



Universitat de les Illes Balears

Escola Politècnica Superior

Memòria del Treball Fi de Grau

**PRODUCCIÓ DE BIOMASSA DE DIFERENTS
GENOTIPS DE GRAMÍNIES PERENNES
MEDITERRÀNIES PER A PRODUCCIÓ DE
BIOCOMBUSTIBLES DE SEGONA GENERACIÓ**

Jaume Serra Riera

Grau d'Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural

Any acadèmic 2017-18

DNI de l'alumne: 18227239S

Treball tutelat per **Josep Cifre Llompart** i **Javier Gulías León**

Departament de Biologia

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	
	Si	No	Si	No
	X		X	

Paraules clau del treball: biomassa, gramínies, *Dactylis*, *Festuca*, *Oryzopsis*, *Arundo*, *Ampelodesmos* i switchgrass.

PRODUCCIÓ DE BIOMASSA DE DIFERENTS
GENOTIPS DE GRAMÍNIES PERENNES
MEDITERRÀNIES PER A PRODUCCIÓ DE
BIOCOMBUSTIBLES DE SEGONA GENERACIÓ

Universitat de les Illes Balears

Grau d'Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural

Tutors: Cifre Llompart, Josep i Gulías León, Javier

Autor: Serra Riera, Jaume

AGRAÏMENTS:

Durant tota la meua etapa de joventut ma mare va ser una influència molt grossa, la qual em va recolzar en els estudis i gràcies a ella soc la persona en que m'he convertit avui dia. Gràcies a ella vaig assolir els estudis de formació professional de grau superior i els estudis de COU. A partir d'aquí, per a seguir amb els estudis havia d'anar-me'n a fora de Mallorca i la família estirava molt. L'etapa dels estudis es paralitzava i el somni de ser enginyer agrònom també.

Tretze anys després de deixar els estudis i amb una nova família formada vaig poder seguir amb els estudis i poder complir el somni de ser enginyer. Tot aquest esforç no seria possible sense l'ajuda de la meua dona Antònia, la qual ha hagut de fer un gran esforç cuidant la nostra filla Caterina mentre jo em dedicava als estudis. Per altra banda, la motivació i recolzament de la meua família ha fet possible que dugués endavant aquest somni. A més, no em vull oblidar de Joana Corrales pel seu esforç, dedicació i il·lusió que ha dipositat en ajudar-me amb aquesta tasca.

Tot i això, no vull deixar de banda els meus companys de carrera que m'han ajudat i col·laborat en molts moments. Amb ells he pogut realitzar treballs que m'han format i han millorat les meves capacitats d'aprenentatge. A en Miquel Llompart, col·laborador en el projecte i molt bon amic amb el qual he realitzat moltíssimes feines i amb qui he dedicat molt de temps lluitant per aconseguir aquest somni, a en Miquel Angel, Eros Francisco, Domènech, i molts més que m'han ajudat i que podria escriure molts fulls només amb els noms.

A part de tots els companys anteriors no em vull deixar a n'Àlex Monferrer, el qual va dissenyar, plantar i fer la feina feixuga durant els dos primers anys de l'estudi. A més, em va ajudar al principi ensenyant-me les feines que havia de desenvolupar amb una gran precisió. Moltes gràcies per tot Àlex.

A més, no vull deixar de banda cap professor d'aquesta carrera, en especial als meus tutors Josep Cifre i Javier Gulias, Jaume Vadell, Josefina Bota, Juanjo, Joan Rosselló, Juan Andreu, Diego Olmo i molts altres que malgrat no els anomeni els duc a dins amb els seus coneixements. Sense ells la carrera no seria possible. Gràcies a tots.

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ.....	1
1.1. Context de l'energia mundial	1
1.2. Biocombustibles	3
1.2.1. Biocombustibles de primera generació (1 G).....	4
1.2.2. Biocombustibles de segona generació (2 G)	5
1.2.3. Biocombustibles de tercera generació (3 G).....	6
1.3. Paràmetres de la qualitat de la biomassa lignocel·lulòsica.....	7
1.4. Programa OPTIMA (9).....	8
2. Objectius.....	11
3. Material i mètodes	12
3.1. Descripció del sòl del camp experimental de Can Cortés	12
3.2. Descripció de les espècies vegetals emprades	13
3.2.1. <i>Dactylis glomerata</i> L.	13
3.2.2. <i>Festuca arundinacea</i>	13
3.2.3 <i>Piptatherum miliaceum</i> L.	13
3.2.4. <i>Ampelodesmos mauritanica</i> L.	14
3.2.5. <i>Arundo donax</i> L.	14
3.2.6. <i>Panicum virgatum</i> L.	15
3.3 Recollida de mostres.....	16
3.4 Llavors	16
3.4.1 Tria i selecció.....	16
3.4.3 Preparació de sembra, seguiment i manteniment	17
3.6 Camp Experimental	18
3.6.1 Disseny experimental	18

3.6.2	Trasplantament	20
3.6.3	Variables mesurades	21
3.6.3.3.	<i>Variables de planta</i>	24
3.7.	Anàlisi estadístic.....	26
4.	Resultats i discussió.....	27
4.1	Mesura de variables climàtiques.....	27
4.2.	Mesura de variables d'aigua	29
4.2.1.	Mitjana de les mesures de conductància estomàtica	29
4.2.2.	Mostra de sòl	32
4.3.	Variables de planta	34
4.3.1.	Estats fenològics	34
4.3.2.	Biomassa fresca i seca	37
4.3.3.	Número de fillols per planta	40
4.3.4.	Plantes rebrotades	43
6.	Variables de qualitat	45
7.	Conclusions	48
9.	Bibliografia.....	50
10.	Annexes	54
10.1.	Annex I: Seguiment complet dels cicles i mesures realitzades a l'experiment .	54
10.2.	Annex II: % d'humitat dels diferents cultius.....	61
10.3.	Rendiment productiu dels cultius de Can Cortés.....	61
10.4.	Annex III: Rendiment productiu d' <i>Arundo donax</i> en condicions de salinitat (27)	62
10.5.	Annex IV: Rendiment productiu d' <i>Arundo donax</i> en condicions de reg d'aigües residuals urbanes (26).....	62
10.6.	Seguiment fotogràfic de l'experiment	63

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Propietats físico-químiques del sòl de Can Cortés a dia 30/10/ 2013.	12
Taula 2. Nombre de llavors sembrades de les espècies de l'experiment i la seva procedència.	16
Taula 3. Percentatge de llavors germinades per cada espècie i població.	17
Taula 4. Distribució de les espècies a l'experiment. Llegenda: D.= Dactylis, Or.= Oryzopsis.	19
Taula 5. Distribució de les espècies a l'experiment. Llegenda: A.= Arundo, Amp.= Ampelodesmos, P. = Panicum.....	20
Taula 6. Variables climàtiques durant tot l'experiment per cicles.	22
Taula 7. Estats fenològics per a gramínies farratgeres segons Baggiolini.	24
Taula 8. Dates dels recomptes del número de fillols dels cinc cicles de l'experiment. .	26
Taula 9. Valors de biomassa fresca i seca dels cinc cicles del cultiu. Es mostren les mitges de 12 rèpliques + l'error estàndar. Superíndex diferents ($p < 0,05$) indiquen diferències significatives entre espècies o varietats dins d'un mateix cicle de cultiu. ...	37
Taula 10. Analítiques del laboratori IBABSA respecte a MS = matèria seca, FB = fibra bruta, FAD = fibra àcid detergent, FND = fibra neutro detergent, Cel•lulosa, Hemicel•lulosa i Lignina del cicle 2.....	45
Taula 11. Analítiques del laboratori IBABSA respecte a MS = matèria seca, FB = fibra bruta, FAD = fibra àcid detergent, FND = fibra neutro detergent, Cel•lulosa, Hemicel•lulosa i Lignina del cicle 4.....	46
Taula 12. Cicles, activitats i dates del seguiment de l'experiment.	54
Taula 13. % d'aigua dels diferents cultius al llarg dels cinc cicles de l'experiment.	61
Taula 14. Rendiment en matèria seca (Tn/ha) dels cultius.....	61
Taula 15. Rendiments en matèria fresca i seca en condicions de salinitat. (27)	62
Taula 16. Rendiments en matèria fresca i seca en condicions d'aigües residuals urbanes. (26)	62

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Safates del planter	18
Figura 2. Mesura de transpiració en unitats de $\text{mmol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ mitjançant poròmetre. 23	
Figura 3. Mitjana de pluja i temperatura des de la setmana 1 (25/02/2013) fins la setmana 264 (21/12/2017)	27
Figura 4. Mitjana de les mesures de conductància estomàtica des del 14/10/2013 fins el 11/03/2015	29
Figura 5. % d'humitat al sòl (p/p) de Can Cortés des del 05/10/2013 fins el 31/07/2016	32
Figura 6. Estats fenològics dels cultius des del 30/02/2013 fins al 11/07/2016.....	34
Figura 7. Mitjana + error estàndar del número de fillols dels 4 plots per espècie i cicle des de l'inici fins al final del cicle 5.....	40
Figura 8. Evolució de la tendència del rebrotament al llarg dels cinc cicles del cultiu..	43
Figura 9. Estat dels cultius a dia 13/11/2014.....	63
Figura 10. Estat dels cultius a dia 08/04/2015.....	63
Figura 11. Estat dels cultius a dia 14/04/2015.....	64
Figura 12. Estat dels cultius a dia 23/04/2015.....	64
Figura 13. Estat dels cultius a dia 29/05/2015.....	65
Figura 14. Estat dels cultius a dia 30/06/2015.....	65
Figura 15. Estat dels cultius a dia 17/07/2015.....	66
Figura 16. Estat dels cultius a dia 09/10/2015.....	66
Figura 17. Estat dels cultius a dia 25/02/2016.....	67
Figura 18. Estat dels cultius a dia 28/07/2016.....	67
Figura 19. Estat dels cultius a dia 28/07/2016.....	68
Figura 20. Estat dels cultius a dia 16/09/2016.....	68

RESUM

Producció de biomassa de diferents genotips de gramínies perennes mediterrànies per a producció de biocombustibles:

Gràcies al Projecte OPTIMA (Optimization of Perennial Grasses for Biomass Production) i amb el suport de la Universitat de les Illes Balears s'estudiaren les diferències de biomassa de *Dactylis glomerata* (dues subespècies i una varietat comercial), *Festuca arundinacea* (una varietat comercial), *Piptatherum miliaceum* (dues subespècies), *Ampelodesmos mauritanica* (una subespècie), *Arundo donax* (una subespècie) i *Panicum virgatum* cv Alamo.

S'avaluaren els paràmetres de Biomassa Seca (BS a partir d'ara) de cinc cicles de cultiu complets. Al primer cicle els més productius foren les subespècies de *Piptatherum miliaceum* (7,71 Tn/ha i 2,88 Tn/ha), al segon cicle donaren com a major producció *Piptatherum miliaceum* i *Arundo donax* (13,35 Tn/ha i 11,55 Tn/ha), al tercer cicle donaren com a major producció *Arundo donax* i *Piptatherum miliaceum* (21,09 Tn/ha i 14,99 Tn/ha), al quart cicle donaren com a major producció *Arundo donax* i *Panicum virgatum* (32,65 Tn/ha i 15,10 Tn/ha) i al cinquè cicle *Arundo donax* i *Ampelodesmos mauritanica* (33,08 Tn/ha i 5,87 Tn/ha).

En producció de fillols/planta al primer cicle destacaven les dues subespècies *Piptatherum miliaceum*, a finals del segon cicle el gènere *Dactylis glomerata*, al tercer cicle l'espècie *Panicum virgatum*, al quart i cinquè cicle l'espècie *Ampelodesmos mauritanica* seguida de *Panicum virgatum*. En quant a rebrotament destacà l'espècie *Arundo donax* amb el 100% del rebrotament tenint en compte el seu caràcter invasiu.

Les variables de qualitat referents a cel·lulosa del segon tall revelaren que *Panicum virgatum* i *Arundo donax* eren els més productors, però al quart tall els millors foren *Festuca arundinacea* i *Dactylis glomerata*. En quant a hemicel·lulosa al segon tall fou *Piptatherum miliaceum* i al quart tall fou *Arundo donax*. Finalment, el millor productor de lignina al tall 2 va ser *Arundo donax* i al tall 4 el millor fou *Oryzopsis*.

Paraules clau: biomassa, gramínies, *Dactylis*, *Festuca*, *Piptatherum*, *Arundo*, *Ampelodesmos* i switchgrass.

SUMMARY

Production of biomass of different genomes of Mediterranean perennial gramineae for the production of biofuels:

Thanks to the OPTIMA Project (Optimization of Perennial Grasses for Biomass Production) and with the support of the University of the Balearic Islands, the differences in the biomass of *Dactylis glomerata* (two subspecies and a commercial variety), *Festuca arundinacea* (a commercial variety), *Piptatherum miliaceum* (two subspecies), *Ampelodesmos mauritanica* (a subspecies), *Arundo donax* (a subspecies) and *Panicum virgatum* cv Alamo were studied.

The parameters of dry biomass of five complete crop cycles were evaluated. In the first cycle, the most productive were *Piptatherum miliaceum* subspecies (7,71 Tn/ha and 2,88 Tn/ha), while in the second cycle they gave *Piptatherum miliaceum* and *Arundo donax* as major production (13,35 Tn/ha and 11,55 Tn/ha), in the third cycle they gave as the largest production *Arundo donax* and *Piptatherum miliaceum* (21,09 Tn/ha and 14,99 Tn/ha), in the fourth cycle they produced the largest production *Arundo donax* and *Panicum virgatum* (32,65 Tn/ha and 15,10 Tn/ha) and in the fifth cycle *Arundo donax* and *Ampelodesmos mauritanica* (33,08 Tn/ha and 5,87 Tn/ha).

In the production of shoots/plant in the first cycle, the two subspecies of *Piptatherum miliaceum* stood out, at the end of the second cycle, the genus *Dactylis glomerata*, in the third cycle the species *Panicum virgatum*, in the fourth and fifth cycle the species *Ampelodesmos mauritanica* followed by *Panicum virgatum*. As far as the population of *Arundo donax* is noteworthy with a 100% of the rebounds taking into account its invasive nature.

The quality variables referring to cellulose in the second section revealed that *Panicum virgatum* and *Arundo donax* were the most producers, but in the fourth installment the best ones were *Festuca arundinacea* and *Dactylis glomerata*. As for hemicellulose in the second cut was *Piptatherum miliaceum* and in fourth place was *Arundo donax*. Finally, the best producer of lignin in court 2 was *Arundo donax* and at court 4 the best was

Oryzopsis.

Keywords: biomass, gramineae, *Dactylis*, *Festuca*, *Piptatherum*, *Arundo*, *Ampelodesmos* and switchgrass.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Context de l'energia mundial

El subministrament actual d'energia mundial està basat en recursos que procedeixen en la seva majoria (quasi un 80%) de combustibles fòssils: petroli, carbó i gas natural, la qual cosa conforma un sistema energètic, les característiques del qual genera problemes. Aproximadament la tercera part de la energia primària es destina a la producció d'electricitat, encara que en termes d'energia consumida representa només el 12% del total (1).

Això significa que es va produint un esgotament dels combustibles fòssils. El ritme de consum es tal que en un any la humanitat consumeix el que la naturalesa tarda un milió d'anys en produir. Les previsions més òptimistes estimen que d'aquí a 100 anys les reserves de petroli estaran esgotades (1).

Un altre problema que es genera amb els combustibles fòssils és la pluja àcida produïda per la combustió, la qual allibera gran quantitat d'òxids de sofre i nitrogen que reaccionen amb el radical OH a l'atmosfera, i precipiten en forma d'àcids, els quals danyen la vegetació, accelera la contaminació de la terra i aigua, corroeix edificis, estructures metàl·liques, etc. (1).

Un altre factor a tenir en compte és l'efecte hivernacle, provocat majoritàriament per el CO₂ que provoquen les combustions alliberades a l'atmosfera. La concentració de CO₂ s'ha duplicat des dels principis del segle XX fins a dia d'avui i, de continuar amb l'actual consum de combustibles fòssils, es duplicarà a mitjans de segle XXI (1).

Com a contrapartida a aquests combustibles fòssils i a la seva contaminació per alliberació creixent de gasos d'efecte hivernacle es proposen alternatives com són les energies renovables, recursos que es recarreguen al mateix ritme que es consumeixen (2).

Un dels avantatges principals de les energies renovables respecte a les no renovables és la seva disposició. Els combustibles fòssils estan repartits en zones geogràfiques molt determinades i a l'abast d'uns pocs, mentre que les diferents energies renovables es

generen des de qualsevol punt. Les renovables es poden obtenir del sol, la gravetat, la rotació de la Terra o de la seva calor interna, cosa que fa que el seu impacte mediambiental i social sigui menor que el de les no renovables gràcies a la seva disponibilitat(1). L'estimació de producció energètica de biocombustibles a Mèxic, segons l'Agència Internacional d'Energia (AIE) per a l'any 2050, es preveu que sigui de 45 EJ (exajoules) per el bioetanol, 20 EJ per el biodiesel i per el potencial global de la producció de biomassa serà entre 100 – 200 EJ (6).

Degut al fort increment de la demanda energètica que s'espera en els pròxims anys, provocada per l'augment de població mundial i sobretot dels hàbits de consum dels països desenvolupats, es preveu un esgotament progressiu dels recursos fòssils (carbó, gas natural i petroli) que ja està generant una desestabilització mediambiental, social i econòmica. Assolir nivells òptims d'estalvi energètic allargaria, en gran mesura, la durabilitat dels recursos fòssils. Una via que encara faria millorar aquests seria l'ús d'energies renovables, pel qual és important dirigir la investigació i la tecnologia cap a la transformació de l'energia primària en energia útil (1).

Segons l'Agència Europea del Medi Ambient, en *La valoració sobre l'estimació del potencial de la bioenergia de l'agricultura compatible amb el medi ambient* (3), encara manquen molts d'estudis per poder treure conclusions clares sobre els seus impactes en el medi ambient. Un dels punts claus és el procés de conversió de la bioenergia, que consisteix a mesurar quina energia s'inverteix per produir i transformar la matèria viva i quina energia (elèctrica, tèrmica, etc.) se n'obté d'aquesta matèria. Per tant, el procés utilitzat en la transformació és clau per afavorir la conveniència o no del cultiu utilitzat respecte a l'eficiència en l'estalvi energètic i en la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle.

