aquests resultats no presenten problemes per a la fertilitat del sòl, ja que valors per davall de 0,6 es consideren baixos (Taula XIV, Annex I).

Taula 29. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer del paràmetres químics significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Manacor

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
pH	12	8,22 ± 0,15	8,19 ± 0,09	0,187
CE (dS/m)	12	0,18 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,404
MO (%)	12	2,44 ± 0,30	2,06 ± 0,33	0,582
N_{tot} (%)	12	0,21 ± 0,03	0,19 ± 0,03	0,803
C (%)	12	1,43 ± 0,18	1,20 ± 0,19	0,582
C/N	12	6,81 ± 0,28	6,39 ± 0,53	0,134
P_{assim} ppm	12	92,88 ± 39,64	51,61 ± 28,03	0,198
$CaCO_3$ (%)	12	23,85 ± 11,78	25,24 ± 11,75	0,911
CA (%)	12	7,52 ± 3,21	7,66 ± 3,54	0,556
Ca_{canv} (meq/100g)	12	13,70 ± 1,26	14,65 ± 1,34	0,992
Mg_{canv} (meq/100g)	12	3,11 ± 0,39	2,52 ± 0,35	0,920
Na_{canv} (meq/100g)	12	0,33 ± 0,12	0,23 ± 0,04	0,002
K_{canv} (meq/100g)	12	2,41 ± 0,55	2,20 ± 0,67	0,172
CIC (meq/100g)	12	23,20 ± 3,24	21,81 ± 3,02	0,831

- **Paràmetres biològics**

Pel que fa a la respiració induïda, igual que a les altres dues zones estudiades, a Felanitx no s'observen diferències significatives (Taula 30).

Taula 30. Comparativa entre les posicions de baix cultiu i entre carrer de la respiració induïda i significació estadística de la t d'Student a nivell p<0,05 a Manacor

Paràmetre	Núm. mostres	Baix cultiu	Entre carrer	Sig
Respiració (mg CO2/kg sòl/d)	7 - 8	330,19 ± 113,92	361,98 ± 120,95	0,975

4.3. Examinar l'efecte de la qualitat de l'aigua de reg en la qualitat dels sòl.

4.3.1. Característiques de l'aigua de reg

A la Taula 31 es troben els resultats obtinguts en les anàlisi dels paràmetres químics de les tres aigües que s'utilitzen per al reg a les parcel·les de Son Ferriol, Felanitx i Manacor, per així poder-les comparar amb els paràmetres físics, químics i biològics dels sòls estudiats.

L'aigua estudiada a Son Ferriol té un pH de 7,4, que és qualificat de neutre, per tant no hi ha cap tipus de risc de precipitació ni corrosió. Quant a la conductivitat elèctrica (CE), el valor de 2,38 dS/m reflecteix un perill de salinització del sòl. Pel que fa als Clorurs (Cl^-) s'observa un nivell molt elevat, amb 453 mg/l, la qual cosa suposa un problema pel sòl i toxicitat per a la planta que és regada amb aquesta aigua. Quant als carbonats (CO_3^{2-}), el valor de 256 mg/l presenta possibles d'obstrucció dels sistemes de reg; aquest fet és degut a la naturalesa calcària dels sòls de Mallorca. Respecte als nitrats, els 162 mg/l posen de manifest elevada contaminació. Per altra banda, l'anàlisi de sulfats ha donat com a resultat 210 mg/l, que no presenten cap tipus de problemàtica; passa el mateix amb els nitrits, els 0,01 mg /l no mostren cap tipus de contaminació. Quant als cations analitzats (K^+, Na^+, Ca^{2+} i Mg^{2+}), el Na^+, amb 6,96 meq/l presenta perill de toxicitat; els 9,9 meq/l de Ca^{2+} presenten perill d'obstrucció, a l'igual que el Mg^{2+} (5,57 meq/l); i el K+ no és problemàtic (0,21 meq/l). Tot i la problemàtica dels cations, la RAS de 2,49 no mostra cap tipus de problemàtica de degradació del sòl.

A Felanitx el pH de 7,63 és neutre, i per tant no presenta problemes de precipitació ni corrosió. La CE d'1,21 dS/m mostra un risc de salinització del sòl, encara que menor respecte al de Son Ferriol. Pel que fa als Cl^-, els 157 mg/l presenten riscos de toxicitat, que en aquest cas també són menors als de Son Ferriol. Quant als CO_3^{2-}, continua havent-hi problemes d'obstrucció dels sistemes de reg, amb 339 mg/l. No s'observen problemes de NO_3^- i per tant no hi ha perills de contaminació (9 mg/l). Tampoc s'han detectat problemes de SO_4^{2-}, els 57 mg/l no presenten cap tipus de risc de toxicitat. Amb els NO_2^- passa el mateix, el resultat en l'anàlisi d'aigua de 0,007 mg/l no mostra cap tipus de problemàtica. Els cations analitzats (K^+, Na^+, Ca^{2+} i Mg^{2+}), amb valors de <0,02, 0,10, 3,87, 5,5 i 2,33 meq/l respectivament presenten problemes de toxicitat quant al Na^+, i risc d'obstrucció respecte al Ca^{2+}. Finalment la RAS d'1,96 no presenta problemes de degradació del sòl.

