

Treball final de carrera de l'especialitat
HORTOFRUTICULTURA I JARDINERIA

Títol:

**PROGRAMACIÓ DEL REG BASAT EN UNA
VARIABLE DERIVADA DE LA VARIACIÓ DEL
DIÀMETRE DEL TRONC I EL POTENCIAL
MATRICIAL DEL SÒL EN *Platanus hispanica*.
ESTUDI DE L'EFECTE DE LA RESTRICCIÓ
DEL VOLUM.**

Estudiant: Nafria i Mitjans, Montserrat.

Professors tutors: Biel Loscos, Carme,
Cañameras Riba, Nuria.

Convocatoria: Juliol 2007.

N. volums: 1.

PROGRAMACIÓ DEL REG BASAT EN UNA VARIABLE DERIVADA DE LA VARIACIÓ DEL DIÀMETRE DEL TRONC I EL POTENCIAL MATRICIAL DEL SÒL EN *Platanus hispanica*.

ESTUDI DE L'EFECTE DE LA RESTRICCIÓ DEL VOLUM.

Autor: Nafria i Mitjans, Montserrat.

Professors ponents: Biel Loscos, Carme,
Cañameras Riba, Nuria.

RESUM

El projecte té com a objectiu principal la programació automàtica del reg basat en mesures en planta i en sòl. Un segon objectiu és comparar l'efecte de la restricció del volum del sòl en el desenvolupament de *Platanus hispanica* plantats en contenidor versus arbres plantats en el sòl. La programació del reg s'ha dut a terme combinant diferents llindars de la variable derivada del diàmetre del tronc anomenada màxima contracció diària de tronc (MCD) i el potencial matricial del sòl.

Paral·lelament s'han mesurat diferents paràmetres fisiològics i morfològics com són el potencial hídric de les fulles, l'àrea i el pes específic foliar, cobertura de la capçada i creixement en alçada i diàmetre.

L'experiment ha estat realitzat durant el període de març a novembre de 2006 i per avaluar correctament els objectius, s'han plantejat quatre tractaments diferenciats, tres repeticions per tractament i 6 arbres per repetició. Cadascun dels tractaments està diferenciat per uns llindars de potencial mínim en el sòl i de màxima contracció diària del tronc (MCD).

El reg s'ha gestionat de manera automàtica un 41,10% dels dies i els arbres plantats en el sòl són els que han rebut major quantitat d'aigua. Els resultats ens han donat informació per a que, en propers estudis es disminueix el nivell del potencial matricial del sòl a partir del qual comenci a intervenir la MCD, i que el llindar de MCD sigui diferent en tres períodes fenològics.

Per als tractaments que han rebut les mateixes consignes de reg, els arbres plantats en el sòl, han evidenciat un desenvolupament vegetatiu superior que els plantats en contenidor.

Paraules clau: Dendròmetres. Màxima contracció diària del tronc. Programació del reg. Tensiòmetre. Transductors de desplaçament lineal.

PROGRAMACIÓN DEL RIEGO BASADO EN UNA VARIABLE DERIVADA DE LA VARIACIÓN DEL DIÁMETRO DEL TRONCO Y EL POTENCIAL MATRICIAL DEL SUELO EN *Platanus hispanica*.

ESTUDIO DEL EFECTO DE LA RESTRICCIÓN DE VOLUMEN.

Autor: Nafria i Mitjans, Montserrat.

Profesores ponentes: Biel Loscos, Carme,
Cañameras Riba, Nuria.

RESUMEN

El proyecto tiene como objetivo principal la programación automática del riego basado en medidas en planta i en suelo. Un segundo objetivo es comparar el efecto de la restricción del volumen del suelo en el desarrollo de *Platanus hispanica* plantados en contenedor versus árboles plantados en el suelo. La programación del riego se ha realizado combinando distintos umbrales de la variable derivada del diámetro del tronco llamada máxima contracción diaria de tronco (MCD) y el potencial matricial del suelo.

Paralelamente se han medido distintos parámetros fisiológicos y morfológicos como son el potencial hídrico de las hojas, el área y el peso específico foliar, la cobertura de la copa y el crecimiento en altura y diámetro del tronco.

El experimento se ha realizado durante el período de marzo a noviembre de 2006 y para evaluar correctamente los objetivos, se han planteado cuatro tratamientos diferenciados, tres repeticiones por tratamiento y 6 árboles por repetición. Cada tratamiento se diferencia por unos límites de potencial mínimo en el suelo y de máxima contracción diaria del tronco (MCD).

El riego se ha gestionado de forma automática un 41,10% de los días y los árboles plantados en el suelo son los que han recibido mayor cantidad de agua. Los resultados han dado información para que, en próximos estudios se disminuya el nivel del potencial matricial del suelo a partir del cual empieza a intervenir la MCD, y que el umbral de MCD sea diferente en tres períodos fenológicos.

Para los tratamientos que han recibido las mismas consignas de riego, los árboles plantados en el suelo, han evidenciado un desarrollo vegetativo superior que los plantados en contenedor.

Palabras clave: Dendrómetros. Máxima contracción diaria del tronco. Programación del riego. Tensiómetro. Transductores de desplazamiento lineal.

IRRIGATION PROGRAMMING BASED ON A VARIABLE DERIVED FROM TRUNK DIAMETER VARIATION AND SOIL WATER POTENTIAL IN *Platanus hispanica*.

STUDY OF THE EFFECT OF SOIL VOLUMEN RESTRICTION.

Author: Nafria i Mitjans, Montserrat.

Teachers referees: Biel Loscos, Carme, Cañameras Riba, Nuria.

ABSTRACT

This project takes as a principal objective the automatic programming of the irrigation based on plant and soil measures. The second objective is to compare the effect of the soil volume restriction in the development of *Platanus hispanica* planted on container versus trees reached on the soil. The irrigation programming has been realized combining different thresholds of the variable derived from the diameter of the trunk called maximum daily trunk shrinkage (MDS) and soil matric potential.

In parallel different physiological and morphologic parameters have measured: water potential, leaf area and specific leaf weight, canopy coverage and height and trunk diameter growth.

The experiment has been realized from March to November, 2006 and to evaluate correctly the objectives, four differentiated treatments, three repetitions have appeared for treatment and 6 trees for repetition. Every treatment differs for a few limits of minimal soil water potential and maximum daily trunk shrinkage (MDS). The irrigation has managed automatically in the 41,10% of the days and the trees reached on the soil are those that have received major quantity of water. The results have given information in order that, in next studies the level of soil water potential is diminished from which it starts controlling the MDS, and that MDS's threshold is different in three phenological periods.

Comparing tree performance of the treatments that have managed with the same rules of irrigation, trees reached on the soil had vegetative top development higher than the planted ones on container.

Keywords: Dendrometers. Maximum daily trunk shrinkage. Irrigation Programming. Tensiometers. Lineal variable displacement transducers.

AGRAÏMENTS

El més sincer agraïment a la Dra. Carme Biel Loscos, investigadora del Departament d'Horticultura Ambiental de l'IRTA, per haver-me fet de professora, guia, i deixar-me sempre està en contacte amb ella.

A la professora de l'Escola Superior d'Agricultura de Barcelona, Nuria Cañameras Riba per donar-me suport per realitzar aquest projecte.

A l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries i al cap del Departament d'Horticultura Ambiental, Dr.Robert Savé, per permetre'm realitzar aquest Treball Final de Carrera dins del projecte coordinat titulat " Programación del riego en especies leñosas basado en medidas en planta" finançat pel MEC (Ministerio de Educación y Ciencia) amb referència AGL2004-07940-C03-01.

A tot l'equip del Departament d'Horticultura Ambiental, per els ànims donats i els seus coneixements compartits.

A en Jaume Casadesús, actualment treballant al Departament de Tecnologia del Reg a Lleida, gràcies a els seus programes s'han pogut treballar les dades amb més facilitat i tot el muntatge de sensors hagués estat molt més complicat sense ell.

A en Pol i la Laia, els meus nens, que, tot i el cansament fan que sempre somrigui, i al Víctor, el pare de les criatures, sense ell, tot això hagués estat impossible.

Als meus pares, per haver-me ensenyat tantes coses i sempre lluitar per a que estiguem junts.

NOMENCLATURA.

Ψ_f	Potencial hídric de la fulla.
Ψ_t	Potencial hídric de la tija.
CD	Creixement diari.
CMNDT	Taxa de creixement del mínim diàmetre del tronc.
CMXDT	Taxa de creixement del màxim diàmetre del tronc.
ETc	Evapotranspiració.
ETo	Evapotranspiració del cultiu de referència.
FDT	Fluctuacions diàries de diàmetre del tronc.
Ko	Coefficient del cultiu.
MCD	Màxima contracció diària del tronc.
MCDA	Màxima contracció diària acumulada del tronc.
MNDT	Mínim diàmetre del tronc.
MXDT	Màxim diàmetre del tronc.
LVDT	Linear Variable Differential Transducers.
RSRh	Taxa de creixement en alçada.
RSRd	Taxa de creixement en diàmetre.
SLW	Pes específic foliar.

INDEX

Pàgina

1. Introducció.	
1.1.- La programació del reg.....	7
1.2.- Fluctuacions diàries del tronc.....	8
1.3.- Potencial matricial del sòl.....	10
1.4.- Programació del reg basat en sensors en la planta i en el sòl.....	11
2. Objectius.	
2.1.- Aplicacions.....	12
3. Material i mètodes.	
3.1.- Plantejament i situació general.....	14
3.1.1.- Situació de la parcel·la experimental.....	14
3.1.2.- Condicions meteorològiques.....	15
3.1.3.- Anàlisi de l'aigua de la parcel·la.....	15
3.1.4.- Anàlisi de sòl de la parcel·la.....	16
3.2.- Disseny experimental.....	17
3.2.1.- Plantació i tractaments.....	17
3.2.2.- Localització dels sensors.....	18
3.2.3.- Sistema de reg.....	19
3.2.3.1.- Cabal.....	19
3.2.3.2.- Cabalímetre.....	19
3.2.3.3.- Històric dels regs.....	19
3.3.- Programa de gestió automàtica de reg mitjançant sensors.....	20
3.3.1.- Càlcul de la dosi de reg.....	21
3.4.- Sensors utilitzats. Sistemes de mesura.....	23
3.4.1.- Variació del diàmetre del tronc.....	23
3.4.2.- Potencial de l'aigua del sòl.....	24
3.4.3.- Enregistrament de dades.....	24
3.5.- Mesures de l'estat hídic de les fulles i paràmetres de qualitat ornamental.....	25
3.5.1.- Potencial hídic de les fulles.....	25
3.5.2.- Àrea de les fulles.....	25
3.5.3.- Pes sec de les fulles.....	25
3.5.4.- Pes específic de les fulles.....	25
3.5.5.- Alçada i diàmetre inicial i final dels arbres.....	25
3.6.- Paràmetres de reg. Descripció dels tractaments i condicionats.....	26
3.7.- Pràctiques agrícoles realitzades.....	30
3.8.- Presa de fotografies.....	31

4.- Resultats.....	
4.1- Meteorologia durant l'assaig.....	33
4.1.1.- Dades d'evapotranspiració de referència i pluja enregistrades en el període experimental.....	33
4.2.- Evolució de les fluctuacions diàries del tronc en cada tractament.....	34
4.3.- Evolució del potencial matricial del sòl en cada tractament.....	38
4.4.- Regs resultants de la combinació dels diferents llindars de la MCD i el potencial matricial del sòl.....	39
4.5.- Màxima contracció diària versus el potencial matricial en el sòl en els diferents tractaments.....	42
4.6.- Creixement dels arbres i paràmetres fisiològics. Resposta als tractaments de reg.....	44
4.6.1.- Creixement acumulat del diàmetre del tronc.....	44
4.6.2.- Creixement en alçada i diàmetre del tronc.....	45
4.6.3.- Mesures fisiològiques. Comparació del potencial hídric de les fulles, el pes específic foliar i la seva relació amb la MCD i el potencial matricial del sòl.....	47
4.6.4.- Valors del potencial hídric foliar al llarg del assaig relacionats amb la màxima contracció diària versus el potencial matricial del terra.....	50
4.7.- Comparació del efecte restricció de volum.....	51
4.7.1.- Creixement dels arbres i paràmetres fisiològics. Resposta a lla restricció de volum.....	53
4.7.2.- Comparació del comportament dels arbres plantats en sòl versus els plantats en contenidor amb els mateixos condicionats de reg.....	54
4.8.- Cobertura del dosel determinat a partir de fotografies zenitals.....	57
5.- Discussió.....	60
6.-Conclusions.....	64
7.- Bibliografia.....	65

INDEX DE FIGURES

	Pàgina
Figura 1. Variació del diàmetre del tronc en un interval de 48 hores. Font. Fundamentos de dendrometría (Principios de la técnicas de medida de las fluctuaciones del diámetro del tronco) per Dr.A.Pérez Pastor (UPCT).....	8
Figura 2. Seqüència de la variació del diàmetre del tronc micres, en variis cicles de 24 hores del mes d'agost (del dia 20 al 23 d'agost).....	9
Figura 3. Seqüència de la variació del diàmetre del tronc en micres, en un període d'estrès hídric (del dia 13 al 19 de juliol).....	9
Figura 4. Seqüència de la variació de la tensió en el sòl en variis cicles de 24 hores del mes d'agost (del dia 20 al 23 d'agost).....	10
Figura 5. Seqüència de la variació de la tensió en el sòl en un període d'estrès hídric (del 13 al 19 de juliol).....	10
Figura 6. Corba típica de retenció hídrica del sòl obtinguda en la parcel·la experimental.....	16
Figura 7. Disseny de plantació i tractaments de la parcel·la experimental núm. 19 de l'IRTA. (Lat 2° 30'E, 41° 45' N).....	17
Figura 8. Disseny de localització de sensors de la parcel·la experimental núm. 19 de l'IRTA. (Lat 2° 30'E, 41° 45' N).....	18
Figura 9. Disseny del sistema de reg de la parcel·la experimental núm 19 de l'IRTA. (Lat 2° 30'E, 41° 45' N).....	19
Figura 10. Detall de la pantalla del programa "AURIEGO" en el tractament Cont-MCD100.....	28
Figura 11. Detall de la pantalla del programa "AURIEGO" en el tractament Cont-MCDref.....	29
Figura 12. Detall de les posicions en que s'han efectuat les fotografies zenitals per tal de calcular-ne la cobertura.....	31
Figura 13. Roda de color.....	32
Figura 14. Evapotranspiració de referència i pluviometria enregistrades per l'Estació Meteorològica de la XAC en Cabrils des de març a desembre de l'any 2006.....	33
Figura 15.A,B,C,D. Evolució de les variacions de diàmetre del tronc de cadascun dels 6 sensors LVDT, amb els tres períodes de creixement diferenciats, per cada tractament.....	35
Figura 16. Evolució de la variació del diàmetre del tronc (valors són la mitjana de 6 sensors) de cadascun dels 4 tractament, en el període que correspon a la FASE I.....	36
Figura 17. Evolució del diàmetre del tronc de cadascun dels 4 tractament (els valors són la mitjana de les 6 repeticions), mesurats amb sensors LVDT en el període que correspon a la FASE II.....	36
Figura 18. Evolució de la variació del diàmetre del tronc de cadascun dels 4 tractament (els valors són la mitjana de les 6 repeticions), mesurats amb sensors LVDT en el període que correspon a la FASE III.....	37

Figura 19. Evolució del potencial matricial del sòl en els 4 tractaments, mesurats amb sensors Watermark ®. Cada corba representa la mitjana de 6 sensors.....	38
Figura 20.A,B,C,D. Evolució de les MCD i els regs resultants per cada tractament.....	40
Figura 21.A,B,C,D. Relació entre les MCD i el potencial matricial del sòl per cada tractament.....	42
Figura 22. Creixement acumulat en micres del diàmetre del tronc en cada tractament.....	44
Figura 23. Volum d'aigua (en litres) acumulats en cadascun dels tractaments al llarg del període d'assaig.....	45
Figura 24. Comparació del creixement en alçada en centímetres en cadascun dels tractaments al llarg del període d'assaig.....	46
Figura 25. Creixement en diàmetre mesurat en tots els arbres de cada en tractaments al llarg del període d'assaig.....	46
Figura 26. Comparació del volum d'aigua aplicat en cadascun dels tractaments al llarg del període.....	46
Figura 27. Evolució del potencial hídic de les fulles dels 4 tractaments.....	48
Figura 28. Valors del pes específic de les fulles dels 4 tractaments.....	49
Figura 29. Relació entre la MCD i el potencial hídic de les fulles per els 4 tractaments a llarg de tot l'assaig.....	49
Figura 30. Relació entre la MCD versus el potencial matricial de sòl en Kpa i potencial hídic de les fulles en Mpa per els 4 tractaments a llarg de tot l'assaig.....	50
Figura 31. Evolució de les corbes de creixement de diàmetre del tronc en els tractaments regats amb les mateixes consignes, mesurats amb sensors LVDT.....	52
Figura 32. Evolució del potencial hídic del sòl en els 2 tractaments regats amb les mateixes consignes, mesurats amb sensors Watermark ®.....	52
Figura 33. Comparació del creixement acumulat del diàmetre del tronc en els tractaments regats amb els mateixos condicionats.....	53
Figura 34. Comparació del creixement relatiu en alçada dels arbres en el tractament Sòl-MCD100 i en el Cont-MCD100.....	53
Figura 35. Comparació del creixement relatiu en diàmetre dels arbres en el tractament Sòl-MCD100	53
Figura 36. Comparació del reg acumulat en litres en els tractaments regats amb els mateixos condicionats.....	54
Figura 37.A. Comparació de l'evolució dels regs resultants en el tractament Sòl-MCD100 versus Cont-MCD100 en els períodes compresos entre:.....	55
A. El 30 de març i el 29 de maig de 2006.	
B. L'1 de juny i el 31 de juliol de 2006.	
C. L'1 d'agost i el 11 de setembre de 2006.	
D. El 12 de setembre de 2006 i el final del assaig.	
Figura 38. Evolució del percentatge de la cobertura total sota l'arbre en els quatre tractaments i en dues de les posicions des d'on s'han efectuat les fotografies (posició 0 i la mitjana de les dues posicions 60W i 60N).....	38
Figura 39. Evolució del percentatge de la cobertura relativa a fulles verdes.....	58
Figura 40. Evolució del percentatge de la cobertura relativa a fulles grogues...	58

Figura 41. Evolució del percentatge de la cobertura relativa a fulles marrons.... 58

INDEX DE FOTOGRAFIES

	Pàgina
Fotografia 1. Vista general de la plantació de <i>Platanus hispanica</i> en la finca experimental n°19 del'IRTA.....	17
Fotografia 2. Detall de la disposició del programador AGRONIC™, el PC on es tracten les dades mitjançant el programa AURIEGO i el datalogger CAMPBELL.....	20
Fotografia 3. Detall del sensor i el porta-sensor que s'han utilitzat per mesurar les variacions de diàmetre.....	23
Fotografia 4. Detall d'un sensor matricial granular utilitzat en el present assaig.....	24

Annex 1. Presa de fotografies.

INDEX DE QUADRES

Quadre 1. Característiques climàtiques de la parcel·la experimental núm.19 de l'IRTA.....	15
---	----

1. - INTRODUCCIÓ.

1.1. – La programació del reg

La programació del reg és un conjunt de procediments tècnics desenvolupats per preveure **quant i quan** regar. Els mètodes de programació del reg, es basen en: la mesura de paràmetres climàtics, la mesura del contingut d'aigua en el sòl i, darrerament, en la mesura de l'estat hídic de la planta.

L'objectiu del reg és aplicar la quantitat justa para cobrir el consum d'aigua del cultiu ó ETC. L'aplicació de quantitats d'aigua concordants amb els requeriments de les plantes i la eficiència del sistema de reg que s'utilitzi, permet estalviar aigua i energia, controlar les pèrdues de nutrients por lixiviació i augmentar els rendiments i qualitat de la producció. D'altra banda, la gestió de l'aigua a nivells predictius, i la qualitat de l'aigua de reg, són aspectes importants en el establiment de les bones pràctiques agrícoles. De fet, les **Buenas Prácticas Agrícolas** establertes en el **EUREPGAP** (Good Agricultural Practices, del Euro Retailer Grups), consideren dins del seu protocol la predicció dels requeriments de reg. L'aigua és imprescindible per la subsistència dels éssers vius. També és un bé escàs i, per aquesta raó, cal prendre consciència de la seva importància i de la limitació de recursos.

Amb la programació del reg, el que volem aconseguir és posar a l'abast de la planta l'aigua requerida per el desenvolupament, en la quantitat i moment adequat, amb l'objectiu de maximitzar la seva producció o bé obtenir un producte de qualitat definida. D'aquesta forma, en *Platanus hispanica*, l'objectiu de la programació del reg és mantenir l'arbre amb un abastiment hídic tal que no limiti el seu creixement i desenvolupament.

La programació del reg és, sense dubte, l'element clau per tal d'aconseguir altes eficiències d'ús de l'aigua, i això crea la necessitat d'indicadors capaços de detectar el moment de reg amb la màxima precisió.

Així com els programes fitosanitaris es basen en el control de plagues, o en els programes de fertilització es realitzen anàlisis foliars i de sòl, el programa de reg també ha de ser controlat, per tal de poder ajustar el temps i freqüències a les necessitats específiques del cultiu i a les característiques dels sols.

El balanç que es realitza a través d'un registre d'evapotranspiració no assegura que s'estigui complint en la realitat. És possible que estiguem subestimant o sobreestimant l'evaporació del cultiu, o que la velocitat d'infiltració d'aigua al sòl hagi patit variacions degut a factors externs, o que per alguna altre raó no estiguem regant amb la quantitat correcta (per exemple, obturació d'emissors en reg localitzat o d'altres). Degut a això, és crea la necessitat de comptar amb uns mecanismes de control de reg que puguin funcionar de forma automatitzada i continua. És per això que seguidament exposem dos bons indicadors de l'estat hídic de la planta, que a més a més, ens permeten tenir-ne el control de forma continua i en temps real: **les fluctuacions diàries del tronc i el potencial matricial del sòl.**

1.2. –Fluctuacions diàries del tronc.

A mida que passa el temps, el diàmetre del tronc o de qualsevol altre òrgan, presenta variacions irreversibles de diàmetre, degut al creixement cel·lular; i variacions reversibles, causades per variacions del contingut d'aigua dels diferents òrgans. D'aquesta manera, en un cicle de 24 hores, durant el període diürn, on la transpiració és elevada, es produeix una fase de reducció de diàmetre o contracció entre una desena a una centena de micres, seguit d'un procés de rehidratació i creixement, durant el període nocturn, al disminuir la demanda hídrica. tal i com s'observa en la Figura 1.

A partir d'aquestes variacions de diàmetre es poden calcular: la màxima contracció diària (MCD), com la diferència entre el màxim diàmetre del tronc (MXDT) registrat i el mínim (MNDT), i la taxa de creixement màxima (CMXDT) i mínima (CMNDT) com la diferència entre els màxims i mínims diaris enregistrats per el tronc en dos dies consecutius, tal i com es mostra en la figura 1.

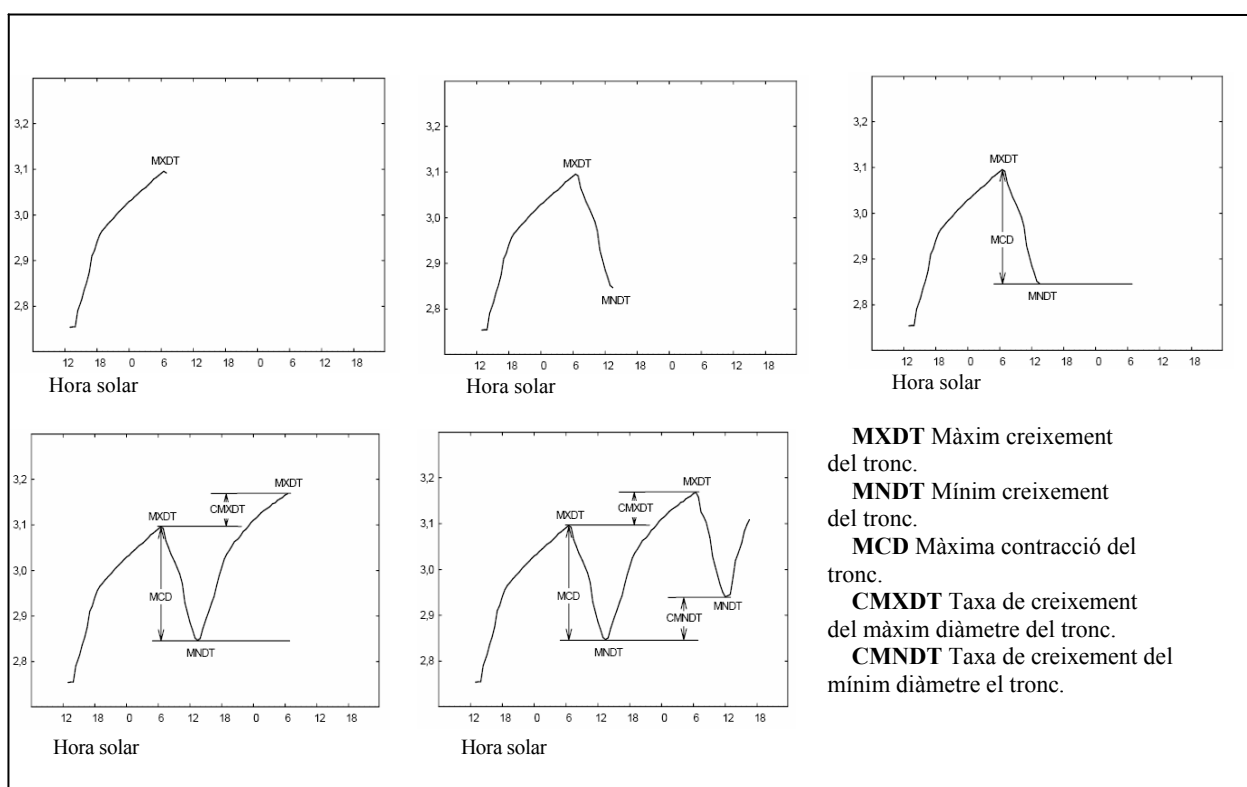


Fig. 1. Variació del diàmetre del tronc en un interval de 48 hores. Font. Fundamentos de dendrometria (Principios de la técnicas de medida de las fluctuaciones del diámetro del tronco) per Dr.A.Pérez Pastor (UPCT).

A mesura que disminueix la disponibilitat d'aigua del sòl com a conseqüència de l'extracció que realitza la planta, el creixement o expansió nocturna decreix, podent arribar a ser nul i inclòs negatiu, observar la Figura 3. La tendència del creixement diari permet determinar si las condicions de reg són òptimes o no, en cada període fenològic.

Goldhamer *et al.* (1999.) demostren en una plantació de presseguer que las mesures continues del diàmetre del tronc detecten millor el inici i la magnitud del període d'estres hídric, en comparació amb mesures discretes, ja que la mesura continua reflexa el dinamisme de la planta en quant a les seves necessitats hídriques.

La dendrometria, l'ús d'uns sensors que s'instal·len en el tronc o en una branca, ha estat utilitzada àmpliament tant en arbres fruiters como forestals, tant per estudiar l'efecte de l'estrès hídric com per a avaluar l'efecte de les condicions ambientals.

Ginestar i Castel (1995), van mesurar amb dendròmetres el creixement net màxim del diàmetre del tronc i les contraccions diàries en troncs de cítrics i demostraren que ambdós paràmetres es relacionen directament amb el potencial hídric foliar; d'aquesta manera la dendrometria podria ser una eina útil per a programar el reg. A més a més i a diferència del potencial hídric de la fulla (Ψ_f), els càlculs que podem realitzar amb les dades procedents de les fluctuacions diàries de diàmetre de tronc (FDT), ens permeten el registre en continu i en temps real, presentant l'avantatge de la seva utilització en l'automatització del reg, ajustant-la a els canvis de l'estat hídric de la planta amb la màxima antelació.