La base d'aquest estudi (3), referent als cultius bio-energètics, passa perquè l'augment de la producció de biomassa només és acceptable si no exerceix pressions addicionals sobre el medi ambient. I també ha d'afegir millores en la biodiversitat de les zones agrícoles intensives, on alguns cultius de biomassa podrien ajudar a incrementar la diversitat paisatgística.

En l'actualitat del context mundial de la bioenergia trobem producció d'etanol als Estats Units (a partir d'ara EE.UU.) provinent de midó del blat de moro i al Brasil amb la canya de sucre i producció de biodiesel a Europa a partir de l'oli de colza. A més, hi ha programes per aconseguir etanol cel·lulòsic a partir de residus i rebuig de pastures agrícoles i de sistemes silvícoles, però encara no s'han fet gaires estudis sobre l'eficiència d'aquests nous sistemes de producció d'energia (4).

1.2. Biocombustibles

Els biocombustibles són aquells materials que poden ser utilitzats com a font d'energia i que s'obtenen mitjançant diverses transformacions biològiques de la biomassa, matèria orgànica renovable d'origen animal o vegetal (5).

Es poden trobar en diferents estats:

- **Sòlid:** combustió directa de la biomassa.
- **Gasos:** obtenció de metà o biogàs a partir de la digestió anaeròbica de microorganismes presents junt amb la biomassa a un recipient tancat.
- **Líquid:** a partir de matèries primeres de plantes i utilitzant processos enzimàtics, transformacions químiques o processos de fermentació.

Diferents estudis consultats (2, 5 i 6) posen en comú que, el balanç energètic dels biocombustibles és desfavorable respecte els combustibles fòssils si es té en compte la totalitat del conjunt de la cadena de producció. A més, el gran requeriment de fertilitzants nitrogenats faria que la reducció d'emissió de gasos d'efecte hivernacle com a conseqüència de l'ús de bioetanol quedés parcialment contrarestat pels gasos alliberats en el procés de fabricació dels fertilitzants.

Un dels aspectes socials més importants que generen debat en els biocombustibles és el de la sobirania alimentària, ja que alguns d'aquests competeixen amb cultius alimentaris pel consum d'aigua i superfície de terres agrícoles. Financerament, si comparem els biocombustibles generats a partir de cultius alimentaris amb altres fonts d'energia no són rendibles econòmicament, però gràcies a ajudes directes a la producció, en el cas

d'Europa, i de subvencions en el crèdit, en el cas de Brasil i EE.UU, el procés podria sortir més rendible.

L'energia s'obté a partir de la fermentació dels sucres presents en la biomassa, per tant, el procés variarà depenent de la font de carboni (sacarosa, midó, cel·lulosa). Així doncs, l'obtenció de bioetanol a partir de la canya de sucre, s'obté directament de la sacarosa, mentre que en el cas del blat de les índies, blat, tubercles, etc. s'ha de realitzar una conversió enzimàtica del midó per obtenir-ne sucres que posteriorment seran fermentats. Això mateix passarà en el cas de les matèries lignocel·lulòsiques, que s'han de sotmetre a un tractament previ per alliberar els seus tres components principals (cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina) i després realitzar una hidròlisi per obtenir els sucres, que finalment seran fermentats.

Segons l'AIE, el bioetanol és el biocombustible usat més comú, fregant un 90% del total dels biocombustibles. És usat a mescles amb benzina en un 5 i 10% (E-5, E-10) però també s'han arribat a desenvolupar vehicles amb motors preparats per suportar un 85% (E-85) i fins i tot del 100% d'etanol. Pel que fa al biodièsel s'usa amb freqüència a mescles amb dièsel de 5 a 20% (B5, B20) tot i que també pot ser pur al 100% (B100) (2).

La mescla de combustibles fòssils i bioetanol redueix les emissions de CO₂ amb major o menor mesura segons la procedència d'aquests. El bioetanol obtingut de la canya de sucre les redueix en un 90%, l'obtingut de la remolatxa sucrera redueix les emissions en un 50 – 60%, el de blat de les índies les redueix entre un 15 – 25%, el lignocel·lulòsic en un 70%. El biodièsel mesclat amb dièsel fòssil redueix les emissions entre un 40 – 60% (2).

1.2.1. Biocombustibles de primera generació (1 G)

Els biocombustibles de primera generació provenen de cultius que comparteixen l'ús alimentari i energètic, exemples d'aquests són els cultius sucres i midoners derivats de la remolatxa sucrera i de la patata. També hi ha cultius oleaginosos i midoners derivats del gira-sol, la colza, els cereals, el blat de moro i el blat de les Índies.

Els Organismes Genèticament Modificats (OGM) prenen gran importància per a la creació de biocombustibles. L'avantatge principal és que aquests cultius utilitzats com a bioenergètics són més eficients a l'hora d'obtenir bioetanol i biodièsel. Per altre banda, els OGM generen un important debat social i mediambiental pel risc de pol·linització creuada entre els organismes convencionals i els modificats amb les conseqüències de la pèrdua de variabilitat genètica i de la sobirania alimentària que proporciona poder tenir any rere any llavors viables per poder garantir cultius posteriors.

A tot això hem de sumar la pèrdua de sòl útil pels cultius destinats al consum humà i animal a favor dels destinats a l'elaboració de biocombustibles. Aquest fet, entre d'altres, ha portat a la necessitat de la recerca i creació d'altres tipus de cultius per a obtenir energia.

1.2.2. Biocombustibles de segona generació (2 G)

Els biocombustibles de segona generació provenen de cultius llenyosos de cicle curt, com per exemple el salze i el bedoll, i cultius de vegetacions herbàcies de biomassa permanent com són diverses espècies dels gèneres: *Miscanthus*, *Panicum*, *Arundo*, *Dactylis*, *Piptatherum*, *Festuca*.

Com a avantatges principals són plantes que no són destinades al consum i que generalment necessiten pocs *inputs* pel seu cultiu. A més, es poden cultivar a sòls marginals, per la qual cosa no es perden ni camps de cultiu ni zones de massa forestal. Per contra, la tecnologia de transformació és a hores d'ara costosa i a més hi ha pocs estudis que demostrin la seva idoneïtat. En aquest darrer, es mostra la importància de destinar recursos en I+D (5).

La tecnologia seleccionada per al tractament i transformació de la biomassa en combustible és l'ús d'una turbina de gas procedent de la gasificació de la biomassa de diferents orígens (residual, cultius energètics, cultius forestals de rotació ràpida (CGRR) i muntanyes baixes (MB). A diferència de les tecnologies anteriorment considerades, l'estructura de costos de la biomassa té tres components ben diferenciats, els costos dels quals evolucionaran de diferent manera: inversió (turbina de gas, gasificador i sitja de biomassa), O & M (Operations and Management) i combustible.

1.2.3. Biocombustibles de tercera generació (3 G)

Els organismes destinats als biocombustibles de tercera generació, són cultius que no estan destinats a l'alimentació, tenen gran capacitat de creixement ràpid i alt potencial energètic. S'utilitzen millores genètiques per aprofitar millor les seves potencialitats.

Les microalgues són el millor exemple d'aquests. Segons el departament d'Energia d'EE.UU. el seu rendiment és 10 vegades més elevat que els biocombustibles de segona generació (5). Són plantes que absorbeixen molt de CO₂, fet que ha alimentat l'opinió de col·locar aquests cultius a zones pròximes a indústries que produeixen gasos d'efecte hivernacle derivats del seu procés productiu. També es poden fer servir aigües residuals per alimentar-les i a la vegada realitzen la funció de depuració tenint una doble funció ecològica. A més, els avantatges més significatius són neutres en emissions de carboni, elevat rendiment/km² de l'ordre dels 20.000 l/km², no produïts en terrenys agrícoles com s'ha mencionat anteriorment i deserts per les elevades hores de llum i temperatura, cicle tancat i reutilització de CO₂ i H₂O. Com inconvenients es poden citar les infraestructures necessàries i els seus costos derivats, el control de la temperatura i l'aplicació de P.

El cultiu de les microalgues es poden realitzar de tres formes: A l'aire lliure amb un rendiment baix, en sistema tancat amb atmosfera controlada amb CO₂ i en fotobioreactors que són uns tubs transparents tancats a on es produeix molta biomassa.

Altres biocombustibles de tercera generació són els derivats de la utilització de reactors amb microbis i aquí es presenten alguns d'ells (7):

El butanol és un alcohol que pot ser produït per fermentació i que és estudiat principalment amb el bacteri anaeròbic *Clostridium acetobutylicum*.

La bactèria *Acinetobacter baylyi* produeix grans quantitats de lípids d'emmagatzemament en la forma de triacilglicèrids i esters greixos capaços de produir biodièsel.

La fermentació del gas de síntesis, a on alguns microorganismes són capaços de viure amb CO i H₂ com a substrat arriben a produir etanol i butanol.

Exceptuant els biocombustibles de primera generació, amb més anys d'implantació, els de segona i tercera generació són biocombustibles més nous, els quals tenen una especial atenció en investigació de recerca de nous cultius que donin millors resultats i rendiment de producció amb menors ínputs.

1.3. Paràmetres de la qualitat de la biomassa lignocel·lulòsica

La biomassa lignocel·lulòsica procedeix dels anomenats cultius energètics. Poden ser cultius llenyosos de creixement ràpid, cultius herbacis anuals o cultius herbacis perennes. Són cultius que persegueixen una producció de biomassa per generar energia amb fins no alimentaris.

La matèria lignocel·lulòsica es compon de tres parts principals, els polisacàrids (cel·lulosa i hemicel·lulosa) que conformen entre el 60 – 80% del total lignocel·lulòsic, la lignina (que ocupa la tercera fracció majoritària) i altres components que no formen part de la paret cel·lular (composts orgànics, greixos, ceres, proteïnes, etc). Aquests components serveixen com a intermediaris metabòlics, reserva d'energia o part dels mecanismes de defensa contra atacs microbians.

Per obtenir etanol, partint de la biomassa lignocel·lulòsica, cal realitzar hidròlisi àcida o una hidròlisi enzimàtica sobre la cel·lulosa per a la posterior obtenció de sucres, però hi ha elements cristal·lins que dificulten aquest procés i, a més, la lignina constitueix una barrera física a la penetració dels enzims (8).

A conseqüència d'aquests inconvenients s'ha de realitzar un tractament previ a la hidròlisi que persegueix els següents objectius:

- Reduir la cristal·lització de la cel·lulosa.
- Dissociar el complex cel·lulosa-lignina.
- Augmentar l'àrea superficial del material.
- Disminuir la presència de substàncies que dificulten la hidròlisi.

Entre els diferents pretractaments trobem, els físics (tritració mecànica, radiació d'alta energia), els fisicoquímics (explosió per vapor, explosió per vapor amb amoníac,

explosió amb CO₂), els químics (tractament amb aigua calenta líquida, oxidació humida, tractaments amb ozó, hidròlisi amb àlcalis, tractament amb organo-solvents), i els biològics (amb acció de determinats microorganismes).

L'obtenció de bioetanol es pot realitzar mitjançant dues etapes (hidròlisi i fermentació, per separat) o en una etapa (hidròlisi i fermentació, tot junt). En la d'una etapa s'aconsegueixen uns costos d'inversió molt més baixos que en les dues etapes. Però, com a contrapartida, en ambdues etapes s'optimitza el procés de conversió ja que, la temperatura òptima dels enzims cel·lulolítics és de 50 °C i la dels llevats fermentadors és de 37 °C i per tant en realitzar el procés en etapes diferents s'aconsegueix un major resultat que realitzant les dues etapes conjuntes (8).

Com a part negativa del procés de pretractament, resulta una fracció de composts tòxics que actuen com a potencials inhibidors de la fermentació i que la seva naturalesa i concentració, depenen del tipus de matèria primera (fusta dura, fusta blana o herbàcies), del pretractament utilitzat, de les condicions del procés (temperatura i temps), i de la utilització o no de catalitzadors àcids.

1.4. Programa OPTIMA (9)

El projecte OPTIMA (Optimization of Perennial Grasses for Biomass Production) ha rebut subvenció del setè programa marc d'investigació de la Unió Europea. L'objectiu final d'aquest projecte és el d'identificar les gramínies que donen alt rendiment productiu per obtenir biomassa a terres marginals de la franja de la Mediterrània.

La idea del projecte sorgeix en una època de canvi climàtic i d'una gran pressió sobre els recursos energètics, principalment els combustibles fòssils. Les espècies estudiades són plantes que creixen de forma natural a l'àrea mediterrània de manera que tenen un gran potencial de viabilitat. Com espècies perennes, aporten una durada de tres o més anys i aconsegueixen, fins i tot en anys de sequera, una producció suficient com per a rentabilitzar el cultiu, fet que no passa amb els cultius anuals, massa dependents de precipitacions en moments puntuals de l'any, com per exemple la tardor, per aconseguir una bona implantació i posterior producció del cultiu (10).

Les espècies llenyoses de cycle curt triguen més anys a començar a produir biomassa adient per al procés de transformació a biocombustibles. El projecte OPTIMA podria oferir la perspectiva d'obtenir plantes que actuïn com a embornal de carboni i sistemes de filtració d'eliminació de contaminants de l'aigua i del sòl.

Les gramínies són estudiades en terrenys marginals, és a dir, terres econòmicament poc o gens rentables per a la producció d'aliments o qualsevol altre cultiu. Per tot això, els terrenys marginals són aptes per a molts d'aquests cultius energètics, ja que solen ser camps de secà que no donen bones possibilitats als cultius alimentaris, fet que fa obrir les portes als cultius energètics de segona generació perquè no resten terres de cultius als aliments i perquè en necessitar pocs *inputs*, fa que el balanç de carboni sigui més positiu.

El projecte aglutina coneixements de fisiologia, biotecnologia i agronomia així com l'anàlisi socioeconòmica i ambiental per valorar quines són les millors condicions per preparar els cultius de les gramínies perennes. D'aquestes condicions de cultiu es té molt present les condicions de salinitat i d'estrès hídric. Les gramínies perennes necessiten, en general, menys requeriments quant a demanda hídrica, fertilitzants i herbicides que altres espècies utilitzades per a la producció de biocombustibles. I aquests cultius milloren l'estructura del sòl i la qualitat i la biodiversitat (9).

Des del punt de vista social i econòmic s'espera que revitalitzi el progrés en les àrees rurals i que aportí una seguretat que no competirà amb els cultius alimentaris, ja que ocuparan zones degradades i abandonades.

Les gramínies a zones marginals contempen els beneficis de les funcions d'estabilització del sòl, de fixació de carboni en el sòl, de generació de biodiversitat, d'alta eficiència en l'ús de recursos, i d'alta productivitat. L'objectiu és identificar, caracteritzar i desenvolupar noves varietats de plantes C3 (*Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Phalaris arundinacea*) i C4 (*Miscanthus spp.*) que mostrin una alta i estable productivitat, que requereixen mínims *inputs* i que es puguin desenvolupar en gran variabilitat de terrenys marginals (11).

Per tot això, en aquest treball es planteja una cerca sobre rendiments de biomassa per a gramínies perennes, minimització d'inputs en les operacions d'establiment i

desenvolupament de cultiu, adaptabilitat a terrenys marginals i capacitats per a l'obtenció de biocombustibles. Tot donant especial atenció a mesurar rendiments per a l'obtenció de biocombustibles.

2. Objectius

Objectiu general:

- Estudiar la producció de biomassa de *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea*, *Piptatherum miliaceum*, *Ampelodesmos mauritanica*, *Arundo donax* i *Panicum virgatum* al Mediterrani i avaluar-los com a possibles candidats per a produir biocombustible.

Objectius específics:

- Estimar la producció de biomassa fresca i seca de cada espècie en funció del nombre de fillols produïts a cada cicle.
- Valorar la supervivència interanual i el rebrotament a cada cicle de les diferents espècies
- Estudiar la qualitat de la biomassa de les diferents espècies.
- Apreciar mitjançant recerca d'informació científica, si els resultats obtinguts en el següent experiment, permeten arribar a la conclusió de si els cultius són bons candidats per a la producció de biocombustibles.

3. Material i mètodes

El present projecte de 5 anys de durada, va ser iniciat per Àlex Montferrer, el qual va implantar i va realitzar el seguiment del cultiu durant els dos primers cicles, durant el tercer i quart cicle de vida del cultiu vaig realitzar el seguiment de recollida de dades de l'experiment i el darrer cicle el van seguir en Miquel Capó i en Miquel Llompart. L'anàlisi complet dels cinc cicles és l'estudi del meu projecte de fi de carrera.

3.1. Descripció del sòl del camp experimental de Can Cortés

Referent a les propietats físico-químiques del sòl, els primers 20 cm de profunditat destacaven per tenir un pH bàsic, salinitat de lleugera a moderada, una relació C/N del 13% (veure taula 1).

Taula 1. Propietats físico-químiques del sòl de Can Cortés a dia 30/10/ 2013.

Paràmetre		
Profunditat (cm)	0-20	20-30
Arenes (g/kg)	261	170
Llims (g/kg)	465	458
Argiles (g/kg)	274	373
Textura	Franco-argilosa	Franco-argilo-llimosa
Carboni Orgànic (g/kg)	26,1	13,2
Nt (g/kg)	2,24	1,42
P (total) (mg/kg)	1010	494
P (orgànic) (g/kg)	332	308
P (Olsen) (g/kg)	52,5	40,1
CCE (g/kg)	310	225
Calcària activa (g/kg)	60	57
CE (1:5; 25 °C)	168	129
pH H ₂ O	8,3	8,5
pH KCl	7,7	7,6
CIC (cmol/kg)	15,9	19,5
Hum -15 bar (g/kg)		
Hm -0,3 bar (EG, g/kg)	125±17	134±47
Hm -0,3 bar (g/kg)	194±47	185±7

3.2. Descripció de les espècies vegetals emprades

3.2.1. *Dactylis glomerata* L.