Finalment, l'aigua analitzada a Manacor és molt semblant a la de Felanitx. El pH de 7,45 és neutre i la CE d'1,35 dS/m mostra risc de salinitat; igual que els Cl^-, els 166 mg/l presenten problemes de toxicitat. També s'hi troben problemes de CO_3^{2-} (317 mg/l), que són deguts a la naturalesa calcària de l'illa. La diferència principal respecte a Felanitx es troba en els NO_3^2 que mostren alta contaminació amb els 118 mg/l. Pel que fa als SO_4^{2-}, malgrat ser superiors als de Felanitx, els 106 mg/l no són problemàtics. Per altra banda, de tots els cations analitzats (K^+ = 0,24 meq/l, Na^+ = 3,74 meq/l, Ca^{2+} = 6,9 meq/l i Mg^{2+} = 2,25 meq/l) s'observa risc de toxicitat en el Na^+ i risc d'obstrucció en el Ca^{2+}. Finalment, la RAS de l'anàlisi d'aigua de Manacor no mostra problemes de degradació del sòl.

Taula 31. Característiques de les aigües de Son Ferriol, Felanitx i Manacor

		Son Ferriol	**Felanitx**	**Manacor**
pH		7,4	7,63	7,45
CE	dS/m	2,38	1,21	1,35
Cl-	mg/l	453	157	166
CO_3^{2-}	mg/l	256	339	317
NO_3^{2-}	mg/l	162	9	118
SO_4^{2-}	mg/l	210	57	106
NO_2^-	mg/l	0,01	<0,007	<0,007
P^+	mg/l	<0,02	<0,02	<0,02
K^+	meq/l	0,21	0,10	0,24
Na^+	meq/l	6,96	3,87	3,74
Ca^{2+}	meq/l	9,9	5,5	6,9
Mg^{2+}	meq/l	5,75	2,33	2,25
RAS		2,49	1,96	1,75

Quant a la qualitat de les aigües de reg per al reg, s'han classificat les aigües de Son Ferriol, Felanitx i Manacor en funció de les normes de Riverside (Figura 10), i els resultats obtinguts han estat els següents:

A Son Ferriol, amb una CE de 2,38 dS/m i una RAS de 2,49 la qualitat de l'aigua és classificada com C4-S1. Per tant, és considerada una aigua de salinitat molt alta, que en molts de casos no és apta per al reg. Tan sols s'haurien d'utilitzar en sòls molt permeables y amb un bon sistema de drenatge, emprant cultius molt tolerants a la salinitat i fent regs amb volums d'aigua en excés per a realitzar el rentat de sals. En

canvi, pel que fa a la RAS, és una aigua amb baix contingut en Sodi, apta per al reg en la majoria dels casos. Tan sols pot presentar problemes amb cultius molt sensibles al sodi (Taula II de l'Annex II).

En el cas de Felanitx, a l'igual que Manacor, la qualitat de l'aigua és classificada com a C3-S1, amb una CE d'1,21 i 1,35 dS/m respectivament i una RAS de 1,96 a Felanitx i 1,75 a Manacor. L'aigua és de salinitat alta, apta tan sols per a parcel·les de regadiu amb un bon sistema de drenatge. També s'han d'utilitzar cultius tolerants a la salinitat i s'hauria de regar amb volums d'aigua en excés per a dur a terme el rentat de sals. Aquestes aigües presenten un baix contingut en sodi, i són aptes per al reg en la majoria dels casos. Tan sols pot presentar problemes amb cultius molt sensibles al sodi.

Cal tenir en compte que a les zones agrícoles de l'illa de Mallorca són molt poques les aigües de reg que presenten una CE inferior a 0,75 dS/m, límit que estableix Riverside (Taula II, Annex II) com a aigua de qualitat apta pel reg. En general podem considerar com a aigües acceptables pel reg les que presenten una CE de menys d'1,5 dS/m, rang que inclou les aigües que popularment es consideren bones pel reg. A partir d'aquest valor de referència (1,5 dS/m) els problemes generats per la salinitat són creixents.

4.3.1. Influència de l'aigua de reg al sòl

La CE és un dels paràmetres més importants i problemàtics a l'hora de diagnosticar l'estat de fertilitat del sòl. Per això s'ha realitzat una anàlisi de regressió lineal entre la CE de l'aigua de reg i la CE del sòl (Figura 14).

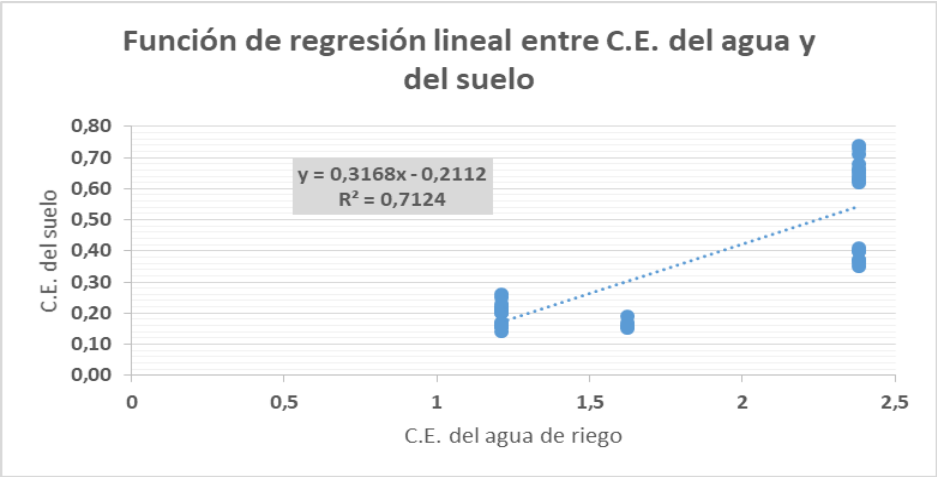

Figura 15. Gràfica de regressió de la CE de l'aigua del reg i la del sòl

Tal com es pot observar la Figura 15, a mesura que augmenta la CE de l'aigua de reg, augmenta també la CE del sòl. Per tant, es pot afirmar, amb una R^2 de 0,71, que l'aigua de reg mostra influències significatives positives sobre la qualitat del sòl.