Altres investigacions en les que s'han utilitzat dendròmetres, ens demostren que hi ha un creixement net positiu del tronc quan les condicions hídriques i ambientals són favorables (Downes, *et al.* 1999; Passos, *et al.* 1991), i que aquest pot ser inclòs negatiu quan les condicions són molt desfavorables. En la figura 3 s'observa com disminueix el diàmetre en una de les repeticions del present experiment, durant un període d'estres que correspon a mitjans de juliol de 2006.

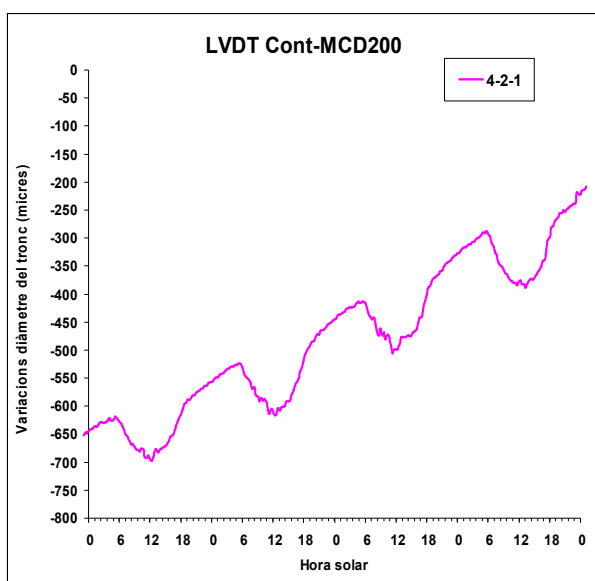


Fig. 2. Seqüència de la variació del diàmetre del tronc en micres, en variats cicles de 24 hores del mes d'agost (del dia 20 al 23 d'agost)

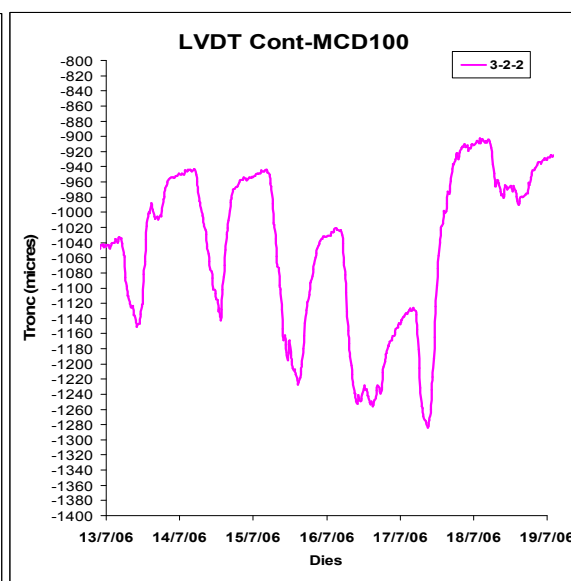


Fig. 3. Seqüència de la variació del diàmetre del tronc en micres, en un període d'estres hídric (del dia 13 al 19 de juliol)

D'altre banda, Li *et al.* (1990) assenyalen la utilitat dels paràmetres derivats de les fluctuacions diàries de diàmetre de tronc (FDT) per valorar l'estat hídric de l'arbre, podent arribar a ser aquestes més sensibles que les d'ús convencional (Goldhamer *et al.*, 1999; Moriana y Fereres, 2002).

1.3.– Potencial matricial del sòl.

El sòl actua com un depòsit en el que s'emmagatzema l'aigua provinent de regs o pluges, de manera que les plantes en disposin de la mateixa segons la van necessitant per el seu desenvolupament.

El potencial matricial del sòl és la força que les arrels de les plantes han d'utilitzar per extreure aigua del sòl. Aquest potencial ens reflexa el nivell d'humitat en el sòl. Quant més negatiu sigui el potencial, més sec està el sòl. La resistència al flux d'electricitat (expressada en Ohms) i la temperatura del sòl s'utilitzen per calcular de forma aproximada el potencial de humitat en el sòl.

La finalitat d'utilitzar sensors per mesurar l'aigua del sòl és la de donar un coneixement més ampli de com es va consumint, de manera que es puguin programar millor els regs i avaluar correctament la veritable efectivitat de las pluges. (veure Figura 4). Tanmateix s'aconsegueix mantenir el sòl en unes condicions òptimes d'humitat per l'arbre i és més fàcil de determinar quan i quant regar-los.

Dissolt en aigua, el guix és un conductor d'electricitat força eficaç. Per això, quan el sensor, que consisteix en uns elèctrodes embolicats en una matriu de guix, conté gran quantitat d'aigua, el corrent elèctric flueix bé. Quan hi ha molta aigua en el sòl, també hi ha molta aigua en el sensor. Mentre el sòl es va assecant, el sensor també ho fa i la resistència al flux d'electricitat augmenta. Veure Figura 5.

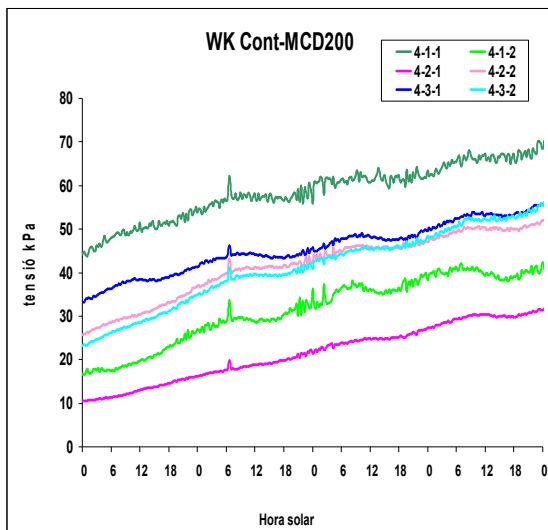


Fig. 4. Seqüència de la variació de la tensió en el sòl en variis cicles de 24 hores del mes d'agost (del dia 20 al 23 d'agost).

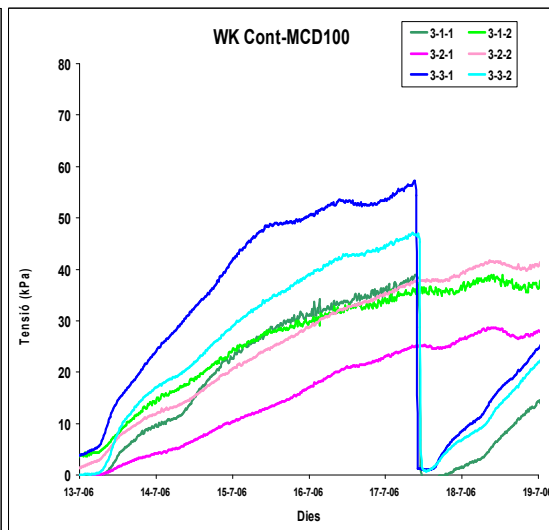


Fig. 5. Seqüència de la variació de la tensió en el sòl en un període d'estress hídric (del 13 al 19 de juliol).

1.4.– Programació del reg basat en sensors en la planta i en el sòl

Aquest treball que forma part d'un projecte coordinat titulat " Programación del riego en especies leñosas basado en medidas en planta" finançat pel MEC (Ministerio de Educación y Ciencia) amb referència AGL2004-07940-C03-01. L'objectiu del projecte coordinat és demostrar la viabilitat practica del reg basat en sensors en planta, consistent en el càlcul de determinats indicadors de necessitat de reg a partir de las lectures de los sensors, comparat amb l'indars establerts a partir dels resultats del projecte. En tots los assajos es prova l'eficàcia d'aquests criteris en condiciones reals del conreu, avaluant l'estalvi de agua, l'estat hídric de las plantes i la producció i qualitat que s'han obtingut.

La programació del reg basada en mesures amb dendròmetres és una tècnica utilitzada cada vegada més en cultius de fruiters en algunes regions del món. La variació en el diàmetre de tronc és altament sensible a les condiciones climàtiques i està altament correlacionada amb el potencial hídric de la planta (Simonneau *et al.*, 1993). Diversos autors han descrit relacions entre el diàmetre del tronc i altres indicadors de la planta (Goldhamer *et al.*, 1999), per exemple, el potencial hídric de la tija (Ψ_t) (Cohen *et al.*, 1999).

Són variis els estudis efectuats sobre la programació de reg basada en sensors en planta i sòl i en tots ells hi ha una visió integral del conjunt Clima-Planta-Sòl i és per això que la automatització de la mesura de paràmetres indicadors d'aquest trinomi ens permet conèixer, tal i com ja hem dit, a temps real les necessitat hídriques de la planta i prendre decisions amb dades objectives. Els mètodes clàssics, que tenen present únicament el clima i el sòl, no deixen de ser mètodes indirectes, ja que no tenen en compte l'estat de la planta. Per tot això, cal utilitzar la planta com indicador de les condiciones del entorn, i per poder-ho fer, és necessària la utilització de sensors en la seva automatització i tractament de les dades en temps real (Cohen, 1999). Entre els diferents sensors existents de planta, hem triat per el present els de contracció i creixement del diàmetre del tronc, que al igual que els creixement del fruit han demostrat ser uns excel·lents indicadors de l'estat hídric de les plantes (Cohen, 2000; Goldhamer et al. 1999; Fereres et al., 1999, Doltra et al., 1999).

2. -OBJECTIUS

Realitzar la programació automàtica del reg a partir de la informació que ens proporcionen els sensors situats en l'arbre (variació del diàmetre del tronc) i en el sòl (potencial matricial del sòl).

Estudiar l'efecte de la restricció del volum del sòl en el desenvolupament de *Platanus hispanica*: en arbres plantats en contenidor de 100x100x60 cm versus arbres plantats en el sòl sense restricció, analitzant el creixement diari en cadascun dels tractaments.

Estudiar la resposta de l'arbre als diferents tractaments mitjançant la mesura de paràmetres fisiològics i morfològics.

2.1. -Aplicacions

Dins de l'àmbit de la jardineria i paisatgisme, en plantacions alineades, en formació de pantalles o grups de plantacions, així garantim l'optimització dels recursos d'aigua i el correcte desenvolupament de les espècies.

En viviers que es dediquin la venta de grans exemplars i hagin de tenir els arbres força temps sota la seva gestió, poden minimitzar i optimitzar el consum d'aigua durant tot el seu creixement i tenir controlades les necessitats hídriques dels exemplars, obtenint així el creixement òptim que ells considerin més adequat per a cada espècie. Paral·lelament reduïm l'aigua lixiviada i es disminueix la contaminació dels freàtics.

Degut a que la importància econòmica dels arbres ornamentals dins de la jardineria, el paisatgisme i els viviers productors.

Platanus hispanica s'utilitza com a arbre d'ornamentació, gràcies a la seva adaptació a un ampli ventall de condicions climàtiques i edàfiques, en parcs, jardins i grans plantacions, però, com la majoria de les espècies d'arbres que s'utilitzen per jardineria i paisatgisme, necessiten subministrament d'aigua de manera complementària durant quasi la majoria del seu cicle.

És per això, que el plantejament de planificar la programació del reg a partir del tractament de les dades que ens proporcionen els sensors en l'arbre que mesuren la màxima contracció diària de tronc (MCD) i els sensors que mesuren el potencial matricial sòl, no només és vàlida per aquesta espècie, si no que ho és per a totes les espècies llenyoses que s'utilitzen en tota mena d'arbrat utilitzat en jardineria pública i privada.

Volem proposar les mesures contínues del diàmetre de tronc com una eina de programació del reg, degut a que es troben fortament correlacionades amb el potencial hídric de l'arbre en general. Gràcies als avenços de l'electrònica i la informàtica, podem de forma contínua mesurar tan la variació de diàmetre del tronc com el potencial matricial del sòl de les nostres plantacions i en el cas necessari actuar de manera immediata sobre el fet de regar o no i fins i tot de modificar la quantitat de dosi de reg que aportarem. La dosi d'aigua es poden reduir o incrementar segons quines normes o condicionants doni l'usuari.

Depenent de quina fase fenològica es trobi el nostre cultiu, per exemple, en el cas que tinguéssim que mantenir un arbre que fa flor i algun tipus de fruit, es marcaran uns o d'altres condicionants per el nostre control de reg.

D'aquesta manera aconseguim un subministrament eficient de l'aigua i disminuïm també les tasques de manteniment, conscients de que són cada vegada més abundants les zones verdes gestionades, gràcies als nous plantejaments urbanístics, i alhora són cada més escassos i cars els recursos hídrics.

És de destacar que dins del Exercici 2002 de AGBAR, **SOCIEDAD GENERAL DE AGUAS DE BARCELONA, S.A.** ja s'inclou l'aplicació de sensors hídrics (dendròmetres i sensors de humitat) en el control automatitzat del reg, de forma que s'optimitzin les aportacions de aigua en les zones enjardinades sense perjudicar l'estat fisiològic de les espècies vegetals.

3. -MATERIAL I MÈTODES

3.1. **-Plantejament i situació general**

3.1.1.-Situació de la parcel·la experimental.

L'experiment ha estat realitzat durant el període de març 2006 a novembre de 2006 (inclosos) en la parcel·la 19 del Departament de Tecnologia Hortícola IRTA-Cabrils de Cabrils, Espanya. (2° 30'E, 41° 45' N).

La plantació dels arbres es va realitzar el 21 de febrer de 2005. En el moment de la seva plantació els arbres tenien tres anys i es van plantar amb arrel nua. L'alçada mitjana dels arbres era de 4 metres i el diàmetre de 3,30 cm. Des d'aquesta data i fins que s'inicia del període de l'experiment el reg es va realitzar segons Etc de la setmana anterior.

Hi ha quatre tractaments diferenciats, T1, T2, T3, T4, tres repeticions per tractament i 6 arbres per repetició. Tot seguit fem un petit resum dels condicionats que caracteritzen cadascun dels tractaments.(la descripció dels tractaments està explicada amb més detall en Material i mètodes, dins de l'apartat 1.2., Disseny experimental.

- **T1.** Arbres plantats en el sòl i regats segons la tensió del terra i la $MCD > 100$.i intentant mantenir el potencial matricial en el sòl ($\sim -30\text{kPa}$). Aquest tractament serà nomenat com **Sòl-MCD100**.
- **T2.** Arbres plantats en contenidors de 450 litres i regats segons MCD dels arbres del tractament en referència a la MCD de arbres plantats en el sòl. El nom d'aquest tractament és **Cont-MCDref**.
- **T3.** Arbres plantats en contenidors de 450 litres i regats segons la tensió del terra i la $MCD > 100$.i intentant mantenir el potencial matricial en el sòl ($\sim -30\text{kPa}$). Aquest rebrà el nom de **Cont-MCD100**.
- **T4.** Arbres plantats en contenidors de 450 litres i regats segons el potencial matricial en el sòl i quan la $MCD > 200$. Per últim aquest serà **Cont-MCD200**.

En l'apartat 6 de Materials i mètodes es detallen els paràmetres de reg per a cadascun dels tractaments.

3.1.2.-Condicions metereològiques.

Aquestes han estat les dades enregistrades per la l'Estació Meteorològica de la XAC situada a les instal·lacions del IRTA de Cabrils.

2006	Gener	Febr	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Set	Oct	Nov	Des	Any	
Tª mitjana	9,1	9,4	12,3	14,9	18,2	21,4	26,0	23,4	21,7	19,5	15,4	11,3	16,9	°C
Tª mit. màx.	12,5	13,2	16,4	18,5	22,1	24,9	29,6	27,0	25,1	23,0	19,3	15,2	20,6	°C
tª mit. mín.	5,9	5,7	8,4	11,3	14,5	17,7	21,9	19,7	18,5	16,1	11,9	7,6	13,3	°C
Tª màx. abs.	18,1	19,7	23,0	23,5	28,1	30,7	33,3	33,1	29,0	27,7	23,1	21,7	33,3	°C
Tª mín. abs.	2,8	2,8	2,6	7,4	11,4	17,7	19,9	16,0	14,9	13,3	8,6	3,1	2,6	°C
Rad. Solar	6,8	11,1	16,1	20,6	23,5	25,5	25,7	19,4	15,6	12,1	7,9	6,7	15,9	MJm-2d-1
H.R.	76,2	51,4	72,0	72,0	70,9	71,0	69,0	71,6	80,0	79,3	74,0	66,5	71,2	%
ETo Penman	21,2	36,6	66,2	87,2	78,0	126,8	131,8	100,3	79,2	49,3	32,3	22,6	831,6	mm
Pluja	154,4	15,0	13,1	3,8	9,5	3,8	5,9	63,0	93,5	38,9	1,4	30,2	432,5	mm
Dies pluja	14,0	5,0	8,0	6,0	4,0	5,0	5,0	10,0	6,0	9,0	3,0	7,0	82,0	dies

Quadre. 1. Característiques climàtiques de la parcel·la experimental núm 19 de l'IRTA (Lat 2° 30'E, 41° 45' N).

3.1.3.-Anàlisi de l'aigua de reg de la parcel·la.

L'aigua de reg és aigua de pou, i per aquest experiment s'ha agafat d'un de la finca de Cabrils- L'anàlisi s'ha realitzat dins del Pla de seguiment de les Aigües de Reg del Centre de Cabrils.

El resultat de l'anàlisi feta el 30 de Maig de 2006 és el següent:

Referència Aigua Pou Quintana del Mig

Data.....30 Maig 2006

RESULTATS

pH7,07

C.E. (mmhos/cm a 25°C 1,12

Sals Totals Dissoltes (g/L) 0,81

	meq/l
Carbonats	0,00
Bicarbonats	4,70
Sulfats	3,24
Nitrats	0,68
Clorurs	2,56
Sodi	2,17
Potassi	0,06
Calci	7,73
Magnesi	1,65
Fòsfor (P)	0,00
Amoni (NH4)	< 0,10

3.1.4.-Anàlisi de sòl de la parcel·la.

Es tracte d'un sòl del tipus REGOSOL arénico (WRB, 1999) de textura franco-arenosa gruixuda i PH neutre, amb baixa capacitat de retenció i desenvolupat sobre granodiorites, una roca plutònica similar al granit.

1	Mostra	0.2 bars	0.7 bars	1.5 bars	2.5 bars	4.0 bars	7.0 bars	11 bars	15 bars
P-19		15.92	14.34	11.09	10.22	9.34	7.56	6.93	6.92

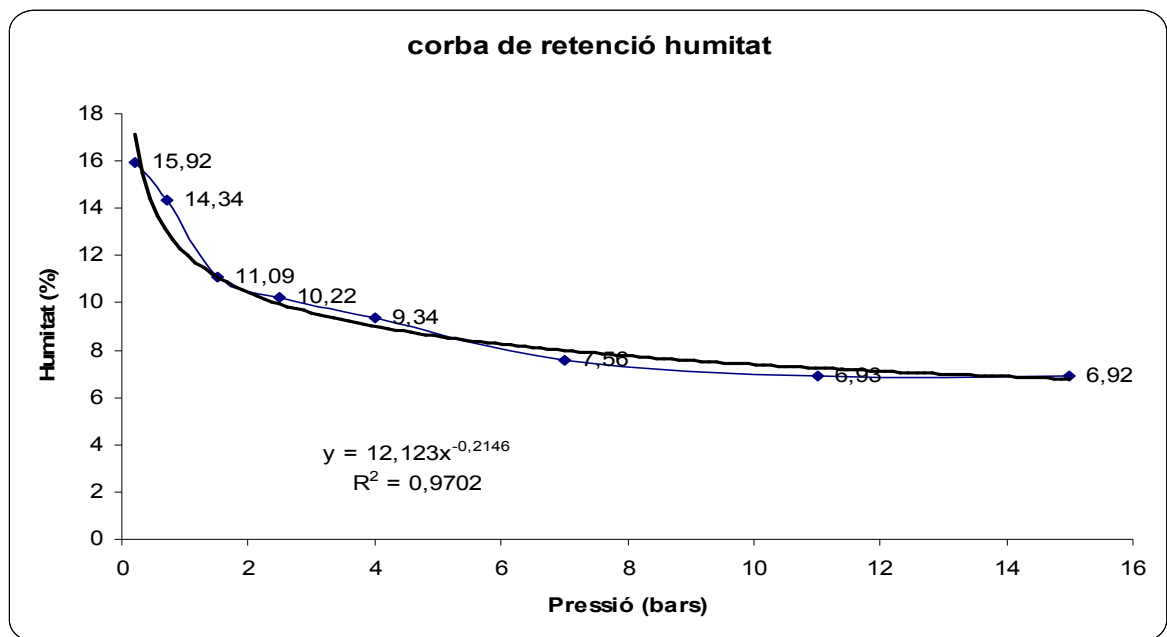


Fig. 6. Corba típica de retenció hídrica del sòl obtinguda en la parcel·la experimental.

3.2. –Disseny experimental

3.2.1.-Plantació i tractaments.

El disseny de la parcel·la d'assaig de *Platanus hispanica* en Cabrils és el que es detalla en la Figura 7.

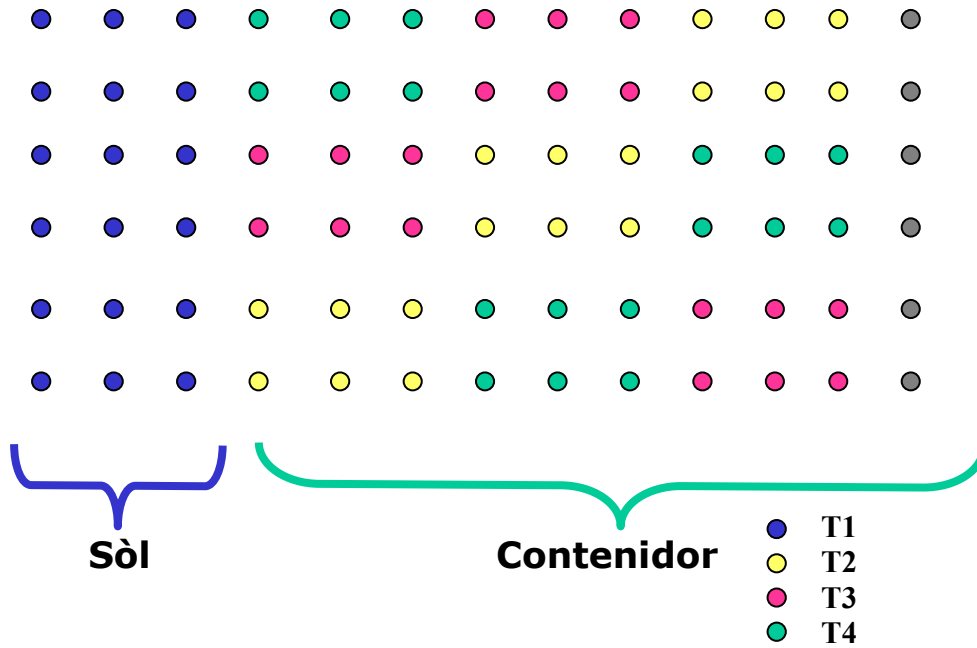


Fig. 7. Disseny de plantació i tractaments de la parcel·la experimental n°19 de l'IRTA. (Lat 2° 30'E, 41° 45' N).



Fotografia. 1. Vista general de la plantació de *Platanus hispanica* en la finca experimental n°19 de l'IRTA.

Per el present assaig s'han utilitzat 6 fileres de 15 arbres *Platanus hispanica*, 78 arbres *Platanus hispanicas* en total, dels quals 72 estan sotmesos a un tractament determinat, i la resta, 6 unitats, es deixen per fer d'altres tractaments diferenciats.

3.2.2.-Localització dels sensors.

Cada repetició té 2 arbres amb LVDT i tensiòmetre (WATERMARK®), i amb el senyal d'aquests dos arbres es decideix el reg de la repetició. En total tenim 6 arbres monitoritzats per tractament. (veure Figura 8)

4 tractaments x 3 repeticions x 6 plantes/repetició = 72 plantes

2 LVDT/repetició = 6 por tractament

2 watermark® /repetició = 6 por tractament

1 electrotensiòmetres/repetició = 3 por tractament

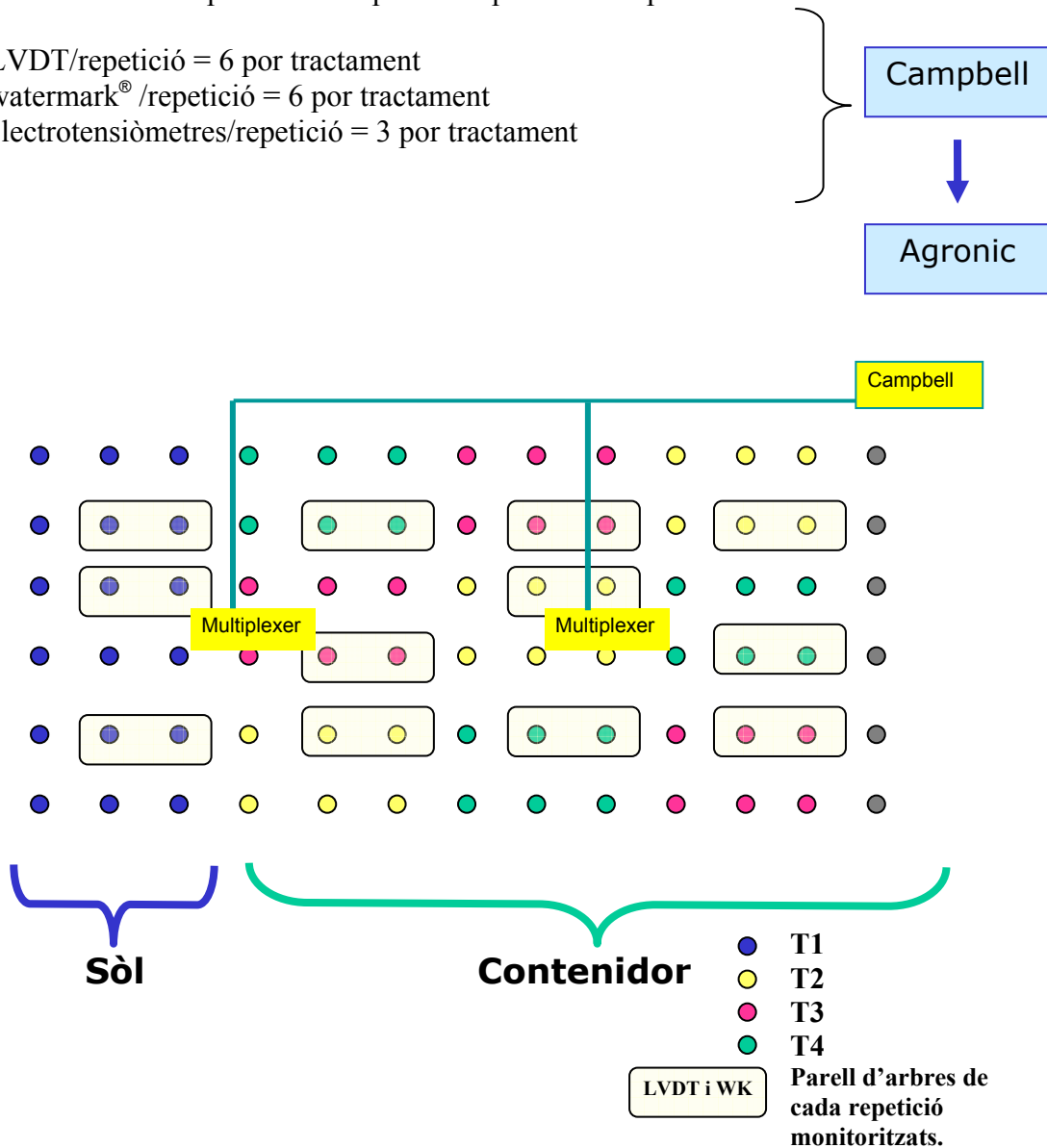


Fig. 8. Disseny de localització de sensors de la parcel·la experimental núm 19 de l'IRTA. (Lat 2° 30'E, 41° 45' N).