Espècie que pertany a la família de les gramínies, és tolerant a la sequera i suporta certs nivells de salinitat. Viu a prats de sega, a voreres de boscs i a terrenys marginals des de nivell de la mar fins als 1.700 metres sobre el nivell de la mar (a partir d'ara m s.n.m.). La planta creix a plena llum encara que suporta l'ombra, el grau òptim d'humitat als sòls són de moderadament sec a humit, el pH del sòl ha d'estar entre 4,5 – 7,5 i la fertilització nitrogenada del sòl és de moderadament pobre fins a lleugerament ric. No està present a sòls molt fertilitzats segons Menéndez Valderrey (12).

De les espècies utilitzades hi tenim dues poblacions (Alcúdia i Manacor) i una varietat comercial anomenada Jana (13).

3.2.2. *Festuca arundinacea*

Planta perenne de la família de les gramínies, s'adapta a condicions climàtiques i edàfiques molt diverses. Bona tolerància al fred, a la calor i a la sequera (no tan bé com *Dactylis*). Prefereix els sòls calcaris i argilosos però pot créixer a sòls àcids, salins i entollats.

La varietat utilitzada en el projecte és una varietat comercial anomenada Fletxa (13). Té interès farratger i pot produir unes 10 tn ms/ha, una qualitat nutritiva un poc més baixa que el *Dactylis* i una ràpida capacitat de rebrot (14).

3.2.3 *Piptatherum miliaceum* L.

Alguns autors l'han classificat dintre del gènere *Oryzopsis*, sent anomenada l'espècie *Piptatherum miliaceum* (L.) Cosson (10). Es varen fer servir dues subespècies en el projecte d'experimentació: *miliacea* i *thomasi*.

3.2.3.1. Piptatherum miliaceum L. subsp. miliacea (15, 17 i 18)

Pot habitar de 0 a 1200 m s.n.m., molt corrent a tota la mediterrània, sol tenir de 4 a 8 branques a cada verticil. És una planta molt comuna als marges dels camins i camps abandonats. Aquesta subespècie es va recol·lectar a el Toro (Calvià).

3.2.3.2. Piptatherum miliaceum L. subsp. Thomasii (16, 17 i 18)

Pot habitar de 150 a 450 m s.n.m., forma inflorescències amb més de 20 branques i fins a 50 als nusos inferiors, i moltes d'aquestes branques solen ser estèrils. Aquesta subespècie es va recol·lectar a Alcúdia.

3.2.4. Ampelodesmos mauritanica L.

És una planta herbàcia molt robusta, rizomatosa original de les contrades mediterrànies marítimes meridionals. Les seves tiges són massives de 0,6-3,5 m d'alçada i fan grans motes. Les fulles mesuren uns 7 mm d'amplada i no són auriculades, de làmines de fulles dures, estretes i enrotllades.

És una espècie monoica amb flors hermafrodites, la qual normalment floreix entre els mesos d'abril i juny.

3.2.5. Arundo donax L.

Coneguda com a “canya comuna o carrizo”, pertany a la família Poaceae, subfamília Arundineae. Originària d'Àsia, es troba àmpliament distribuïda als països dels voltants de la mar Mediterrània, així com a diferents àrees del món (Ceotto *et al.*, 2013). És una espècie C3 però presenta altes taxes d'assimilació fotosintètica, semblants a les assolides per moltes espècies C4 (Rossa *et al.*, 1998).

És una de les plantes herbàcies amb major mida del gènere i una de les gramínies més grans del món, utilitzades antigament per al control de la erosió i farratge per als animals (Dudley, 2000). Es tracta d'una espècie amb flors estèrils que es reproduïx

únicament per via asexual (Pilu *et al.*, 2012), el que li confereix un gran potencial invasor (Angelini *et al.*, 2009).

És capaç de créixer en una àmplia gama de condicions ambientals encara que està considerada una planta aquàtica emergent (Cook, 1990), encara que una vegada establerta no precisa d'una aportació d'aigua constant, per la qual cosa pot créixer a llocs secs.

3.2.6. *Panicum virgatum* L.

Conegut amb el nom en anglès de switchgrass, és una gramínia perenne que creix en l'estació càlida nativa d'Amèrica del Nord (Canada fins a 55° de latitud nord, EEUU i Mèxic). És una de les espècies dominants de la praderia central d'Amèrica del Nord. Es fa servir principalment per a la conservació del sòl, farratge, cobertura de zones de caça i coma planta ornamental. Recentment s'ha usat com a conreu per a biomassa per a produir etanol i butanol, en projectes de fitoremediació, fibra, electricitat, producció de calor i per a la bioseqüestració de diòxid de carboni de l'atmosfera.

És una planta resistent d'arrelament profund, perenne i amb rizomes que comença a créixer a finals de primavera. Pot arribar a fer 2,7 m d'alçada. Les seves fulles fan de 30 a 90 cm de llargada amb un nervi central prominent. Fa servir el metabolisme de fixació de carboni del tipus C4, que li dóna avantatges en cas de secada a altes temperatures (Sylzer Tanya *et al.*, 2000) (23).

La seva panícula està ben desenvolupada, sovint de fins a 60 cm de llarg i proporciona moltes llavors les quals fan de 3 a 6 mm de llarg i fins a 1,5 mm d'amplada. Es sembla ella mateixa amb facilitat (24).

Des de meitat de la dècada de 1980 se n'ha fet recerca científica per a biotecnologia renovable, ja que es pot produir a terres marginals. Actualment es considera el seu ús per a produir etanol cel·lulòsic, biogàs i per a combustió directa en energia tèrmica.

3.3 Recollida de mostres

Les mostres consistents en plantes amb llavors es varen agafar de diversos indrets (veure la Taula 3) pertanyents a l'illa de Mallorca com són: Alcúdia, Manacor, el Toro (Calvià), i d'indrets d'Itàlia com és la varietat comercial Jana de l'espècie *D. glomerata*, Sa comuna de Bunyola com és la varietat d'*A. Mauritanica*, de l'empresa Biothek (Saragossa) es va portar l'*Arundo donax* i la varietat comercial Alamo de l'espècie *Panicum virgatum* de la qual es desconeix la procedència. Es recolliren a finals d'estiu de l'any 2012.

3.4 Llavors

3.4.1 Tria i selecció

Els dies 19 i 22 d'octubre de 2012 es va realitzar la tria i selecció de les llavors al mateix laboratori d'ecologia, i es varen seleccionar entre 240 i 280 llavors aproximadament de cada espècie i lloc de procedència, com es pot observar a la Taula 4. Posteriorment, es va procedir a la col·locació de les llavors a plaques de petri que havien estat identificades prèviament.

A la Taula 2 es visualitza el número de llavors sembrades a les safates.

Taula 2. Nombre de llavors sembrades de les espècies de l'experiment i la seva procedència.

Nº de llavors	Espècie	Procedència
240	<i>Dactylis glomerata</i>	Alcúdia
280	<i>Dactylis glomerata</i>	Varietat comercial Jana
250	<i>Dactylis glomerata</i>	Manacor
240	<i>Festuca arundinacea</i>	Itàlia varietat comercial Fletxa
240	<i>Piptatherum miliaceum</i> var. <i>Miliacea</i>	El Toro (Calvià)
250	<i>Piptatherum thomasi</i>	Alcúdia
-	<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	Sa comuna de Bunyola
-	<i>Arundo donax</i>	Varietat K-12 de Biothek (Saragossa)
-	<i>Panicum virgatum</i>	Varietat comercial Alamo

3.4.3 Preparació de sembra, seguiment i manteniment

El dissabte 27 d'octubre 2012 es va procedir a la preparació i sembra de les llavors en un hivernacle adjunt a l'hivernacle principal de la Universitat. Es van preparar 25 safates de 40 alvèols cadascuna amb turba per sembrar dues llavors per alvèol i es va realitzar un seguiment mitjançant el reg dels alvèols de tres vegades a la setmana durant 14 setmanes des del 27 d'octubre de 2012 al 19 de febrer del 2013.

A la Taula 3 es pot veure la quantitat de llavors sembrades, no germinades i el percentatge de germinació final.

Taula 3. Percentatge de llavors germinades per cada espècie i població.

Nom científic de l'espècie	Població	Llavors sembrades a 27/10/12	NO germinades a 16/11/12	Percentatge de germinació (%) a 16/11/12
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcúdia	240	118	50,8
<i>Dactylis glomerata</i>	Jana	280	8	97,1
<i>Dactylis glomerata</i>	Manacor	250	122	51,2
<i>Festuca arundinacea</i>	Fletxa	240	37	84,6
<i>Piptatherum miliaceum</i> var. <i>Miliacea</i>	Toro	240	92	61,7
<i>Piptatherum miliaceum</i> var. <i>Thomasii</i>	Alcúdia	250	102	59,2
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	Bunyola	1 llavor/alveol	-	-
<i>Arundo donax</i>	Biothek	In vitro	-	-
<i>Panicum virgatum</i>	Alamo	1 llavor/alveol	-	> 90%

A la Figura 1 es pot observar el naixement de les plàntules dins les safates a l'hivernacle.



Figura 1. Safates del planter

3.6 Camp Experimental

L'experiment al camp va tenir lloc a una parcel·la de la Universitat de les Illes Balears (39° 38' N i 2° 38' E, 80 m s.n.m.) anomenada Can Cortés.

3.6.1 Disseny experimental

El 22 d'octubre de 2013 es varen clavar estagues al camp experimental de Can Cortés i es va utilitzar un rascler per a desterroçar i aplanar la terra. Es va dissenyar un marc de plantació de 25 x 25 cm amb un total de 28 plots de 2 m²/plot per a les espècies *Dactylis glomerata*, *Festuca arundinacea* i *Piptatherum miliaceum*, quatre dels quals foren “de control” i no varen tenir cap cultiu implantat.

Total plantes per quadrat = 45 plantes als 4 plots de *Festuca* i 21 plantes als 20 plots restants de *Dactylis* i a *Piptatherum*.

Nombre de plots = 7 · 4 = 28 plots

Total plantes = $(4 \cdot 45) + (20 \cdot 21) = (180) + (420) = \mathbf{600 \text{ plantes}}$

Per altra banda, es va dissenyar un marc de plantació de 50 x 75 cm per a les espècies *Ampelodesmos mauritanica*, *Arundo donax* i *Panicum virgatum* amb un total de 12 plots de 4,5 m².

Nombre de plots = $6 \cdot 2 = 12 \text{ plots}$

Total plantes = $(12 \cdot 20) = \mathbf{240 \text{ plantes}}$

La distribució de les espècies per plot (veure taules 6 i 7) es va realitzar tenint en compte un sorteig aleatori realitzat prèviament amb la intenció de representar al màxim les condicions d'igualtat entre els diferents cultius.

A la Taula 4 es pot veure la distribució realitzada de les espècies al camp de Can Cortès.

Taula 4. Distribució de les espècies a l'experiment. Llegenda: D.= Dactylis, Or.= Oryzopsis.

	Plot 1	Plot 2	Plot 3	Plot 4	Plot 5	Plot 6	Plot 7
Bloc A	<i>Festuca</i> Fletxa	<i>Pipta.</i> Toro	<i>Pipta.</i> Alcúdia	<i>D. Jana</i>	<i>D.</i> Manacor	Control	<i>D.</i> Alcúdia
Bloc B	<i>D. Jana</i>	<i>D.</i> Manacor	<i>D.</i> Alcúdia	<i>Festuca</i> Fletxa	<i>Pipta.</i> Alcúdia	<i>Pipta.</i> Toro	Control
Bloc C	<i>Festuca</i> Fletxa	<i>Pipta.</i> Toro	<i>D.</i> Alcúdia	<i>D.</i> Manacor	<i>D. Jana</i>	Control	<i>Pipta.</i> Alcúdia
Bloc D	<i>D.</i> Manacor	Control	<i>Festuca</i> Fletxa	<i>D.</i> Alcúdia	<i>Pipta.</i> Toro	<i>D. Jana</i>	<i>Pipta.</i> Alcúdia

¹

¹ *Pipta.* – *Piptatherum miliaceum*

² *D.* – *Dactylis*

A la Taula 5 es pot veure la distribució realitzada de les espècies al camp de Can Cortès.

Taula 5. Distribució de les espècies a l'experiment. Llegenda: A.= Arundo, Amp.= Ampelodesmos, P. = Panicum

	Plot 1	Plot 2	Plot 3	Plot 4	Plot 5	Plot 6
Bloc A	Amp. <i>mauritanica</i>	A. <i>donax</i>	<i>P. virgatum</i>	<i>P. virgatum</i>	A. <i>donax</i>	Amp. <i>mauritanica</i>
Bloc B	<i>P. virgatum</i>	A. <i>donax</i>	Amp. <i>mauritanica</i>	Amp. <i>mauritanica</i>	A. <i>donax</i>	<i>P. virgatum</i>

2

3.6.2 Trasplantament

El 7 de febrer de 2013, es va procedir a treure les plantes a l'exterior de l'hivernacle per adaptar-les a les condicions ambientals per al seu futur trasplantament. El 19 de febrer de 2013 es va realitzar el marcatge amb esprai dels punts a on posteriorment es va dur el trasplantament de les plantes d'estudi.

El 21 de febrer de 2013, previ al trasplantament, es va realitzar una retallada de les arrels per estimular el creixement radicular. Després es va procedir a realitzar el trasplantament.

La plantació va ser realitzada el dijous 21 de febrer de 2013:

Els 4 plots de *Festuca arundinacea* varietat comercial Fletxa es varen completar amb 45 plantes per plot (5 fileres amb 9 plantes cada una) formant un total de 180 plantes. Els 20 plots corresponents a les espècies, *Dactylis glomerata* (Alcúdia), *Dactylis glomerata* (Varietat comercial Jana), *Dactylis glomerata* (Manacor), *Piptatherum miliaceum* subsp. *thomasii* (Alcúdia), *Piptatherum miliaceum* subsp. *miliacea* (Manacor), es varen omplir amb només 21 plantes per plot (3 fileres amb 7 plantes cada una) perquè el nombre de plantes disponibles era inferior a les 45 de *Festuca*, així cada espècie tenia

¹ Amp. – *Ampelodesmos*

² A. – *Arundo*

³ P. - *Panicum*

un total de 84 plantes, donant com a resultat 420 plantes corresponents a aquests 20 plots.

En el cas d'*A. donax*, *A. mauritanica* i de *P. Virgatum*, es realitzaren plots de 2m x 2,25 m (4,5 m²) col·locant 20 plantes/plot. El total de plots per espècie era de 4 plots, la qual cosa feia que hi hagués 80 plantes/espècie. El total era de 240 plantes.

A continuació, es va procedir a realitzar un reg amb regadora, utilitzant aigua del safareig adjunt al camp experimental, consistent en una quantitat de 15 l/m² per tal d'assegurar la supervivència de les plantes. A la mateixa finca de Can Cortés (Campus UIB), va quedar un reservori de plantes de totes les espècies esmentades per cobrir possibles baixes inicials.

L'experiment va constar de cinc cicles. Més endavant, a dins de l'Annex 1, es pot observar la taula 15 que cita per complet totes les activitats de camp durant el seguiment de l'experiment.

3.6.3 Variables mesurades

Seguint els objectius específics marcats es varen concretar una sèrie de paràmetres que s'agruparen per continguts homogenis. Mesures de variables climàtiques, mesures d'aigua referents a transpiració foliar i humitat en el sòl, mesures de plantes referents a estats fenològics, quantitat de biomassa fresca (BF) i biomassa seca (BS), nombre de fillols/planta, percentatge de plantes rebrotades i mesures de qualitat de biomassa referents a anàlisi químic.

3.6.3.1 Variables climàtiques

Les dades climàtiques varen ser obtingudes de la següent pàgina web que fa referència al Grup de Recerca de les Plantes en Condicions Mediterrànies de la Universitat de les Illes Balears:

<http://www.uib.cat/depart/dba/plantphysiology/bioplantmed/paginas/INTRANET.html> (19).

Aquestes dades són enregistrades per una cabina meteorològica situada a l'hivernacle de la UIB, la qual està a 700 m del lloc d'experimentació. Com es pot veure a les figures 3, 4 i 5 de les dades climàtiques 2013 – 2017 referents al camp experimental de Can Cortés a la Universitat de les Illes Balears, es destaquen una sèrie de dades referents a la pluviometria i la temperatura.

A la Taula 6 s'aprecia la pluviometria total generada a cada cicle i la temperatura mitjana de cada cicle.

Taula 6. Variables climàtiques durant tot l'experiment per cicles.

Cicle	Precipitació (mm)	Temperatura (°C)
Cicle 1 (02/13 al 07/13)	189,70	15,81
Cicle 2 (08/13 al 07/14)	463,2	17,77
Cicle 3 (08/14 al 07/15)	541,42	17,60
Cicle 4 (08/15 al 07/16)	309	17,28
Cicle 5 (08/16 al 07/17)	664,70	17,91

3.6.3.2. Variables d'aigua

Es varen realitzar mesures de **transpiració foliar** des del 14 d'octubre de 2013 fins al 11 de març de 2015 durant els períodes amb suficient superfície foliar per poder mesurar, mitjançant un poròmetre (veure la figura 2), i en una franja horària que anava des de les 10 h a les 14 h del matí. Les mesures es varen prendre en dies solejats i sense vent.

A la Figura 2 es pot visualitzar el poròmetre i el quadern de camp en el moment de mesurar la transpiració de les plantes.



Figura 2. Mesura de transpiració en unitats de $\text{mmol CO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ mitjançant poròmetre.

Es van recollir **mostres de terra** (veure figura 7) per mesurar la humitat en el sòl (al costat dret d'un plot concret cada quinze dies. Es va determinar el pes en fresc mitjançant una balança de precisió.

Passats uns dies (aproximadament una setmana), després de posar les mostres a estufa a $105\text{ }^\circ\text{C}$ i de deixar-les refredar, una vegada treta de l'estufa, es va mesurar el pes en sec.

Les mostres de terra es van agafar a uns 20 cm de profunditat i al costat dret d'un plot concret triat a l'atzar en els inicis i després seguint l'ordre dels que quedaven pendents, fins a anar completant la totalitat de les subparcel·les, i es varen arreplegar entre 1000 i 1200 g aproximadament per cada mostra a dins un sobre.

3.6.3.3. Variables de planta

Es va establir un control setmanal dels **estats fenològics** de tots els plots mitjançant un control visual i utilitzant una clau de Baggiolini d'acord a l'escala BBCH (20) de classificació de cereals i gramínies farratgeres (veure taula 9). D'una banda teníem uns valors numèrics que feien referència a l'eix vertical i d'altra banda, teníem els estats fenològics referents a l'escala BBCH:

A la Taula 7 es pot veure els valors numèrics seguits per a la elaboració dels estats fenològics segon Baggiolini.