Per a estudiar com ha afectat l'aigua de reg a les propietats fisicoquímiques del total de població de mostres de sòl analitzades a les tres àrees d'estudi (Son Ferriol, Felanitx i Manacor), s'ha realitzat l'anàlisi de correlacions bivariades, on s'han

relacionat els paràmetres més importants del sòl i de l'aigua analitzats. Els resultats obtinguts en aquestes anàlisi es troben en la Taula 32.

Taula 32. Correlacions estadístiques entre els paràmetres fisicoquímics més rellevant de l'aigua i del sòl.

		MO	N	P	K	NA	CE H_2O	CL^- H_2O	$NO3^-$ H_2O	Na H_2O	RAS
CE	Correlació Pearson	,534**	,533**	,191	,034	,796**	,778**	,803**	,231	,776**	,551**
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,119	,781	,000	,000	,000	,096	,000	,000
	N	68	68	68	68	68	53	53	53	53	53
MO	Correlació Pearson		,742**	,426**	,424**	,279*	,260	,221	,253	,220	,146
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,000	,018	,060	,112	,067	,114	,296
	N		72	72	72	72	53	53	53	53	53
N	Correlació			,452**	,458**	,298*	,175	,152	,176	,183	,205
	Sig. (bilateral)			,000	,000	,011	,209	,276	,207	,189	,141
	N			72	72	72	53	53	53	53	53
P	Correlació Pearson				,616**	,035	,225	,240	,149	,302*	,387**
	Sig. (bilateral)				,000	,770	,105	,083	,286	,028	,004
	N				72	72	53	53	53	53	53
K	Correlació Pearson					-,059	-,443**	-,421**	-,221	-,325*	-,003
	Sig. (bilateral)					,623	,001	,002	,112	,017	,982
	N					72	53	53	53	53	53
Na	Correlació Pearson						,316*	,363**	-,206	,362**	,331*
	Sig. (bilateral)						,021	,008	,139	,008	,015
	N						53	53	53	53	53
CE $H2O$	Correlació Pearson							,969**	,531**	,923**	,585**
	Sig. (bilateral)							,000	,000	,000	,000
	N							53	53	53	53
CL^- H_2O	Correlació Pearson								,358**	,986**	,740**
	Sig. (bilateral)								,008	,000	,000
	N								53	53	53
NO_3^- H_2O	Correlació Pearson									,235	-,257
	Sig. (bilateral)									,091	,063
	N									53	53
Na	Correlació Pearson										,842**
	Sig. (bilateral)										,000
	N										53

**. La correlació és significativa al nivell de 0,01 (bilateral). *. La correlació és significativa al nivell 0,05 (bilateral).

La CE de l'aigua de reg (CE H_2O), com seria d'esperar, influeix significativament de forma positiva sobre la CE del sòl (*r*=0,778), per tant, regar amb aigües amb continguts de sals elevats fa que s'acumulin aquestes sals a la capa llaurable del sòl. L'altre paràmetre del sòl que es veu afectat significativament per la CE H_2O és el contingut en potassi; en aquest cas la influència és negativa, amb un coeficient de correlació de *r*=-0,443, aquest fet és casual degut a les diferències entre les tres zones d'estudi. Per altra banda, la CE de l'aigua de reg ha mostrat relacions significatives sobre els paràmetres químics de l'aigua com són els clorurs (*r*=0,969), els nitrats amb una *r* de 0,531 (també accidental a causa de la gran diferència entre les tres zones d'estudi), el sodi de l'aigua (*r*=0,923) i la RAS (*r*=0,585), i en tots els casos aquestes relacions són positives. Aquest fet dóna a entendre que, com ja és sabut, la conductivitat de l'aigua ve motivada per un augment de Na i per tant de la RAS; però per altra banda, reflecteix possibles problemes quant a nitrats i clorurs, ja que són les aigües amb majors valors de CE són les que presenten els continguts més elevats d'aquests paràmetres que generen toxicitat per a les plantes i contaminació a l'aqüífer.

Tal com es mostra a la Taula 32, els clorurs presents a l'aigua de reg actuen de la mateixa manera que la CE de l'aigua, pel fet que presenten un coeficient de correlació molt proper a 1. En conseqüència, un augment dels de clor a la dissolució de l'aigua de reg, genera l'increment de la CE del sòl (*r*=0,803), com seria d'esperar, alhora ve acompanyat d'un augment del sodi i de la RAS (*r*=0,986 i 0,740 respectivament), i del contingut en nitrats a l'aigua (r=0,358). Cal tenir en compte que l'alta correlació entre la CE de l'aigua de reg i els clorurs posa de manifest que es tracta de salinitat per clorur sòdic, és a dir, per intrusió marina.

Per altra banda, com seria d'esperar, el contingut en sodi de l'aigua de reg presenta relacions significatives positives respecte al Na que es troba a la capa llaurable del sòl, amb un coeficient de correlació de *r*=0,362. Seguidament, mostra relacions significatives positives amb la CE del sòl i de l'aigua (*r*=0,776 i *r*=0,923). El mateix ocorre amb els clorurs, que com ja s'ha comentat abans, presenten una relació significativa positiva respecte al Na present a l'aigua, amb un coeficient de correlació de 0,986.

En definitiva, observant la taula de les correlacions (Taula 32), es pot afirmar que l'aigua de reg genera un impacte negatiu sobre les propietats de la capa llaurable del sòl. El fet de regar contínuament amb aigües de baixa qualitat, afavoreix l'acumulació de sals al sòl, fent que la CE d'aquest augmenti i per tant, s'hagi de recórrer a cultius tolerants a la salinitat. D'altra banda, aquesta baixa qualitat ve acompanyada d'alts continguts en clorurs que generen riscs de toxicitat per als cultius. Alhora aquestes aigües provoquen que els agricultors es vegin obligats a fertilitzar en excés, generant així que, part d'aquest contingut es perdi per lixiviació cap a les capes subterrànies on es troba l'aqüífer, creant no tan sols pèrdues econòmiques, sinó que, el que és més important, ambientals. Aquest fet ja és palpable a l'anàlisi del contingut en nitrats,

mostrant que a algunes zones com la de Son Ferriol i Manacor, ja existeix contaminació per nitrats.