En el present experiment, els LVDT es troben localitzats aproximadament entre 40 i 50 cm del terra, a la cara nord del tronc i els tensiòmetres es troben localitzats a una fondària de 20 cm i a una a distància aproximada de 30 cm del tronc de l'arbre, situat entre 2 goters dels 6 que en té cada arbre.

Indicar que els arbres monitoritzats es troben envoltats d'altres arbres, mai estan situats en el perímetre del disseny experimental, tal i com s'observa en la figura 8.

3.2.3.-Sistema de reg.

Tal i com observem en la Figura 9 en cada repetició hi ha una electrovàlvula. Hi ha 3 repeticions de 6 arbres en cada tractament .

3.2.3.1.-Cabal

Cada arbre té 6 goters de 2,3 Litres.hora⁻¹

3.2.3.2.-Cabalímetre

Hi ha un cabalímetre que anota els litres que passen per la canonada cada cop que rega una electrovàlvula i queda registrat en el programa “Agronic™” com a “acumulats”. Els acumulats els hem anat buidant, i guardant les dades, almenys un cop a la setmana.

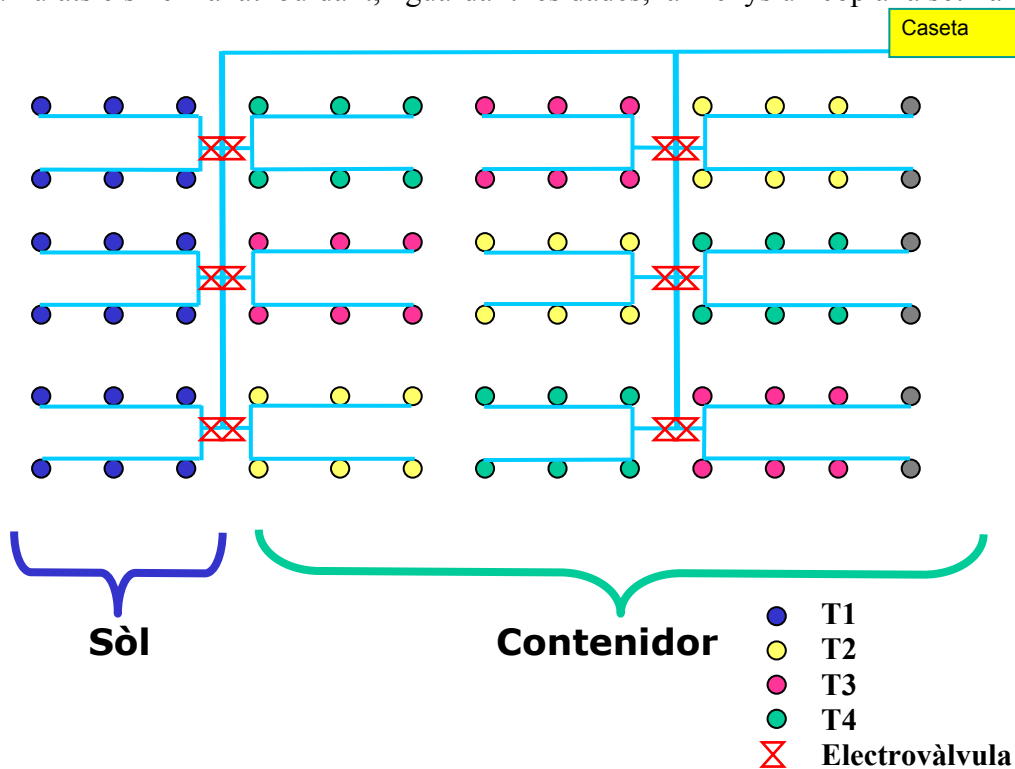


Fig. 9. Disseny del sistema de reg de la parcel·la experimental núm 19 de l'IRTA. (Lat 2° 30'E, 41° 45' N).

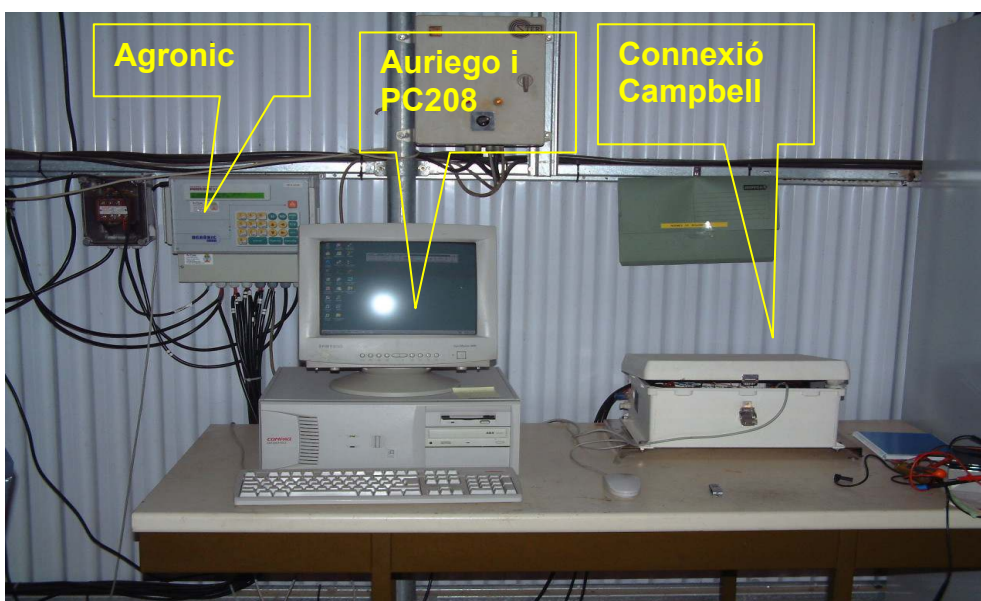
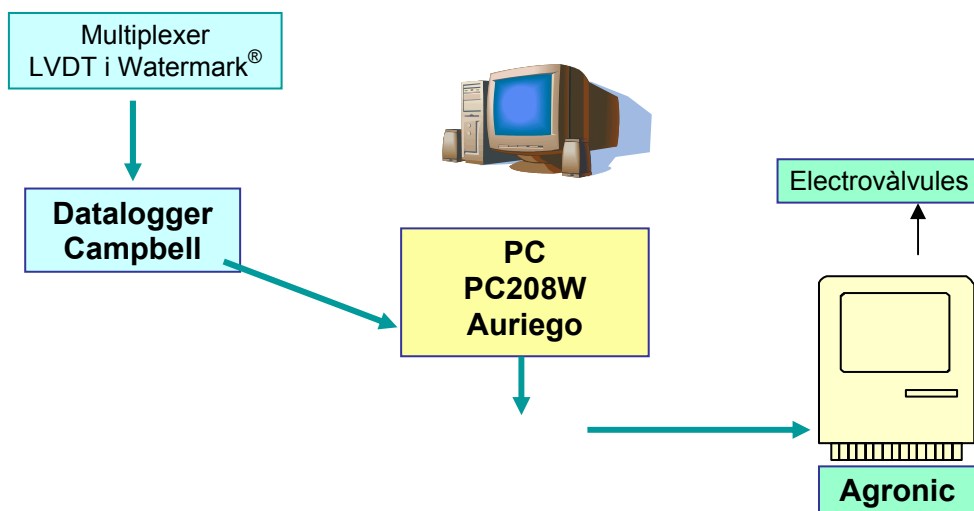
3.2.3.3.- Històric dels regs

En el programador “Agronic™” diàriament queda registrat: l'hora del reg, la vàlvula que ha regat i els minuts que ha estat regant cadascuna. Tot això queda gravat en un arxiu de text per tal de poder recopilar i analitzar les dades “Hisddmmaa.txt”. Tot això ens ajuda a examinar i valorar l'estratègia de reg aplicable i poder relacionar el creixement vegetatiu amb el contingut d'aigua en el sòl.

3.3. –Programa de gestió automàtic del reg mitjançant sensors

Dins d'un projecte anterior (AGL2000-0387-C05-00) al que està emmarcat aquest treball un investigador del grup de recerca, Joan Bonany de l'Estació Experimental de l'IRTA, Fundació Mas Badà (Girona) ha desenvolupat un software anomenat "Auriego" que processa les dades dels sensors per tal de poder modular el reg a través d'un controlador de reg comercial "Agronic™" (Sistemes electrònics Progres, Bellpuig, Lleida)

Auriego pot processar dades de diferents sensors (per exemple, i en el nostre cas: potencial matricial del sòl i la variació de diàmetre del tronc) recollits pels dataloggers "Campbell" i que permet calcular automàticament la mitjana diària de cada sensor així com la màxima contracció diària o el creixement, i a la vegada pot calcular la mitjana o percentils d'un grup de sensors. Un cop calculats els estadístics diaris, el software modifica la dosi de reg (reduint o incrementant-la) segons les normes/condicionants especificats per l'usuari, que en el nostre cas, són les que es presenten en l'apartat 6 de Material i mètodes.



Fotografia. 2. Detall de la disposició del programador AGRONIC™, el PC on es tracten les dades mitjançant el programa AURIEGO i el datalogger CAMPBELL .

Tot el procés de càlcul, s'ha anat controlant paral·lelament a diari, de forma manual, degut a que, per circumstàncies alienes a nosaltres, com són talls de corrent elèctric i d'altres, de vegades es quedava sense alimentació.

3.3.1.-Càlcul de la dosi de reg.

Setmanalment calculàvem la dosi de reg segons l'ETP mitjana de la setmana anterior, restant la precipitació que hi havia hagut aquella setmana. Les dades d'ETP i pluja es descarregaven de l'Estació meteorològica situada dins les instal·lacions del IRTA a uns 50 metres de distància de la parcel·la experimental i que pertany a la xarxa d'estacions agrometeorològiques del DAR (Departament d'Agricultura, Alimentació i Acció Rural).

La dosi de reg l'hem calculat seguint la següent fórmula:

$$\frac{(ETP * Kc * F) - Pe}{\text{Cabal específic de reg} * \text{eficiència sistema de reg}}$$

L'ETc o evapotranspiració del nostre cultiu és una estimació de les necessitats netes d'aigua; entenem que, per balanç hídric, la quantitat d'aigua que evapotranspira el nostre cultiu i que és la que li hem de restituir mitjançant el reg. Ara bé, quan realitzem els càlculs d'aportació d'aigua, haurem d'incrementar aquesta quantitat perquè la planta no aprofitarà tota l'aigua del reg (una part es perdrà per evaporació, escorrent i/o percolació).

L'evapotranspiració del cultiu Etc es calcula com el producte de l'evapotranspiració del cultiu de referència, ETo i el coeficient del cultiu Kc:

$$ETc = Kc * ETo$$

on

Etc és l'evapotranspiració del cultiu [mm d-1],

Kc és coeficient del cultiu [adimensional], es tracte d'un valor corrector que varia al llarg del cicle de cultiu. Està tipificat en taules per a cada tipus de cultiu

ETo és evapotranspiració del cultiu de referència [mm d-1] que sol ser una coberta de gespa verda i ben regada.

La majoria dels efectes dels diferents factors meteorològics es troben incorporats en la estimació de ETo. Així, mentre ETo representa un indicador de la demanda climàtica, el valor de Kc varia principalment en funció de les característiques particulars del cultiu, variant només en una petita proporció en funció del clima.

En el nostre cas hem considerat acceptable per el cultiu de *Platanus hispanica* la Kc de 0.9 (L.R. Costello, 2000, University of California Cooperative Extension) referenciada en el WUCOLS III (Water Use Classifications of Landscape Species), degut a que les condicions en les que ens troben són força similars a les de la regió 3 de Califòrnia (EUA) lloc on l'autor realitza els seus estudis.

En el present experiment, plantacions de *platanus hispanica*, igual que faríem si estiguéssim davant de plantacions de fruiters, farem una correcció de la Kc del cultiu, i la transformarem en una Kc' adaptada a l'espai ocupat per la vegetació en funció de la seva edat i el tipus de formació. Concretament hem fem el següent plantejament:

$$Kc' = Kc * F$$

on

F és el factor d'ombrejament
Kc coeficient del cultiu

El factor d'ombreig aplicat l'hem calculat segons l'equació següent:

$$F = -0.0184 \times SO^2 + 2.8119 SO - 1.008$$

on

SO és igual a $100 \cdot \pi (\text{diàmetre copa}/2)^2$.

Fins al 21 de maig varem prendre un diàmetre de copa de 1 metre i a partir del 22 de maig de 1.5 m. Per tant el factor d'ombreig va ser de 47% i 85% respectivament.

$$Etc = Eto * Kc'$$

on

Etc és l'evapotranspiració del cultiu [mm d-1],
Eto és l'evapotranspiració del cultiu de referència [mm d-1].
Kc' és coeficient del cultiu modificat.

Etc/eficiència reg

on

Etc és l'evapotranspiració del cultiu [mm d-1],
Eficiència de reg és una constant per poder aplicar amb fiabilitat aquest mètode.

Que és el resultat d'aplicar la formula :

$$\frac{ETP * Kc * F}{Cabal específic de reg * eficiència} * 60 = \text{minuts de reg}$$

3.4. –Sensors utilitzats. Sistemes de mesura

Per tal de decidir el moment de reg a partir de sensors en planta i en sòl es van utilitzar transductors lineals de pressió per a registrar les variacions del diàmetre del tronc i tensiòmetres per a mesurar el potencial matricial en el sòl WATERMARK®.

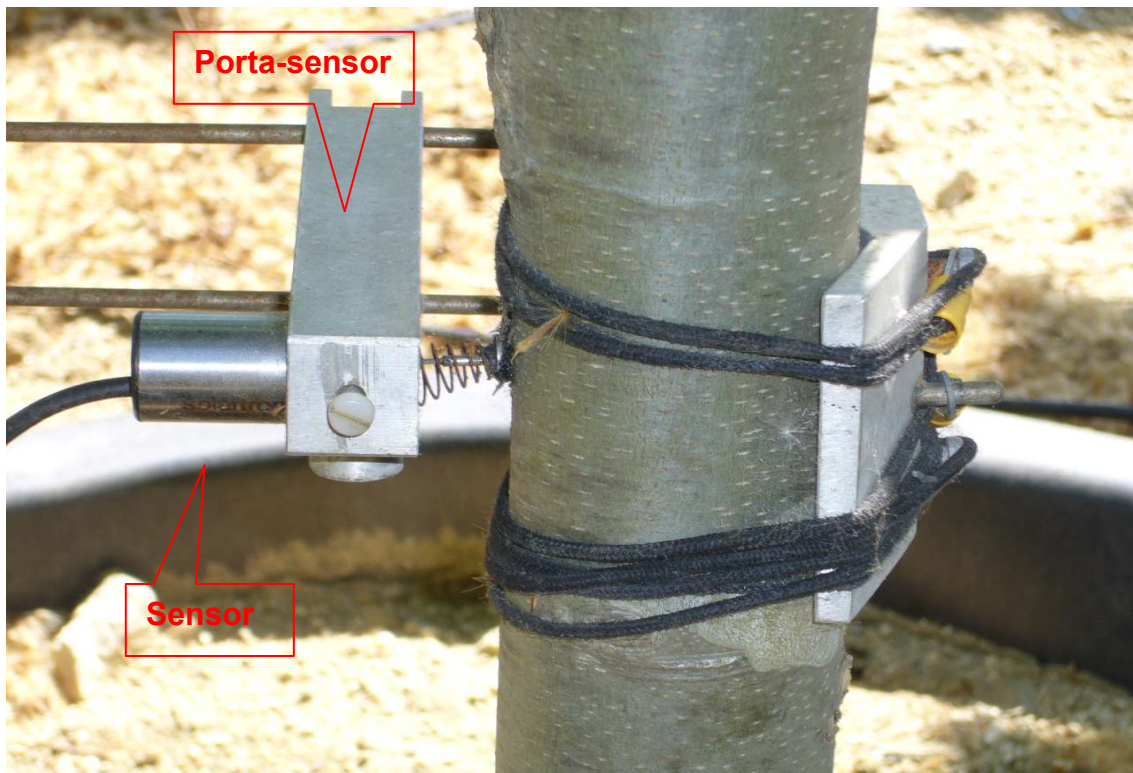
3.4.1.- Variació del diàmetre del tronc

Per a mesurar la variació del diàmetre del tronc es van utilitzar transductors de desplaçament lineal (LVDT model DF-2.5, Solartron Metrology, Bagnor Regis, precisió 1 μ m UK). El model DF-2.5 està format per una part mòbil (vareta + nucli) totalment lliure (sense guia ni molla) i permet detectar desplaçaments minúsculs.

La font de mesura és el transformador diferencial de variació lineal (LVDT), que associat a un oscil·lador, de demodulador i un filtre, formen un conjunt on l'alimentació i la mesura (relativa a la posició del nucli) s'efectuen en forma de corrent continua.

Per a sostenir el sensor perpendicular al tronc principal s'ha utilitzat un porta-sensor (Dissenyat per IRTA i construït per Talleres Requena – Argentona), fet d'alumini i material invar (aliatge de Ni i Fe) de molt baix coeficient de dilatació. Aquest porta sensors està localitzat aproximadament entre 40 i 50 cm del terra, a la cara Nord del tronc, veure fotografia núm. 3.

A partir de la variació diària del diàmetre del tronc es va calcular la màxima contracció diària



Fotografia. 3. Detall del sensor i el porta-sensor que s'han utilitzat per mesurar les variacions de diàmetre.

3.4.2.- Potencial de l'aigua del sòl

El potencial de aigua de sòl ha estat mesurat amb uns sensors matricials granulats, nomenats GMS (model Watermark 200ss, Irrrometer ® Co., USA) El WATERMARK® mesura la tensió amb la que està retinguda l'aigua en el sòl i que es pot assumir com la força que fan les plantes per extreure l'aigua del sòl.

El Watermark® (Larson 1985) es un GMS que és relativament de baix cost, i és fàcil d'utilitzar i instal·lar.

El sensor té només 7,5 cm de llarg i consisteix en elèctrodes embolicats en una matriu de guix. La matriu, tanmateix, està envoltada per una membrana sintètica per evitar que es deteriori, i així queda protegida contra la salinitat. Ens permet realitzar mesures contínues de la tensió de l'aigua del sòl.

El rang de mesura és des de 10 a 120 centíbars.



Fotografia. 4. Detall d'un sensor matricial granulars utilitzat en el present assaig.

3.4.3.- Enregistraments de dades

Tots els sensors estan connectats a quatre multiplexers AM16/32 que a la vegada estan connectats a un datalogger model CR10X (Campbell Scientific, USA) que enregistra automàticament totes les senyals cada 30 segons calculant i conservant-ne la mitjana cada 20 minuts.

3.5. – Mesures de l'estat hídric de les fulles i paràmetres qualitat ornamental

3.5.1.- Potencial hídric de les fulles

El potencial hídric de les fulles ha estat mesurat amb una càmera de pressió, Model 3000 Plant Water Status (Soilmoisture Equipment Corp. Santa Barbara, C.A., U.S.A.)

S'ha mesurat en 3 fulles per tractament, seleccionant la penúltima fulla de branques orientades a la cara sud-est, intentant que fossin fulles que els hi toques el sol. Un cop tallades es col·locaven en una carmanyola cobertes amb baietes tipus "vileda" lleugerament humides. Les mesures, s'han realitzat entre les 10:00 h i 11:00 h (hora solar), aproximadament cada 7 dies des del maig fins a novembre. Un cop es tallaven les fulles per el seu pecíol, es traslladaven al laboratori i no es trigava més de mitja hora a mesurar-ne els potencials.

3.5.2.- Àrea de les fulles

Seguidament en les mateixes fulles es mesuraven la superfície foliar utilitzant l'analitzador d'imatges DIAS (Digital Image Analysis System) (*Delta T Device, UK*), Primerament es calibra l'aparell, tot seguit es col·loquen les fulles sobre una plataforma il·luminada i una videocàmera fotografia la fulla, l'imatge de la qual queda de forma ombrellada, i partir d'aquesta informació el programa en determina l'àrea.

3.5.3.- Pes sec de les fulles

Ensobrades les fulles i marcant degudament els sobres es posen a l'estufa a 60°C per tal de poder mesurar el pes sec als 3 dies. Per a determinar el pes sec de les fulles utilitzem una balança de precisió de quatre decimals (*Scaltec, Germany*).

3.5.4.- Pes específic de les fulles

Un cop obtinguda l'àrea foliar i el pes sec, calculem el pes específic de les fulles (SLW).

$$\frac{\text{pes sec fulles (gr)}}{\text{cm}^2 \text{ fulla}} * 1000 = \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2}$$

3.5.5.- Alçada i diàmetre inicial i final del arbres.

L'alçada dels arbres ha estat mesurada amb un cinta telescòpica de deu metres, d'un centímetre de precisió. L'alçada mitjana a iniciar el tractament és de 442,55 cm.

El diàmetre dels troncs han estat mesurats amb un peu de rei (Mitutoyo) amb un mil·límetre de precisió. La mitjana del diàmetre dels arbres al començament del tractament és 37,42 cm.

3.6. – Paràmetres de reg. Descripció dels tractaments i condicionants

Amb el programa “Auriego”, que ens processa les dades dels sensors per tal de poder modular el reg a través d’un controlador de reg comercial “Agronic™”, anem introduint les condicionants per a cadascun dels tractaments.

Primer introduïm el **condicionant 1**, que controlarà el grup de sensors dels WATERMARK®, que ens mesuren el potencial matricial, Ψ_s en kPa, i després el **condicionant 2**, que controlarà el grup de sensors dels LVDT, que ens calcula la MCD en micres del tronc.

En la columna final mostrem el percentatge de la dosi de la reg que es modifica segons quins han estat els resultats de les mesures que s’han pres. El “-99%” indica que no rega gens, el “0%” ens mostra que es realitza el reg normal, i la resta dels percentatges en positiu signifiquen la dosi en tant per cent que augmenta el reg en referència a la dosi de reg normal.

Tractament 1. Sòl-MCD100 (arbres en el sòl): reg segons la tensió del terra i la MCD.

Arbres plantats en el sòl i regats segons el balanç hídric (100%ETc) i intentant mantenir la tensió de agua en el sòl (~-30kPa). Cal afegir, que mentre treballaven varem veure que era més convenient pujar fins a -25kPa, en lloc de -30kPa. El canvi es va realitzar el 8 d’agost.

Per tant el paràmetre de reg per aquest Tractament 1 queda de la següent forma:

Des del inici de l’experiment, març del 2006 i fins el 7 d’agost:

Condicionant 1 Wk en kPa.	Condicionant 2 MCD en micres	% de modificació de la dosi de reg
0 a -30		-99
-30 a -60	0 a 100	-99
-30 a -60	100 a 200	0 (reg normal)
-30 a -60	200 a 400	50
-60 a 80		70

Des del 8 d’agost fins al final de l’experiment:

Condicionant 1 Wk en kPa	Condicionant 2 MCD en micres	% de modificació de la dosi de reg
0 a -25		-99
-25 a -60	0 a 100	-99
-25 a -60	100 a 200	0 (reg normal)
-25 a -60	200 a 400	50
-60 a -80		70

Tractament 2. Cont-MCDref (arbres en contenidor) = reg segons MCD dels arbres del tractament en referència a la MCD de arbres plantats en el sòl.

Arbres plantats en contenidors de 450 litres i regats segons MCD corregida per la MCD dels arbres en sòl, els del tractament 1.T1.

Condicionant 1 Wk en kPa	Condicionant 2 MCD/MCD sòl	% de modificació de la dosi de reg
0 a -30	0.05 a 1.19	-99
-30 a -60	1.2 a 1.29	-50
-30 a -60	1.3 a 1.39	0 (reg normal)
-30 a -60	1.4 a 1.49	10
-30 a -60	1.5 a 3.0	20
-60 a -80		50

Tractament 3. Cont-MCD100 (arbres en contenidor) = reg segons tensió del terra.

Arbres plantats en contenidors de 450 litres i regats segons la tensió del terra i la MCD, intentant mantenir la tensió de agua en el sòl (~-30kPa).

Condicionant 1 Wk en kPa	Condicionant 2 MCD en micres	% de modificació de la dosi de reg
0 a -30		-99
-30 a -60	0 a 100	-99
-30 a -60	100 a 200	0 (reg normal)
-30 a -60	200 a 400	50
-60 a -200		70

Tractament 4. Cont-MCD200 (arbres en contenidor) = reg segons tensió del terra.

Arbres plantats en contenidors de 450 litres i regats segons la tensió del terra i la MCD, sent en aquest cas el condicionant de la màxima contracció diària del tronc força superior.

Condicionant 1 Wk en kPa	Condicionant 2 MCD en micres	% de modificació de la dosi de reg
0 a -30		-99
-30 a -60	0 a 200	-99
-30 a -60	200 a 400	0 (reg normal)
-30 a -60	400 a 600	20
-60 a 200		50

El programa “Auriego” pren les dades cada dia a les 7:45 del matí i fa els següents càlculs:

En els watermark[®] fa la mitjana diària de cada sensor i després calcula el percentil 50 dels 6 sensors. Amb aquest càlcul tenim la mediana, i així no afecta els valors extrems.

En els LVDT fa el càlcul de la màxima contracció diària de cada sensor i després el percentil 50 dels 6 sensors.

En el programa “Auriego” es pot visualitzar de forma clara com anem introduint els condicionats en el mateix.

En la part superior de la Figura 10 es visualitza el número de programa que estem veient i la seva descripció, en la part central és on es veiem com, en una data determinada, el programa, dins de l'apartat Condicionant 1 calcula la mitjana de cada Watermark® i després de tot el grup de sensors en calcula el percentil 50. En l'apartat Condicionant 2, fa el mateix procés amb els LVDT. En la part inferior de la pantalla visualitzem els condicionats que hem anat introduint, i que podem modificar: el Condicionat 1 mostra els valors del potencial matricial del sòl en kPa i el Condicionat 2 els valors de la màxima contracció diària del tronc en micres. És en la part inferior dreta, dins del quadre FM (factor manual) on s'hi observa la modificació de la dosi del reg que es realitzarà en cas complir-se els diferents condicionats: “-99” significa que no rega, “0” que rega amb la dosi de reg segons la ETo, “50” que regarà la dosi de reg incrementada un 50%, i “70” el mateix incrementat per el percentatge que mostra el nombre.

En la pantalla del dia 31/07/06 es pot observar que amb les dades obtingudes del percentil 50 de les mitjanes dels 6 Watermark® “25.33 kPa” i el percentil 50 obtingut de les dades de les mitanes dels 6 LVDT, “-91.50 micres”, segons els condicionats establerts el resultat del FM (modificació de la dosi de reg) és de -99, per tant, aquest dia, no regarà.

Condicionant 1 Wk en kPa	Condicionant 2 MCD en micres	% de modificació de la dosi de reg
0 a -30		-99
-30 a -60	0 a 100	-99
-30 a -60	100 a 200	0 (reg normal)
-30 a -60	200 a 400	50
-60 a -200		70

ORDRE	CONDICIONANT 1 >	CONDICIONANT 1 <	LOGIC 1	CONDICIONANT 2 >=	CONDICIONANT 2 <	LOGIC 2	CONDICIONANT 3 >=	CONDICIONANT 3 <	FM
5	60	200							70
4	30	60	AND	-400	-200				50
3	30	60	AND	-200	-100				0
2	30	60	AND	-100	0				-99
1	0	30							-99

Fig. 10. Detall de la pantalla del programa “AURIEGO” en el tractament Cont-MCD100.