Taula 7. Estats fenològics per a gramínies farratgeres segons Baggiolini.

Valors numèrics referents a la figura	Estats fenològics
4	
1	A = naixença
2	B = una fulla
3	C = dos fulles
4	D = tres fulles
5	E = començament del fillolat
6	F = ple fillolat
7	G = final del fillolat
8	H = començament de l'encanyat
9	I = un nuu
10	J = dos nusos
11	K = apareix la darrera fulla
12	L = s'infla l'espiga
13	M = comença a sortir l'espiga
14	N = ple espigat
15	O = començament de la floració
16	P = floració completa
17	Q = gra que comença a formar-se
18	R = maduresa lletosa
19	S = maduresa pastosa
20	T = maduresa completa

Tall cicle 1 (08/07/2013) es va optar pel següent procediment, és a dir, es varen tallar totes les plantes de cada subparcel·la, en primer terme es tallava la línia central de cada plot escollint les cinc plantes i destriant les dels marges per evitar l'efecte bord. Les plantes de la línia central són les que vàrem fer servir per valorar la biomassa fresca i la biomassa seca. La resta de plantes de cada plot era eliminada.

Tall cicle 2 (23/07/2014) es va procedir a realitzar el mateix sistema que l'utilitzat durant el primer tall. A part de tallar-ho tot, es va separar per pesar, d'una banda les 5 plantes de la línia central i d'altra banda la resta de plantes del conjunt del plot. Abans d'aquest darrer tall es va realitzar una mesura (el 16/07/2014) consistent a visualitzar i anotar el nombre de fillols amb tija i espiga i fillols sense tija de les cinc plantes de la línia central de cada plot sense tenir en compte les plantes d'efecte bord.

Tall cicle 3 i 4 (17/07/2015 i 11/07/2016) es va tallar per complet el plot i es va posar tot a dins sobres per a dur a estufa marcant a cada sobre el plot a bolígraf. Es varen netejar de males herbes els passadissos i es varen posar a dins sobre les males herbes que es trobaven a dins cada plot per a portar-los a estufa (cicle 3). Al ser una quantitat molt elevada de sobres degut a que algun plot tenia dos sobres o més, es va decidir que als talls següents només es faria un sobre de cada plot, però que es mesuraria el total (cicle 4 i 5).

Tall cicle 5 (juliol 2017) es va tallar per complet el plot recollint una part alíquota a dins sobre i la resta a dins una bossa de fems per a pesar el plot complet i així poder extrapolar-lo a g/m^2 i finalment a Tn/ha.

Les mostres que es van recollir després dels diversos talls i que havien estat pesades en fresc al camp experimental varen ser traslladades al laboratori del soterrani de l'edifici Guillem Colom i després les varen introduir en sobres degudament identificats amb el nom de l'espècie, el nom del bloc, el nom del plot i la data del tall de biomassa. Es va tenir present que al pes sec se li havia de restar el pes de cada sobre per obtenir el pes sec real de cada mostra.

Les mostres passades a estufa de les *Piptatherum miliaceum* varen ser una part alíquota del total de les 5 plantes agafades. En canvi, les mostres de *Festuca* i les 3 de *Dactylis glomerata* foren el total de les 5 plantes de cada línia central.

Passada una setmana aproximadament de tenir les mostres a dins l'estufa a 60 °C de temperatura es va procedir a extreure les mostres i varen ser pesades després de deixar reposar les mostres a temperatura ambient durant un temps aproximat de 30 minuts.

Posteriorment, es va decidir guardar les mostres pesades de biomassa seca a un lloc amb condicions de foscor i sequedat i a dins de dues capses. Aquestes mostres varen ser utilitzades al febrer de 2015 per a l'anàlisi de qualitat (veure Taules 12 i 13).

Taula 8. Dates dels recomptes del número de fillols dels cinc cicles de l'experiment.

	CICLE 1		CICLE 2		CICLE 3		CICLE 4		CICLE 5	
	INICI	FINAL	INICI	FINAL	INICI	FINAL	INICI	FINAL	INICI	FINAL
		05/07/2013	16/09/2013	05/05/2014	02/10/2014	08/04/2015	14/09/2015	11/07/2016	11/10/2016	21/12/2017
			12/03/2014	19/05/2014	16/10/2014	23/04/2015	30/12/2015			
DATA				02/06/2014	30/10/2014	07/05/2015				
				17/06/2014	13/11/2014	29/05/2015				
				14/07/2014		17/07/2015				

3.6.3.3 Variables de qualitat de biomassa

Es varen enviar mostres al laboratori de l'IBABSA i a un laboratori de la UIB de la biomassa seca del cicle 2 i del cicle 4. Es varen ajuntar d'una banda les mostres dels blocs A=1 i D=4, i d'altra banda les mostres dels blocs B=2 i C=3 de cada una de les espècies estudiades.

Els principals paràmetres químics interessants per aquest TFG, com s'ha explicat a la introducció, són el contingut de cel·lulosa, hemicel·lulosa i lignina.

3.7. Anàlisi estadístic

En l'anàlisi estadístic s'han utilitzat els mètodes d'anàlisi de la variància i del Test de Duncan per estudiar la significació de les diferències entre mitjanes ($p < 0,05$). S'ha emprat el programa d'estadística anomenat IBM SPSS Statistics Versió 20.

4. Resultats i discussió

4.1 Mesura de variables climàtiques

A la Figura 3 es pot apreciar la suma de pluja i la mitjana de temperatura setmanal durant els 5 cicles de l'experiment.

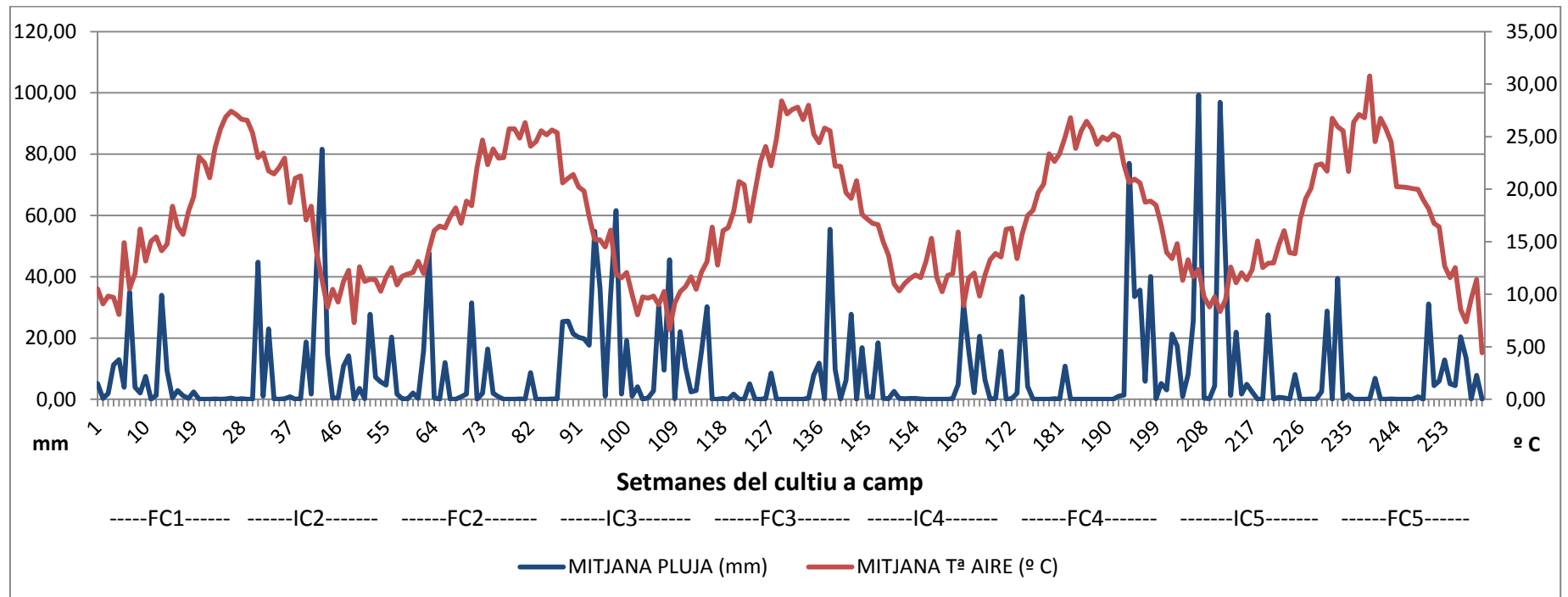


Figura 3. Mitjana de pluja i temperatura des de la setmana 1 (25/02/2013) fins la setmana 264 (21/12/2017)

La mitjana anual de temperatura entre els anys 2013 i 2017 va ser de 17,29 °C i la mitjana setmanal de pluviometria va ser de 8,77 mm.

Comparant els diferents cicles, es pot apreciar que al primer cicle la mitjana de temperatura va ser de 15,81 °C/cicle, la qual resulta ser inferior a la mitjana dels cinc cicles. En quant a registre pluviomètric s'enregistraren 189,70 mm/cicle, la qual cosa suposa una mitjana setmanal de 6,34 mm, la qual és inferior a la mitjana anual (8,60 mm/setmana). S'ha de remarcar que aquest cicle tenia una duració de 7 mesos (gener-juliol).

En el cicle 2 es va produir una major quantitat de pluja (463,2 mm/cicle) amb una mitjana setmanal de 8,73 mm, la qual és semblant a la mitjana anual i una temperatura mitjana més elevada (17,77 °C) que la mitjana dels cinc cicles.

Durant el tercer cicle es va produir un augment de pluja (541,42 mm/cicle), la qual cosa suposa una mitjana de 10,21 mm/setmana i una petita davallada de la temperatura mitjana respecte al cicle anterior (17,60 °C), però que encara està per sobre de la mitjana dels cinc cicles.

Durant el quart cicle va davallar la quantitat de pluja produïda a quasi la meitat del cicle anterior (309 mm), la qual cosa representa una mitjana setmanal de 5,83 mm. En quant a la temperatura mitjana del cicle va davallar a 17,28 °C, la qual és idèntica a la mitjana dels cinc cicles.

Durant el cinquè cicle es va produir un gran augment en la pluja (664,60 mm) i una mitjana setmanal de 12,54 mm. La temperatura mitjana va ser de 17,91 °C durant el cicle, la qual és superior a la mitjana dels cinc cicles.

4.2. Mesura de variables d'aigua

4.2.1. Mitjana de les mesures de conductància estomàtica

A la Figura 4 es pot apreciar les mesures amb poròmetre de totes les espècies des del cicle 1 fins al final del cicle 3.

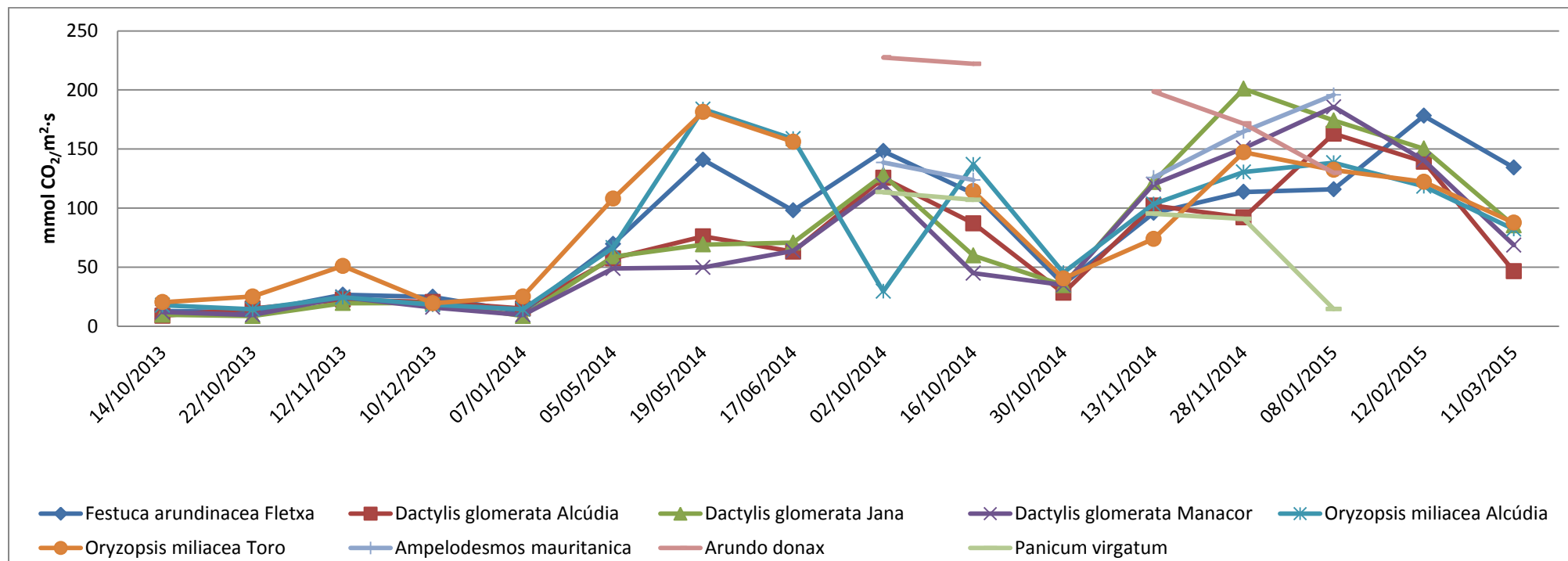


Figura 4. Mitjana de les mesures de conductància estomàtica des del 14/10/2013 fins el 11/03/2015

A la Figura 4 destaquen les dues varietats de *Piptatherum miliaceum* amb les dades més altes de conductància estomàtica durant el cicle 2. Mentre que a la comparativa entre octubre de 2013 i octubre de 2014 es va produir una major conductància de totes les espècies durant el 2014 fet que podia ésser degut al fet que en el període d'octubre de 2014 la temperatura va ser lleugerament superior a la temperatura del període d'octubre de l'any 2013 i demostraria que a major temperatura es produeix una major conductància. També pot ser degut a la baixa humitat en el període d'octubre 2013 (6%) mentre que en el mateix període de 2014 s'arribava a un 10%, fet que correlaciona la humitat del sòl amb la conductància estomàtica.

Per fer una discussió completa amb la Figura 5 referent a dades de percentatge d'humitat en el sòl faltaven dades a les mesures de conductància estomàtica a causa de dies a on feia vent, o la radiació solar incident no era prou important a causa de núvols i les mesures no es podien fer.

Hi ha dos valors destacables referents al mes de maig de 2014 a on es veu que la humitat disminuïa entre el 5 de maig i el 19 de maig, però la conductància pujava en comptes de disminuir, molt probablement era a causa de la pujada de les temperatures. Però hi ha una única espècie que transpirava el mateix entre dia 5 i dia 19 de maig que va ser la *Dactylis* subespècie Manacor.

Al novembre de 2013 es produí un nivell baix de conductància. En canvi a mitjan desembre amb baixes precipitacions (9 mm) la conductància estomàtica es va veure disminuïda, però hi havia una única espècie que encara tenia una conductància una mica major, que va ser la varietat comercial *Dactylis* subespècie Jana.

Piptatherum miliaceum subespècie Toro destaca durant el segon cicle per ser l'espècie que més transpira durant els mesos de fred i que es manté durant els mesos d'estiu, moment en el qual la varietat de la subespècie Alcúdia augmenta la conductància superant la subespècie del Toro lleugerament.

Per contra, al cicle tercer inicial destaca la varietat de *Dactylis glomerata* Jana i *Arundo donax* al principi amb altes conductàncies segurament degut a les temperatures suaus que es produïren a finals d'any i a la quantitat d'aigua que hi havia al sòl. Acte seguit es pot apreciar com la conductància de les espècies va disminuint degut a que les pluges no

es produïen o eren escasses i les temperatures tenen un repunt, fet que podria explicar un tancament d'estomes i disminució de la conductància. Es pot apreciar a la Figura 5 que la quantitat d'humitat al sòl va disminuint fins a valors inferiors al 6% fins a principis de setembre (78,90 mm) i durant tot l'octubre (38,80 mm) de 2015, moment en el qual les pluges varen augmentar la quantitat d'aigua al sòl fins a valors del 13%.

4.2.2. Mostra de sòl

A la Figura 5 s'observa l'evolució del % d'humitat del sòl al llarg dels 4 primers cicles.