4.4. Detectar possibles paràmetres que comprometin l'estat de sostenibilitat dels sòls agrícoles.

Observant els resultats obtinguts de les característiques químiques (Taules 11, 14 i 18) crida l'atenció que les dades de la població de sòls de les tres zones presenten un alt contingut en fòsfor disponible. Aquest fet es contradiu amb la naturalesa altament calcària de l'illa, i indica que s'està sobre fertilitzant amb productes rics en aquest element.

D'altra banda els estudis globals de les mostres de sòl analitzats a les tres zones donen a conèixer un problema de salinització puntal (baix cultiu) per l'increment de la CE i de Na (Taula 20). No obstant això, solament existeixen diferències significatives quant al paràmetre de la CE on es donen els valors més alts de CE, que és en els sòls de Son Ferriol. L'augment de la CE a la zona de baix cultiu pot tenir un efecte puntual en la planta per disminució de l'aportació de nutrients i per pèrdua d'aigua cap a la capa freàtica, provocant així una contaminació difusa per la tornada de l'aigua de reg, que pot estar carregada amb un alt contingut de sals i molt probablement de nutrients en un futur (N, P, etc.). En resum, entre els paràmetres químics analitzats la CE és un indicador clau a analitzar els canvis provocats en els sòls per la irrigació.

Un altre possible paràmetre indicador de la sostenibilitat del sòl és la respiració induïda. Observant les característiques biològiques de les tres zones analitzades, es pot comprovar que a Felanitx, que és la zona que presenta el contingut en matèria orgànica menor (1,89%), és on hi ha el valor més elevat de respiració (400,69 mg CO_2/kg sòl/d). Per contra a Son Ferriol, que és on hi haurà d'haver més respiració, degut al seu elevat contingut en matèria orgànica (2,41%), en aquest cas és la zona on la respiració induïda és menor (253,33 CO_2/kg sòl/d). Manacor per la seva banda, presenta valors mitjans en matèria orgànica (2,25%) i la respiració és molt semblant a la de Felanitx amb 347,185 mg CO_2/kg sòl/d. Aquest fet indica que encara que el sòl presenti bons valors nutritius (N, P, K...), la CE juga un paper importantíssim en el conjunt dels paràmetres fisicoquímics i biològics del sòl, i una forma de comprovar-ho és observant les activitats biològiques del sòl.

Per a detectar possibles relacions entre els diferents paràmetres fisicoquímics del sòl, i estudiar la seva repercussió en la sostenibilitat del sòl s'ha realitzat una anàlisi de correlacions que contraposa els paràmetres més representatius (Taula 33).

Taula 33. Correlacions estadístiques entre els paràmetres fisicoquímics més rellevant del sòl.

		CE	MO	N_{total}	P	$CaCO_3$	CA	NA	K	CIC	Argiles
pH	Correlació Pearson	-,600**	-,410**	-,358**	-,334**	-,027	-,132	-,394**	-,117	,046	,178
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,002	,004	,819	,270	,001	,328	,700	,356
	N	68	72	72	72	72	72	72	72	72	29
CE 1:5	Correlació Pearson		,534**	,533**	,191	,302*	,237	,796**	,034	-,334**	-,586**
	Sig. (bilateral)		,000	,000	,119	,012	,052	,000	,781	,005	,001
	N		68	68	68	68	68	68	68	68	27
MO	Correlació Pearson			,742**	,426**	,150	,215	,279*	,424**	,131	-,252
	Sig. (bilateral)			,000	,000	,210	,070	,018	,000	,273	,186
	N			72	72	72	72	72	72	72	29
N_{total}	Correlació Pearson				,452**	,164	,302**	,298*	,458**	,099	-,036
	Sig. (bilateral)				,000	,169	,010	,011	,000	,407	,853
	N				72	72	72	72	72	72	29
P	Correlació Pearson					-,051	,067	,035	,616**	,296*	,300
	Sig. (bilateral)					,673	,577	,770	,000	,012	,113
	N					72	72	72	72	72	29
$CaCO_3$	Correlació Pearson						,889**	-,064	-,375**	-,736**	-,667**
	Sig. (bilateral)						,000	,594	,001	,000	,000
	N						72	72	72	72	29
CA	Correlació Pearson							-,108	-,162	-,540**	-,470*
	Sig. (bilateral)							,366	,173	,000	,010
	N							72	72	72	29
NA	Correlació Pearson								-,059	-,094	-,464*
	Sig. (bilateral)								,623	,434	,011
	N								72	72	29
K	Correlació Pearson									,641**	,514**
	Sig. (bilateral)									,000	,004
	N									72	29
CIC	Correlació Pearson										,742**
	Sig. (bilateral)										,000
	N										29

**. La correlació és significativa al nivell de 0,01 (bilateral). *. La correlació és significativa al nivell 0,05 (bilateral).

El contingut en matèria orgànica, com és d'esperar, presenta relacions significatives positives respecte als percentatges dels tres macroelements: pel que fa al nitrogen total aquesta correlació mostra una *r* de 0,742, el potassi té un coeficient de correlació de 0,424 i el fòsfor disponible de 0,426. Per tant, en augmentar el contingut en matèria orgànica, s'estan incrementant els percentatges dels principals elements, indispensables per al desenvolupament de les plantes a la capa llaurable del sòl. Per altra banda s'observa la correlació positiva significativa entre el contingut de matèria orgànica i la CE (r=0,534). Aquest fet és contradictori, i l'explicació que es presenta és que a Son Ferriol hi ha una elevada CE acompanyada d'un alt contingut en matèria orgànica, mentre que a Felanitx i a Manacor, que és on la CE no és problemàtica, hi ha un contingut en matèria orgànica més baix.