En el cas del tractament Cont-MCDref el que es vol és provocar que la MCD d'aquest tractament sigui major que la MCD dels arbres en el sòl per tal que els arbres pateixin una mica d'estrès. L'objectiu era intentar fer un reg deficitari controlat per la MCD. El Condicionant 2 és una divisió entre la MCD_{T2} dividit entre la MCD_{T1} . Quan aquesta divisió dona 1 vol dir que tenen la mateixa MCD i per tant T2 es comporta igual que T1. Si és major de 1, vol dir que T2 té més contracció i això seria un indicador de cert nivell d'estrès hídric. Això és cert sempre i quan el T1 estigui sempre ben regat. En els condicionants que hem estudiat aquest any s'aplicava tota la dosi de reg calculada, quan la relació entre ambdues MCD era major de 1.3.

En l'exemple de la pantalla del dia 31/07/06 (Figura 11) es pot observar que el percentil 50 de les mitjanes dels 6 sensors Watermark® és del "25.45 kPa" i la divisió entre les MCD és "-39micres/-136micres)= 0.29", per tant segons els condicionats establerts el resultat del FM (modificació de la dosi de reg) és de -99 i no s'efectuarà cap reg en aquest dia i per aquest tractament.

Condicionant 1 Wk en kPa	Condicionant 2 MCD/MCD sòl	% de modificació de la dosi de reg
0 a -30	0.05 a 1.19	-99
-30 a -60	1.2 a 1.29	-50
-30 a -60	1.3 a 1.39	0 (reg normal)
-30 a -60	1.4 a 1.49	10
-30 a -60	1.5 a 3.0	20
-60 a -80		50

ORDRE	CONDICIONANT 1 >	CONDICIONANT 1 <	LOGIC 1	CONDICIONANT 2 >=	CONDICIONANT 2 <	LOGIC 2	CONDICIONANT 3 >=	CONDICIONANT 3 <	FM
7	60	200							50
6	30		AND	1.5	1.89999997615814				20
5	30		AND	1.39999997615814	1.49000000953674				10
4	30		AND	1.29999995231628	1.38999998569489				0
3	30		AND	1.20000004768372	1.28999996185303				-50
2	30		AND	0.0500000156462193	1.19000005722046				-99
1	0	30							-99

Fig. 11. Detall de la pantalla del programa "AURIEGO" en el tractament Cont-MCDref.

3.7. – Pràctiques agrícoles realitzades

Les pràctiques agrícoles que s'han practicat han estat:

Recollida de fulles seques de forma sistemàtica quant n'hi ha hagut.

Retirada de forma manual de les males herbes, quan han aparegut.

Tractaments herbicides entre les línies de plantació amb el herbicida sistèmic d'ampli espectre ROUNDUP[®] amb Diclofop (Ester metilico) 24% + Fenoxaprop-P-Etil 2% + Mefernepyr-Ethyl 4% [EW] P/P de matèria activa.

Tractaments fitosanitaris contra el tigre del plataner *Corythucha ciliata* (Say, 1832) de la família TINGIDAE , ordre HETEROPTERA. El calendari de tractaments durant l'any 2006 ha estat el següent:

<u>Data</u>	<u>Matèria activa</u>	<u>Producte comercial</u>	<u>Dosis</u>
16/06/06	Deltametrina	Decis [®]	75 cc/100 litres
08/09/06	Clorpirifos 48%	Dursban 48	150 cc/100 litres

3.8. – Presa de fotografies

Al llarg dels mesos de tractament, hem anat fent 5 fotografies zenitals amb una càmera digital FujiFilm FinePix6900Zoom de cadascun dels 4 tractaments i de les 3 repeticions i sempre en el mateix exemplar.

La realització de les fotografies s'han fet sempre entre les 10 i les 12 hores (hora solar) en dies solejats, degut a que ens interessa tenir el fons de la fotografia de color blau, i si hi ha núvols, el color blanc dels mateixos interferia en els nostres càlculs.

El protocol a l'hora de realitzar les fotografies ha estat el següent:

La primera fotografia a 0 cm del tronc de l'arbre (**Posició 0**);

La segona fotografia a 60 cm direcció oest de l'arbre(**Posició 60W**);

La tercera fotografia a 120 cm direcció oest de l'arbre(**Posició 120W**);

La quarta fotografia a 60 cm direcció nord de l'arbre(**Posició 60N**);

I la cinquena fotografia a 120 cm direcció nord de l'arbre(**Posició 120N**).

Veure la figura.

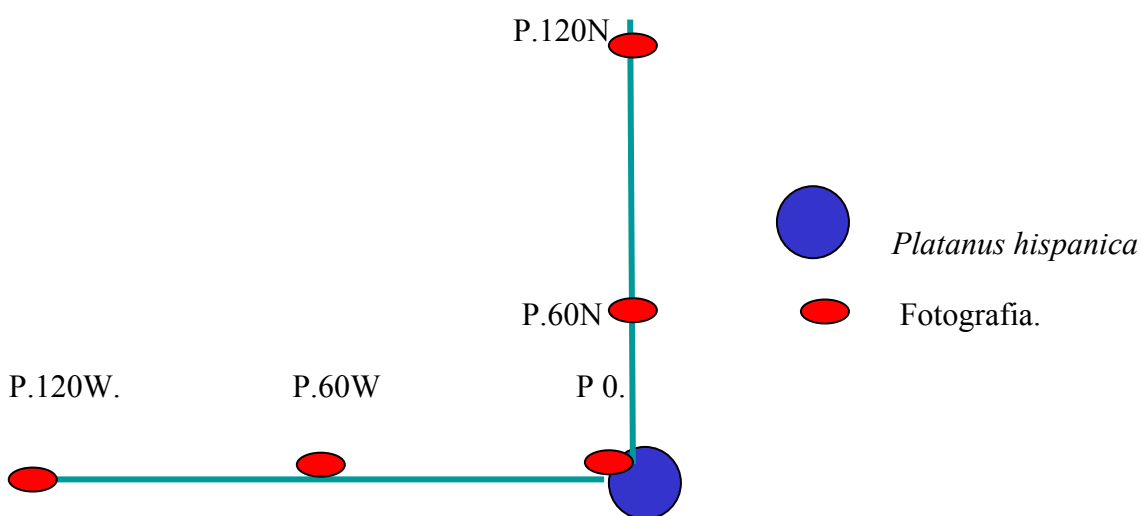


Fig. 12. Detall de les posicions en que s'han efectuat les fotografies zenitals per tal de calcular-ne la cobertura.

El tractament de les fotografies s'ha realitzat mitjançant el programa Relative Cover desenvolupat per Jaume Casadesus del Departament d'Horticultura Ambiental.

Abans d'explicar com realitza els càlculs explicarem breument alguns concepte

Existeixen varis mètodes de codificació del color, entre els que destaquem els tres mes utilitzats:

RGB (red, green and blue): els colors es presenten com intensitats variables de punts vermells, verds i blaus.

CMYK (cyan, magenta, yellow and black): per crear el blanc es redueix la intensitat del cian, magenta, groc i negre. És el sistema de mescla de colors utilitzat per imprimir.

I per últim, el que s'ha utilitzat en el programa Relative Cover, el:

HSB (hue saturation brightness), també conegut como *HSL (hue saturation and luminance)*: els tons (*hue*) se distribueixen a través de una roda de colors on trobem el vermell a 0 graus, el groc a 60, el verd a 120, el cian a 180, el blau a 240 y el magenta a 300. La saturació (*saturation*) dependrà de la quantitat de colors utilitzats: el 0% es la quantitat menor i el 100% la major.

Aquest programa primer calcula la cobertura (diferència entre el total de píxels de la fotografia i els píxels de color blau) de cada fotografia. Després del que no es blau, en calcula el **Hue**, la tonalitat, i els agrupa en intervals de 10 graus entre 0° i 180°. Després calcula el percentatge de color marró (hue entre 0° i 30°), groc (hue entre 30° i 60°) i verd (hue entre 60° i 180°). En la figura es poden veure els graus on estan situats els colors.

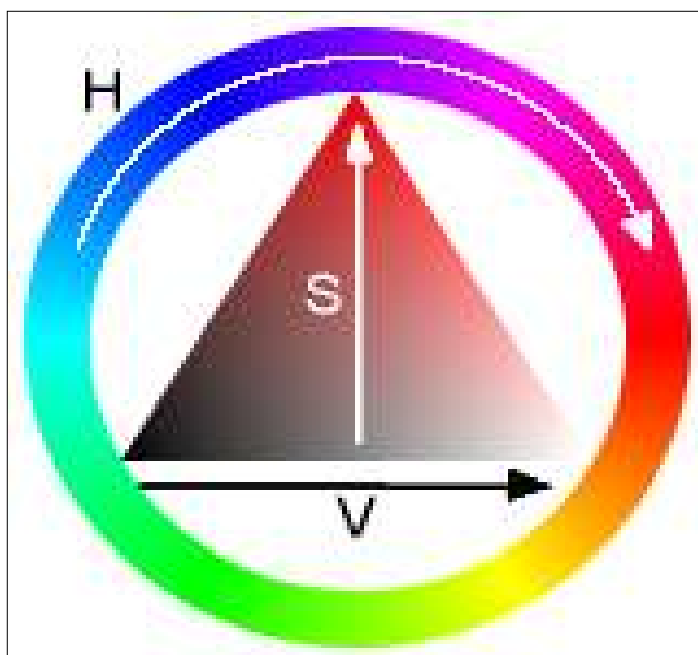
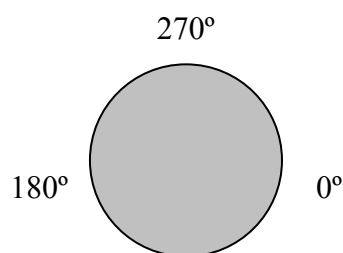


Fig. 13. Roda de color.

Incrementa el seu valor mentre ens movem de forma contraria a les agulles del rellotge, amb el vermell en l'angle 0.



4. RESULTATS

4.1. – Meteorologia durant l'assaig

4.1.1. Dades d'evapotranspiració de referència i pluja enregistrades en el període experimental.

Abans de tot, i per a que ens compreguin alguns fets que ocorren en el present assaig, cal fer esment que la meteorologia al llarg del període d'estudi ha estat força anormal. La temperatura mitjana enregistrada en l'Estació Meteorològica de la XAC situada a les instal·lacions del IRTA de Cabrils ha estat de 16.9°C, la temperatura mitjana màxima de 20.6°C i la mitjana de les mínimes de 13.3°C. Si anem fixant-nos detingudament en la meteorologia mes a mes, tenim, per exemple, que el mes de març de l'any 2006 va començar a marcar la pauta del que serien els mesos següents, amb una precipitació considerablement inferior a la normal i temperatures que en mitja van ser lleugerament superiors.

En la figura núm. 13 observem la distribució de la pluviometria i la ETo, calculada segons Penman-Monteith, mentre ha durat l'assaig.

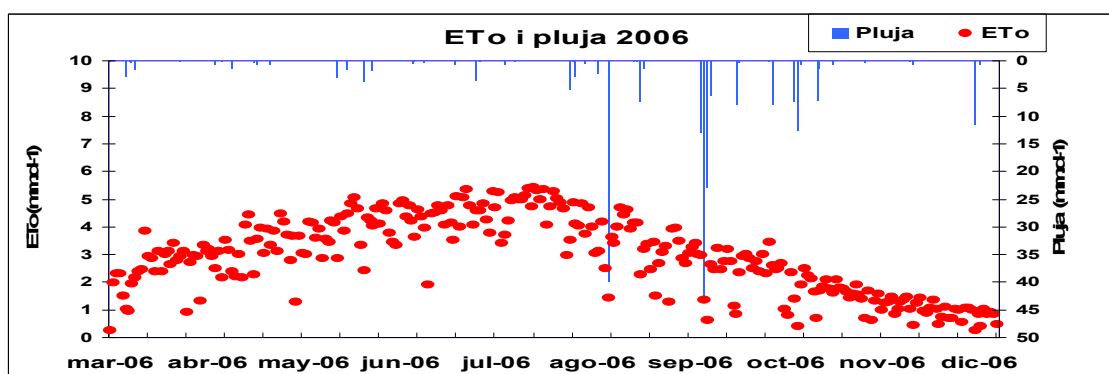


Fig. 14. Evapotranspiració de referència i pluviometria enregistrades per l'Estació Meteorològica de la XAC en Cabrils des de març a desembre de l'any 2006. És un fet característic la baixa pluviometria enregistrada al llarg del assaig, i notable la pluja durant la segona quinzena d'agost.

El fet més destriable de l'abril de 2006 va ésser l'escassa precipitació. El mes de maig va resultar extraordinàriament sec per l'època de l'any i la evapotranspiració va ser força elevada. Les temperatures del mes de juny eren les pròpies de la segona quinzena de juliol i l'evapotranspiració de referència va ser alta en terme mig. El mes de juliol de 2006 va resultar ser el mes més càlid de l'any 2006. L'agost de 2006 és pot considerar con un mes totalment anòmal, marcat per les baixes temperatures i les pluges enregistrades principalment durant la segona quinzena, 63 mm al costat dels 40.8 mm de mitjana enregistrats en els últims 25 anys. En comparació amb els mesos anteriors, i fins i tot amb la mitjana climàtica d'aquest mes, l'agost va ser molt plujós. El setembre es va tractar, també, d'un mes força plujós, amb 93.5 mm de precipitació. El mes d'octubre de 2006 va ser més càlid del normal, i l'evapotranspiració de referència d'octubre va estar per sota de la dels mesos de maig i juny. Finalment els mesos de novembre i desembre van tenir un comportament normal, en quant a temperatures, però, això sí, caracteritzats per la baixa pluviometria, sobretot en novembre, enregistrant en aquest mes 1.4 mm en front els 63 mm de mitjana en els últims 25 anys i al desembre trobem 30.2 mm de pluja en el 2006 en front els 45.3 mm de mitjana en els darrers 25 anys i l'alta l'evapotranspiració de referència (ETo), 32.3 mm en novembre de 2006 en front els 22.4 mm de mitjana en els últims 25 anys, i en desembre 22.6 mm en front els 18.7 de mitjana.

4.2.– Evolució de les fluctuacions diàries del tronc en cada tractament

L'extensa base de dades obtinguda amb les mesures realitzades per mitjà dels sensors en planta i en sòl, han permès analitzar les respostes fisiològiques de *Platanus hispanica.*, en els diferents tractaments al que ha estat sotmès.

Al llarg del període d'observació, des del 31 de març de 2006 fins el 30 de Novembre de 2006, s'han anat registrant de forma contínua les variacions del diàmetre del tronc amb els sensors LVDT en cadascun dels tractaments, amb un total de 2 sensors per cada repetició i 3 repeticions per tractament, mostrant així les tendències de creixement del diàmetre del tronc, mentre ha durat l'assaig .

En general les variacions del diàmetre del tronc segueixen la mateixa tendència en tots els tractaments estudiats (Figures 15,A-B-C-D) així es poden diferenciar tres períodes, els quals hem nomenat, FASE I, FASE II i FASE III.

El període que compren entre 31 de març de 2006 i fins a finals del mes de maig, que hem anomenat Fase I, en tots els tractaments menys en el tractament Cont-MCD200, on aquest període s'allarga fins a la segona setmana de juny, la variació del diàmetre és una recta amb força pendent tal i com es veu en la figura 16, cosa vol dir que hi ha un creixement important del diàmetre del tronc. S'observa que el pendent és força elevat en tots quatre tractaments, apreciant alhora que és en el tractament Cont-MCD200 on el creixement durant aquest primer període és més elevat. Tanmateix podem apreciar que les contraccions diàries (MCD) són molt petites i alhora molt regulars. Aquest fet i la incidència de l'aplicació d'un reg en el comportament del diàmetre del tronc, es poden veure amb més claredat amb la ampliació de la Fase I que es mostra més endavant en la figura 16.

A continuació, en la FASE II, amb inici a primers de juny en tots els tractaments menys en el tractament Cont-MCD200 on comença la tercera setmana de juny, destaca la disminució del ritme de creixement del diàmetre del tronc i l'augment de les contraccions en tots quatre tractaments envers la FASE I. El final d'aquest període és el mateix per tots els quatre tractaments, el 15 d'agost, coincidint amb el inici de les pluges abundants de la segona quinzena d'agost. És un fet a tenir en compte, el creixement que realitza el tractament Sòl-MCD100 durant aquesta segona fase, tendència que no segueixen cap dels altres tractaments.

Per últim, la FASE III, que comença a partir del 15 d'agost i fins al final del període experimental, es caracteritza per la disminució de les contraccions i un creixement del diàmetre del tronc pràcticament nul en els tractaments Cont-MCDref i Cont-MCD100, alhora que els tractaments Sòl-MCD100 i Cont-MCD200 i fins a mitjans del mes de setembre, aproximadament el dia 18 de setembre, mostren un creixement discret, i partit d'aquesta data tots quatre tractaments es comporten de la mateixa forma. Afegir que fins al 18 de setembre tots quatre tractaments mostren unes contraccions més grans, coincidint amb les pluges, i a partir d'aquesta data i fins al final del període d'observació, les contraccions són molt petites i sense cap variació que resulti significativa per el nostre estudi.

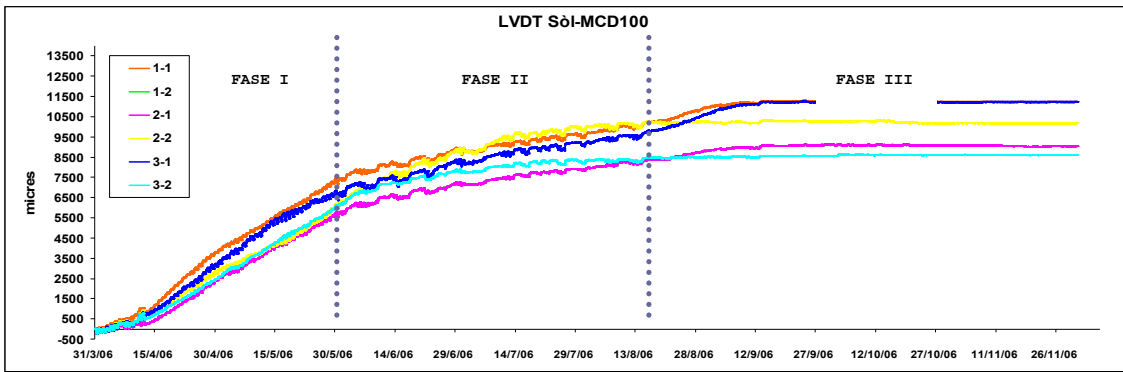


Fig. 15.A. Evolució de les variacions de diàmetre del tronc de cadascun dels 6 sensors LVDT del tractament Sòl-MCD100, amb els tres períodes de creixement diferenciats.

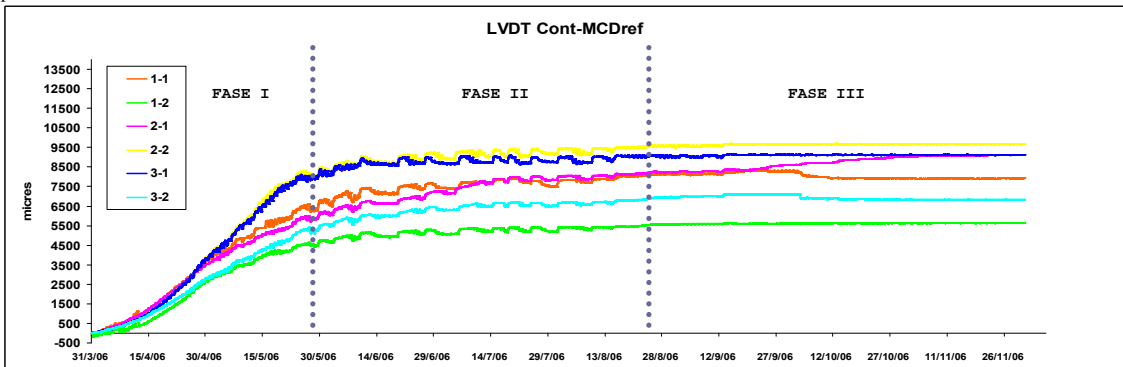


Fig. 15B. Evolució de les variacions de diàmetre del tronc de cadascun dels sensors LVDT del tractament Cont-MCDref, amb les tres períodes de creixement diferenciats.

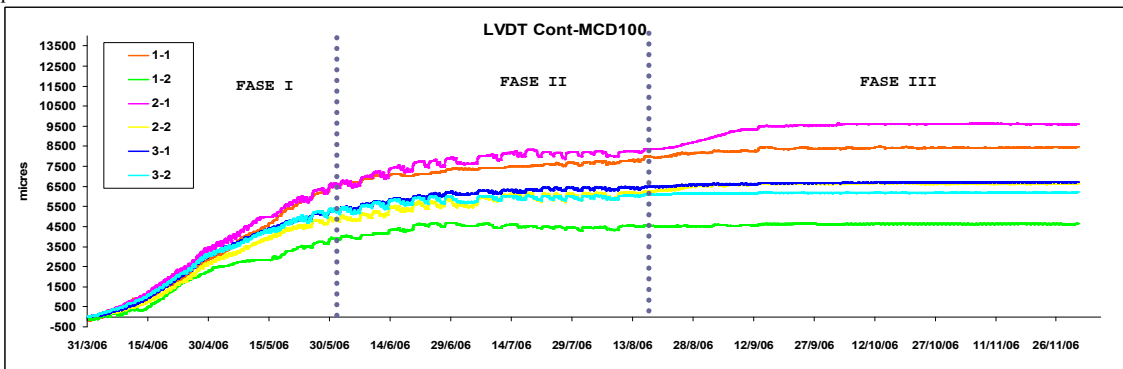


Fig. 15C. Evolució de les variacions de diàmetre del tronc de cadascun dels sensors LVDT del tractament Cont-MCD100, amb les tres períodes de creixement diferenciats.

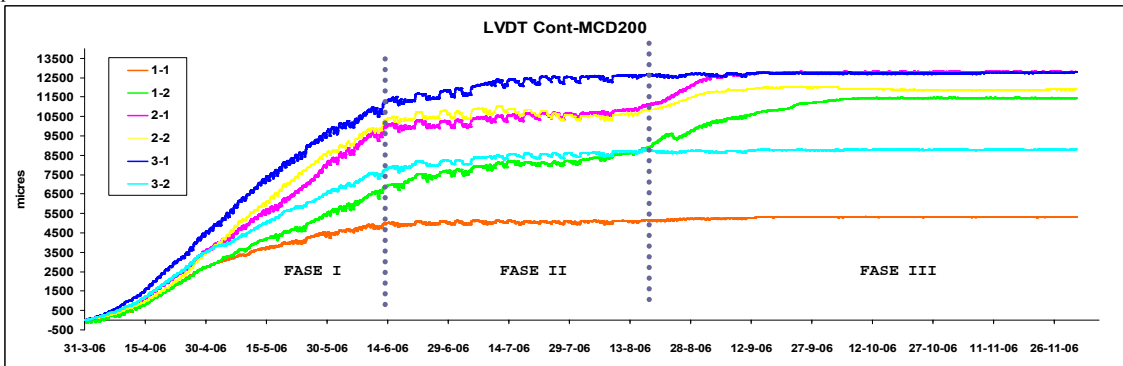


Fig. 15D. Evolució de les variacions de diàmetre del tronc de cadascun dels sensors LVDT del tractament Cont-MCD200, amb les tres períodes de creixement diferenciats.

Tot seguit s'ha realitzat una ampliació de cadascuna de les tres fases, FASE I, FASE II i FASE III, mostrant l'evolució de la mitjana dels sis sensors LVDT de cada tractament.

Observarem que es pot veure de forma més entenedora el que s'ha explicat amb anterioritat. En la figura 16 presentem la FASE I, que transcórrer des del inici del tractament fins a mitjans del mes de juny i caracteritzada per creixement accentuat del diàmetre del tronc i per unes contraccions diàries del tronc força petites i molt regulars. Tanmateix ens fixem com evolucionen les fluctuacions del tronc en quant el tractament rep un reg abundant.

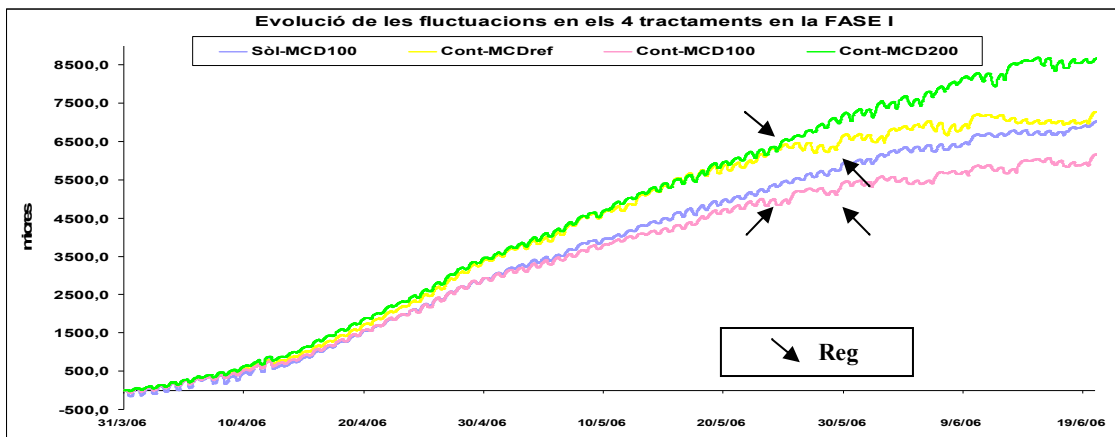


Fig. 16. Evolució de la variació del diàmetre del tronc (valors són la mitjana de 6 sensors) de cadascun dels 4 tractament, en el període que correspon a la FASE I, caracteritzada per el creixement del diàmetre del tronc i unes contraccions força petites i regulars. Es mostren les línees de tendència en cada tractament degut a l'importància del creixement en aquest període. Les fletxes mostren els regs realitzats.

La segona fase, FASE II, tal i com ens mostra la figura 17, està caracteritzada en aquest cas, per unes contraccions més grans i poc regulars, podent apreciar de forma clara quan hi ha una pluja o un reg, i mostrant-nos la resposta de l'arbre a l'aportació d'aigua. Els dies següents al reg no presentaven contraccions, i als quatre dies ja començaven a contraure's. El creixement del diàmetre del tronc en aquesta fase es força discret.

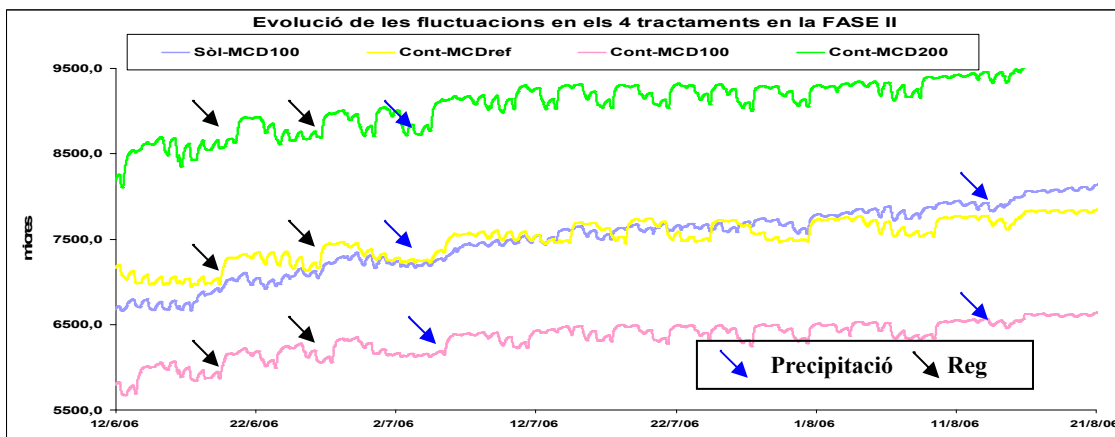


Fig. 17. Evolució del diàmetre del tronc de cadascun dels 4 tractament (els valors són la mitjana de les 6 repeticions), mesurats amb sensors LVDT en el període que correspon a la FASE II, caracteritzada per unes MCD més accentuades i irregulars. Amb fletxes es destaquen alguns regs o precipitacions que van provocar una augment del la hidratació del tronc .