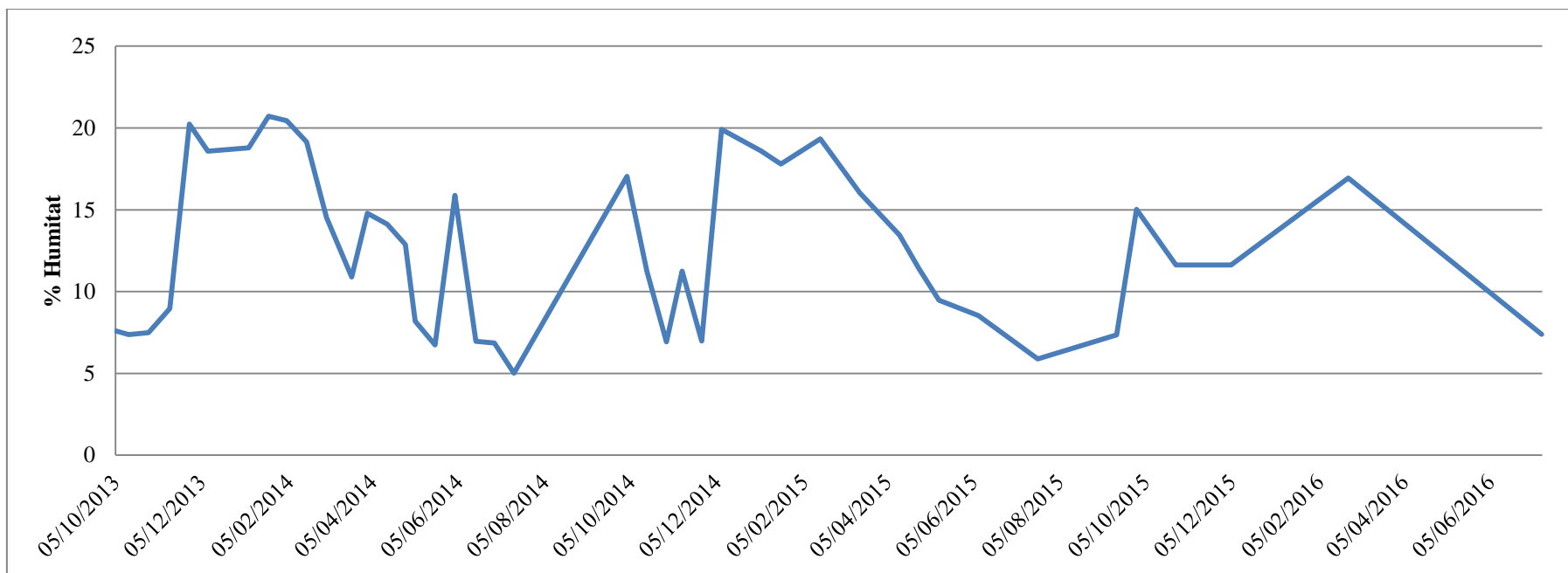


Figura 5. % d'humitat al sòl (p/p) de Can Cortés des del 05/10/2013 fins el 31/07/2016

A la Figura 5 referent a la humitat en el sòl s'ha de destacar que els períodes amb un major percentatge de humitat al sòl estaven entre el desembre i el març de l'any següent. Destaca el període de desembre de 2015 fins al març per ser un any amb escassa pluviometria respecte a anys anteriors, la qual cosa es va reflectir en la producció de la majoria de les espècies a excepció d'Arundo donax, Panicum virgatum i Ampelodesmos mauritanica. Per altra banda, el fet de ser mesos amb major pluja amb temperatures més baixes i un ambient amb humitat relativa alta, fa que els cultius tinguessin baixes transpiracions, les quals es veren incrementades en el moment de l'augment de temperatura.

A finals de març les precipitacions pràcticament eren nul·les i les temperatures es disparaven a la darrera setmana fins als 19,62 °C de mitjana. Dia 8 d'abril de 2015 es produïa el tall del cultiu i donava per finalitzat cicle inicial del 2015. La humitat del sòl a dia 13/04/2015 era d'un 11,86 %, i juntament amb un augment de les temperatures va propiciar un augment ràpid en el creixement del fillolat amb un rebrotament.

Durant el mes d'abril només va fer una precipitació total de 2 l/m², al mes de maig 5,1 l/m², i al mes de juny 8,7 l/m², la qual cosa va propiciar una davallada de la humitat del sòl fins a valors de 5,56 %. El tall del cultiu es va realitzar dia 17 de juliol de 2015. Just després del tall del cultiu les precipitacions augmentaren la quantitat d'humitat al sòl i les pluges de principis de setembre (78,90 mm) i octubre (38,80 mm) de 2015, juntament amb les temperatures elevades tendint a suaus a mesura que s'arribava al desembre, varen propiciar un rebrotament del cultiu. Es realitzà el tall del cultiu el 14 de desembre de 2015.

S'ha de remarcar que el final d'any 2015 i principi d'any nou de 2016 va resultar ser uns mesos amb temperatures mitjanes sempre superiors als 10 °C i unes reserves hídriques al sòl superiors al 10%, la qual cosa va facilitar un bon creixement del cultiu al quart cicle final, però s'ha de remarcar que va ser un any 2016 amb temperatures suaus amb una quasi nul·la precipitació durant el desembre i febrer.

4.3. Variables de planta

4.3.1. Estats fenològics

A la Figura 6 es visualitzen els estats fenològics duits a terme fins al final del cicle 4.

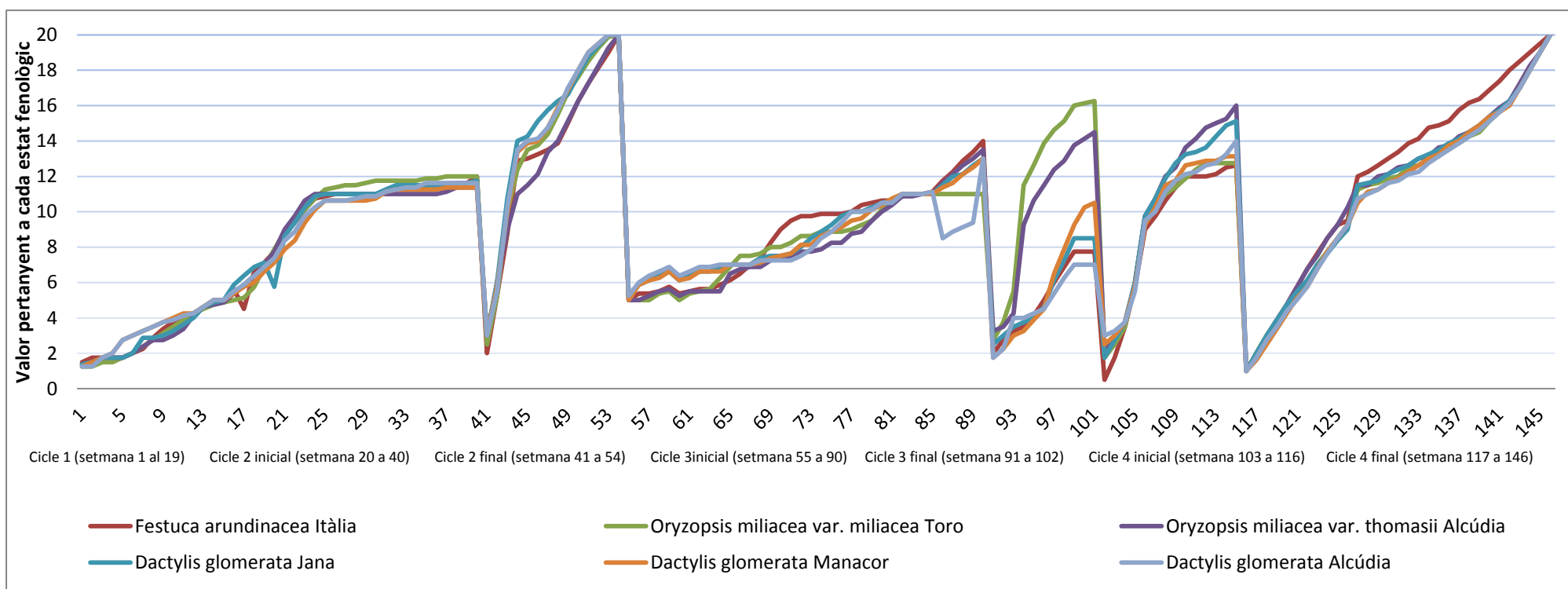


Figura 6. Estats fenològics dels cultius des del 30/02/2013 fins al 11/07/2016

La figura 6 mostra una mitja de les dades dels estats fenològics dels 4 blocs i de tots els cultius durant cada setmana del seguiment que es van realitzar anotacions.

Just després del tall del període del cycle 2 inicial (14/03/2014) es va produir un creixement molt accelerat dels cultius ja que es van anar acostant al moment final del cycle 2 que pertany al juliol de 2014. En aquest període destaca *Dactylis glomerata* de la població Jana (5,9), en quant a anticipació de creixement per damunt de les altres espècies, tot i que, en general, no hi va haver diferències significatives en el ritme de creixement. Com a segona espècie destaca *Festuca arundinacea* (5,6). Al final del cycle 2 totes les espècies es trobaven en el mateix estat fenològic (12), menys *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia i *Dactylis glomerata* subespècie Manacor (11).

El cycle 2 final va ser més curt (19 setmanes), destacant al final del tall *Dactylis glomerata* Alcúdia (6,9), seguit de *Dactylis glomerata* Jana i *Dactylis glomerata* Manacor (6,6).

El cycle 3 inicial començà amb el mateix domini de *Dactylis glomerata* Alcúdia (6,4), seguit de *Dactylis glomerata* subespècie Jana i *Dactylis glomerata* subespècie Manacor (6,1). Malgrat el domini de les *Dactylis*, aquestes en el moment del tall foren superades per *Oryzopsis miliacea* subespècie Alcúdia i *Festuca arundinacea* (14), mentre les tres *Dactylis* es mantingueren en l'estat fenològic (13).

Després del tall del cycle 3 inicial, *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia (3,3) i *Piptatherum miliaceum* subespècie Toro (2,8) creixien amb major força respecte la resta de espècies al principi del cycle 3 final. En el moment del tall del cycle 3 final la *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia (16) i de *Dactylis glomerata* subespècie Jana (15) destacaven considerablement respecte les altres espècies.

Al principi del quart cycle inicial, s'avançava en el creixement *Dactylis glomerata* subespècie Alcúdia (3), seguida de *Dactylis glomerata* subespècie Manacor (2,5) i *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia (2,3). En el moment del tall del quart cycle inicial *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia (16) era l'espècie amb major creixement fenològic, seguida de *Dactylis glomerata* subespècie Jana (15) i *Dactylis glomerata* subespècie Alcúdia (14).

Durant el quart cicle final, s'aprecià un creixement molt semblant en totes les espècies. Aquest cicle va durar 31 setmanes. Al final del cicle totes les espècies es trobaven a plena maduresa (20).

S'ha de recalcar que entre espècies i genotips hi ha diferències de producció del número de fillols/magolla i també diferències significatives entre cicles, per la qual cosa s'ha anat produïnt diferents evolucions en funció del cicle, contingut hídric del sòl i temperatura.

4.3.2. Biomassa fresca i seca

A la Taula 9 es poden observar els valors referents a la mitjana i la totalitat de BF i BS dels plots de totes les espècies de l'experiment.

Taula 9. Valors de biomassa fresca i seca dels cinc cicles del cultiu. Es mostren les mitges de 12 rèpliques + l'error estàndar. Superíndex diferents ($p < 0,05$) indiquen diferències significatives entre espècies o varietats dins d'un mateix cicle de cultiu.

Espècie	Varietat	Cicle 1		Cicle 2		Cicle 3		Cicle 4		Cicle 5		Total	
		BF	BS	BF	BS	BF	BS	BF	BS	BF	BS	BF	BS
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcúdia	2,77 ± 0,07 ^{ab}	2,37 ± 0,07 ^b	14,88 ± 0,95 ^{ab}	6,61 ± 0,27 ^b	32,31 ± 1,15 ^{bc}	14,42 ± 1,24 ^{cd}	8,90 ± 0,13 ^{ab}	5,35 ± 0,04 ^{ab}	5,61 ± 0,51 ^a	4,65 ± 0,38 ^a	64,47 ± 2,35 ^a	33,41 ± 0,92 ^a
<i>Dactylis glomerata</i>	Jana	2,55 ± 0,13 ^{ab}	1,89 ± 0,11 ^{ab}	14,93 ± 0,51 ^{ab}	6,31 ± 0,13 ^b	36,40 ± 2,58 ^c	12,3 ± 0,86 ^{bcd}	11,05 ± 0,83 ^{ab}	5,46 ± 0,30 ^{ab}	5,68 ± 0,09 ^a	4,93 ± 0,04 ^a	70,62 ± 2,66 ^a	30,91 ± 0,76 ^a
<i>Dactylis glomerata</i>	Manacor	2,57 ± 0,07 ^{ab}	2,18 ± 0,06 ^{ab}	15,70 ± 0,65 ^{abc}	7,03 ± 0,35 ^{bc}	35,28 ± 4,42 ^c	11,26 ± 1,46 ^{abcd}	8,84 ± 0,17 ^{ab}	4,84 ± 0,10 ^a	4,58 ± 0,26 ^a	4,10 ± 0,20 ^a	66,97 ± 2,64 ^a	29,42 ± 0,69 ^a
<i>Festuca arundinacea</i>	Fletxa	1,13 ± 0,04 ^a	0,69 ± 0,02 ^a	29,42 ± 0,79 ^d	10,22 ± 0,28 ^{de}	30,83 ± 2,44 ^{bc}	7,68 ± 0,71 ^{abc}	15,27 ± 1,15 ^{ab}	8,11 ± 0,38 ^b	6,56 ± 0,42 ^a	5,12 ± 0,32 ^a	83,21 ± 2,66 ^a	31,83 ± 0,73 ^a
<i>Oryzopsis miliacea (m)</i>	Toro	5,10 ± 0,40 ^b	2,88 ± 0,22 ^b	20,77 ± 1,10 ^c	9,01 ± 0,55 ^{cd}	41,15 ± 1,90 ^c	14,99 ± 1,89 ^{de}	16,71 ± 2,52 ^b	7,52 ± 1,05 ^{ab}	7,18 ± 0,52 ^a	5,30 ± 0,39 ^a	90,93 ± 2,88 ^{ab}	39,71 ± 0,91 ^a
<i>Oryzopsis miliacea (t)</i>	Alcúdia	12,65 ± 1,13 ^c	7,71 ± 0,56 ^c	27,61 ± 0,97 ^d	13,35 ± 0,72 ^f	31,75 ± 1,15 ^{bc}	12,73 ± 0,97 ^{ab}	12,63 ± 0,42 ^{ab}	6,31 ± 0,34 ^{ab}	5,56 ± 0,49 ^a	4,39 ± 0,27 ^a	90,21 ± 2,22 ^{ab}	44,50 ± 0,79 ^a
<i>Control</i>		-	-	13,68 ± 1,46 ^{ab}	3,20 ± 0,23 ^a	10,04 ± 1,23 ^a	5,04 ± 0,57 ^a	5,02 ± 0,45 ^a	2,61 ± 0,12 ^a	4,23 ± 0,35 ^a	3,88 ± 0,41 ^a	32,97 ± 1,06 ^a	14,73 ± 0,37 ^a
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	Bunyola	-	-	13,99 ± 0,63 ^{ab}	6,50 ± 0,32 ^b	12,56 ± 0,44 ^a	6,64 ± 0,32 ^{ab}	26,55 ± 0,88 ^c	13,12 ± 0,54 ^b	12,24 ± 0,60 ^a	5,87 ± 0,31 ^a	65,34 ± 1,88 ^a	32,13 ± 0,93 ^a
<i>Arundo donax</i>	K-12 de Biothek	-	-	18,83 ± 0,57 ^{bc}	11,55 ± 0,39 ^{ef}	39,13 ± 3,68 ^c	21,09 ± 2,16 ^e	57,97 ± 3,94 ^d	32,65 ± 2,30 ^c	64,49 ± 5,28 ^b	33,08 ± 2,90 ^b	180,42 ± 5,38 ^b	98,37 ± 2,83 ^b
<i>Panicum virgatum</i>	Alamo	-	-	10,78 ± 0,43 ^a	5,35 ± 0,24 ^{ab}	17,16 ± 0,98 ^{ab}	9,73 ± 0,57 ^{abcd}	27,95 ± 1,37 ^c	15,10 ± 0,72 ^b	10,67 ± 1,95 ^a	4,88 ± 0,88 ^a	66,56 ± 2,05 ^a	35,06 ± 1,14 ^a
R²		0,83	0,86	0,79	0,83	0,61	0,59	0,88	0,89	0,88	0,85	0,26	0,38
p factor		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,00	0,17	0,18

Com es pot apreciar a la Taula 9 l'espècie amb major producció de biomassa fresca al primer cicle foren les dues subespècies *Piptatherum miliaceum*, on la subespècie *thomasi* d'Alcúdia (12,65 Tn/ha) va produir més del doble de biomassa respecte la subespècie *miliacea* del Toro (5,10 Tn/ha). Les tres varietats de *Dactylis glomerata* estigueren amb els mateixos resultats (entre 2,55 i 2,77 Tn/ha). *Festuca arundinacea* fou la menys productiva amb 1,13 Tn/ha. En quant a biomassa seca l'espècie amb major producció de biomassa fresca foren les dues *Piptatherum miliaceum*, on la varietat Alcúdia (7,71 Tn/ha) va produir més del doble de biomassa respecte la varietat Toro (2,88 Tn/ha).

Al cicle 2 *Festuca arundinacea*, resulta ser l'espècie amb una major producció de biomassa fresca (29,42 Tn/ha), respecte les dues *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia (27,61 Tn/ha) i subespècie Toro (20,77 Tn/ha). Les tres *Dactylis glomerata* segueixen la mateixa tònica que al primer cicle tenint similars pesos entre 14,88 i 15,70 Tn/ha. Malgrat *Festuca arundinacea* fou l'espècie amb major producció de biomassa fresca, *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia una vegada passada per estufa va obtenir una major producció de biomassa seca (13,35 Tn/ha) respecte *Festuca arundinacea* (10,22 Tn/ha). La subespècie Toro va produir 9,01 Tn/ha, i les *Dactylis* valors similars entre 6,31 i 7,03 Tn/ha.

En el tercer cicle l'espècie *Piptatherum miliaceum* subespècie Toro va ser la major productora de biomassa fresca (41,15 Tn/ha), seguida d'*Arundo donax*, la qual va ser la segona espècie en produir major biomassa fresca (39,13 Tn/ha). En quant a biomassa seca la major productora fou *Arundo donax* (21,09 Tn/ha), seguida de *Piptatherum miliaceum* subespècie Toro (14,99 Tn/ha). En aquest cicle s'aprecià una major diferència entre les subespècies de *Dactylis glomerata* superant les dues Tn de diferència.

Al quart cicle el patró de producció va variar respecte al tercer cicle. Els majors productors de biomassa fresca i seca foren *Arundo donax* (57,97 Tn/ha i 32,65 Tn/ha), seguida de *Panicum virgatum* (27,95 Tn/ha i 15,10 Tn/ha) i *Ampelodesmos mauritanica* (26,55 Tn/ha i 13,12 Tn/ha). En aquest cicle mentre aquestes espècies milloraven els resultats respecte el cicle 3, la resta d'espècies reduïa a la meitat o més la seva producció respecte el cicle anterior.

Al cinquè cicle totes les espècies seguiren davallant la producció de biomassa seca respecte al quart cicle. L'única espècie que es va mantenir o va millorar lleugerament la seva producció va ser *Arundo donax* (33,08 Tn/Ha). S'ha de remarcar que al ser una espècie invasiva la seva tendència és a colonitzar els espais disponibles, la qual cosa va fer impossible el recompte final de fillols. Aquesta producció la converteix en l'espècie amb major producció de biomassa seca (98,37 Tn/Ha) de totes les espècies del experiment, durant els cinc cicles, amb un marge de més del doble de producció respecte la segona espècie *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia amb (44,50 Tn/Ha). La resta d'espècies obtingueren valors similars de producció total de biomassa seca, al voltant de les 30-40 Tn/Ha.