5. Conclusions

A partir dels resultats obtinguts en aquest treball es conclou el següent:

Les tres zones analitzades (Son Ferriol, Felanitx i Manacor) són considerades terres fèrtils, on es pot dur a terme amb bons resultats l'activitat agrícola.

A Son Ferriol es troben alts continguts en matèria orgànica, que proporcionen bons nivells de NPK, indispensables per al desenvolupament de les plantes, que sumada a la textura franca, fa indicar que les bones característiques fisicoquímiques de la zona. Tot i això, s'han detectat elevats continguts en CE, que limiten aquesta activitat a cultius resistents a la salinitat.

Els sòls de Felanitx i Manacor pràcticament no presenten diferències. Al contrari de Son Ferriol, en aquest cas no s'han detectat problemes de salinitat. Encara que el contingut en matèria orgànica sigui menor a les dues zones, respecte a les de Son Ferriol, i els sòls presentin una textura més pesada, el fet no presentar problemes d'elevats continguts en sals, fan que aquestes terres siguin ideals per a desenvolupar l'activitat agrícola.

Les posicions de baix cultiu i entre carrer han mostrat diferències significatives en els paràmetres de la CE i el contingut en Na canviable, sobretot a la zona de Son Ferriol. Aquest fet demostra la problemàtica de l'acumulació de sals a la zona de baix cultiu.

Les aigües de reg analitzades es poden classificar com a aigües de baixa qualitat a Son Ferriol, i de qualitat tolerable a Felanitx i Manacor. Cal tenir en compte que en els tres casos existeix el risc de salinització del sòl, que s'accentua a la zona de Son Ferriol, on s'ha detectat un perill de salinització, aquests fets assenyalen que la CE del sòl ha de ser un paràmetre a controlar constantment, perquè és susceptible de veure incrementats fins a nivells que posin en perill l'estructura del sòl i que per tant, no siguin funcionals per a l'activitat agrícola. Quant als nitrats, tant Son Ferriol com Manacor presenten nivell alts, que poden suposar una avantatja per a l'agricultura, però manifesten un deteriorament de les masses d'aigua.

Els alts continguts en fòsfor disponible resultats de les tres zones estudiades, i la naturalesa altament calcària de l'illa, demostren una possible sobre fertilització amb productes rics en aquest element.

S'han detectat excessius continguts en sals a Son Ferriol que posen en perill l'estat de sostenibilitat del sòl.

La baixa activitat biològica present a Son Ferriol manifesta que la respiració induïda és un bon indicador de la salut de tots els paràmetres fisicoquímics i biològics de la capa llaurable del sòl.

Aquest treball convida a formar noves investigacions més exhaustives per a cercar estratègies de reg i pràctiques agrícoles que minimitzin la salinització per acumulació de sals a aquests sòls.

A més, aquest estudi fa una crida a les administracions públiques, tant agrària com de recursos hídrics per tal de treballar de manera conjunta cap a una sostenibilitat agrícola i una disminució de la petjada hídrica amb un menor impacte de la fertilització.

6. Referències bibliogràfiques

Brady, N.C. (1990). Making agriculture a sustainable industry. *Sustainable agricultural systems*, 20-32.

Buol, S.W.; Southard, R.J.; Graham, R.C.; McDaniel, P.A. (2011). *Soil genesis and classification*. (John Wiley & Sons, Ed.).

Candela, L.; Igel, W.; Von, Elorza, F.J.; Aronica, G. (2009). Impact assessment of combined climate and management scenarios on groundwater resources and associated wetland (Majorca , Spain), *Journal of Hydrology*, 376(3-4), 510-527.

Colombàs i Borràs, M. (2014). *Nivells d'elements traça i macroelements als sòls de les Illes Balears*. Universitat de les Illes Balears. (Doctoral dissertation, Tesi doctoral).

de la Horra Ruiz, J.L.; Comino, F.S.; Muñiz, J.J.C. (2008). *Estudio de los suelos del Campo de Calatrava (Ciudad Real) y sus condiciones de fertilidad* (Vol. 32.) Editorial CSIC-CSIC Press.

Demolón, A. (1965). *Principios de agronomía. traducción de la 5a edición francesa por José Pérez Malla.* (Omega. Barcelona., Ed.).

Dontsova, K.; Norton, L.D. (2001). Effects of exchangeable Ca: Mg ratio on soil clay flocculation, infiltration and erosion. *Sustaining the global Farm. Selected papers from the10th International Soil Conservation Organization Meeting (May 1999)*, 580-585.

Doran, J.W.; Parkin, T.B. (1994). Defining and assessing soil quality. *Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35.*, 1-21.

Eckert, D.J. (1987). Soil Test Interpretations: Basic Cation Saturation Ratios and Sufficiency Levels. *Soil testing: Sampling, correlation, calibration, and interpretation*, 53-64.

European Comission (2012). Aplicación de la Estrategia Temática para la Protección del Suelo y actividades en curso.

Fondo Social Europeo (2007). Fichero de gestión del agua, 1-140.

Forbes, A.C. (1928). Quality of Soil in Relation to Food and Timber Supply. *Nature*, *122*, 54. Recuperat de http://dx.doi.org/10.1038/122054b0

Guigou, B. (1985). Cultivar (spècial sols ets sous-sols). *Les constituants, 185 pp*, 10-15.

IUSS Working Group (2006). *World reference base for soil resources 2006*. *World Soil Resources Reports, 103*. FAO, Rome.