Finalment a la FASE III, caracteritzada en aquest cas per un creixement del diàmetre del tronc coincidint amb l'època de més alta pluviometria acompanyat d'unes contraccions força grans i a partir de mitjans d'octubre una disminució del creixement del diàmetre del tronc i unes contraccions força regulars i alhora petites. Incidir que observant l'evolució de la variació del diàmetre en la figura 18 distingim el moment on hi hagut una precipitació, però en aquesta escala no distingim els moments en que hi ha hagut un reg.

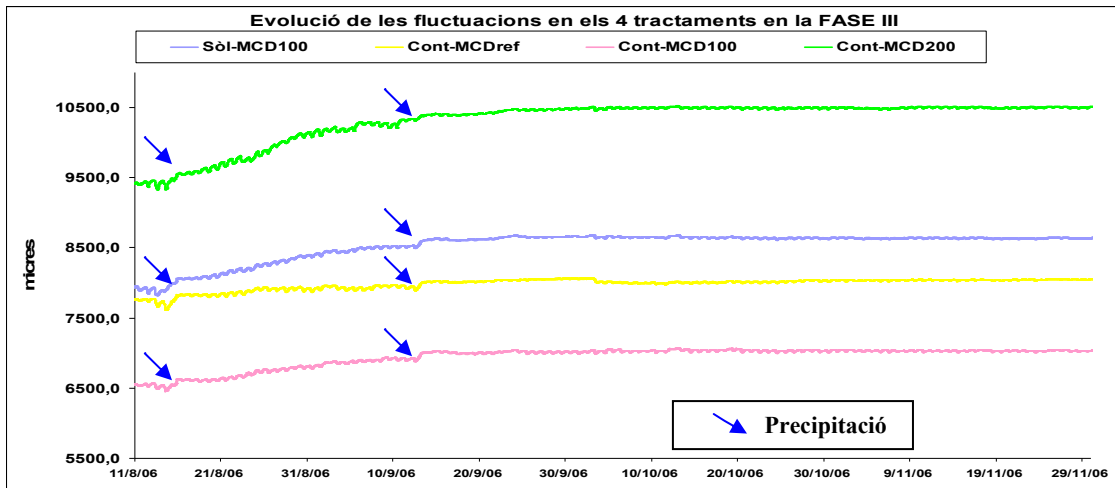


Fig. 18. Evolució de la variació del diàmetre del tronc de cadascun dels 4 tractament (els valors són la mitjana de les 6 repeticions), mesurats amb sensors LVDT en el període que correspon a la FASE III, caracteritzada per un creixement discret coincidint amb l'època de pluges, i a partir de mitjans d'octubre unes MCD petites i homogènies.

Veurem més tard, quan analitzem la resposta dels paràmetres fisiològics als diferents tractaments de reg, l'evolució del creixement acumulat del diàmetre del tronc per a cada tractament.

4.2. – Evolució del potencial matricial del sòl en cada tractament.

Segons s'observa el gràfic que recull l'evolució de les mitjanes dels sis sensors Watermark® de cada tractament al llarg del període d'estudi, representat en la figura 19, el potencial matricial del sòl es troba en valors mínims durant la primera setmana de maig, arribant a límits propers a -130 kPa en el tractament Cont-MCD100. La resta de temps, els valors oscil·len entre els -80 kPa i 0 kPa., coincidint amb pluges de 136,83 mm.

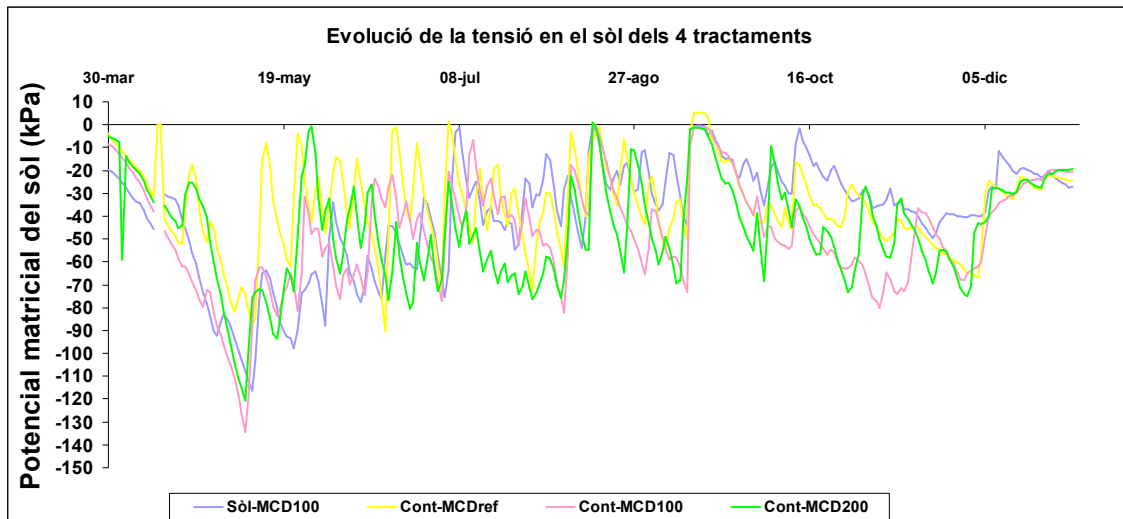


Fig. 19. Evolució del potencial matricial del sòl en els 4 tractaments, mesurats amb sensors Watermark®. Cada corba representa la mitjana de 6 sensors.

Durant tot el hivern del any 2005/2006 els arbres del assaig no van ser regats i el potencial del sòl es va mantenir al voltant de -10 kPa (dades no mostrades). Durant la primavera del 2006 la pluviometria va ser molt escassa i el potencial matricial del sòl va anar disminuint. Les fulles van començar a sortir al voltant del 28 de març de 2006 i els arbres van començar a transpirar.

La gestió del reg de manera automàtica amb el programa Auriego es va iniciar a partir del 13 d'abril. Com es pot observar en el gràfic de la figura 19 l'aigua aportada no va ser suficient en aquest període per a augmentar el potencial del sòl. És en aquest període que es van haver d'ajustar les dosis i les consignes de reg. Les oscil·lacions dels valors de potencial matricial que s'observen els següents mesos corresponen a regs efectuats segons les consignes assignades en cada tractament.

Podem observar que hi ha certa tendència en la primera fase a que els potencials es trobin més propers en un i altre tractament, però és a partir del mes d'octubre, que aquests prenen valors molt diferenciats un de l'altre.

4.4. –Regs resultants de la combinació dels diferents llindars de la MCD i el potencial matricial del sòl

Com s'ha descrit a l'apartat 3 de material i mètodes, cada dia el programa Auriego calculava la MCD i la mitjana diària del potencial matricial del sòl per a als 6 sensors per a cada tractament i immediatament en calculava el percentil 50 dels 6 valors. A partir de les consignes el programa augmentava o disminuïa la dosi d'aigua calculada setmanalment.

A continuació, en les figures de la següent plana (Figura 20) es mostrarà en un mateix gràfic, com ha estat l'evolució de, per una banda el potencial matricial en el sòl, per un altre, la màxima contracció del tronc diària, tot això emmarcat dins dels condicionats que té cada tractament i veurem els regs que s'han efectuat com a resultat del compliment dels condicionats. Presentem en línees discontinües els llindars de la màxima i mínima contracció del tronc i els del màxim i mínim potencial matricial en el sòl. Tanmateix, representats per un triangle de color blau, observem els regs que s'han efectuat amb el volum d'aigua aplicada, tot això, en un gràfic per a cada tractament, veient així els trets diferenciadors de cadascun d'ells.

Més tard, utilitzarem aquest gràfic per comparar el comportament dels plataners plantats amb i sense contenidor, i en aquesta comparació estudiarem el seu comportament en tres períodes diferents, en primavera, a l'estiu i per últim en la tardor.

Observem així, en totes quatre figures, que durant els mesos on les precipitacions han estat considerablement baixes i on, recordem, els arbres mostraven un creixement accentuat del diàmetre del tronc i unes màximes contraccions diàries del tronc MCD força petites i molt regulars, període comprès entre finals de març i mitjans de juny, el factor condicionant que ens indica quan i quant regar, és, en la majoria de les ocasions, el potencial matricial del sòl. Cal fer esment de les MCD registrades en el tractament del sòl que apareixen a principis d'abril són valors força alts. Aquest comportament on el potencial matricial del sòl és la que condiciona els reg comença a variar a partir de mitjans de maig, on les MCD prenen valors força més elevats i el potencial del sòl augmenta, encara que no ho fa de manera considerable. Mentre ens troben en el tram comprès entre mitjans de maig i mitjans d'agost, veiem com va variant el potencial en el terra i alhora també ho fan les MCD, per tant es pren la decisió de regar combinant els dos sensors.

En la figura 20 A, on es mostra el comportament del tractament Sòl-MCD100. Es pot observar que durant els mesos de maig, juny i juliol la majoria de dies els valors de MCD es trobaven entre 100 i 200 micres i que el número de dies en que es va modular el reg per aquesta consigna va ser de 32 dies. El 3 d'agost es van canviar les consignes per aquest tractament i el reg es feia quan el potencial arribava a -25 kPa. Durant la segona quinzena d'agost, setembre i octubre els valors de MCD es trobaven per sota de 100 micres i per tan només es van realitzar regs quan el potencial del sòl assolía valors de -60 kPa.

En la figura 20B es mostra el comportament del tractament Cont-MCDref. En aquest cas la consigna només va modular el reg 23 dies, ja que la majoria de regs van ser modulats pel potencial del sòl (-60 kPa).

Aquesta tònica no es segueix en el cas dels arbres regats segons els condicionats del tractament Cont-MCD200, degut a que, en aquest, la màxima contracció del tronc ha de ser molt més elevada, 200 micres, i per tant el potencial matricial del sòl és el que ens condiciona els regs. El número de regs modulats per la $MCD > 200$ micres va ser de 23 dies. Per potencials majors de -60 kPa va ser de 25 dies.

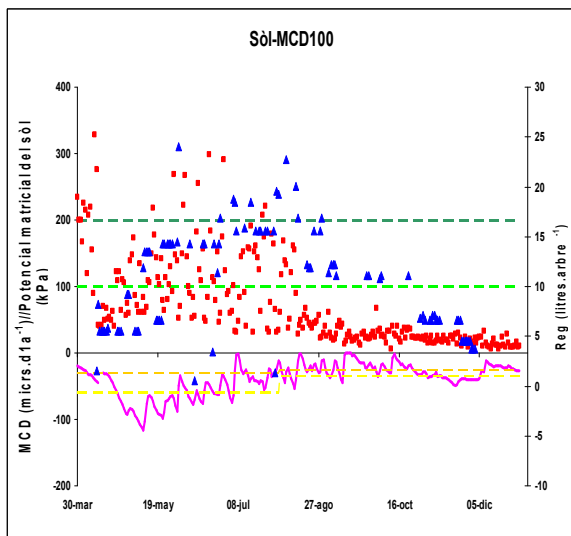
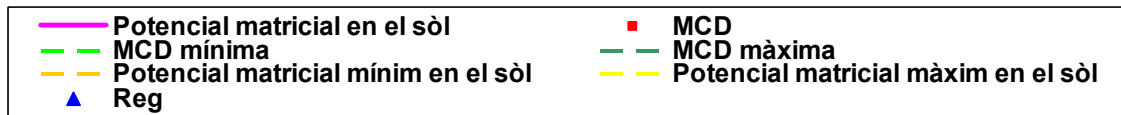


Fig. 20.A. Evolució dels regs resultants en el tractament Sòl-MCD100.

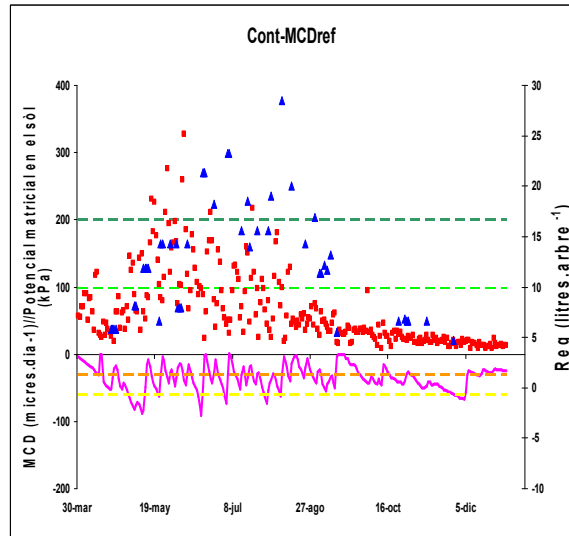


Fig. 20.B. Evolució dels regs resultants en el tractament Contenedor-MCDref., arbres regats segons el potencial matricial del sòl i una MCD corregida per la MCD dels arbres en el sòl.

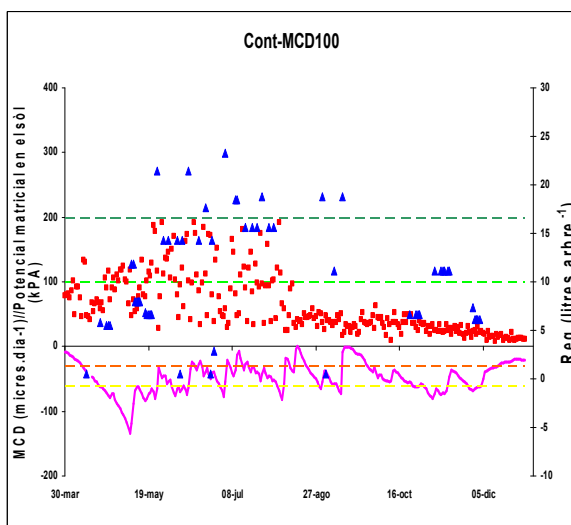


Fig. 20.C. Evolució dels regs resultants en el tractament Cont-MCD100.

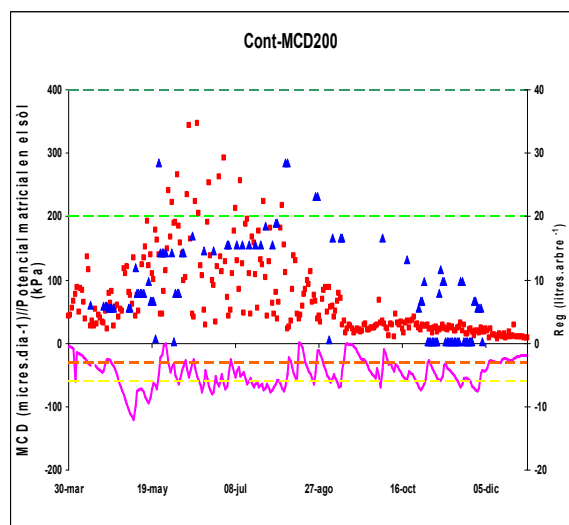


Fig. 20.D. Evolució dels regs resultants en el tractament Cont-MCD200.

Fig. 20. Evolució de les MCD i la tensió matricial del sòl i els regs resultants. Les ratlles discontinues mostren els condicionats de MCD i tensió de cada tractament. Els triangles blaus indiquen quant s'ha efectuat un reg i el volum d'aigua aportada.

El comportament del tractament Cont-MCD100 queda reflectit en la figura 20C. Quan la tensió es trobava entre -30 i -60 kPa i la MCD era superior a 100 i inferior a 200 micres i el percentatge de modificació del reg era 0%, quan la MCD era superior a 200 micres era del 50% més a la dosi assignada, i del 70% en el cas de que el potencial prengués valors inferiors a -60 kPa. En aquest tractament el nombre de regs modulats per la MCD va ser de 29 dies.

Recordem el resum dels condicionats en el quadre adjunt, i d'aquesta manera troben regs que responen al condicionant de les MCD, entre 200 i 400 micres, i d'altres que es realitzen per la baixa tensió matricial, inferior a -60 kPa, essent aquests últims superiors en volum d'aigua aplicada.

Condicionant 1 Wk en kPa	Condicionant 2 MCD en micres	% de modificació de la dosi de reg
0 a -30		-99
-30 a -60	0 a 100	-99
-30 a -60	100 a 200	0 (reg normal)
-30 a -60	200 a 400	50
-60 a -200		70

És força notable com hi ha una forta reducció de les MCD a partir del 15 d'agost quan, recordem, les precipitacions han estat força abundants, una reducció que ha estat observada en tots els tractaments menys en el Cont-MCD200. Els arbres d'aquest tractament, tal i com veurem més endavant, són més grossos i tenen més fulles, per tant transpiren més. Com a resultat de la reducció de les MCD, de nou, els regs que s'efectuen a partir d'aquestes dades, seran resultat de les baixes tensions matricials del sòl.

Després d'haver fet aquesta anàlisi sobre com han estat els regs resultants de la combinació dels diferents llinars de MCD i potencial matricial del sòl en cada tractament, es pot arribar a la conclusió que poden diferenciar, dos períodes per a la programació del reg, un primer on les MCD són les que ens condicionen de forma principal quan s'aplicarà un reg i quina serà aquesta dosi, i un altre, on aquest condicionant resta importància per deixar pas al potencial matricial en el sòl, tot i que sempre tindriem en compte un i altre condicionant. Per tot això deduïm que no es pot aplicar un mateix llinar de MCD tot l'any perquè com hem vist hi ha diferències de comportament estacionals.

Paral·lelament a tot el que s'ha explicat, podem començar a entreveure en quin tractament s'ha aplicat més volum d'aigua. En el tractament del sòl, és on s'observen més triangles blaus i localitzats en la zona de les dosis altes de regs, a partir de 10 litres per arbre, després troben que el tractament Cont-MCD200 també mostra força regs, i sobretot, tant en aquest com en el del sòl, en èpoques que en els altres dos tractaments no apareixen, es a dir, des del mes de setembre i fins a meitat d'octubre.

Des del 13 d'abril i fins el 30 de novembre de 2006, el nombre de regs totals aplicats en cada tractament ha estat de 93 regs en el tractament Sòl-MCD100, 44 regs en el tractament Cont-MCDref, compten fins a 54 regs en el tractament Cont-MCD100, el que es rega amb els mateixos condicionats que el tractament dels arbres en el sòl, i en el tractament Cont-MCD200 hi ha un total de 93 regs.

4.5. – Màxima contracció diària versus el potencial matricial en el sòl en els diferents tractaments

Per tal d'estudiar la relació entre la MCD i el potencial del sòl hem realitzat el següents gràfics diferenciats per tractaments i per fases.

Hem relacionat les mitjanes diàries de cada tractament del potencial matricial en el sòl i les MCD per tal de veure si aquestes guarden algun tipus de relació en *Platanus hispanica*. Observem que segons ens mostren els gràfics de la figura 21 corresponents a cadascun dels tractaments i diferenciant la relació possible en quatre etapes, de l'1 d'abril al 31 de maig la primera, de l'1 de juny al dos d'agost la segona, la tercera comença el tres d'agost i acaba el 12 de setembre i per acabar, la quarta que ens mostra la relació en el període comprès entre el 13 de setembre i el 26 de novembre.

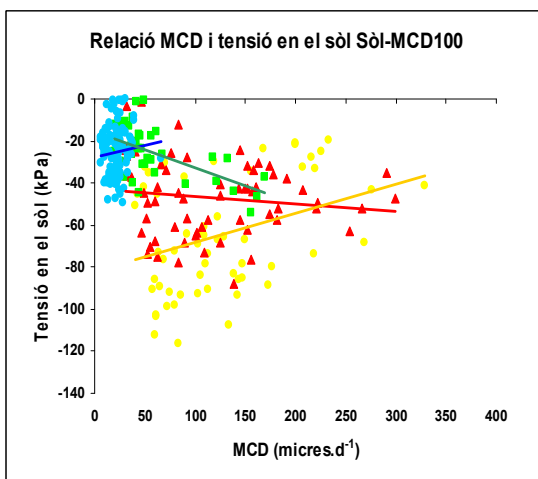
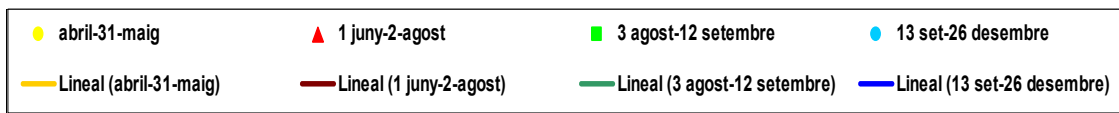


Fig.21.A. Relació entre les MCD i el potencial matricial del sòl en el tractament Sòl-MCD100.

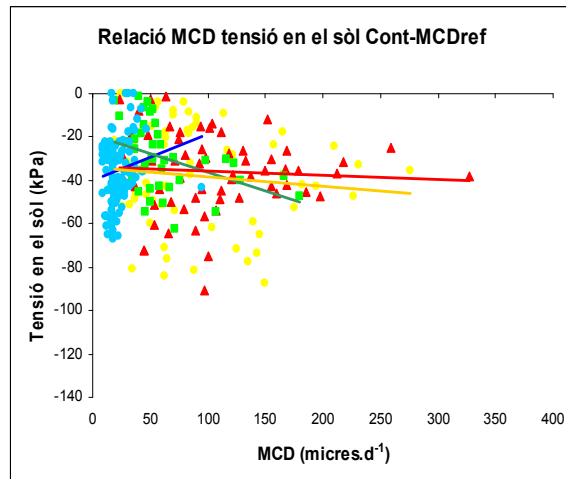


Fig.21.B. Relació entre les MCD i el potencial matricial del sòl en el tractament Cont-MCDref.

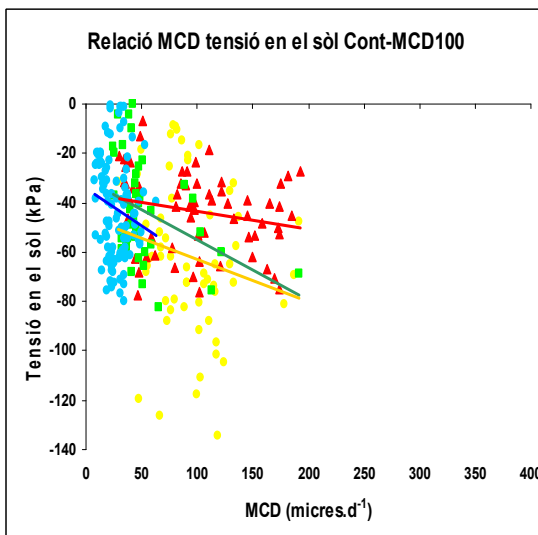


Fig.21.C. Relació entre les MCD i el potencial matricial del sòl en el tractament Cont-MCD100.

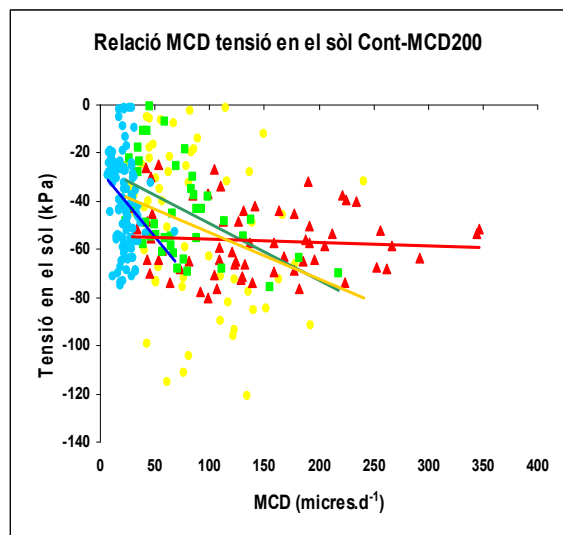


Fig.21.D. Relació entre les MCD i el potencial matricial del sòl en el tractament Cont-MCD200.

Observem que en el primer període, de l'1 d'abril al 31 de maig, no hi ha una clara tendència de relació entre la tensió i la MCD ja que hi ha valors molt dispersos.

Entre l'1 de juny i el 2 d'agost, es pot apreciar que en tots quatre tractaments la línia presenta un pendent força similar i negatiu, a menys MCD potencials menys negatius, i el comportament ha estat força similar en tots els tractaments.

A partir del 3 d'agost i fins el 12 de setembre, coincidint amb l'època d'altres precipitacions, troben uns valors de MCD altes que coincideixen amb potencials moderadament negatius, similars a les del període anterior i que corresponen a la primera quinzena d'agost. A continuació troben els punts que resten molt propers als del últim període

El que si que podem observar en el gràfics pertanyents a la figura número 21 és que en el període compres entre el 13 de setembre i el 26 de desembre, les MCD acumulades són molt petites, no superant les 100 micres en tots els tractaments, exceptuant el tractament Cont-MCDref.

4.6. Creixement dels arbres i paràmetres fisiològics. Resposta als tractaments de reg.

En aquest apartat analitzarem com ha estat el desenvolupament dels paràmetres morfològics dels exemplars de *Platanus hispanica* segons el tractament al que han estat sotmes.

4.6.1.- Creixement acumulat del diàmetre del tronc.

Per tal de poder comparar el resultat de l'aplicació dels regs en els diferents tractaments presentem a continuació en la figura 22 l'evolució dels valors del creixement acumulat del diàmetre del tronc i el volum total d'aigua aplicada en cada tractament en la figura 23.

De nou apreciem el comportament que s'ha explicat amb anterioritat i també observem com el creixement vegetatiu d'aquest tipus d'arbres, per la seva banda, es caracteritza per presentar principalment dos períodes de creixement, un a principis de primavera i altre a finals d'estiu i principis de tardor, tot i que aquest segon és molt més reduït que el primer període de creixement.

El creixement acumulat va presentar una corba "sigmoïdal" amb una part inicial recta amb força pendent en tots els tractaments. S'observa una saturació del creixement que s'assoleix en moments diferents segons el tractament de reg. Així en Sol-MCD100 i Cont-MCD-200 va ser al voltant de mitjans de juny, en el Cont-MCDref i Cont-MCD100 a finals de maig. Després de les pluges d'agost va haver una reinici del creixement que va ser més notable en els dos primers tractaments. El creixement acumulat al final del període de creixement va ser major en Sol-MCD100 i Cont-MCD-200, després Cont-MCDref i en darrer lloc Cont-MCD100.

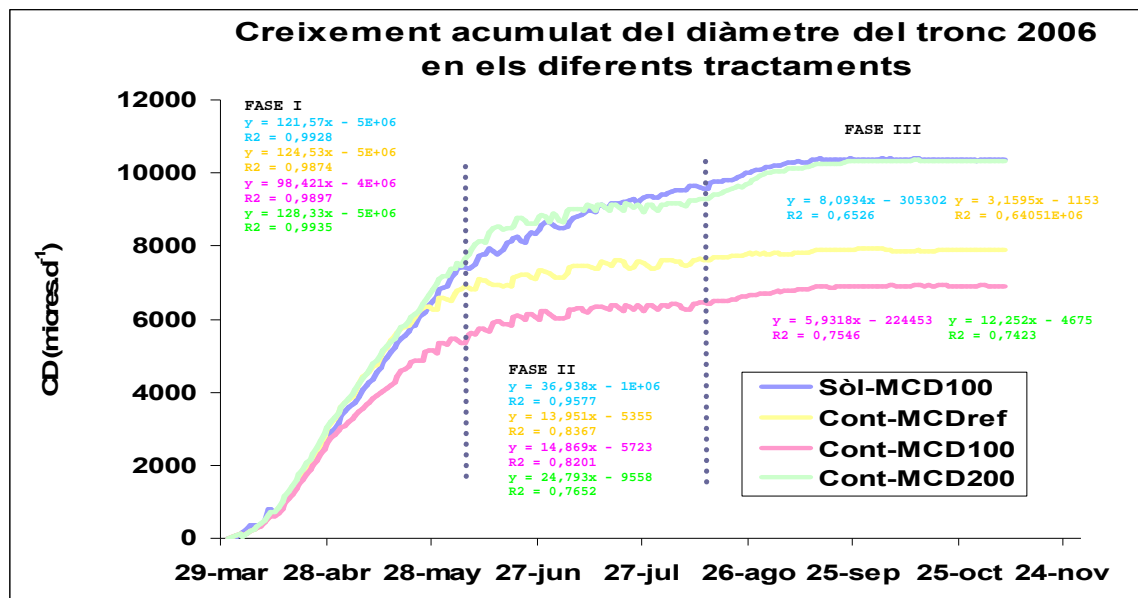


Fig. 22. Creixement acumulat en micres del diàmetre del tronc en cada tractament. Cada corba representa els valors de la mitjana dels 6 sensors LVDT. Es representen les tres fases que marquen la tendència de variació de diàmetre del tronc i que coincideixen amb l'evolució del creixement acumulat. Es mostren els pendents dels diferents períodes, FASE I, FASE II i FASE III.