4.3.3. Número de fillols per planta

A la Figura 7 s'aprecia la mitjana del número de fillols/cicle produïts al llarg dels cinc cicles de les diferents espècies.

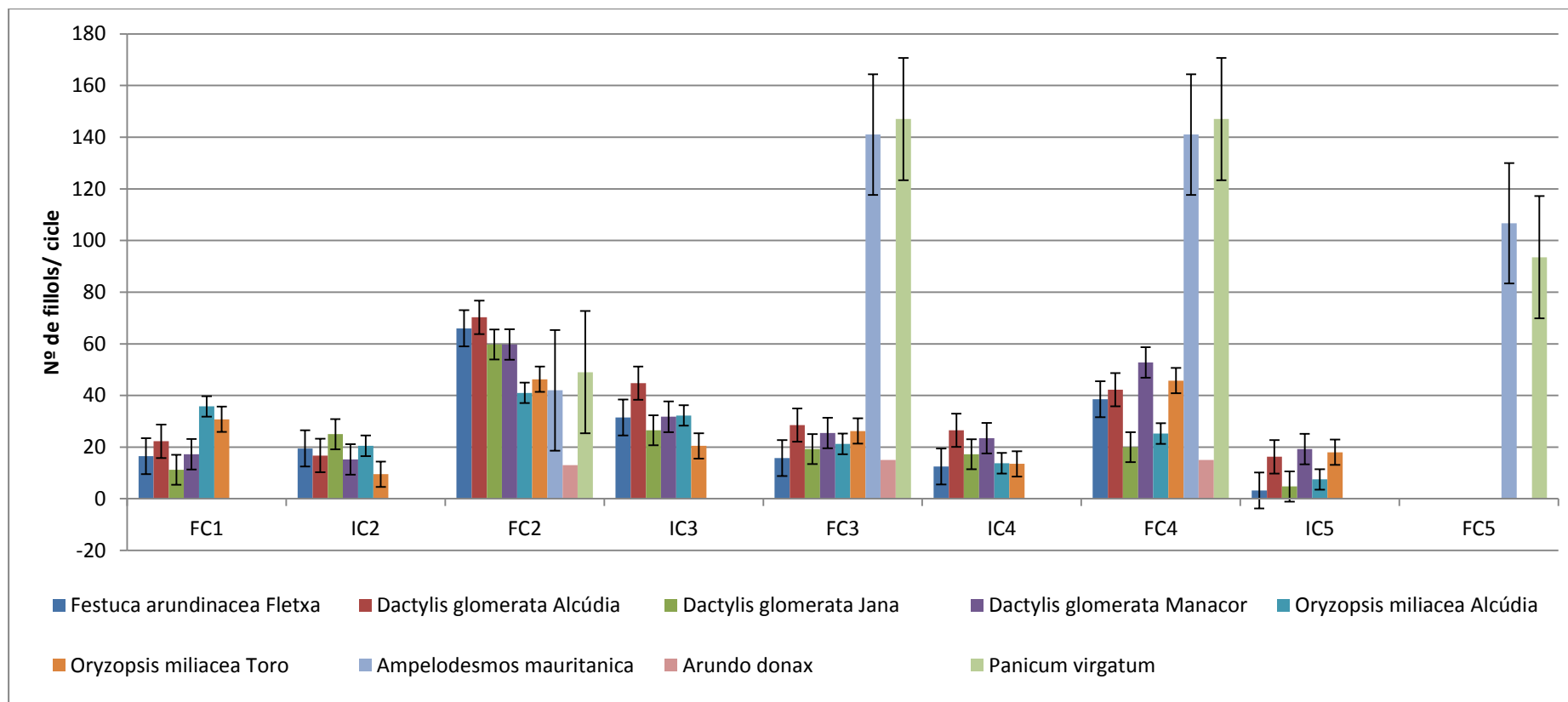


Figura 7. Mitjana + error estàndar del número de fillols dels 4 plots per espècie i cicle des de l'inici fins al final del cicle 5.

A la Figura 7 es pot apreciar l'evolució en la producció del nombre de fillols durant els 5 cicles, en els quals es pot apreciar com el número de fillols ha anat oscil·lant en funció de la quantitat de reserves hídriques al sòl. Es pot apreciar com el cicle amb major producció a la majoria de les espècies correspon al FC2 (final de cicle 2), fruit d'unes precipitacions molt bones a inicis i mitjan cicle 2, per la qual cosa les reserves del sòl oscil·laven entre el 12-14%. Aquest fet proporcionà un creixement de la biomassa fresca i seca. Les espècies que més destaquen a aquest cicle són *Dactylis glomerata* Alcúdia amb una mitjana de 70,25 fillols, seguit de *Festuca arundinacea* Fletxa amb 66 fillols i *Dactylis glomerata* subespècie Jana i *Dactylis glomerata* subespècie Manacor amb 59,75 fillols de mitjana respectivament.

Després del tall del FC2 es va produir un rebrotament, el qual va quasi reduir a la meitat el número de fillols de la majoria de les espècies, segurament per el baix percentatge de reserves d'aigua a la terra, el qual era del 4% i les altes temperatures, les quals oscil·laven al voltant dels 26 °C de mitjana i una HR mitjana al voltant del 50%.

A finals del cicle 3 es pot apreciar una gran producció del número de fillols per part de *Panicum virgatum* (97,92 fillols) i *Ampelodesmos mauritanica* (93,92 fillols). A la resta d'espècies es produeix una disminució significativa del número de fillols, on les espècies que destaquen en més bones condicions són *Dactylis glomerata* Alcúdia amb una mitjana de fillolat de (28,5 (FC3) i (26,5 (IC4)), seguida de *Piptatherum miliaceum* subespècie Toro, la qual fa un petit augment respecte al IC3 amb una mitjana de 26,3 fillols (FC3) i *Dactylis glomerata* subespècie Manacor que davalla respecte a IC3 amb una mitjana de fillols de 25,5.

S'ha de remarcar que *Piptatherum miliaceum* subespècie Toro després d'un repunt al final de FC3, torna a recaure fins a una mitjana de 13,5 fillols. S'ha de remarcar que aquestes dades tan baixes de fillolat segurament són degudes a una mitjana de reserva d'aigua a la terra que oscil·lava a principis al 5,56% i a finals de cicle al 6,85%.

A partir del FC4 es produeix un augment significatiu del número de fillols per espècie a la majoria de les espècies on destaca *Dactylis glomerata* subespècie Manacor amb una mitjana de 52,75 fillols, seguida de *Piptatherum miliaceum* subespècie Toro amb una mitjana de 45,75 fillols i *Dactylis glomerata* Alcúdia amb una mitjana de 42,25 fillols.

S'ha de remarcar que l'espècie *Dactylis glomerata* subespècie Jana malgrat les condicions de humitat del sòl milloraren molt no va poder augmentar el número de fillols, augmentant de una mitjana de 17,25 a 20 fillols. Finalment s'ha de matisar que *Festuca arundinacea* malgrat no tenir tan bons resultats com les altres espècies va triplicar el número de fillols en aquest cicle.

Malgrat els resultats de les espècies al FC4, la quantitat de reserves d'aigua al sòl a IC5 eren molt baixes (6,88%), com es pot apreciar a la Figura 7, les reserves anaven caient, la qual cosa es pot apreciar en el número de fillols a IC5, els quals es poden observar a la Figura 10. Les espècies que mantingueren un número de fillols més elevat varen ser *Dactylis glomerata* subespècie Manacor amb una mitjana de fillols de 19,25, seguida de *Piptatherum miliaceum* subespècie Toro amb una mitjana de 18 fillols i *Dactylis glomerata* subespècie Alcúdia amb 16,25 fillols.

Malgrat durant el cicle 5 es produí una gran quantitat de pluja, la sequera del final del cicle 4 va ocasionar una mortandat molt elevada a la majoria de les espècies. Això va ocasionar una gran invasió de les males herbes i va ser impossible poder mesurar el número de fillols. Les úniques espècies que es poderen comptar foren les de *Ampelodesmos mauritanica* i *Panicum virgatum*. Per altra banda, s'ha de remarcar que el caràcter invasiu d'*Arundo donax* va impossibilitar el recompte per la dificultat de diferenciar entre individus com a conseqüència de l'elevat rebrotament observat a partir dels rizomes.

4.3.4. Plantes rebrotades

A la Figura 8 s'aprecia l'evolució del rebrotament (supervivència) de cada espècie al llarg dels cinc cicles.

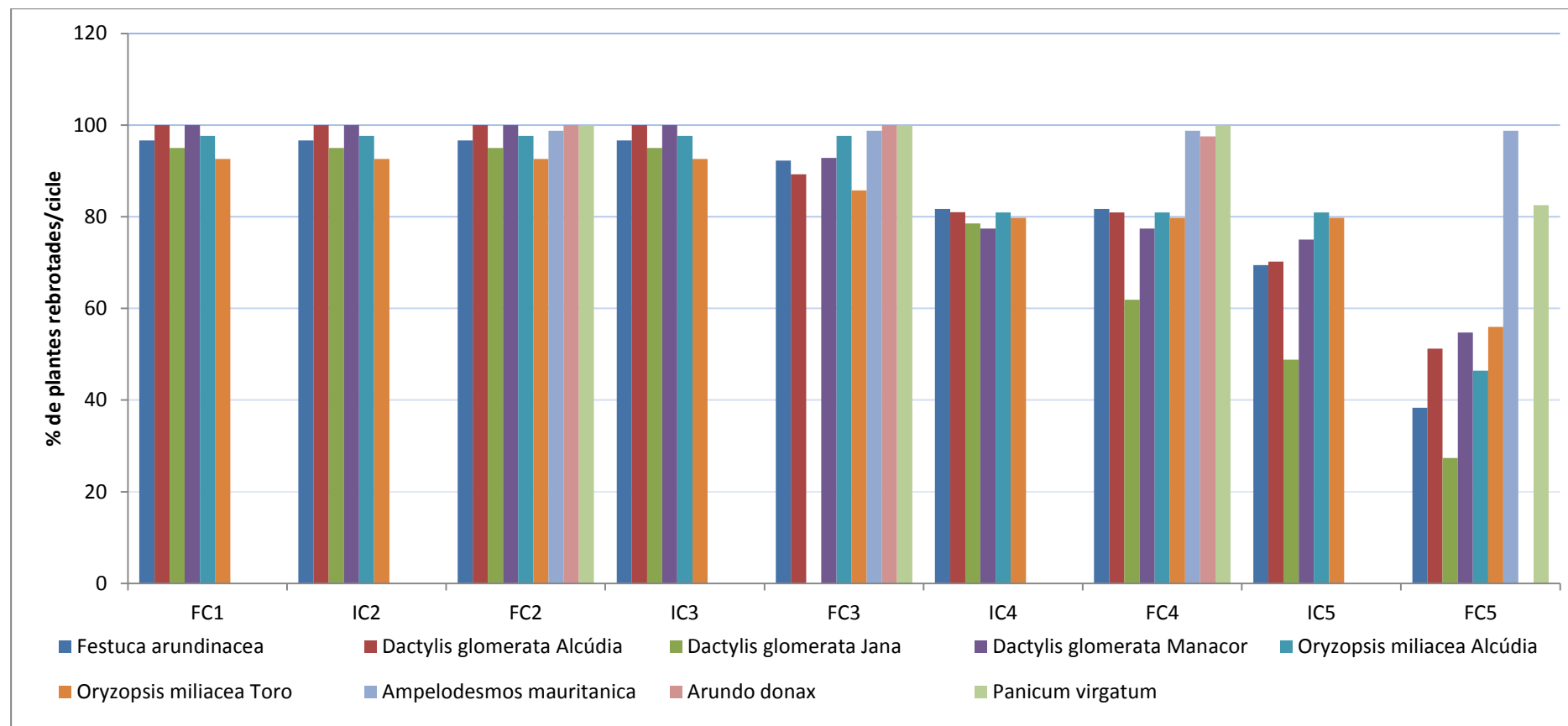


Figura 8. Evolució de la tendència del rebrotament al llarg dels cinc cicles del cultiu.

A la Figura 8, es pot observar l'evolució i les dades del rebrotament de totes les espècies al llarg dels cinc cicles. Per altra banda, a la Taula 12 s'aprecia també la lectura de rebrotament una vegada acabat el cicle 5 i ja dins el cicle 6 el número de plantes que aconseguen rebrotar.

S'ha de remarcar que dels cultius *Ampelodesmos mauritanica*, *Arundo donax* i *Panicum virgatum*, només es tenen dades de final dels cicles 2, 3, 4 i 5. Segons s'observa a la Figura 11, l'única espècie que aconseguix tenir el 100 % de rebrotament al cicle 5 és *Arundo donax*, del qual s'ha de remarcar el seu caràcter invasor. S'ha de remarcar que tant *Ampelodesmos mauritanica* com *Panicum virgatum* sofriren una baixa a finals del cicle 1, per la qual cosa han anat arrossegant aquesta baixa fins a finals del cicle 5.

6. Variables de qualitat

Taula 10. Anàlitzes del laboratori IBABSA respecte a MS = matèria seca, FB = fibra bruta, FAD = fibra àcid detergent, FND = fibra neutro detergent, Cel·lulosa, Hemicel·lulosa i Lignina del cicle 2.

Espècie	Varietat	MS (g)	FB (%)	FAD (%)	FND (%)	Cel·lulosa (%)	Hemicel·lulosa (%)	Lignina (%)
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcúdia 1	89,50 ± 0,01 ^k	35,76 ± 0,38 ^d	43,34 ± 0,09 ^{cd}	65,27 ± 0,21 ^d	36,94 ± 0,22 ^{bcd}	21,94 ± 0,11 ^{abc}	6,39 ± 0,13 ^d
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcúdia 2	89,16 ± 0,01 ^j	35,44 ± 0,09 ^{cd}	43,25 ± 0,13 ^{cd}	63,75 ± 0,03 ^{abc}	36,54 ± 0,17 ^{bcd}	20,49 ± 0,10 ^a	6,71 ± 0,04 ^{de}
<i>Dactylis glomerata</i>	Jana 1	88,62 ± 0,00 ^h	34,86 ± 0,01 ^c	42,08 ± 0,58 ^b	62,47 ± 0,20 ^a	36,74 ± 0,49 ^{bc}	20,39 ± 0,78 ^a	5,33 ± 0,09 ^c
<i>Dactylis glomerata</i>	Jana 2	87,79 ± 0,01 ^f	33,55 ± 0,07 ^{ab}	42,22 ± 0,04 ^{bc}	62,94 ± 0,35 ^{ab}	37,48 ± 0,08 ^{de}	20,72 ± 0,30 ^a	4,74 ± 0,04 ^b
<i>Dactylis glomerata</i>	Manacor 1	88,02 ± 0,00 ^g	33,58 ± 0,08 ^{ab}	42,23 ± 0,07 ^{bc}	64,64 ± 0,14 ^{cd}	37,04 ± 0,02 ^{cd}	22,40 ± 0,21 ^{abc}	5,19 ± 0,09 ^{bc}
<i>Dactylis glomerata</i>	Manacor 2	88,78 ± 0,02 ⁱ	33,28 ± 0,01 ^b	42,32 ± 0,29 ^{bc}	64,25 ± 0,20 ^{bcd}	35,81 ± 0,21 ^b	21,92 ± 0,49 ^{abc}	6,51 ± 0,08 ^d
<i>Festuca arundinacea</i>	Fletxa 1	86,89 ± 0,00 ^a	33,08 ± 0,07 ^a	41,59 ± 0,04 ^b	64,62 ± 0,32 ^{cd}	38,23 ± 0,06 ^{ef}	23,03 ± 0,28 ^{bc}	3,36 ± 0,02 ^a
<i>Festuca arundinacea</i>	Fletxa 2	87,35 ± 0,00 ^c	33,14 ± 0,18 ^a	40,22 ± 0,38 ^a	63,80 ± 0,30 ^{abc}	36,94 ± 0,23 ^{bcd}	23,57 ± 0,68 ^c	3,28 ± 0,14 ^a
<i>Oryzopsis miliacea sp miliacea</i>	Toro 1	87,60 ± 0,01 ^e	36,00 ± 0,15 ^d	42,73 ± 0,23 ^{bc}	69,73 ± 0,36 ^{ef}	36,30 ± 0,34 ^{bcd}	26,99 ± 0,59 ^{de}	6,44 ± 0,11 ^d
<i>Oryzopsis miliacea sp miliacea</i>	Toro 2	88,57 ± 0,01 ^h	37,28 ± 0,05 ^e	43,87 ± 0,33 ^d	70,79 ± 0,13 ^{efg}	36,72 ± 0,42 ^{bcd}	26,93 ± 0,19 ^{de}	7,14 ± 0,08 ^e
<i>Oryzopsis miliacea sp thomasi</i>	Alcúdia 1	87,41 ± 0,03 ^d	34,91 ± 0,04 ^c	42,29 ± 0,11 ^{bc}	71,08 ± 0,44 ^{fg}	35,89 ± 0,14 ^{bc}	28,78 ± 0,55 ^{ef}	6,40 ± 0,25 ^d
<i>Oryzopsis miliacea sp thomasi</i>	Alcúdia 2	87,26 ± 0,03 ^b	34,0 ± 0,30 ^{cd}	39,74 ± 0,28 ^a	69,52 ± 0,05 ^e	34,19 ± 0,36 ^a	29,77 ± 0,23 ^f	5,55 ± 0,08 ^c
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	Bunyola	93,49 ± 0,02 ^l	38,19 ± 0,00 ^f	43,97 ± 0,20 ^d	74,03 ± 0,12 ^h	38,83 ± 0,16 ^{fg}	30,06 ± 0,32 ^f	5,14 ± 0,03 ^{bc}
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	Bunyola	93,86 ± 0,01 ⁿ	37,48 ± 0,25 ^e	45,25 ± 0,15 ^e	71,75 ± 0,30 ^g	39,79 ± 0,36 ^g	26,50 ± 0,46 ^d	5,46 ± 0,20 ^c
<i>Arundo donax</i>	K-12 Biothek	94,15 ± 0,00 ^o	45,17 ± 0,03 ^g	54,97 ± 0,18 ^g	76,12 ± 0,18 ⁱ	44,98 ± 0,07 ^h	21,14 ± 0,00 ^{ab}	9,99 ± 0,10 ^g
<i>Arundo donax</i>	K-12 Biothek	93,77 ± 0,00 ^m	46,82 ± 0,16 ^h	53,51 ± 0,29 ^f	74,13 ± 0,30 ^h	43,92 ± 0,28 ^h	20,61 ± 0,59 ^a	9,59 ± 0,10 ^g
<i>Panicum virgatum</i>	Alamo	93,97 ± 0,01 ⁿ	46,84 ± 0,06 ^h	55,90 ± 0,05 ^g	85,25 ± 0,17 ^j	47,33 ± 0,01 ⁱ	29,34 ± 0,12 ^f	8,57 ± 0,03 ^f
<i>Panicum virgatum</i>	Alamo	94,03 ± 0,00 ^o	46,81 ± 0,04 ^h	55,88 ± 0,03 ^g	84,31 ± 0,81 ^j	47,54 ± 0,12 ⁱ	28,43 ± 0,85 ^{def}	8,34 ± 0,92 ^f
Control	-	-	-	-	-	-	-	-
R ²		1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,97	0,99
p factor		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Taula 11. Anàlitiqes del laboratori IBABSA respecte a MS = matèria seca, FB = fibra bruta, FAD = fibra àcid detergent, FND = fibra neutro detergent, Cel·lulosa, Hemicel·lulosa i Lignina del cicle 4.