Jenkinson, D.S.; Powlson, D.S. (1976). The effects of biocidal treatments on metabolism in soil I. Fumigation with chloroform. *Soil Biology and Biochemistry*, *8*(3), 167-177.

Jones, A.; Panagos, P.; Barcelo, S.; Bouraoui, F.; Bosco, C.; Dewitte, O.; Montanarella, L. (2012). The state of soil in Europe-a contribution of the jrc to the European environment agency's environment state and outlook report–soer 2010.

Llei 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. BOE núm 96, de 22 d'abril de 1998. 13 pgs

Llei 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental. BOE núm. 255, de 24 de octubre de 2007. 22 pgs.

Llei 22/2011, de 28 de juliol, de Residus i Sòls Contaminats. BOE núm. 181, de 29 de juliol de 2011. 53 pgs

Llei 21/2013, de 9 de desembre, d'Avaluació Ambiental. BOE núm. 296, de 11 de desembre de 2013. 74 pgs

Llei 12/2016, d'Avaluació Ambiental de les Illes Balears. BOIB núm. 106, de 20 d'agost de 2016. 44 pgs

Mañas, F.M.D.S.O. (2005). *Agua y agronomia*. Ediciones Mundi-Prensa.

Perez, A.B.; Trujillo, I.; Jerez, F.G.; Angulo, D. (1983). Estudio sobre el Mal de Panamá en las Islas Canarias. *Fruits*.

Porta, C.J.; Lopez-Acevedo, M. (2006). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Ediciones Mindi-Prensa. Madrid.

Reial Decret 9/2005 pel qual s'estableix la relació d'activitats potencialment contaminants del sòl i els criteris i estàndards per a la declaració de sòls contaminats. BOE núm. 15, de 14 de gener de 2005.

Reial Decret 1310/1990 pel qual es regula la utilització de llots de depuradora en el sector agrari. BOE núm. 262, 29 d'octubre 1990.

Rémy, J.C. (1985). Conséquences agronomiques. Cultivar (dossier analyse), 184 pp, 119-122.

Saña, J.; Moré, J.C.; Cohí, A. (1985). *La gestión de la fertilidad de los suelos (I): el análisis de suelos, base de la gestión de la fertilidad. Riegos y drenajes, XXI 2 (8)*, 41-45.

Sastre-Conde, I.; Carmen Lobo, M.; Icela Beltrán-Hernández, R.; Poggi-Varaldo, H.M. (2015). Remediation of saline soils by a two-step process: Washing and amendment with sludge. *Geoderma*, *247-248*, 140-150.

Schulte, E.E.; Kelling, K.A. (1985). Soil Calcium to Magnesium Ratios — Should you be concerned? What is a Ca:Mg ratio? *University of Wisconsin-Extension, 2986.*

SEMILLA (2017). Estadístiques bàsiques de l'agricultura, la ramaderia i la pesca a les Illes Balears.

Vilaseca, J.S.; Ramos, J.C.M.; Ramón, A.C. (1996). *La gestión de la fertilidad de los suelos: fundamentos para la interpretación de los análisis de suelos y la recomendación de abonados*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperat de https://books.google.es/books?id=vYmhPQAACAAJ

Wolf, B. (1982). An improved universal extracting solution and its use for diagnosing soil fertility. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *13*(12), 1005-1033.

Zhang, X., Guo, Q., Shen, X., Yu, S., & Qiu, G. (2015). Water quality, agriculture and food safety in China: Current situation, trends, interdependencies, and management. *Journal of Integrative Agriculture*, *14*, 2365-2379.

Referències biogràfiques dels annexes

Balland, D. (1984) Fertilisation phosphatée et potassique des cultures. Inst. *Tech. Cereales et des Fourrages.*

Cescas, M.P. (1978) Table interprétative de la mesure du pH des sols du Québec par quatre métodes différentes. *Naturaliste candien*. 105: 259-263.

Cros S.A. (1983) Manual de suelos, vegetales y aguas de riego. *Servicio agronómico* (Citat per Saña i col., 1996).

CRS Servicios (2006) Tabla de interpretación de aguas de riego. Ensayos y validaciones. S.L.L. Úbeda, Jaén.

Gagnard, J.; Huguet, C.; Roser, J.P. (1988) L'analyse du sol et du végétal dans la coduite de la fertilization: le contrôle de la qualité des fruits. *Org. Int. Lutte Biologique et Intégrée.*

Jiménez, J. Y. (1989). Análisis de suelos y su interpretación. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros,* (49), 75-89.

Junta de Extremadura (1992) Interpretación de análisis de suelo, foliar y agua de riego. *Consejo de abonado.* Junta de Extremadura. Consejería de Agricultura y Comercio i Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Legaz, F.; Primo-Millo, E. (1988) Normas para la fertilización de los agrios. Conselleria d'Agricultura i Pesca. *Generalitat Valenciana.* Valencia.

López Ritas, J.; López Mélida, J. (1978) El diagnóstico de suelos y plantas. Ed. MundiPrensa. Madrid.

Porta, J. (1986) Técnicas y experimentos en edafología. *Col.legi Oficial d'Enginyers Agrònoms de Catalunya*. Barcelona.

Saña, J.; Moré, J.C.; Cohí, A. (1996) La gestión de la fertilidad de los suelos. *Fundamentos para la interpretación de los análisis de suelos y la recomendación de abonado.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

Villalbí, I.; Vidal, M. (1988) *Anàlisis de sòls i foliars: Interpretació i fertilització.* Fundació Caixa de Pensions. Barcelona.

7. Annexes

Annex I. Criteris d'interpretació per als paràmetres fisicoquímics del sòl.

Textura

Taula I. Criteris d'interpretació per a la textura.