Tanmateix observem que el tractament Cont-MCD200, juntament amb el Sòl-MCD100, són els que més han crescut, mantenint en la majoria del temps, un lleuger avantatge el tractament Cont-MCD200. En tercer terme troben el tractament Cont-MCDref i li segueix el tractament Cont-MCD100, que és el tractament que està regat amb les mateixes consignes de reg que el tractament que està en el sòl. Les diferències entre el creixement d'un i d'altre tractament és veuran de forma més entenedora més endavant on es comparen les taxes de creixement en alçada i diàmetre dels diferents tractaments analitzats. Els pendents en la FASE I van ser de mitjana 118,21 micres.d⁻¹, en la FASE II 22.64 micres.d⁻¹ i en la FASE III de 7.35 micres.d⁻¹, per tant observem que cada cop són més petits amb una diferència força important entre la FASE I i la resta dels períodes. En cada fase els tractaments que van presentar majors pendents van ser el Sol-MCD100 i el Cont-MCD200. En la fase II, coincidint en períodes d'estrès, tots els arbres de tots els tractaments van presentar períodes en que els aquests no van créixer.

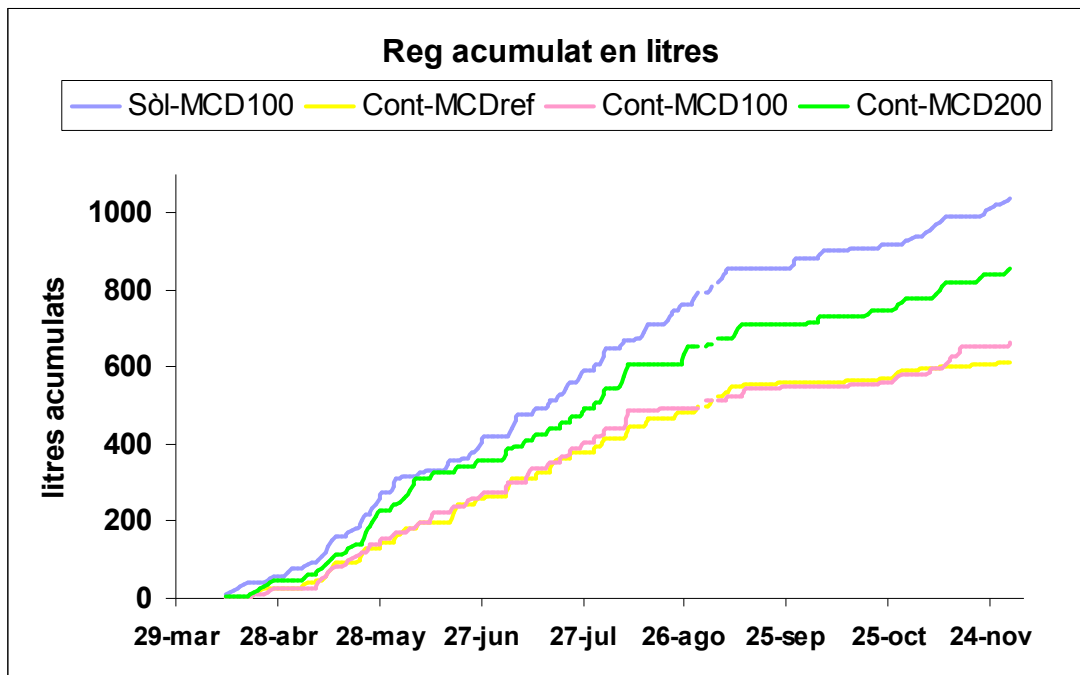


Fig.23. Volum d'aigua (en litres) acumulats en cadascun dels tractaments al llarg del període d'assaig.

4.6.2.- Creixement en alçada i diàmetre del tronc.

A continuació veiem les figures que corresponen als gràfics de creixement total en alçada i diàmetre mesurats al inici i al final del període de creixement (apartat 5.5 de Material i mètodes), creixement diari i volum d'aigua aplicada, amb un interval de mesura de 326 dies, en el cas de les alçades i dels diàmetres, tot comparant-los amb els litres d'aigua suministrada segons els condicionats assignats en cada tractament.

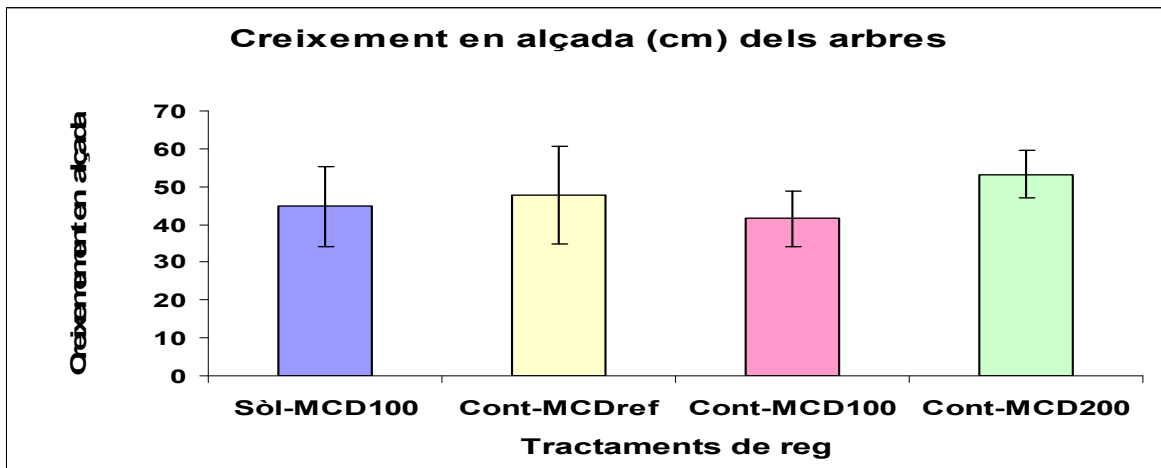


Fig.24. Comparació del creixement en alçada en centímetres en cadascun dels tractaments al llarg del període d'assaig.

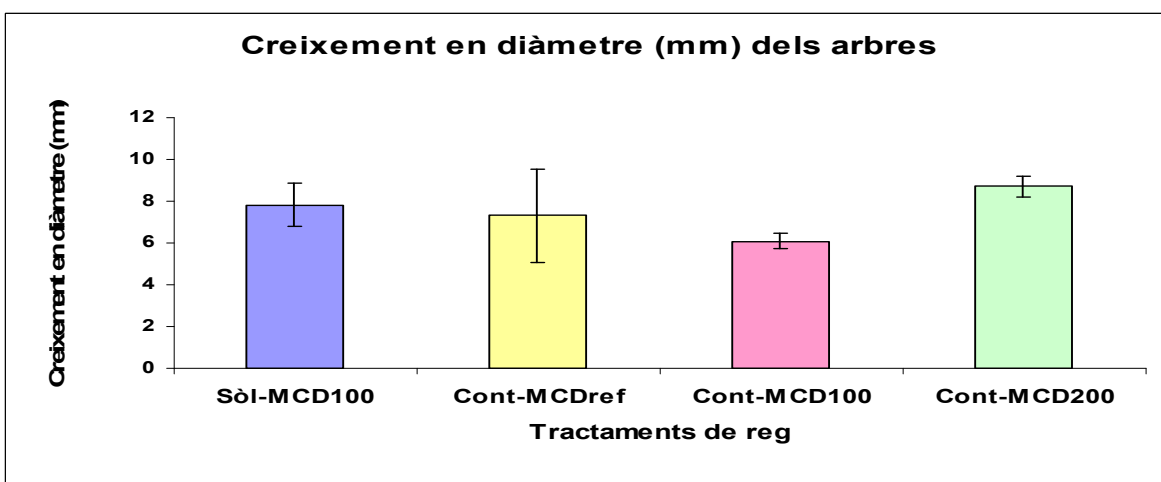


Fig.25. Creixement en diàmetre mesurat en tots els arbres de cada en tractaments al llarg del període d'assaig.

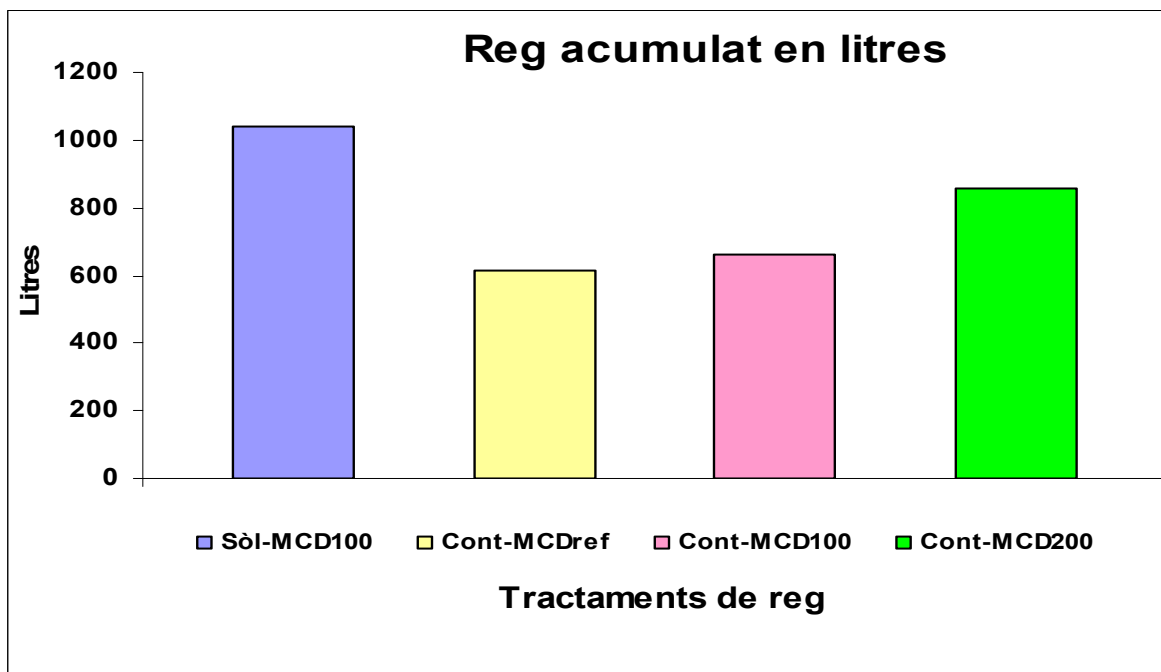


Fig.26. Comparació del volum d'aigua aplicat en cadascun dels tractaments al llarg del període.

Dels paràmetres morfològics estudiats en aquest apartat i en el conjunt de l'assaig, els arbres que han presentat un major creixement encara que no significatiu tant en alçada com en diàmetre han estat els del tractament plantats en contenidors i regats segons la tensió en el terra i una MCD superior a la de la resta de tractaments, Cont-MCD200, seguit en el cas del creixement en alçada per els arbres regats segons el potencial matricial en el sòl i una MCD corregida per la MCD dels arbres en sòl, Cont-MCDref, i en el cas del creixement en diàmetre, per els arbres plantats al sòl, tractament Sòl-MCD100. El creixement diari i la evolució del creixement acumulat del diàmetre del tronc, però, estan molt igualats en els tractaments Cont-MCD200 i Sòl-MCD100, presentant aquest últim uns períodes on és superior el creixement acumulat del diàmetre del tronc en el tractament Sòl-MCD100 i d'altres on el tractament que pren valors més grans és Cont-MCD200, tal i com s'observa en la figura 22.

El reg aplicat des del 13 d'abril i fins el 30 de novembre de 2006 ha estat de 67 hores 9 minuts, que correspon a un volum de 1038,048 litres en el cas del tractament Sòl-MCD100, de 37 hores 56 minuts, 611,952 litres en el tractament Cont-MCDref, en el tractament Cont-MCD100, el temps de reg ha estat de 42 hores 49 minuts, que equival a 662,376 litres, i el tractament Cont-MCD200, el temps total de reg ha resultat ser de 56 hores amb 1 minut, que equival a un volum d'aigua aplicada de 855,360 litres.

Cal destacar que en el tractament Sòl-MCD100 el volum d'aigua aportada és força elevat, un 21.35% més respecte a Cont-MCD200, segons ens mostra la figura 24 els arbres han presentat un creixement força igualat, cosa que ens fa preveure canvis de plantejament experimentals per als propers estudis.

4.6.3.- Mesures fisiològiques.Comparació del potencial hídric de les fulles, el pes específic foliar i la seva relació amb la MCD i el potencial matricial del sòl.

A continuació mostrem en la figura 27 els potencials hídrics de les fulles de *Platanus hispanica* mesurats durant el període d'estudi del present projecte que va ser des del 15 de maig al 11 d'octubre de 2006. Alguns dels aspectes destacables, són per exemple, els valors mínims que assoleix el potencial hídric foliar, punt de màxim estres i que correspon a la mostra presa el 31 de juliol i amb valors entre -1.65 MPa i -1.78 MPa. Observant la figura podem diferenciar com pren valor més propers a zero en els períodes de fortes pluges, el 15 d'agost de 2006 i el 12 de setembre. També es pot observar que en els tractaments, que no han rebut un reg des de fa uns dies, van tenint valors cada cop més negatius, i d'altres, com és el cas del tractament Sòl-MCD100 no arriba a aquests valors, ja que ha rebut regs durant el període del 30 de setembre al 05 d'octubre tal i com veiem en la figura 27.

Un cop realitzada l'estadística de les dades dels potencial hídrics foliars obtinguts, observem que només es van produir diferències clarament significatives entre els tractaments els dies que a continuació comentem. Observem que el dia 12 de juny els tractaments Sol-MCD100 i Cont-MCD200 presenten uns valors significativament diferents. El 27 del mateix mes, el potencial dels arbres del Cont-MCDref i MCD200 són més positius que en els altres dos tractaments. L'onze de juliol és el tractament Cont-MCD200 el que presenta valors significativament menors. I el 19 i 25 de juliol és el tractament Cont-MCDref el que presenta valors més positius. El dia 8 d'agost és el Sol-MCD100 el que presenta valors més positius. El dia 13 de setembre és el Cont-MCDref el més positiu. El 2 d'octubre són el Sol-MCD100 i el Cont MCD100. El 26 d'octubre el ContMCD100 el més positiu.

En resum que hi ha diferències significatives en dies concrets que depenen de si aquell dia han rebut un reg o no.

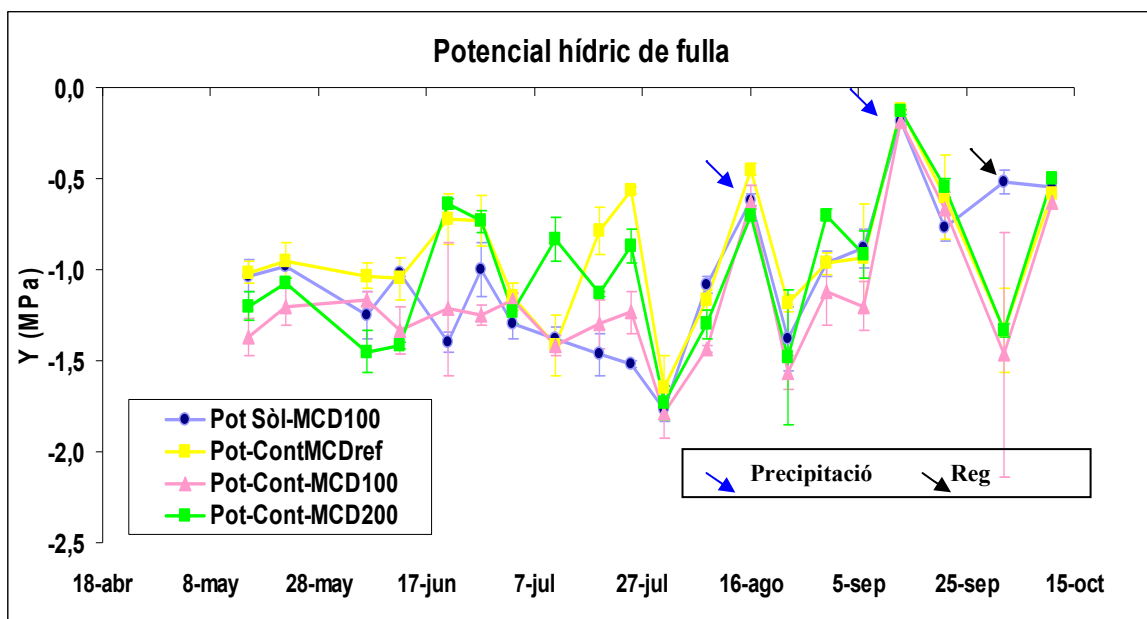


Fig.27. Evolució del potencial hídric de les fulles dels 4 tractaments. Els valors s'han obtingut fent les mitjanes de 3 fulles per cadascun dels tractaments mesurats amb càmera de pressió, sobre les 10 h.(hora solar). Es destaquen les precipitacions més importants i algun reg efectuat al llarg de l'assaig.

L'evolució del pes específic ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$) de les fulles es mostra a la figura 28 de la següent plana, com a mesura del gruix de la fulla en relació a la seva àrea, per els quatre tractaments estudiats. Como és d'esperar, el pes específic de las fulles augmenta a mida que passa la temporada degut a l'edat de les fulles, però aquest increment és molt petit, per tant és pot deduir que aquesta espècie i en les condicions del nostre assaig no ha variat la morfologia de les fulles. No hi ha diferències entre tractaments per la qual cosa podríem deduir a partir d'aquestes dades, que els arbres no han patit suficient sequera per a modificar la mida i pes de les fulles.

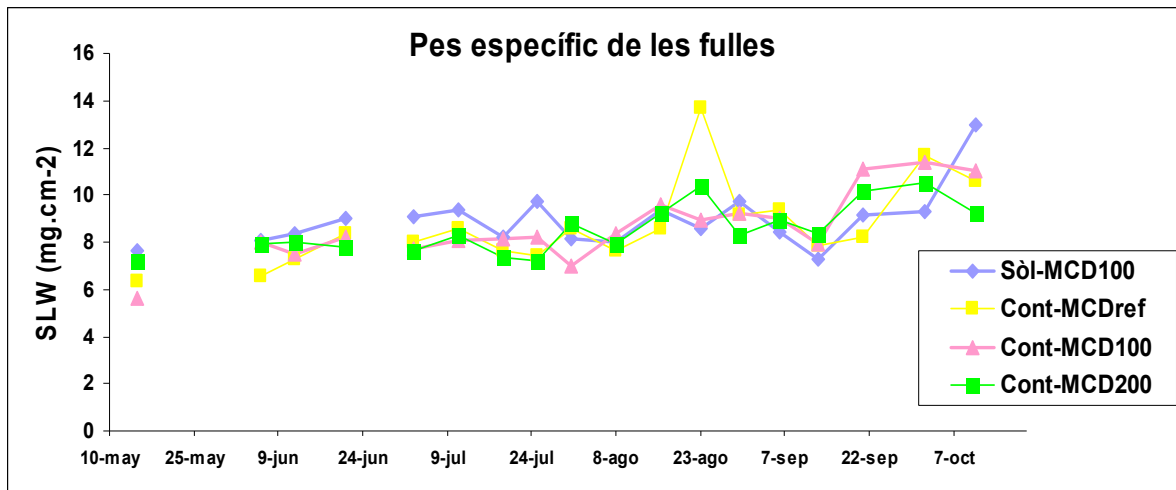


Fig.28. Valors del pes específic de les fulles dels 4 tractaments. Els valors s'han obtingut fent les mitjanes de 3 fulles.

La única relació amb els tractaments que hi podem trobar, és a la primavera i inicis d'estiu, el tractament que presenta la mitjana dels pesos específics més elevats és el del sòl, tractament Sòl-MCD100 que també és, alhora, el que ha rebut el volum d'aigua més elevat, però aquesta tendència, no es segueix al llarg de tot l'assaig.

Algunes condicions que influeixen en el pes específic de les fulles són la nutrició de la planta, la humitat del sòl, i les pràctiques de cultiu. En el nostre cas, les pràctiques de cultiu i la nutrició de la planta han estat les mateixes en els quatre tractaments, per tant, poden concloure que en *Platanus hispanica* el reg aportat no incideix de forma directa en el pes específic de les fulles.,

La relació de la màxima contracció diària del tronc envers el potencial hídric de les fulles segueix una corba de segon grau (figura 29). Això ens indica que a potencials més negatius la contracció és més gran, i que aproximadament a potencials menors de -1.5 KPa les MCD disminueixen. També es pot observar que per a un mateix potencial hídric hi ha diferents valors de MCD, això voldria dir que hi ha altres factors a part del potencial que influeixen en la MCD, com la temperatura de la fulla, la radiació o el dèficit de pressió

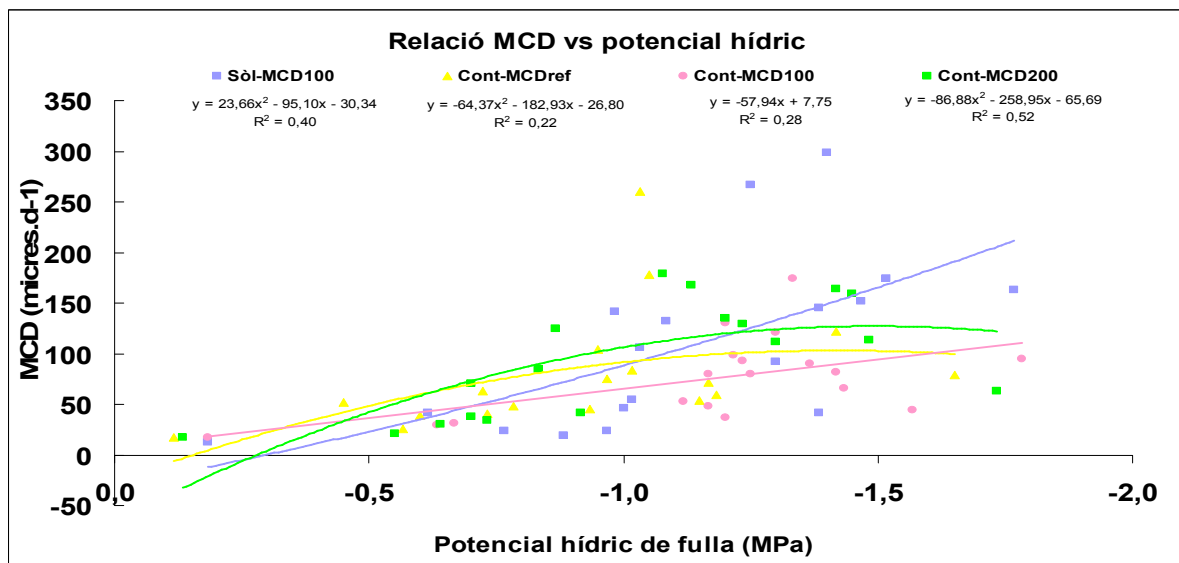


Fig.29. Relació entre la MCD i el potencial hídric de les fulles per els 4 tractaments a llarg de tot l'assaig. Els valors s'han obtingut de les mitjanes dels 6 sensors LVDT per tractament i de la mitjana de 3 fulles per tractament.

4.6.4. – Valors dels potencial hídric foliar al llarg del assaig relacionats amb la màxima contracció diària versus el potencial matricial del terra

A la figura 30 es relacionen els valors de MCD, potencial matricial del sòl i potencial hídric foliar. Podem observar que quan el potencial del sòl es troba entre 0 i -30 kPa la MCD està per sota de 100 i els potencials hídrics estan entre 0 MPa i -1 MPa. Quan el potencial del sòl es menor de -30 hi ha molta més dispersió tan de MCD com de potencials de fulla però la majoria de valors de potencial prenen valors més negatius de -1MPa.

Observem així valors de potencial hídric foliar, en la majoria dels casos, entre 0 MPa i -0.60 MPa, dins de l'àrea imaginària que hem colorejat amb blau cel.

Fora d'aquesta àrea es troben valor de potencial hídric força més alts, indicant-nos de possibles condicions d'estres hídric quant no ens troben dins dels llindars que hem postulat al inici del projecte.

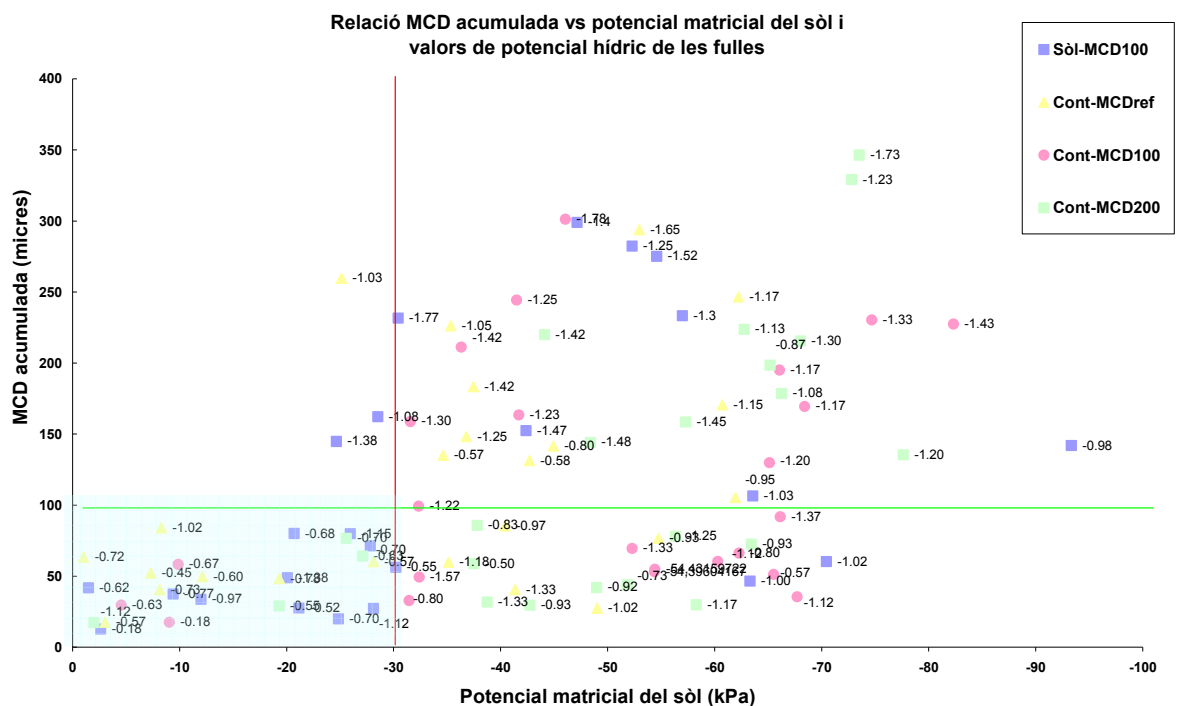


Fig.30. Relació entre la MCD versus el potencial matricial de sòl en Kpa i potencial hídric de les fulles en Mpa per els 4 tractaments a llarg de tot l'assaig. Els valors s'han obtingut de les mitjanes dels 6 sensors LVDT per tractament, de la mitjana dels 6 sensors Watermark ® i de la mitjana de 3 fulles per tractament, respectivament.