Espècie	Varietat	MS (g)	FB (%)	FAD (%)	FND (%)	Cel·lulosa (%)	Hemicel·lulosa (%)	Lignina (%)
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcúdia 1	93,15 ± 0,01 ^h	39,55 ± 0,13 ^{cd}	47,43 ± 0,49 ^c	73,26 ± 0,47 ^e	41,43 ± 0,44 ^{cd}	25,83 ± 0,98 ^{efg}	6,00 ± 0,04 ^{cd}
<i>Dactylis glomerata</i>	Alcúdia 2	92,95 ± 0,01 ^g	40,52 ± 0,11 ^{ef}	48,23 ± 0,16 ^{cd}	76,40 ± 0,49 ^{ij}	42,15 ± 0,04 ^{def}	28,17 ± 0,11 ^h	6,07 ± 0,11 ^{cd}
<i>Dactylis glomerata</i>	Jana 1	93,21 ± 0,01 ^{hi}	43,04 ± 0,34 ^k	50,49 ± 0,06 ^{fg}	73,97 ± 0,44 ^{ef}	43,68 ± 0,16 ^{gh}	23,48 ± 0,38 ^d	6,81 ± 0,10 ^e
<i>Dactylis glomerata</i>	Jana 2	93,37 ± 0,02 ^k	42,50 ± 0,24 ^{jk}	50,73 ± 0,43 ^{fgh}	74,63 ± 0,40 ^{fg}	44,33 ± 0,46 ^h	23,89 ± 0,03 ^d	6,40 ± 0,02 ^{de}
<i>Dactylis glomerata</i>	Manacor 1	93,16 ± 0,03 ^h	38,99 ± 0,06 ^{bc}	47,37 ± 0,07 ^c	73,66 ± 0,26 ^{ef}	41,62 ± 0,06 ^{cde}	26,28 ± 0,19 ^{fg}	5,74 ± 0,13 ^c
<i>Dactylis glomerata</i>	Manacor 2	93,26 ± 0,04 ⁱ	40,98 ± 0,00 ^{fg}	48,66 ± 0,07 ^{de}	76,73 ± 0,25 ^{ijk}	42,62 ± 0,17 ^{ef}	28,07 ± 0,48 ^h	6,03 ± 0,06 ^{cd}
<i>Festuca arundinacea</i>	Fletxa 1	92,19 ± 0,00 ^c	41,97 ± 0,13 ^{ij}	50,72 ± 0,05 ^{fgh}	77,32 ± 0,12 ^{jk}	45,64 ± 0,09 ⁱ	26,60 ± 0,17 ^g	5,07 ± 0,03 ^b
<i>Festuca arundinacea</i>	Fletxa 2	92,45 ± 0,00 ^e	41,50 ± 0,16 ^{ghi}	50,68 ± 0,16 ^{fgh}	75,19 ± 0,14 ^{gh}	44,49 ± 0,04 ^h	24,51 ± 0,31 ^{de}	6,19 ± 0,11 ^{cd}
<i>Oryzopsis miliacea sp miliacea</i>	Toro 1	93,35 ± 0,03 ^e	44,00 ± 0,32 ^l	51,78 ± 0,36 ^h	77,88 ± 0,28 ^k	40,96 ± 0,20 ^e	26,11 ± 0,08 ^{fg}	10,81 ± 0,03 ⁱ
<i>Oryzopsis miliacea sp miliacea</i>	Toro 2	93,55 ± 0,02 ^{lm}	42,86 ± 0,08 ^k	50,86 ± 0,15 ^{gh}	75,82 ± 0,14 ^{hi}	41,35 ± 0,16 ^{cd}	24,96 ± 0,00 ^{def}	9,50 ± 0,01 ^h
<i>Oryzopsis miliacea sp thomasi</i>	Alcúdia 1	92,74 ± 0,00 ^f	40,66 ± 0,16 ^{ef}	50,81 ± 0,06 ^{gh}	79,77 ± 0,28 ^l	38,78 ± 0,02 ^b	28,96 ± 0,22 ^{hi}	12,03 ± 0,03 ^j
<i>Oryzopsis miliacea sp thomasi</i>	Alcúdia 2	92,45 ± 0,01 ^e	41,16 ± 0,07 ^{fgh}	50,72 ± 0,09 ^{fgh}	79,39 ± 0,06 ^l	39,47 ± 0,04 ^b	28,67 ± 0,16 ^{hi}	11,24 ± 0,06 ^j
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	Bunyola	92,81 ± 0,05 ^f	40,05 ± 0,07 ^{de}	48,23 ± 0,07 ^{cd}	76,43 ± 0,36 ^{ij}	41,81 ± 0,11 ^{cdef}	28,20 ± 0,43 ^h	6,41 ± 0,03 ^{de}
<i>Ampelodesmos mauritanica</i>	Bunyola	93,51 ± 0,01 ^l	41,73 ± 0,21 ^{hi}	48,79 ± 0,02 ^{de}	77,03 ± 0,01 ^{ijk}	41,49 ± 0,12 ^{cd}	28,24 ± 0,01 ^h	7,30 ± 0,06 ^f
<i>Arundo donax</i>	K-12 Biothek	93,63 ± 0,00 ^m	40,93 ± 0,01 ^{fg}	48,29 ± 0,01 ^{cd}	69,90 ± 0,24 ^c	39,66 ± 0,11 ^b	21,60 ± 0,21 ^c	8,63 ± 0,09 ^g
<i>Arundo donax</i>	K-12 Biothek	93,52 ± 0,00 ^l	41,85 ± 0,04 ^{hij}	49,60 ± 0,11 ^{ef}	71,46 ± 0,08 ^d	40,96 ± 0,04 ^c	21,86 ± 0,20 ^c	8,63 ± 0,06 ^g
<i>Panicum virgatum</i>	Alamo	91,84 ± 0,00 ^a	35,44 ± 0,16 ^a	44,55 ± 0,36 ^b	73,89 ± 0,42 ^{ef}	38,67 ± 0,10 ^b	29,34 ± 0,49 ^{hi}	5,88 ± 0,27 ^c
<i>Panicum virgatum</i>	Alamo	91,98 ± 0,00 ^b	35,94 ± 0,06 ^a	43,03 ± 0,34 ^a	72,90 ± 0,42 ^e	36,62 ± 0,36 ^a	29,86 ± 0,08 ⁱ	6,41 ± 0,02 ^{de}
<i>Control</i>	-	91,76 ± 0,01 ^a	38,78 ± 0,06 ^b	51,45 ± 0,45 ^{gh}	68,46 ± 0,13 ^b	43,96 ± 0,57 ^h	17,01 ± 0,32 ^b	7,48 ± 0,10 ^f
<i>Control</i>	-	92,29 ± 0,00 ^d	36,01 ± 0,09 ^a	47,23 ± 0,06 ^c	62,50 ± 0,13 ^a	42,76 ± 0,15 ^{fg}	15,27 ± 0,06 ^a	4,47 ± 0,08 ^a
R²		1,00	0,99	0,98	0,99	0,98	0,98	0,99
p factor		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Les Taules 10 i 11 representen les analítiques dutes a terme per el laboratori IBABSA.

Pel que fa a les **variables de qualitat** referents a paràmetres químics de la biomassa és possible que les dues varietats comercials (Fletxa i Jana) hagin estat millorades en el sentit de reduir el contingut de lignina, que és la part que funciona de barrera física per penetrar els enzims hidrolítics. Per contra, les espècies *Arundo donax* i *Panicum virgatum* són les que presenten els millors paràmetres de hemicel·lulosa i cel·lulosa, però també alts índex de lignina.

A la mostra del cicle 2 (Taula 10), la part referent al contingut de Cel·lulosa es destaca la espècie *Festuca arundinacea* amb el contingut més alts de cel·lulosa, seguida de *Dactylis glomerata* subespècie Jana i *Ampelodesmos mauritanica*. En quant a hemicel·lulosa destaca *Panicum virgatum*, *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia i *Ampelodesmos mauritanica*. Tot i que, com a contrapartida, la part de lignina va ser la més alta a *Arundo donax* i *Panicum virgatum*, mentre que a *Piptatherum miliaceum* subespècie Toro fou la tercera més alta. Fet que crea problemes, ja que constitueix una barrera física per als enzims.

A la mostra del cicle 4 (Taula 11), la part referent al contingut de Cel·lulosa destaca la espècie *Festuca arundinacea* amb el contingut més alts de cel·lulosa, seguida de *Dactylis glomerata* subespècie Jana i *Ampelodesmos mauritanica*. En quant a hemicel·lulosa destaca *Panicum virgatum*, *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia i *Ampelodesmos mauritanica*. Tot i que, com a contrapartida, la part de lignina va ser la més alta a *Piptatherum miliaceum* subespècie Alcúdia i *Piptatherum miliaceum* subespècie Toro, mentre que a *Arundo donax* fou la tercera més alta.

Arundo donax es troba molt aprop de les produccions en cel·lulosa, hemicel·lulosa i Lignina de les espècies amb major quantitat, la qual cosa juntament amb el seu elevat índex de producció de matèria seca i l'índex calòric al voltant de les 4025 kcal/kg MS, la fa ideal com a espècie productora de biocombustibles líquids i pellets.

7. Conclusions

Una vegada analitzada l'estadística dels diferents resultats es poden arribar a les següents conclusions:

Objectiu general:

1) En quant a producció de biomassa fresca l'espècie més productiva és *Arundo donax* seguida de *Piptatherum miliaceum*. Per altra banda, l'espècie amb major producció de biomassa seca, i per tant la millor candidata a biocombustibles és *Arundo donax*.

Objectius específics:

1) Referent als valors de BF i BS, s'aprecien diferents continguts hídrics en funció del cicle i l'índex d'humitat del sòl. Índex alts d'humitat al sòl (cicles 2 i 3), *Festuca arundinacea* és l'espècie que més quantitat d'aigua acumula. Baixos índex d'humitat al sòl (cicles 1 i 4) les dues *Piptatherum miliaceum* obtingueren majors continguts hídrics, la qual cosa fa pensar que l'espècie *Festuca arundinacea* és lleugerament sensible a l'escassetesa d'aigua respecte *Piptatherum miliaceum*. El final del cicle 5 fou molt humit i *Panicum virgatum* obtingué un alt contingut hídric (veure taula 13 annex II).

Per altra banda, si es compara respecte a la producció total de biomassa fresca i seca al llarg dels cinc cicles, el cultiu que produeix més Tn/ha de biomassa fresca i seca és *Arundo donax* (180,42 – 98,37 Tn/ha), amb una mitjana en contingut hídric del 44,28%, el qual és un contingut hídric molt baix respecte la resta d'espècies. Aquest fet demostra que *Arundo donax* és el que té més possibilitats de passar a processos transformadors (veure taula 9).

2) Respecte al nombre de fillols/cicle hi ha hagut moltes variacions al llarg dels cinc cicles amb alts i baixos. S'observa que *Ampelodesmos mauritanica* té la mitjana més alta dels cinc cicles (87,35 fillols), seguida de *Panicum virgatum* (70,87 fillols). Com a conclusió es pot dir que el fet de ser més productiu en BS (*Arundo donax*) no es veu reflectit en un alt número de fillols, ja que és el menys productor de totes les espècies amb una mitjana de 10,94 fillols.

3) En quant a rebrotament es pot arribar a la conclusió de que *Arundo donax* a finals del cicle 5 ha colonitzat els espais buits i no es pot fer una lectura real de les magolles. Per altra banda, *Ampelodesmos mauritanica* amb un 98,75 %, i *Panicum virgatum* amb un 82,5 %, són les espècies amb major supervivència.

4) L'espècie que mostra uns resultats més positius per al seu aprofitament com a font de biomassa és *Arundo donax*, ja que malgrat sigui la menys productora de fillols (entre 3 i 4 vegades menys respecte les altres espècies), resulta ser la que té un menor contingut hídric durant tots els cicles, té un rebrotament superior a la resta, i una producció de BS superior a les altres espècies de 98,37 Tn/ha.

9. Bibliografia

- [1] ALMOACID G. (1995). Una estratègia solar para Jaén. Jaén: Departamento de electrónica de la Universidad de Jaén.
- [2] GONZÁLEZ VELASCO, J. (2009). Energías renovables. Barcelona: Editorial Reverté.
- [3] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. (2007). Biofuel production. IEA Energy Technology Essentials, 1(2), 1 - 4.
- [4] PETERSEN, J.E. (2010). Estimación del potencial de bioenergía de la agricultura compatible con el medio ambiente. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino.
- [5] SOLOMON, B. D. (2010). Biofuels and sustainability. *Ecological economics reviews*, 1185 (1), 119 - 134.
- [6] CHAUVET, M., GONZÁLEZ, R.L. (2008). Biocombustibles y cultivos biofarmacéuticos: ¿oportunidades o amenazas?. *El Cotidiano*, 23 (147), 51 - 61.
- [7] KARLSSON, M. (2007). Sustainable Bioenergy: A Framework for Decision Makers. *FAO reviews*, 1094 (1), 1 - 64.
- [8] MACHADO, C.M.M. (2010). Situación de los biocombustibles de 2da y 3era generación en América Latina y el Caribe. *OLADE / IICA. Virtual Pro.* 1 (1), 6 – 30.
- [9] OLIVA RODRÍGUEZ, J.M. (2003). Efecto de los productos de degradación originados en la explosión por vapor de biomasa de chopo sobre *Kluyveromyces marxianus*. Madrid: Centro investigaciones energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. 1 (1), 6 – 29.
- [10] Department of Agriculture, Food and Environment (2015). OPTIMA Project. Catania: University of Catania.
- [11] Robledo A., Correal E. (2013). Cultivos energéticos de segunda generación para producción de biomasa lignocelulósica en tierras de cultivos marginales. Murcia: IMIDA.

- [12] SCORDIA D. (2013). Agronomy and logistics of fiber crops. Optima FP7. Rome: University of Catania.
- [13] MENÉNDEZ VALDERREY, J.L. (2006). *Dactylis glomerata* L. Asturnatura DB. *Asturnatura.com*. 1 (77), 1 – 5.
- [14] CARMONA, A., GULÍAS, J., ROMER-MUNAR, A., BARAZA, E. y CIFRE, J. (2014). Producción de biomasa y persistencia en gramíneas perennes para la producción de biocombustibles de segunda generación en zonas marginales. 53^a Reunión Científica de la SEEP. Pastos y PAC 2014-2020. *Pastos*, 44 (1), 1 – 7.
- [15] CANALS R.M., PERALTA J., ZUBIRI E. (2009). Flora pratense y forrajera cultivada de la Península Ibérica. Herbario UPNA. Departamento de Producción Agraria. Navarra: Universidad Pública de Navarra.
- [16] ASSOCIACIÓ FLORA CATALANA (2015). *Oryzopsis miliacea* (L.) Asch. et Graebn. subsp. *miliacea*. Floracatalana.net.
- [17] FLORACATALANA.NET. (2015). *Oryzopsis miliacea* (L.) Asch. et Graebn. subsp. *thomassi* (Duby) K. Richt Celrà. Floracatakana.net.
- [18] FONT, X., DE CÀCERES, M. QUADRADA, R., MORENO, J I MARTÍ, D. (2015). Banc de dades de biodiversitat de Catalunya. Catalunya: Generalitat de Catalunya i Universitat de Barcelona.
- [19] ÀREA DE BOTÀNICA. (2015). *Oryzopsis miliacea* (L.) Asch. et Graebn. subsp. *thomassi* (Duby) K. Richt. Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. Illes Balears: Universitat de les Illes Balears.
- [20] DEPARTAMENT DE BIOLOGIA (2015). Biologia de les plantes en condicions mediterrànies. Illes Balears: Universitat de les Illes Balears.
- [21] ENZ M., DACHLER CH., NOVARTIS (1998) Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono y dicotiledónias cultivadas. Escala BBCH extendida. Alemania: BASF.