Grups texturals (USDA)	Qualificació
Arenosa Areno-llimosa Franco-arenosa	Lleugera, gruixada o arenosa
Franca Franco-argilo-arenosa Franco-llimosa Llimosa Argilo-arenosa	Equilibrada o franca
Franca-argilosa Franco-argilo-llimosa Argilo-llimosa Argilosa	Pesada, fina o argilosa

Modificat a partir de López Ritas i López Mélida (1978).

- **Capacitat de camp**

La capacitat de camp està directament relacionat amb els paràmetres de la textura, la matèria orgànica i la porositat. Nivells elevats, com per exemple el 35%, posen de manifest un alt contingut d'argiles i/o matèria orgànica. Textures gruixades i pobres en matèria orgànica presenten valors baixos (inferiors al 20%).

És important tenir en compte que, igual que succeeix amb el punt de marciment permanent, els elements gruixats no aporten a aquest valor.

- **Punt de marciment permanent**

En aquest cas, a diferència de la capacitat de camp, el punt de marciment permanent, es troba directament relacionat tan sols amb la textura i la matèria orgànica. A partir de valors a prop del 20% es tradueixen en un alt contingut d'argiles i/o matèria orgànica. Per altra banda, valors inferiors al 10% solen presentar textures gruixades i pobres en matèria orgànica.

- Aigua útil

Taula II. Criteris d'interpretació per a l'aigua útil

Aigua útil (%)	Qualificatiu
< 5	Molt baixa
5 - 8	Baixa
8 - 12	Mitjana
12 - 15	Alta
>15	Molt alta

- pH

Taula III. Criteris d'interpretació per al pH

pH	Qualificatiu
< 4,5	Extremadament àcid
4,5 - 5,0	Molt fortament àcid
5,0 - 5,5	Fortament àcid
5,5 - 6,0	Mitjanament àcid
6,0 - 6,6	Lleugerament àcid
6,6 - 7,3	Neutre
7,3 - 7,8	Mitjanament bàsic
7,8 - 8,5	Moderadament bàsic
8,5 - 9,0	Lleugerament alcalí
9,0-10,0	Alcalí
> 10	Fortament alcalí

Interpretació d'acord als criteris USDA (Cescas, 1978; Porta i col., 1986).

- Conductivitat elèctrica 1:5 i extracte de pasta saturada

Taula IV. Criteris d'interpretació per a la conductivitat elèctrica 1:5 i de la pasta saturada

CE 1:5 (dS/m)	CE eps	Qualificatiu
< 0,35	<2	No salí
0,35 – 0,65	2 - 4	Lleugerament salí
0,65 – 1,15	4 - 8	Salí
> 1,15	8 – 16	Molt salí

Interpretació d'acord a Cros (1983).

- Matèria orgànica

Taula V34. Criteris d'interpretació per a la matèria orgànica

Matèria orgànica (%)	Textura	Qualificació
< 0,4	Lleugera	
< 0,6	Equilibrada	Molt baix
< 0,8	Pesada	
0,4 - 0,8	Lleugera	
0,6 - 1,2	Equilibrada	Baix
0,8 - 1,6	Pesada	
0,8 - 1,5	Lleugera	
1,2 - 2,0	Equilibrada	Mitjà
1,6 - 2,5	Pesada	
1,5 - 2,0	Lleugera	
2,0 - 3,0	Equilibrada	Alt
2,5 - 3,5	Pesada	
> 2,0	Lleugera	
> 3,0	Equilibrada	Molt alt
> 3,5	Pesada	

Modificat a partir de Legaz i Primo Millo (1988).

- Nitrogen total

Taula VI. Criteris d'interpretació per al Nitrogen total

Nitrogen total (%)	Qualificació
< 0,05	Molt baix
0,05 - 0,10	Baix
0,10 - 0,20	Mitjà
0,20 - 0,40	Alt
> 0,40	Molt alt

Font: Junta de Extremadura (1992).

- Relació carboni nitrogen

Taula VII. Criteris d'interpretació de la relació carboni nitrogen

Relació C/N	Qualificació (Alliberació de N)
< 8	Excessiva
8 - 10	Elevada
10 - 12	Normal
12 - 15	Baixa
> 15	Molt baixa

Modificat a partir de Junta de Extremadura (1992).

- Fòsfor assimilable

Taula VIII. Criteris d'interpretació per al Fòsfor assimilable

Fòsfor assimilable (augmentar 125-150%)	Textura	Qualificació
< 4	Lleugera	
< 6	Equilibrada	Molt baix
< 8	Pesada	
4-8	Lleugera	
6-12	Equilibrada	Baix
8-16	Pesada	
8-12	Lleugera	
12-18	Equilibrada	Mitjà
16-24	Pesada	
12-20	Lleugera	
18-30	Equilibrada	Alt
24-40	Pesada	
> 20	Lleugera	
> 30	Equilibrada	Molt alt
> 40	Pesada	

Font: Junta de Extremadura (1992).

- Carbonat càlcic

Taula IX. Criteris d'interpretació per al carbonat càlcic

Carbonats (%)	Qualificació
0	No calcaris
0 - 2	Molt poc calcaris
2 - 10	Poc calcaris
10 - 25	Mitjanament calcaris
> 25	Molt calcaris

Font: Escala típica a Espanya (Jiménez, 1989).

- Calcària activa

Taula X35. Criteris d'interpretació per a la calcària activa

Calcària activa (%)	Qualificació
0 - 6	Baix
6 - 9	Mitjà
> 9	Elevat

Font: Junta de Extremadura (1992).