4.7. –Comparació del efecte de restricció de volum.

Com ja hem exposat al inici d'aquest treball, tenim com objectiu comparar l'efecte de la restricció del volum del sòl en el desenvolupament de *Platanus hispanica* plantats en contenidor de 100x100x60 cm versus arbres plantats en el sòl sense restricció.

Per tant, exposem breument quin és el tractament dels estudiats que ha estat plantat en sòl, sense restricció de volum, i quin ha estat que ha estat regat amb els mateixos condicionats, però en contenidor.

Tractament 1. Sòl-MCD100 (arbres en el sòl): reg segons la tensió del terra i la MCD.

Arbres plantats en el sòl i regats segons el balanç hídric (100%ETc) i intentant mantenir la tensió de agua en el sòl (~-30kPa). Cal afegir, que mentre treballaven varem veure que era més convenient pujar fins a -25kPa, en lloc de -30kPa. El canvi es va realitzar el 8 d'agost.

Per tant el paràmetre de reg per aquest Tractament 1 queda de la següent forma:

Des del inici de l'experiment, març del 2006 i fins el 7 d'agost:

Condicionant 1 Wk en kPa.	Condicionant 2 MCD en micres	% de modificació de la dosi de reg
0 a -30		-99
-30 a -60	0 a 100	-99
-30 a -60	100 a 200	0 (reg normal)
-30 a -60	200 a 400	50
-60 a 80		70

Des del 8 d'agost fins al final de l'experiment:

Condicionant 1 Wk en kPa	Condicionant 2 MCD en micres	% de modificació de la dosi de reg
0 a -25		-99
-25 a -60	0 a 100	-99
-25 a -60	100 a 200	0 (reg normal)
-25 a -60	200 a 400	50
-60 a -80		70

Tractament 3. Cont-MCD100 (arbres en contenidor) = reg segons tensió del terra.

Arbres plantats en contenidors de 450 litres i regats segons la tensió del terra i la MCD, intentant mantenir la tensió de agua en el sòl (~-30kPa).

Condicionant 1 Wk en kPa	Condicionant 2 MCD en micres	% de modificació de la dosi de reg
0 a -30		-99
-30 a -60	0 a 100	-99
-30 a -60	100 a 200	0 (reg normal)
-30 a -60	200 a 400	50
-60 a -200		70

Els resultats que s'han obtingut són força significatius, i ens permeten extreure'n algunes conclusions, sobretot pel que fa a la producció d'aquest tipus de plantes en vivers.

A continuació veient-ne els resultats obtinguts.

En la figura 31 es mostra la diferència del comportament de l'evolució de les fluctuacions del diàmetre del tronc en els tractaments regats amb les mateixes consignes, podent observar que els arbres plantats en contenidor, durant el període de més calor, han sofert unes màximes contraccions diàries més grans que el del sòl, i això probablement, ha limitat el seu creixement posterior.

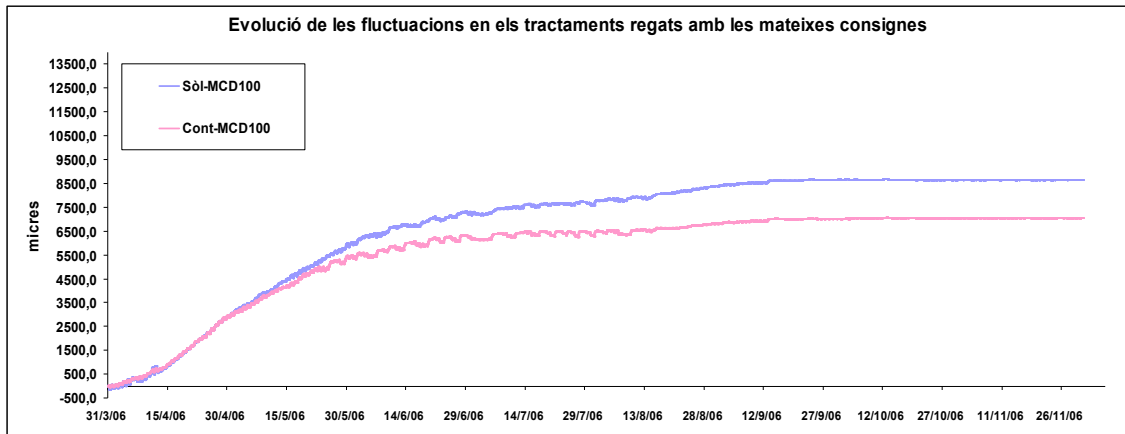


Fig. 31 .Evolució de les corbes de creixement de diàmetre del tronc en els tractaments regats amb les mateixes consignes, mesurats amb sensors LVDT.

En referència al potencial matricial del sòl, ens hem de remetre al que ja s'ha explicat amb anterioritat. Els arbres, durant tot el hivern del any 2005/2006 no van ser regats i el potencial matricial del sòl es va mantenir al voltant de -10 kPa.(dades no mostrades). Durant la primavera del 2006 la pluviometria va esser molt escassa i el potencial va anar disminuint. Les fulles van començar a sortir al voltant del 28 de març de 2006 i els arbres van començar a transpirar.

Veiem la figura s'observa que en un primers període i fins a mitjans de juliol, el tractament que mostra valors més negatius és el que es troba en sòl i a partir de la data esmentada comença a prendre valors força més negatius el tractament els arbres en contenidor.

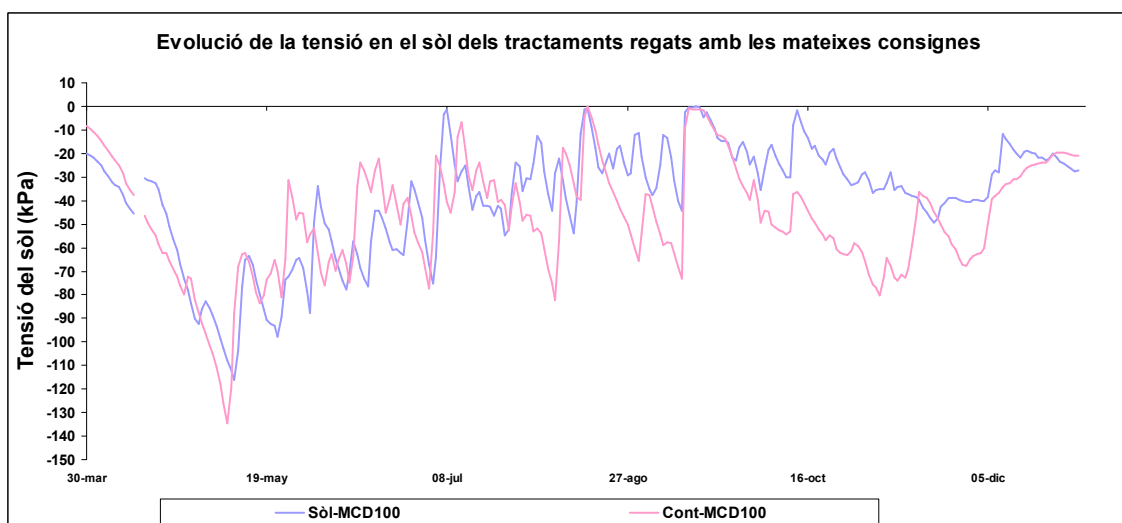


Fig. 32. Evolució del potencial matricial del sòl en els 2 tractaments regats amb les mateixes consignes, mesurats amb sensors Watermark ®. Cada corba representa la mitjana de 6 sensors.

4.7.1. – Creixement dels arbres i paràmetres fisiològics. Resposta a la restricció de volum.

El creixement acumulat ha presentat una corba sigmoïdal amb una part inicial recta amb força pendent en tots dos els tractaments tot i en el tractament del sòl aquesta és més pronunciada. Tanmateix s'observa una saturació del creixement que s'assoleix en moments diferents segons el tractament de reg. Així en del sòl, Sòl-MCD100 ha estat al voltant de mitjans de juny, i en el tractament en contenidor, Cont-MCD100, a finals de maig. Després de les pluges d'agost hi ha hagut una reinici del creixement que ha estat més notable en el tractament del sòl. El creixement acumulat al final del període de creixement va ser major en els arbres plantats sense restricció de volum que en els que han estat plantats en contenidor (Figura 33).

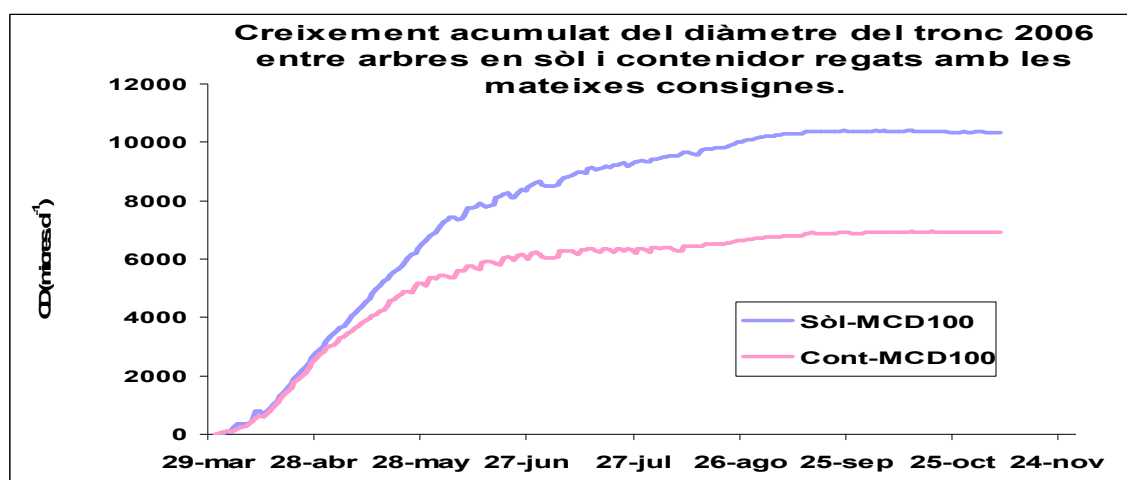


Fig.33. Comparació del creixement acumulat del diàmetre del tronc en els tractaments regats amb els mateixos condicionats.

Les taxes de **creixement** en alçada no ha estat significatives (Figura 34), però si que hi veiem diferències quan en mesurem els diàmetres (Figura 35).

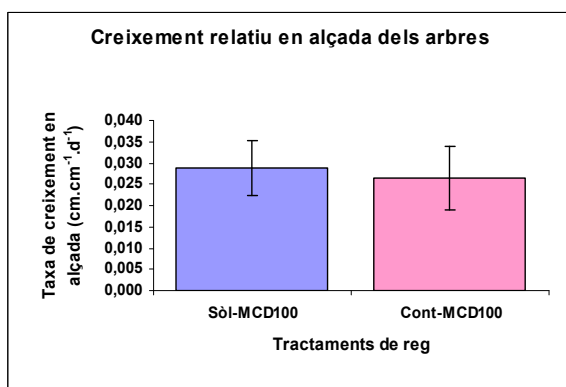


Fig. 34. Comparació del creixement relatiu en alçada dels arbres en el tractament Sòl-MCD100 i en el Cont-MCD100, regats amb consignes iguals.

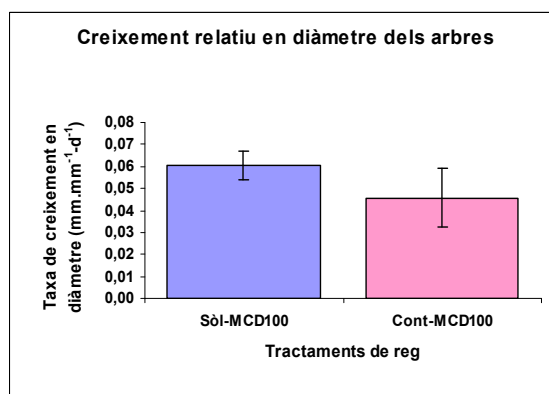


Fig. 35. Comparació del creixement relatiu en diàmetre dels arbres en el tractament Sòl-MCD100 i en el Cont-MCD100, regats amb consignes iguals.

L'aportació del volum d'aigua en un i altre tractament, recordem que segueixen tots dos les mateixes consignes en quant llindars de tensió matricial i MCD, ha estat força superior en el cas dels arbres plantats en el sòl, sense restricció de volum, veure figura 36. En concret, s'ha aplicat un 36.19 % menys d'aigua en el tractament amb restricció de volum que en el que ha estat plantat en el sòl.

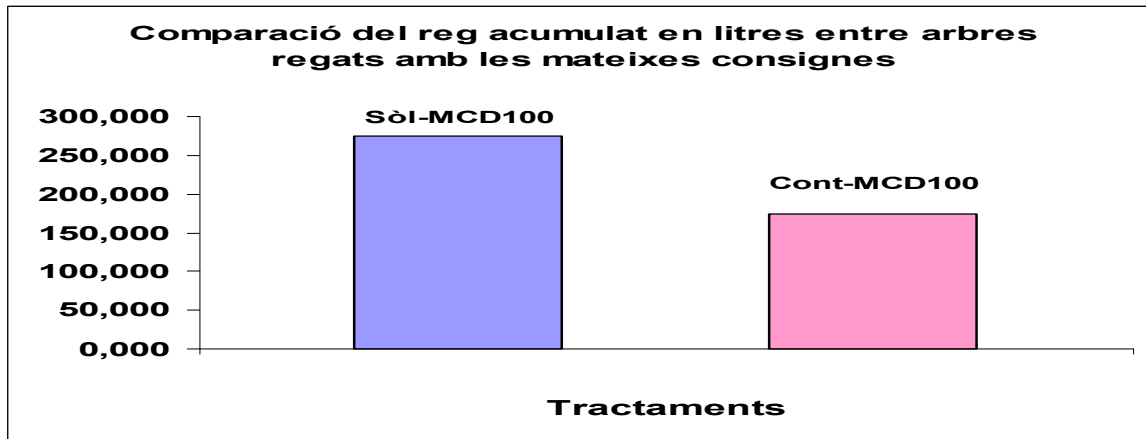


Fig. 36. Comparació del re acumulat en litres en els tractaments regats amb els mateixos condicionats.

4.7.2. – Comparació del comportament dels arbres plantats en sòl versus els plantats en contenidor amb els mateixos condicionats de reg.

A continuació es mostrarà en un mateix gràfic, com ha estat l'evolució de, per una banda la tensió en el terra, per un altre, la màxima contracció diària del tronc, tot això emmarcat dins dels condicionats que té cada tractament i veurem els regs que s'han efectuat com a resultat del compliment dels condicionats.

Hem diferenciat quatre períodes, els mateixos que hem utilitzat per a la comparació de la màxima contracció diària amb la tensió matricial en el sòl.

La figura 37.A. mostra el comportament del tractament Sòl-MCD100 versus el del tractament Cont-MCD100 en el període comprès entre el 30 de març i el 29 de maig de 2006. Observem que les tensions matricials del sòl segueixen una tendència força similar en ambos tractaments i que les MCD són lleugerament superior en el tractament Sòl-MCD100, fet que ocasiona que durant aquest període hi hagi més regs en el arbres plantats sense restricció de volum, en el sòl.

La evolució del comportament del tractament Sòl-MCD100 versus el del tractament Cont-MCD100 en el període comprès entre l'1 de juny i el 31 de juliol, figura 37.B., ens mostra una tensió matricial del sòl força similar en els dos tractaments alhora que identifiquem algunes MCD força importants. En aquests període, la majoria de regs, s'apliquen com a conseqüència del condicionant de MCD entre 100 i 200 micres.

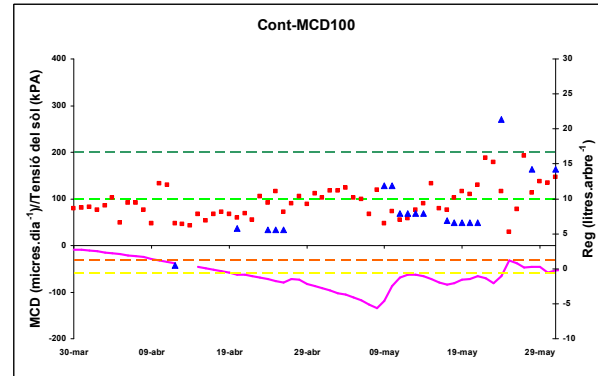
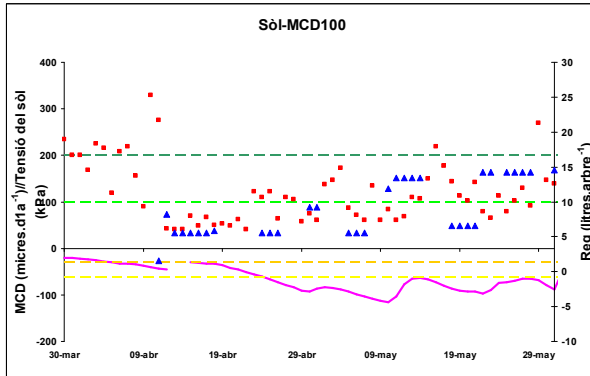


Fig. 37.A. Comparació de l'evolució dels regs resultants en el tractament Sòl-MCD100 versus Cont-MCD100 en el període comprès entre el 30 de març i el 29 de maig de 2006.

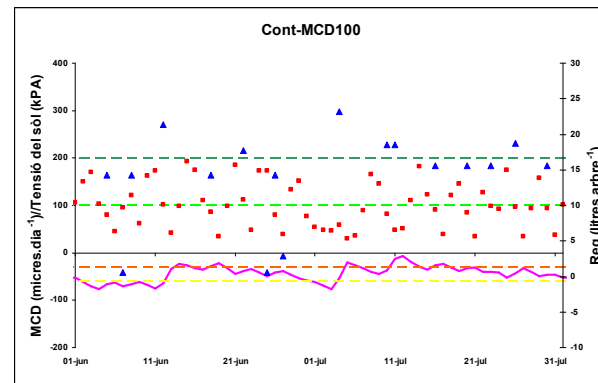
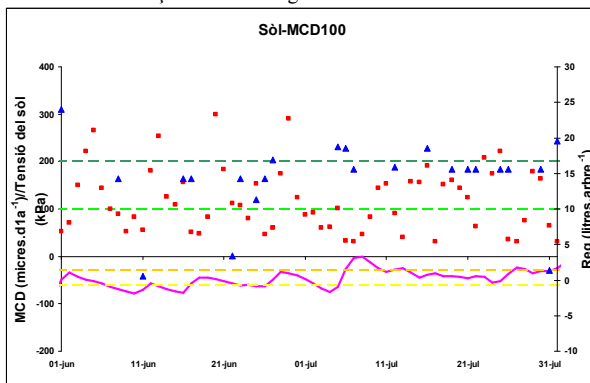


Fig. 37.B. Comparació de l'evolució dels regs resultants en el tractament Sòl-MCD100 versus Cont-MCD100 en el període comprès entre l'1 de juny i el 31 de juliol de 2006.

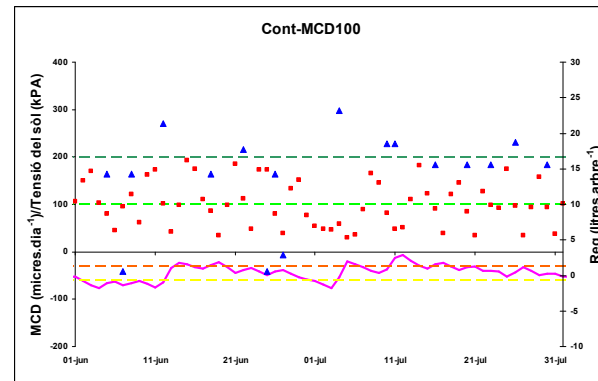
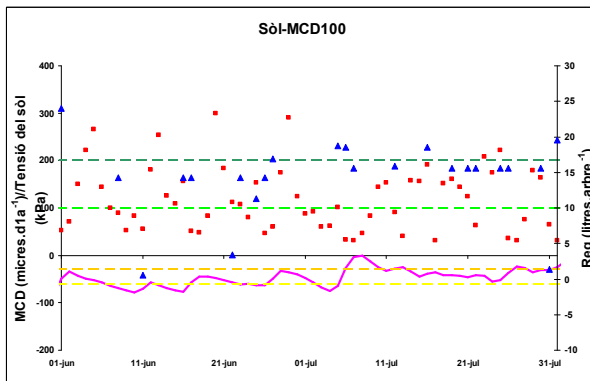


Fig. 37.C. Comparació de l'evolució dels regs resultants en el tractament Sòl-MCD100 versus Cont-MCD100 en el període comprès entre l'1 d'agost i el 11 de setembre de 2006.

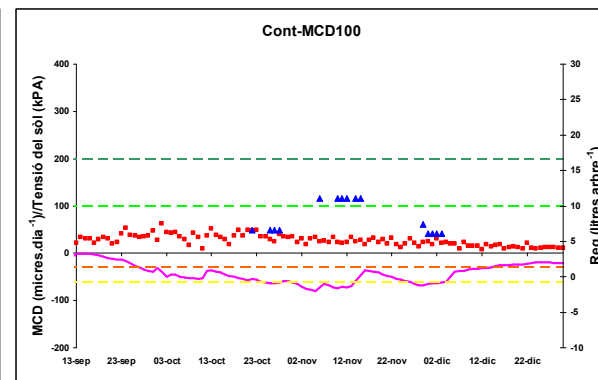
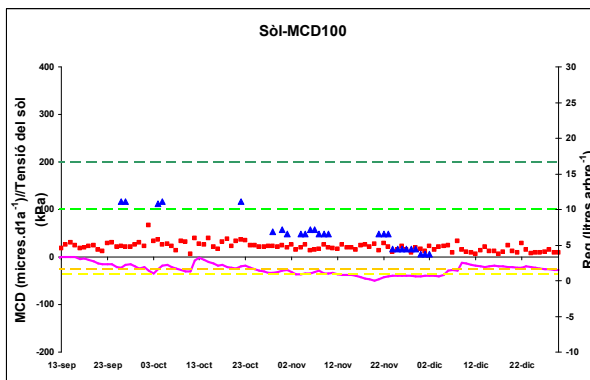


Fig. 37.D. Comparació de l'evolució dels regs resultants en el tractament Sòl-MCD100 versus Cont-MCD100 en el període comprès entre el 12 de setembre de 2006 i el final del assaig.

La figura 37.C. mostra el comportament del tractament Sòl-MCD100 versus el del tractament Cont-MCD100 en el període comprés entre el primer d'agost i l'onze de setembre, època de nombroses i abundants pluges, observant que els regs aplicats en el tractament Cont-MCD100 són pràcticament nuls i els pocs que hi ha són conseqüència dels potencials matricials del sòl, que alhora, cal dir, no són massa negatives, però suficients per a que es compleixin els condicionants establerts. En el tractament del sòl observem el canvi en el condicionant de la tensió en el sòl màxima i veiem com és que fins al 15 d'agost, època de molta calor i baixa pluviometria, el condicionant que modula el reg no és la MCD, si no el potencial matricial del sòl. Fixem-nos, que si s'hagués seguit en el tractament Sòl-MCD100, amb la tensió màxima a -30 kPa, pràcticament no hi hagués hagut cap reg durant aquest període i en aquest tractament, tal i com ha passat en els arbres plantats en contenidor, on fins i tot, les tensions matricials són més negatives que els arbres plantats en el sòl. Tanmateix s'observa en la figura 37.C. com les MCD van prenent valors més petits mica en mica.

I finalment, trobem en la figura 37.D. el comportament dels dos tractaments des del 12 de setembre i fins que finalitza la nostra observació. Clarament es veuen els valors força petits que van prenent les MCD i com els regs que s'apliquen són conseqüència de les tensions matricials del terra. Fixem-nos que aquestes són més negatives en el tractament dels arbres plantats en contenidor i que el nombre major de regs aplicats en el tractament Sòl-MCD100 és conseqüència d'haver disminuït el llindar de la tensió matricial màxima de -30 kPa a -25kPa.

4.8. – Cobertura del dosel determinat a partir de fotografies zenitals.

La cobertura es va determinar a partir del 13 de maig i es va calcular tal i com s'ha descrit a l'apartat 8 de material i mètodes.

Es van realitzar fotos sota de l'arbre, a 60 i 120 cm, en direcció oest i nord, tal i com es detalla en l'apartat 8 de Material i mètodes. Per a sintetitzar els resultats mostrarem les dades a sota de l'arbre i a 60 cm, ja que les diferències trobades entre tractaments a 120 cm no aporten més informació.

En la evolució de las cobertures sota de l'arbre que observem en la figura 38, la qual ens informa de la densitat de les mateixes en cada tractament, s'ha observat que els arbres que més quantitat de cobertura foliar presenten són els que pertanyen al tractament Cont-MCD200, seguits dels del tractament Cont-MCDref. Es un fet a destacar la darrera posició ocupada per els arbres plantats en el sòl, que tot i presentar un creixement superior en diàmetre i alçada que els que estan regats amb els mateixos condicionats però plantats en contenidor, Cont-MCD100, presenten menys cobertura foliar que els que han patit restricció de volum en el sòl.

Tanmateix es veu com el percentatge de cobertura es va reduint de forma molt discreta a mida que passa el temps d'observació, tot i que el que es veu més clar, és el canvi de color de les cobertures tal i com mostren les figures 39, 40 i 41 que ens mostren quin percentatge de la cobertura presenta fulles verdes (Figura 39), quin percentatge presenta fulles grogues (Figura 40) i quin percentatge de cobertura marró que són les branques, fruits i fulles seques (Figura 41).

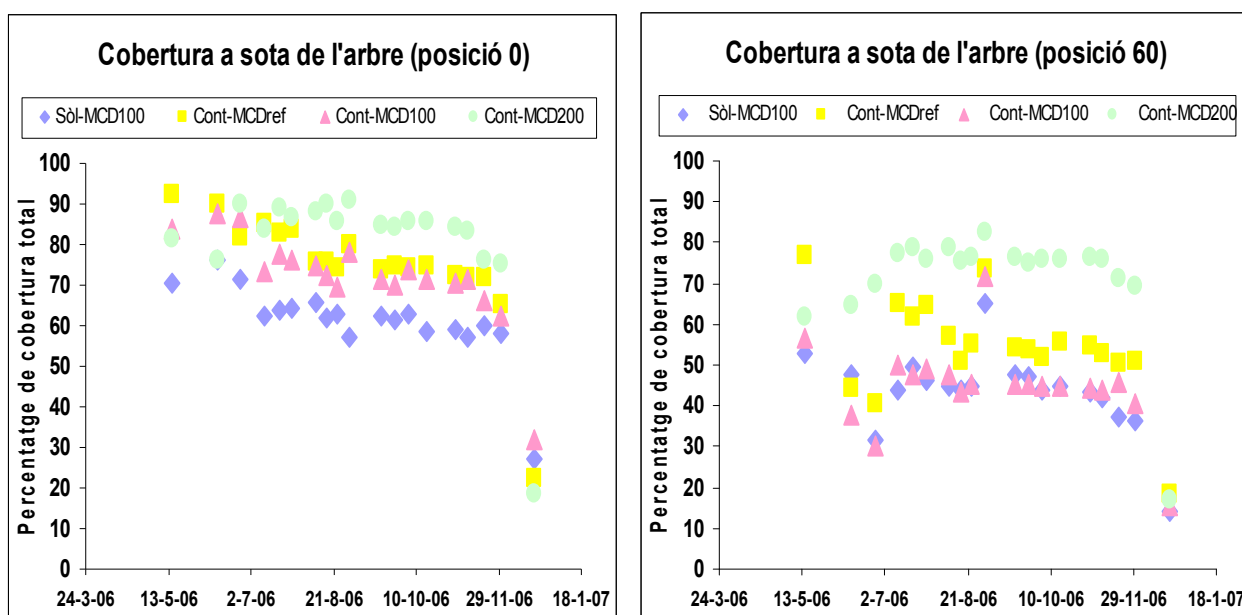


Fig. 38. Evolució del percentatge de la cobertura total sota l'arbre en els quatre tractaments i en dues de les posicions des d'on s'han efectuat les fotografies (posició 0 i la mitjana de les posicions 60W i 60N). Els valors s'han obtingut de la mitjana de 3 fotografies, una per repetició, per cadascun dels tractaments.