- [22] GELFAND I., SAHAJPAL R., ZHANG X., IZAURRALDE R.C., GROSS K.L., ROBERTSON G.P. (2013). Sustainable bioenergy production from marginal lands in the US Midwest. *Nature* 493 (1). 514 – 517.
- [23] SILZER, T. (2000). *Panicum virgatum* L., Switchgrass, prairie switchgrass, tall panic grass. Rangeland Ecosystems & Plants Fact Sheets. Canada: University of Saskatchewan Department of Plant Sciences.
- [24] SECTER, B. (2006). Plentiful switch grass emerges as breakthrough biofuel. California: The San Diego Union-Tribune.
- [25] NIETO M., BARAZA E., CIFRE J., GULIAS J. (2015). Determinación de la capacidad de germinación de diferentes poblaciones de tres especies de herbáceas mediterráneas. Illes Balears: Departamento de Biología de la Universidad de las Islas Baleares. Sociedad Española para el Estudio de los Pastos, 1(2015).
- [26] RODRÍGUEZ J.A, PÉREZ A., PÉREZ R., PÉREZ M.D., FERRÁNDEZ C.E.; FERRÁNDEZ M.T., SANTACREU D., MORAL R., PAREDES C., BUSTAMANTE M.A. (2016). Producción de *Arundo donax* L. en sistemas sin suelo haciendo uso de aguas residuales urbanas . Elche: Departamento de Ingeniería. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- [27] RODRÍGUEZ J.A, PÉREZ A., PÉREZ R., PÉREZ M.D., FERRÁNDEZ C.E.; FERRÁNDEZ M.T., SANTACREU D., MORAL R., PAREDES C., BUSTAMANTE M.A. (2016). Producción de biomassa eficiente en entornos salinizados: Potencialidad y eficiència de *Arundo donax* L. Elche: Departamento de Ingeniería. Universidad Miguel Hernández de Elche.
- [28] ROBLEDO A., CORREAL, E. (2013). Cultivos energéticos de segunda generación para producción de biomasa lignocelulósica en tierras de cultivo marginales. Murcia: Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario.
- [29] MEHMOOD M.A., IBRAHIM M., RASHID U., NAWAZ M., ALI S., HUSSAIN A., GULL M. (2016). Biomass Production for bioenergy using marginal lands. Pakistan: Bioenergy research Center, Department of Bioinformatics and Biotechnology, Government College University Faisalabad.

[30] SÁNCHEZ, E. (2015). Respuesta de gramíneas perennes frente al estrés para la producción de biomasa. Tesis Doctoral. Departamento de Biología Vegetal de la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona.

10. Annexes

10.1. Annex I: Seguiment complet dels cicles i mesures realitzades a l'experiment

A la Taula 12 es pot apreciar les activitats dutes a terme al llarg dels cinc cicles de seguiment dels cultius.

Taula 12. Cicles, activitats i dates del seguiment de l'experiment.

Cicle	Activitat	Data
Primer	Trasplantament. Inici seguiment cicle primer	21/02/2013
Primer	Regar tots els cultius	21/02/2013
Primer	Inici mesura d'estats fenològics	04/03/2013
Primer	Llevar males herbes del camp experimental	23/03/2013
Primer	Llevar males herbes del camp experimental	24/03/2013
Primer	Regar tots els cultius	26/03/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	27/03/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	08/04/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	15/04/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	22/04/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	29/04/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	06/05/2013
Primer	Llevar males herbes dels plots	08/05/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	13/05/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	20/05/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	27/05/2013
Primer	Llevar males herbes dels plots	30/05/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	03/06/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	10/06/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	18/06/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	24/06/2013
Primer	Mesura d'estats fenològics	01/07/2013
Primer	Mesura nombre de fillols de 3 plantes/plot	08/07/2013
Primer	Tall de biomassa número 1	08/07/2013
Primer	Mesures de pes fresc de biomassa	08/07/2013

Primer	Mesures de pes sec de biomassa	12 i 18/07/2013
Segon	Inici del seguiment del segon cicle	02/09/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	16/09/2013
Segon	Nombre de plantes rebrotades/plot	16/09/2013
Segon	Mesura nombre de fillols 3 plantes/plot	16/09/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	23/09/2013
Segon	Nombre de plantes rebrotades/plot	23/09/2013
Segon	Llevar males herbes dels plots	23/09/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	30/09/2013
Segon	Llevar males herbes dels plots	30/09/2013
Segon	Llevar males herbes dels plots	02/10/2013
Segon	Llevar males herbes dels plots	04/10/2013
Segon	Primera recollida de mostres de terra. Mesura de pes fresc.	05/10/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	07/10/2013
Segon	Mostres de terra. Mesura de pes sec.	10/10/2013
Segon	Regar tots els cultius	10/10/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	14/10/2013
Segon	Recollida de mostres de terra. Mesura de pes fresc.	14/10/2013
Segon	Primera mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	14/10/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	21/10/2013
Segon	Mostres de terra. Mesura de pes sec.	21/10/2013
Segon	Regar tots els cultius	22/10/2013
Segon	Recollida de mostres de terra. Mesura de pes fresc.	28/10/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	28/10/2013
Segon	Mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	28/10/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	04/11/2013
Segon	Mostres de terra. Mesura de pes sec.	04/11/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	12/11/2013
Segon	Recollida de mostres de terra. Mesura de pes fresc.	12/11/2013
Segon	Mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	12/11/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	21/11/2013
Segon	Mostres de terra. Mesura de pes sec.	21/11/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	26/11/2013
Segon	Recollida de mostres de terra. Mesura de pes fresc.	26/11/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	02/12/2013
Segon	Mostres de terra. Mesura de pes sec.	02/12/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	09/12/2013
Segon	Recollida de mostres de terra. Mesura de pes fresc.	09/12/2013

Segon	Mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	10/12/2013
Segon	Mesura d'estats fenològics	16/12/2013
Segon	Llevar males herbes	16/12/2013
Segon	Mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	07/01/2014
Segon	Recollida de mostres de terra. Mesura de pes fresc.	07/01/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	07/01/2014
Segon	Llevar males herbes	09/01/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	13/01/2014
Segon	Mostres de terra. Mesura de pes sec.	13/01/2014
Segon	Darrera recollida de mostres de terra. Mesura de pes fresc.	21/01/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	21/01/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	27/01/2014
Segon	Mostres de terra. Mesura de pes sec.	27/01/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	03/02/2014
Segon	Primera recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	03/02/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	10/02/2014
Segon	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	10/02/2014
Segon	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	17/02/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	17/02/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	24/02/2014
Segon	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	24/02/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	03/03/2014
Segon	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	03/03/2014
Segon	Mesura d'estats fenològics	10/03/2014
Segon	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	10/03/2014
Segon	Mesura de nombre de fillols 1 planta/plot	12/03/2014
Segon	Tall de biomassa número 2	14/03/2014
Segon	Mesures de pes fresc de la biomassa	14/03/2014
Segon	Mesures de pes sec de la biomassa	19/03/2014
Segon +	Inici del seguiment del cicle segon +	21/03/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	21/03/2014
Segon +	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	21/03/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	01/04/2014
Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	01/04/2014
Segon +	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	01/04/2014
Segon +	Llevar males herbes	11/04/2014
Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	11/04/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	15/04/2014

Segon +	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	15/04/2014
Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	28/04/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	28/04/2014
Segon +	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	28/04/2014
Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	05/05/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	05/05/2014
Segon +	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	05/05/2014
Segon +	Nombre de plantes rebrotades/plot	05/05/2014
Segon +	Mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	05/05/2014
Segon +	Mesura nombre de fillols de 3 plantes/plot	05/05/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	12/05/2014
Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	12/05/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	19/05/2014
Segon +	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	19/05/2014
Segon +	Nombre de plantes rebrotades/plot	19/05/2014
Segon +	Mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	19/05/2014
Segon +	Mesura nombre de fillols de 3 plantes/plot	19/05/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	26/05/2014
Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	26/05/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	02/06/2014
Segon +	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	02/06/2014
Segon +	Nombre de plantes rebrotades/plot	02/06/2014
Segon +	Mesura nombre de fillols de 3 plantes/plot	02/06/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	09/06/2014
Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	09/06/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	17/06/2014
Segon +	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	17/06/2014
Segon +	Mesura nombre de fillols de 3 plantes/plot	17/06/2014
Segon +	Mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	17/06/2014
Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	23/06/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	23/06/2014
Segon +	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	30/06/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	30/06/2014
Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	14/07/2014
Segon +	Mesura d'estats fenològics	14/07/2014
Segon +	Darrera recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	14/07/2014
Segon +	Mesura nombre de fillols de 3 plantes/plot	14/07/2014
Segon +	Recompte de fillols amb tija i espiga i sense tija	16/07/2014

Segon +	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	23/07/2014
Segon +	Tall de biomassa número 3	23/07/2014
Segon +	Mesures de pes fresc de la biomassa	23/07/2014
Segon +	Mesures de pes sec de la biomassa	28/07/2014
Tercer	Inici del seguiment del cicle tercer	15/09/2014
Tercer	Nombre de plantes rebrotades/plot	02/10/2014
Tercer	Mesura nombre de fillols de 3 plantes/plot	02/10/2014
Tercer	Mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	02/10/2014
Tercer	Mesura d'estats fenològics	02/10/2014
Tercer	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	02/10/2014
Tercer	Mesura d'estats fenològics	09/10/2014
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	09/10/2014
Tercer	Nombre de plantes rebrotades/plot	16/10/2014
Tercer	Mesura nombre de fillols de 3 plantes/plot	16/10/2014
Tercer	Mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	16/10/2014
Tercer	Mesura d'estats fenològics	16/10/2014
Tercer	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	16/10/2014
Tercer	Mesura d'estats fenològics	23/10/2014
Tercer	Nombre de plantes rebrotades/plot	30/10/2014
Tercer	Mesura nombre de fillols de 3 plantes/plot	30/10/2014
Tercer	Darrera mesura de transpiració foliar (amb poròmetre)	30/10/2014
Tercer	Mesura d'estats fenològics	30/10/2014
Tercer	Recollida de mostra de terra. Mesura de pes fresc.	30/10/2014
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec.	30/10/2014
Tercer	Darrer dia d'Àlex Monferrer i inici de les dades de Jaume Serra	30/10/2014
Tercer	Estats fenològics	06/11/2014
Tercer	Mostra de terra	06/11/2014
Tercer	Mesura d'estat fenològic, mostra de sòl, poròmetre i fillols	10/11/2014
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec	10/11/2014
Tercer	Estats fenològics	13/11/2014
Tercer	Mostra de terra	20/11/2014
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec	24/11/2014
Tercer	Estats fenològics, poròmetre i fillols	24/11/2014
Tercer	Mostra de terra	28/11/2014
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec	08/11/2014
Tercer	Estats fenològics, poròmetre, fillols i mostra de terra	08/12/2014
Tercer	Mostra de terra	27/12/2014
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec	05/12/2014

Tercer	Estats fenològics, poròmetre i mostra de terra	05/01/2015
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec	08/01/2015
Tercer	Estats fenològics, poròmetre i mostra de terra	19/01/2015
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec	25/01/2015
Tercer	Mostra de terra	12/02/2015
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec	16/02/2015
Tercer	Estats fenològics, fillols, poròmetre	16/02/2015
Tercer	Mostra de terra	11/03/2015
Tercer	Mostra de terra. Mesura de pes sec	16/03/2015
Tercer	Tall de biomassa 4 i mesures de pes fresc	16/03/2015
Tercer	Mostra de terra	08/04/2015
Tercer	Mostra de terra. Mesures de pes sec	13/04/2015
Tercer	Estats fenològics, plantes rebrotades i fillols	15/04/2015
Tercer +	Mostra de terra	23/04/2015
Tercer +	Estats fenològics i Mostra de terra. Mesura de pes sec	27/04/2015
Tercer +	Estats fenològics, fillols	30/04/2015
Tercer +	Mostra de terra	07/05/2015
Tercer +	Fillols i Mostra de terra. Mesura de pes sec	11/05/2015
Tercer +	Mostra de terra	29/05/2015
Tercer +	Estats fenològics i Mostra de terra. Mesura de pes sec	08/06/2015
Tercer +	Estats fenològics	19/06/2015
Tercer +	Llevar males herbes	30/06/2015
Tercer +	Tall de biomassa 5 , Fillol, plantes per plot, pes fresc	30/06/2015
Tercer +	Mostra de terra	17/07/2015
Tercer +	Pes sec biomassa i Mostra de terra. Mesura de pes sec	20/07/2015
Tercer +	Estats fenològics, rebrotament, mostra de terra	24/07/2015
Quart	Mostra de terra. Mesura de pes sec	30/07/2015
Quart	Estats fenològics, fillols, mostra de terra	01/09/2015
Quart	Mostra de terra. Mesura de pes sec	07/09/2015
Quart	Estats fenològics i mostra de terra	14/09/2015
Quart	Mostra de terra. Mesura de pes sec	21/09/2015
Quart	Estats fenològics i mostra de terra	28/09/2015
Quart	Mostra de terra. Mesura de pes sec	04/10/2015
Quart	Estats fenològics	26/10/2015
Quart	Estats fenològics	12/11/2015
Quart	Estats fenològics i mostra de terra	25/11/2015
Quart	Mostra de terra. Mesura de pes sec	04/12/2015
Quart	Llevar males herbes	04/12/2015

Quart	Tall de biomassa 6 i pes fresc	04/12/2015
Quart	Estats fenològics, fillols i rebrotament	14/12/2015
Quart +	Estats fenològics	30/12/2015
Quart +	Estats fenològics i mostra de terra	14/01/2016
Quart +	Mostra de terra. Mesura de pes sec	25/01/2016
Quart +	Estats fenològics	25/02/2016
Quart +	Estats fenològics	04/03/2016
Quart +	Estats fenològics	31/03/2016
Quart +	Estats fenològics	21/04/2016
Quart +	Estats fenològics i mostra de terra	19/05/2016
Quart +	Mostra de terra. Mesura de pes sec	26/05/2016
Quart +	Llevar males herbes	23/06/2016
Quart +	Tall de biomassa 7 , pes fresc, mostra de terra, estats fenològics i fillols	23/06/2016
Quart +	Mostra de terra. Mesura de pes sec	30/06/2016
Quart +	Rebrotament i fillols	11/07/2016
Cinquè	Fi de recollida de dades de camp	11/10/2016
Cinquè	Recollida de dades Miquel Capó	11/09/2016
Cinquè	Recollida de dades Miquel Llompart	21/12/2017

10.2. Annex II: % d'humitat dels diferents cultius

A la Taula 13 es pot apreciar la quantitat d'aigua en % dels diferents cultius al llarg dels 5 cicles de vida després de passar per estufa.

Taula 13. % d'aigua dels diferents cultius al llarg dels cinc cicles de l'experiment.

Espècie	C1	C2	C3	C4	C5	Total	mitjana
<i>D. Alcúdia</i>	14,44	55,58	55,36	39,89	17,11	182,38	36,47
<i>D.Jana</i>	25,88	57,73	66,21	50,59	13,20	213,61	42,72
<i>D. Manacor</i>	15,17	55,22	68,08	45,25	10,48	194,20	38,84
<i>Festuca</i>	38,94	65,26	75,09	46,89	21,95	248,13	49,62
<i>O. Toro</i>	43,53	56,62	63,57	55,00	26,18	244,90	48,98
<i>O. Alcúdia</i>	39,05	51,64	59,90	50,04	21,04	221,67	44,33
<i>Ampelodesmos</i>	-	53,54	47,13	50,58	52,04	203,29	50,82
<i>A. donax</i>	-	38,66	46,10	43,68	48,70	177,14	44,28
<i>Panicum virgatum</i>	-	50,37	43,30	45,97	54,26	193,90	48,47

10.3. Rendiment productiu dels cultius de Can Cortés

A la Taula 14 es pot apreciar la producció de matèria seca dels cultius una vegada passats per l'estufa en Tn/ha.

Taula 14. Rendiment en matèria seca (Tn/ha) dels cultius.

Espècie	C1	C2	C3	C4	C5	Total	mitjana
<i>D. Alcúdia</i>	2,37	6,61	14,42	5,35	4,65	33,41	6,68
<i>D.Jana</i>	1,89	6,31	12,30	5,46	4,93	30,91	6,18
<i>D. Manacor</i>	2,18	7,03	11,26	4,84	4,10	29,42	5,88
<i>Festuca</i>	0,69	10,22	7,68	8,11	5,12	31,83	6,36
<i>O. Toro</i>	2,88	9,01	14,99	7,52	5,30	39,71	7,94
<i>O. Alcúdia</i>	7,71	13,35	12,73	6,31	4,39	44,5	8,9
<i>Ampelodesmos</i>	-	6,50	6,64	13,12	5,87	32,13	8,03
<i>A. donax</i>	-	11,55	21,09	32,65	33,08	98,37	24,59
<i>Panicum virgatum</i>	-	5,35	9,73	15,10	4,88	35,06	8,76

10.4. Annex III: Rendiment productiu d'*Arundo donax* en condicions de salinitat (27)

A la Taula 15 es pot apreciar els rendiments de matèria fresca i seca de l'experiments en condicions de salinitat de la Universitat Miguel Hernández de Elche.

Taula 15. Rendiments en matèria fresca i seca en condicions de salinitat. (27)

Variable (salinitat)	Canya		Rizoma (acumulat 3 anys)	
	Rendiment (Tn/ha)		Rendiment (Tn/ha)	
	M. fresca	M. seca	M. fresca	M. seca
Control (1,7 dS.m ⁻¹)	43	25	401	195
3 dS.m ⁻¹	34	20	322	148
5 dS.m ⁻¹	35	22	243	108

10.5. Annex IV: Rendiment productiu d'*Arundo donax* en condicions de reg d'aigües residuals urbanes (26)

A la Taula 16 es pot apreciar els rendiments de matèria fresca i seca de l'experiments en condicions de reg amb aigües residuals urbanes de la Universitat Miguel Hernández de Elche.

Taula 16. Rendiments en matèria fresca i seca en condicions d'aigües residuals urbanes. (26)

Cicle	Canya		Rizoma (acumulat 3 anys)	
	Rendiment (Tn/ha)		Rendiment (Tn/ha)	
	M. fresca	M. seca	M. fresca	M. seca
Primer any	25,5	14,9	-	-
Segon any	18,6	9,4	-	-
Mitjana (acumulat)	22,1	12,2	179	85,7

10.6. Seguiment fotogràfic de l'experiment



Figura 9. Estat dels cultius a dia 13/11/2014



Figura 10. Estat dels cultius a dia 08/04/2015



Figura 11. Estat dels cultius a dia 14/04/2015



Figura 12. Estat dels cultius a dia 23/04/2015



Figura 13. Estat dels cultius a dia 29/05/2015



Figura 14. Estat dels cultius a dia 30/06/2015



Figura 15. Estat dels cultius a dia 17/07/2015



Figura 16. Estat dels cultius a dia 09/10/2015



Figura 17. Estat dels cultius a dia 25/02/2016



Figura 18. Estat dels cultius a dia 28/07/2016



Figura 19. Estat dels cultius a dia 28/07/2016



Figura 20. Estat dels cultius a dia 16/09/2016