- Capacitat d'intercanvi catiònic

Taula XI. Criteris d'interpretació de la capacitat d'intercanvi catiònic

CIC (meq/100 g)	Qualificació
< 6	Molt baix
6 - 10	Baix
10 - 20	Mitjà
20 - 30	Alt
> 30	Molt alt

Elaborat a partir de distintes fonts (Balland, 1984; Gagnard i col., 1988).

- Calci canviable

Taula XII Criteris d'interpretació per al Calci canviable

Calci canviable (meq/100 g)	Qualificació
< 3,5	Molt baix
3,5 - 10	Baix
10 - 20	Alt
> 30	Molt alt

Font: Cros S.A. Citat a Villalbí i Vidal (1988).

- Magnesi canviable

Taula XIII. Criteris d'interpretació del Magnesi canviable

Magnesi canviable (meq/100 g)	Textura	Qualificació
< 0,4	Lleugera	
< 0,5	Equilibrada	Molt baix
< 0,6	Pesada	
0,4 - 1,2	Lleugera	
0,5 - 1,4	Equilibrada	Baix
0,6 - 1,5	Pesada	
1,2 - 2,0	Lleugera	
1,4 - 2,3	Equilibrada	Mitjà
1,5 - 2,5	Pesada	
2,0 - 2,8	Lleugera	
2,3 - 3,2	Equilibrada	Alt
2,5 - 3,5	Pesada	
> 2,8	Lleugera	
> 3,2	Equilibrada	Molt alt
> 3,5	Pesada	

Elaborat a partir de Junta de Extremadura (1992).

- Sodi canviable

Taula XIV. Criteris d'interpretació per al Sodi canviable

Sodi canviable (meq/100 g)	Qualificació
< 0,3	Molt baix
0,3 - 0,6	Baix
0,6 - 1,0	Mitjà
1,0 - 1,5	Alt
> 1,5	Molt alt

Font: Junta de Extremadura (1992).

- Potassi canviable

Taula XV. Criteris d'interpretació del Potassi canviable

Potassi canviable (meq/100 g)	Textura	Qualificació
< 0,15	Lleugera	
< 0,20	Equilibrada	Molt baix
< 0,25	Pesada	
0,15 - 0,30	Lleugera	
0,20 - 0,40	Equilibrada	Baix
0,25 - 0,50	Pesada	
0,30-0,45	Lleugera	
0,40-0,60	Equilibrada	Mitjà
0,50-0,75	Pesada	
0,45-0,75	Lleugera	
0,60-1,00	Equilibrada	Alt
0,76-1,25	Pesada	
> 0,76	Lleugera	
> 1,00	Equilibrada	Molt alt
> 1,25	Pesada	

Font: Junta de Extremadura (1992).

Annex II. Criteris d'interpretació per als paràmetres de l'aigua de reg.

Taula I. Criteris d'interpretació dels paràmetres analitzats en l'aigua de reg.

		Sense risc	Amb rics	Amb perill	Problemes
pH		<7	7 - 8	>8	Precipitació i corrosió
CE	dS/m	<1	1 - 1,58	>1,35	Salinitat
Cl-	mg/l	<140	140 - 375	>375	Toxicitat
CO_3^{2-}	mg/l	<10	10 - 20	>20	Obstrucció
NO_3^{2-}	mg/l	<50	50 - 100	>100	Contaminació
SO_4^{2-}	mg/l	600	600 - 900	>900	Toxicitat. Deficiència de N
K^+	meq/l			>100	
Na^+	meq/l	<3	3 - 13	>13	Toxicitat
Ca^{2+}	meq/l	<1,25	1,25 - 6,25	>6,25	Obstrucció
Mg^{2+}	meq/l			>5	Obstrucció
RAS		<5	5 - 10	>10	Degradació del sòl

Font: CSR Servicios, 2006.

Taula II. Característiques de l'aigua de reg des de el punt de vista de la fertilitat del sòl (Riverside)

Tipus	Qualitat
C1	Aigua de baixa salinitat, apta per al reg en tots els casos. Tan sols poden aparèixer problemes a sòls amb molt baixa permeabilitat.
C2	Aigua de salinitat mitjana, apta per al reg. En alguns casos és necessari utilitzar cultius tolerants a la salinitat i utilitzar volums d'aigua en excés (rentat de sals).
C3	Aigua de salinitat alta, apta per al reg en sòls amb un bon drenatge. S'han d'utilitzar cultius tolerants a la salinitat i regar amb volums d'aigua en excés (rentat de sals).
C4	Aigua de salinitat molt alta, en molts de casos no apta per al reg. Tan sols es poden utilitzar en sòls molt permeables y amb un bon drenatge, utilitzant cultius molt tolerants a la salinitat i regar amb volums d'aigua en excés (rentat de sals).
C5	Aigua de salinitat excessiva. Tan sols es pot utilitzar en casos molt específics, extremant totes les precaucions (MIRAR ARTICULO).
C6	Aigua de salinitat excessiva, no apta per al reg.
S1	Aigua amb baix contingut en Sodi, apta per al reg en la majoria dels casos. Tan sols pot presentar problemes amb cultius molt sensibles al Sodi.
S2	Aigua amb un contingut mitjà de Sodi, amb cert perill d'acumulació de Sodi al sòl, sobretot a sòls de textura fina (argilosos i franco-argilosos) i de baixa permeabilitat. S'han de vigilar les condicions físiques del sòl i especialment el nivell de Soci canviable i corregir-ho si és necessari.
S3	Aigua amb un alt contingut de Sodi, amb un gran perill d'acumulació de Sodi al sòl. Són aconsellables les aportacions de matèria orgànica i la utilització de guix per a corregir l'excés de sodi al sòl. És necessari un bon drenatge regar amb volums d'aigua en excés (rentat de sals).
S4	Aigua amb un contingut molt elevat de Sodi. No és aconsellable per al reg en general, tan sols en el cas de baixa salinitat i amb mesures de precaució