La figura 39 compren quina part de la cobertura relativa correspon a fulles verdes en els quatre tractaments i en les posicions de sota l'arbre i a la mitjana de les realitzades des de la posició 60 cm nord i 60 cm oest. L'ordre de percentatge de cobertura és el mateix que el de cobertura total, i destaca el fet de que és el tractament els arbres plantats en el sòl, Sòl-MCD100 qui presenta més aviat en el temps una disminució del percentatge de les fulles verdes.

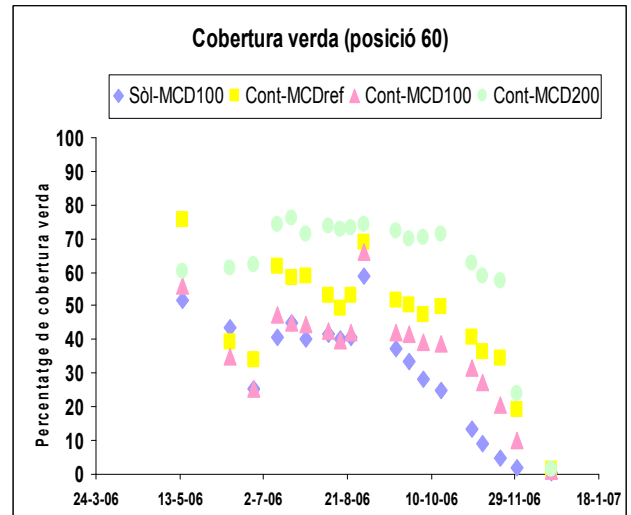
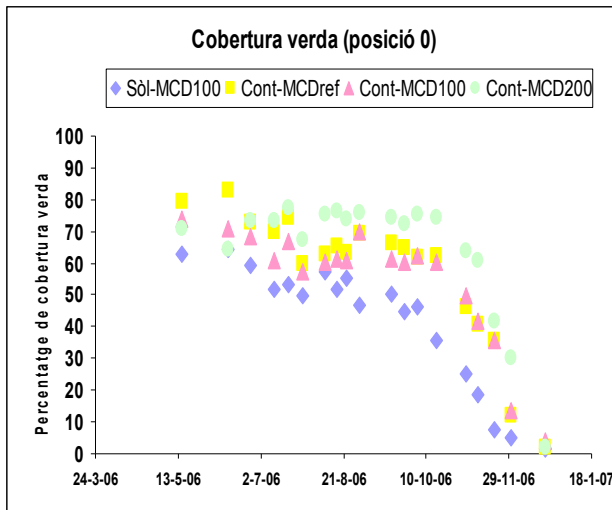


Fig. 39. Evolució del percentatge de la cobertura relativa a fulles verdes en els quatre tractaments i en dues de les posicions des de on s'han efectuat les fotografies (posició 0 i la mitjana de les posició 60W i 60N). Els valors s'han obtingut de la mitjana de 3 fotografies, una per repetició, per cadascun dels tractaments.

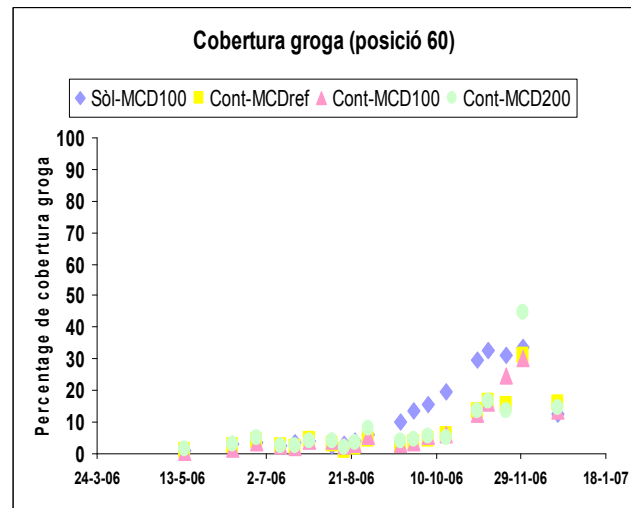
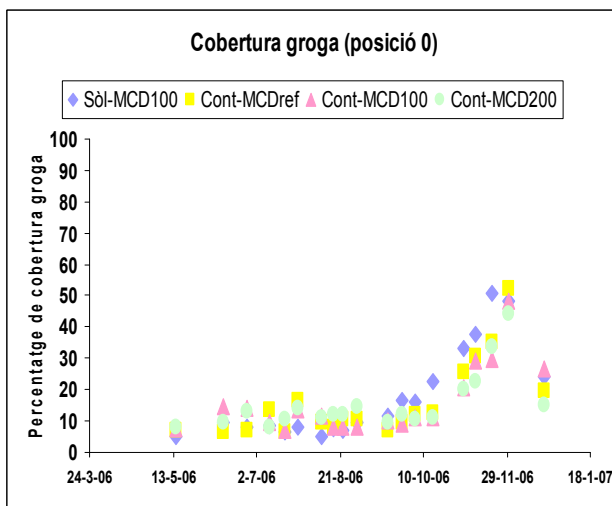


Fig. 40. Evolució del percentatge de la cobertura amb fulles grogues en els quatre tractaments i en dues de les posicions des de on s'han efectuat les fotografies (posició 0 i les mitjanes de la posició 60W i 60N). Els valors s'han obtingut de la mitjana de 3 fotografies, una per repetició, per cadascun dels tractaments.

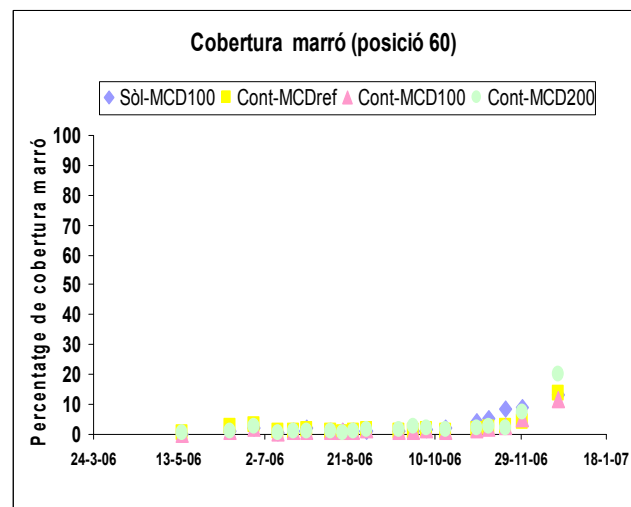
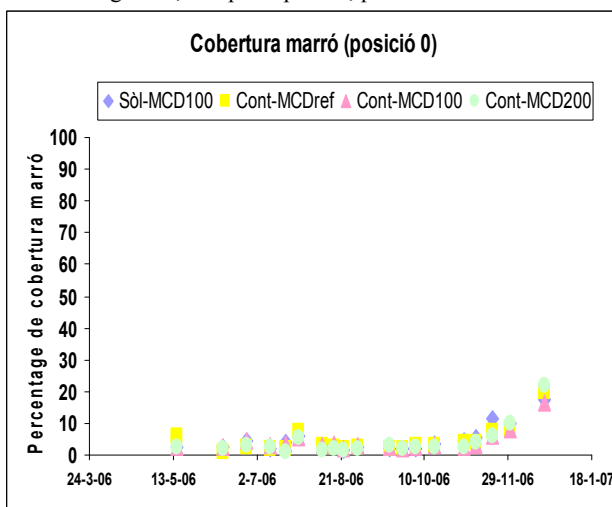


Fig. 41. Evolució del percentatge de la cobertura amb parts marrons (branques, fruits i fulles seques) en dues de les posicions des de on s'han efectuat les fotografies (posició 0 i mitjanes de les posició 60W i 60N). Els valors s'han obtingut de la mitjana de 3 fotografies, una per repetició, per cadascun dels tractaments.

Fixant-nos en la figura 40, que ens mostra el percentatge cobertura groga, veiem el que ja era previsible: un discret percentatge de groc en els mesos de març a octubre, i a partir d'aquesta data un augment força important, arribant a ocupar les fulles grogues un 50% de la cobertura foliar. Es un fet a destacar, com en el tractament els arbres plantats en el sòl, les fulles grogues apareixen de forma avançada a la resta de tractaments.

Ja per acabar, es mostra en la figura 41 l'evolució del percentatge de la cobertura marró en els quatre tractaments Com a únic fet destacable podríem nomenar que el tractament Sòl-MCD100 mostra una evolució lleugerament diferent dels de la resta de tractaments.

5. - DISCUSIÓ

En el present assaig s'han dut a terme l'aplicació d'unes consignes de reg similars a les que s'han aplicat en altres treballs de recerca de conreus d'arbres fruiters. El fet de que una espècie com *Platanus hispanica*, no hagi estat mai objecte d'aquest tipus d'estudi, ha fet que aprovéssim com a correcte l'aplicació de consignes similars a les aplicades amb cítrics i altres arbres fruiters. Per tant, s'ha realitzat el projecte amb uns rang de valors de MCD i de potencial matricial del sòl similars a aquestes altres espècies i se n'ha fet l'estudi de la resposta de l'arbre.

Els històrics de les dades dels sensors LVDT, Watermark[®], i de la periodicitat i les dosis de reg aplicades recollides en el programa de reg "Agronic" que hem anat recollint al llarg de l'assaig ens ajuden a valorar estratègies de reg aplicables posteriorment i ens permet relacionar el creixement vegetatiu amb el volum d'aigua que s'ha subministrat mitjançant el reg en cada tractament.

Les variacions del diàmetre del tronc que s'han anat enregistrant al llarg del present assaig i que hem mostrat en els resultats, ens han permès d'obtenir dos tipus de informació rellevant: en primer lloc, la amplitud de la contracció diària i en segon lloc, la tendència dels valors màxims diaris. Normalment, el cicle de la transpiració diària produeix una reducció temporal del contingut d'aigua en les plantes, que es manifesta en una reducció proporcional del diàmetre del tronc; en el cas de existir un dèficit hídric, la amplitud de la contracció augmenta. Si el dèficit es d'una intensitat força gran, pot passar que la planta no recuperi les seves reserves hídriques durant la nit, resultant aquest fet en una disminució de la tendència del diàmetre màxim del tronc de dies consecutius.

La MCD varia al llarg de l'any i està estretament lligada als factors ambientals. A l'estiu aquesta variació és més gran i al hivern més petita. La MCD varia segons la ET_0 de forma quasi lineal, resultats no mostrats.

També observem que la taxa de creixement del màxim diàmetre del tronc (CMXD) és molt gran a les poques hores de rebre l'aigua, fet que ens proporciona informació de la ràpida resposta d'aquesta espècie als aportaments o subministres d'aigua pel reg.

Observem que la magnitud de les oscil·lacions diàries del tronc dels arbres depèn de l'estat hídric de la planta. Així, la relació MCD potencial hídric segueix una polinòmica de segon grau, presentant a valors de potencials més negatius valors més grans de MCD, fins a un valor que disminueixen. Sembla doncs que un increment de la MCD representa un clar indicador d'estrès hídric moderat: l'arbre, al no disposar de suficient aigua en el sòl, utilitza aigua de les seves reserves internes.

En condicions de prolongat dèficit hídric moderat, s'ha detectat un increment de la MCD però als dos dies hi ha una disminució dels valors de màxima contracció diària del tronc. Aquesta disminució de la MCD es podria explicar com a conseqüència de la disminució del màxim diari. Això pot ser degut a que l'arbre no es recupera durant la nit ja que no hi ha suficient aigua en el sòl.

També hem observat que en *Platanus hispanica* triga molt poc en reaccionar al subministrament d'aigua augmentant el diàmetre del tronc, en aproximadament unes 24 hores. Després està dos dies sense presentar contraccions. Aquest comportament del diàmetre del tronc, de moment, no s'ha trobat l'explicació fisiològica clara.

Un cop observades i comentades les tres fases en que hem dividit l'evolució de les fluctuacions diàries de cada tractament veiem que aquests períodes coincideixen força en el temps en tots els tractaments i alhora també coincideixen amb els canvis de les condicions climàtiques, la radiació, etc.

Aquesta diferenciació de fases observades ens ha permès veure que consignes similars a les aplicades en altres espècies han funcionat segons ens esperàvem en un període i en d'altres no ha estat així. Això ens fa plantejar la necessitat de realitzar canvis en les consignes per a propers experiments.

Veiem així, que per a poder fer pràctica l'aplicació dels sensors LVDT per a la programació del reg, cal fer diferenciacions en les consignes, segons diferents èpoques de l'any que tot seguit proposem.

En primer lloc disminuir el nivell del potencial matricial del sòl a partir del qual comença a intervenir la MCD. Recordem que aquest valor al llarg del 2006 ha estat de -30 kPa, i per aquest any, 2007, s'ha decidit de reduir-ho fins al valor de -20 kPa al llarg de tot l'any; referent a la consigna de la MCD de 100 micres, al veure que a la primavera aquesta no es compleix, s'ha decidit de canviar-ne la consigna diferenciant dos períodes: des de mitjans de maig i fins a setembre, mantenir la MCD tal i com estava, 100 micres, i en la resta de temps, disminuir-la a la meitat, 50 micres.

Per a tots els tractaments de reg, els arbres que han aconseguit un resultat de creixement general del tronc més alt han estat els del tractament Cont-MCD200. En la interrelació aigua-creixement veiem que aquest tractament no ha estat el que més aigua s'ha subministrat. Els arbres que han mostrat un creixement més petit han estat els del tractament Cont-MCD100 i si fem la relació novament aigua-creixement, veiem que no han estat aquests arbres els que menys aigua han rebut, ni tampoc són els que presentin un percentatge de cobertura en dosel més baix. Per tant, això també ens fa pensar que cal fer una reflexió sobre els condicionants plantejats en aquest assaig.

Fins a principis del mes de juny, època, recordem, de baixa pluviometria, altes temperatures i una ETo, força elevada, trobem que el tractament que més a crescut i que ha presentat un percentatge de cobertura més gran, Cont-MCD200, presenta un volum d'aigua aplicat similar al del tractament del sòl, però a partir d'aquesta data el consum d'aigua en el tractament Sòl-MCD100 començar a augmentar sense que això es converteixi en un augment del desenvolupament dels arbres d'aquest tractament. Cal afegir que el tractament del sòl, tot i ésser el que més aigua rep, és, durant tot el temps d'assaig, el que menys cobertura de fulles presenta.

Els resultats obtinguts amb el tractament Cont-MCDref, que, recordem, regava segons la MCD dels arbres del tractament en referència a la MDC de arbres plantats en el sòl, ens ha permès veure que les consignes assignades han estat massa extremes. El volum d'aigua aplicat ha estat el menor dels quatre tractament.

En el conjunt de l'assaig i concretament per als tractaments que han rebut les mateixes consignes de reg, els arbres plantats en el sòl i per tant sense restricció de volum, Sòl-MCD100, han evidenciat un desenvolupament vegetatiu més elevat que els plantats en contenidor, Cont-MCD100 regat amb les mateixes consignes de reg.

La diferència del comportament de l'evolució del diàmetre del tronc en els tractaments regats amb les mateixes consignes en ha permès observar que els arbres plantats en contenidor, durant el període de més calor, FASE II, han sofert unes màximes contraccions diàries més grans que les del tractament del sòl, i això probablement, ha limitat el seu creixement posterior. Una possible explicació la troben en que, en general, el potencial matricial del sòl dels arbres plantats en contenidor no ha estat tant negatiu com en els arbres plantats sense restricció de volum, degut principalment a la disminució més ràpida dels nivells d'humitat del sòl després d'una aportació d'aigua, tant per reg com per pluja, i això ha fet que en el cas dels arbres en contenidor no es complissin les consignes de reg perquè el potencial no arribava al llindar que determinava un reg en molts casos. Tanmateix recordem que el 8 d'agost del 2006 es va disminuir el nivell del potencial matricial del sòl a partir del qual comença a intervenir la MCD de -30 kPa a -25 kPa. La quantitat de regs aplicats durant aquest període ha estat de 26 regs en total en el cas dels arbres del sòl amb un volum d'aigua de 373 litres i de 20 regs en els de contenidor que suposen haver-hi subministrat 313,05 litres durant aquest període.

Entre els tractaments Sòl-MCD100 i Cont-MCD100 tot i produir-se diferències apreciables en el desenvolupament de les paràmetres fisiològics estudiats, les quantitats d'aigua aplicades sí que han estat molt diferents, probablement degut a la manca de retenció d'humitat en el cas dels arbres plantats en el sòl i possiblement ha destinat, encara que no ho hem comprovat, més recursos en el desenvolupament de les arrels. Cal valorar amb deteniment les diferències observades en cobertura, diàmetre i alçada, segons l'ús que se li hagi de donar a l'arbre, però és un fet objectiu la quantitat d'aigua estalviada en el tractament Cont-MCD100. També és rellevant el fet de que el número de regs en el tractament plantat en el sòl, ha estat de 93 regs des del 13 d'abril i fins el 30 de novembre de 2006, i en el tractament Cont-MCD100 la quantitat de regs aplicats és quasi la meitat, 54 regs. El volum, 1038,048 litres en els arbres plantats sense restricció de volum, al costat dels 662,376 litres en els plantats amb contenidor ens confirma el fet de que en el tractament Cont-MCD100 es rega menys vegades, amb una mitjana de volum d'aigua per aplicació força similar, 12,26 litres de mitjana per reg efectuat, al costat dels 11,16 litres per reg en el cas dels plantats sense contenidor. Per tant podem predir que els arbres plantats en el sòl reben més quantitat d'aigua, de forma més contínua, i creixement en alçada i diàmetre superior als que es troben en contenidor, tot i presentar un percentatge de cobertura de fulles inferior als que es troben en contenidor.

Per al que fa referència al comportament dels sensors LVDT amb les aportacions que fem d'aigua de reg, segons els condicionants de cada tractament, veiem que en tots els tractaments, les dades enregistrades a partir de les mesures amb els sensors, indiquen el mateix comportament en tots els troncs de cada tractament, tots reaccionen de la mateixa manera. A l'hora de posar-ho en pràctica doncs, tant en un espai públic com en una plantació per explotar la fusta, podríem confiar-nos de les mesures obtingudes d'un nombre baix de LVDT, per fer efectiva la programació automàtica del reg.

Referent al càlcul dels percentatges de cobertures de fulles realitzat, trobem que ha estat un objectiu encertat el calcular-ho, doncs el comportament del desenvolupament dels arbres no ha estat proporcional en quant a creixement en alçada i cobertura del dosel. Aquest fet també és important alhora de prendre la decisió de quins han d'ésser els condicionats per gestionar el reg d'una plantació determinada, segons estiguem davant d'una plantació que hem de fer créixer en un viver per a la seva posterior plantació definitiva, o el que se'ns planteja és el creixement ràpid en un jardí urbà per tal d'aconseguir ombra o un efecte pantalla determinat.

Per tant, un cop s'han analitzat els resultats obtinguts amb les pautes de reg proposades, veiem la necessitat del plantejament de canvis en els condicionats, tant dels valors de potencial matricial del sòl, com dels de la MCD per a que la gestió del reg d'arbres ornamentals de manera automàtica basat en una variable derivada de la variació del diàmetre del tronc i el potencial matricial del sòl sigui factible i el que és més important, sigui efectiva i aconseguixi per a un cultiu determinat el millor desenvolupament. Per tant, podem concloure que l'automatització del reg es pot fer, però que l'aplicació final encara no és viable, ja que cal trobar els valors òptims de les consignes de reg. Recordar que els llindars òptims a partir dels quals es donarà l'ordre de regar no seran els mateixos durant tot l'any, cal cercar els valors òptims de consignes per els diferents períodes, que segons l'estudi realitzat, preveiem que seran dos períodes, de maig a setembre el primer i el segon la resta de l'any.

Realitzant la comparació amb d'altres investigacions realitzades on s'han mesurat les fluctuacions del diàmetre del tronc amb sensors en planta amb arbres fruiters, veiem que les fluctuacions que realitza l'espècie estudiada és força similar a la dels fruiters. Tenim per exemple que Intrigliolo i Castel (2004) van realitzar mesures en *Prunus salicia* Black Gold, i van enregistrar valors de potencial matricial del sòl similars als que hem trobat en el present assaig i MCD d'entre 100 i 600 micres, també similars a les nostres. Nortes et al. (2005), van realitzar l'estudi amb *Prunus dulcis* i trobà valors similars. Ginestar i Castel (1995), van mesurar amb dendròmetres el creixement net màxim del diàmetre del tronc i les contraccions diàries en troncs de cítrics i obtingueren resultats similars. Passa el mateix amb Goldhamer et al. (1999), amb *Prunus dulcis*. Per tant podem concloure que en *Platanus hispanica* la resposta de les fluctuacions del diàmetre del tronc al dèficit o aportació d'aigua és força similar a la que presenten els arbres fruiter, amb la diferència, important, que en el nostre cultiu no hi ha producció. Afegir que no hi ha gaires dades publicades sobre la gestió automàtica del reg basat en aquest tipus de sensors, i tal i com hem dit al començament de la discussió, menys encara amb el tipus d'espècie objecte d'estudi.

7. - CONCLUSIONS

Al començament del projecte desconeixíem el comportament de *Platanus hispanica* enfront els condicionats de reg a que l'hem sotmès. S'ha realitzat el projecte amb uns rang de valors de MCD i de potencial matricial del sòl i se n'ha fet l'estudi de la resposta de l'arbre.

La MCD varia al llarg de l'any i està estretament lligada als factors ambientals. A l'estiu aquesta variació és més gran i al hivern més petita. La MCD varia segons la ET_0 de forma quasi lineal.

La taxa de creixement del màxim diàmetre del tronc (CMXD) és molt gran a les poques hores de rebre l'aigua, fet que ens proporciona informació de la ràpida resposta d'aquesta espècie als aportaments o subministres d'aigua pel reg.

Observem que la magnitud de les oscil·lacions diàries del tronc dels arbres depèn de l'estat hídric de la planta.

L'espècie *Platanus hispanica* triga molt poc en reaccionar al subministrament d'aigua augmentant el diàmetre del tronc, en aproximadament unes 24 hores. Després està dos dies sense presentar contraccions. Aquest comportament del diàmetre del tronc, de moment, no s'ha trobat l'explicació fisiològica clara.

Per a propers estudis es disminueix el nivell del potencial matricial del sòl a partir del qual comença a intervenir la MCD, de -30 kPa a -20 kPa. Referent a la consigna de la MCD de 100 micres, s'ha decidit de canviar-ne la consigna diferenciant dos períodes: des de mitjans de maig i fins a setembre, mantenir la MCD tal i com estava i en la resta de temps, disminuir-la a la meitat, 50 micres.

Per als tractaments que han rebut les mateixes consignes de reg, Sòl-MCD100 i Cont-MCD100, els arbres plantats sense restricció de volum, en el sòl, han evidenciat un desenvolupament vegetatiu més elevat que els plantats en contenidor amb les mateixes consignes de reg.

Referent al càlcul dels percentatges de cobertures de fulles realitzat, el comportament del desenvolupament dels arbres no ha estat proporcional en quant a creixement en alçada i cobertura del dosel.

7. - BIBLIOGRAFIA

Bibliografia citada.

- Buenas Prácticas Agrícolas (EUREPGAP) Good Agricultural Practices. Euro Retailer Grups.
- Goldhamer, D. Fereres, E. Mata, M. Girona, J i Cohen, M, 1999. Sensitivity of continuous and discrete plant and soil water status monitoring in peach trees subjected to deficit irrigation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. . 124:4:437-444.
- Ginestar, C., 1995. Tesis Doctoral. ETSIA. Universidad Politécnica de Valencia. 188pp.
- Downes, Passos, 1991. Determination of the water status of coconut palms using the dendrometric method. *Oleagineux-Paris* 46: 6, 233-238; 1 pl.; 11 ref.
- Li, S.H. *et al.* 1990. *Agronomie* 10: 263-272.
- Fereres, E., Goldhamer, D. Cohen, M. Girona, J. i Mata, M, 1999. Continuous trunk diameter recording can reveal water stress in peach trees. *California Agriculture*. 53(4):21-25.
- Goldhamer, D.A. Fereres, E, 2001. Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. *Irrigation Science* 20: 115-125.
- Simonneau T., Habib. R. Goutouly, J.P. and Huguet, J.G, 1993. Diurnal changes in stem diameter depend upon variations in water content: direct evidence in peach trees. *J. Exp. Bot.* 44(260):615-621.
- Doltra J., Cohen, M. Oncins, J.A. Bonany, J. and Camps, F, 1999. Modelling resistance to water flow in apple trees. *Proc. Int. Symposium on Modelling Cropping Systems, Lleida*. pp 77-78. 19/9 al 22/9.
- Cohen M., Goldhamer, D. Fereres, E. Girona, J and Mata, M, 2001. Assessment of peach tree responses to irrigation water deficits with continuous monitoring of trunk diameter fluctuations. *J. Hort. Sci. Biotech*, 76:55-60
- Goldhamer, D. Fereres, E, 2001. Irrigation scheduling protocols using continuously recorded trunk diameter measurements. *Irrigation Science* 20: 115-125.
- Nortes, P.A. Pérez-Pastor, A.. Egea, G Conejero, W. Domingo, R., 2005. Comparison of changes in stem diameter and water potential values for detecting water stress in young almond trees. *Agricultural Water Management* 77 (2005) 296–307.
- Ginestar, C. i J.R. Caster, 1996. Utilización de dendrómetros como indicadores de estrés hídrico en mandarinos jóvenes regados por goteo. *Riegos y Drenajes XXI*, 89:40-46.

Pàgines web visitades

www.gencat.net/darp/c/dades/meteo

www.ruralcat.net

www.waterright.org/site2/reference/wucols_region.asp

Bibliografia consultada però no citada.

- Intrigliolo DS, Castel JR. (2004). Continuous measurement of plant and soil water status for irrigation scheduling in plum. *Irrigation Science*, 23: 93-102
- Marsal J, Gelly M, Mata M, Arbonés J, Rufat J, Girona J. (2002). Phenology and drought affects the relationship between daily trunk shrinkage and midday stem water potential of peach trees. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 77: 411-417
- Gratacós E. y Gurovich L., 2003. Uso de la técnica del fitomonitor como indicador del estado hídrico del kiwi y su uso en el riego programado. *Ciencia e Investigación Agraria*. 30: 113-137.
- Sellés G. y Berger A., 1990. Physiological indicators and plant water status as criteria for irrigation scheduling. *Acta Hort*. 278: 87-100.
- Garnier, E. y A. Berger, 1986. Effect of water stress on stem diameter changes of peach trees growing in the field. *J.App. Ecol*. 23:193-209.
- Ginestar, C., Castel, J. 1998. Use of stem dendrometers as indicators of water stress indrip-irrigated citrus trees. *Acta Horticulturae*. No. 421, 209-219
- Federes, E., Goldhamer, D., 2000. Avances recientes en la programación de los riegos. *Ingeniería del agua VII*, 047-054.
- Bonany J., F. Camps, J. Salvia and M. Cohen, 2000. Relationship between trunk diameter fluctuations, stem water potential and fruit growth rate in potted adult apple trees. *Acta Hort.*, 511:43-49.