



**Universitat de les  
Illes Balears**

Escola Politècnica Superior

**Memòria del Treball de Fi de Grau**

# Millora de l'eficiència en l'ús de l'aigua a línies d'introgressió de *Solanum lycopersicum*

Pere Antoni Mulet Monserrat

**Grau d'Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural**

Any acadèmic 2017-18

DNI de l'alumne: 43176276D

Treball tutelat per Jeroni Galmés Galmés i Mateu Fullana Pericàs

Departament de Biologia

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

Paraules clau del treball:

Línia d'introgressió, eficiència en l'ús de l'aigua, sequera, tricomes, tomàtiga.

# Índex

Llista de figures .....	4
Llista de taules.....	5
Llista d'acrònims.....	6
Resum.....	7
Agraïments .....	8
1. Introducció .....	9
1.1. Descripció botànica .....	9
1.2. Origen històric i biològic de la tomàtiga .....	11
1.4. El canvi climàtic i l'adaptació de la tomàtiga. ....	17
1.5. Oportunitats de millora.....	19
2. Objectius.....	22
2.1. Objectiu principal .....	22
2.2. Objectius secundaris .....	22
3. Materials i mètodes .....	23
3.1. Localització del camp experimental .....	23
3.2. Material vegetal .....	23
3.3. Elaboració del planter .....	24
3.4. Trasplantament .....	24
3.5. Manteniment de la plantació .....	25
3.5.1. Reg, establiment del tractament hídric i fertilització.....	25
3.5.2. Tractaments fitosanitaris .....	27
3.6. Condicions climàtiques.....	27
3.7. Avaluació anatòmica .....	28
3.8. Avaluació morfològica.....	28
3.8.1. Descriptors morfològics de la planta.....	28
3.8.2. Descriptors morfològics de la fulla.....	28
3.8.3. Descriptors morfològics de la flor .....	29
3.8.4. Descriptors morfològics del fruit.....	29
3.8. Avaluació agronòmica .....	30
3.9. Determinació dels paràmetres de qualitat del fruit.....	30
3.9.1. Paràmetres cromàtics .....	30
3.9.2. Duresa .....	30
3.9.3. pH .....	30
3.9.4. Sòlids solubles totals .....	30

3.9.5. Acidesa .....	31
3.10. Determinació dels paràmetres fisiològics de la planta .....	31
3.10.1. Mesures fisiològiques a nivell de planta .....	31
3.10.2. Mesures d'intercanvi de gasos.....	31
3.10.3. Mesures morfo-anatòmiques foliars.....	32
3.10.4. Composició isotòpica en $\delta^{13}\text{C}$ de la fulla .....	32
3. 10.5. Anàlisi estadística .....	32
4. Resultats i discussió.....	33
4.1. Caracterització anatòmica de les línies estudiades.....	33
4.2. Caracterització morfològica de les línies estudiades .....	34
4.2.1. Caracterització morfològica de la planta .....	34
4.2.2. Caracterització morfològica de la fulla.....	34
4.2.3. Caracterització morfològica de la inflorescència. ....	36
4.2.4. Caracterització morfològica del fruit.....	36
4.3. Caracterització agronòmica de les línies estudiades .....	40
4.3.1. Producció.....	40
4.3.2. Nombre de fruits .....	40
4.3.3. Pes mig del fruit.....	40
4.4. Caracterització de la qualitat del fruit.....	40
4.4.1. Color .....	40
4.4.2. Duresa .....	41
4.4.3. pH .....	41
4.4.4. Sòlids solubles totals .....	41
4.4.5. Acidesa .....	41
4.5. Caracterització fisiològica de les línies estudiades.....	43
4.5.1. Mesures fisiològiques a nivell de planta .....	43
4.5.2. Mesures d'intercanvi de gasos.....	43
4.5.3. Mesures morfo-anatòmiques foliars.....	44
4.5.4. Composició isotòpica en $\delta^{13}\text{C}$ de la fulla .....	44
4.6. Correlacions entre paràmetres. ....	46
5. Discussió.....	51
6. Conclusions.....	54
7. Bibliografia .....	56
8. Annexes .....	64

## Llista de figures

Figura 1. Plantes de tomàtiga de tipus determinat emparrada a una estructura de canyes.

Figura 2. Imatge del fruit de la tomàtiga en diferent grau de maduració.

Figura 3. Canvis en el fruit arrel de l'evolució de la domesticació de la tomàtiga

Figura 4. Fulles, flors i fruits de diferents espècies silvestres de *Solanum*.

Figura 5. Distribució geogràfica de les diferents espècies silvestres de tomàtiga amb la precipitació més abundant del trimestre en mm.

Figura 6. Producció de tomàtiga per països a nivell mundial a l'any 2015.

Figura 7. Producció de tomàtiga a la Unió Europea a l'any 2015 (milions de tones).

Figura 8. Producció de tomàtiga a les comunitats autònomes a l'any 2015 (milions de tones).

Figura 9. Esquema de denominació de les diferents línies d'introgressió de la col·lecció.

Figura 10. Situació del recinte usat per dur a terme l'experiment.

Figura 11. Safata de planter d'un dels genotips estudiats.

Figura 12. Aigua disponible als cossiols en ambdós tractaments hídrics. Conductància estomàtica dels genotips en ambdós tractaments hídrics.

Figura 13. Climograma del camp experimental de la UIB de l'any 2016.

Figura 14. Captura d'imatge del programa Tomato Analyzer.

Figura 15. Moli mesclador i procés d'encapsulat de les mostres.

Figura 16. Caracterització anatòmica de les línies d'introgressió estudiades.

Figura 17. Imatge escanejada de les fulles de les línies estudiades.

Figura 18. Imatge de les inflorescències dels genotips estudiats.

Figura 19. Imatge dels fruits dels genotips estudiats.

Figura 20. Imatge dels fruits de les línies estudiades en secció longitudinal.

Figura 21. Imatge dels fruits de les línies estudiades en secció transversal.

Figura 22. Correlació entre paràmetres de qualitat de fruit.

Figura 23. Correlació entre paràmetres anatòmics i fisiològics.

Figura 24. Anàlisi de components principals (PCA).

## **Llista de taules**

Taula 1. Classificació taxonòmica de la tomatiguera.

Taula 2. Superfície i producció de tomàtiga a les Illes Balears a l'any 2015.

Taula 3. Dates de realització de les diferents operacions dutes a terme a l'experiment.

Taula 4. Dades climatològiques presents durant la realització de l'experiment.

Taula 5. Paràmetres quantitius de la caracterització morfològica a nivell de planta dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics.

Taula 6. Paràmetres qualitius de la caracterització morfològica de la fulla dels genotips estudiats.

Taula 7. Paràmetres quantitius de la caracterització morfològica de la fulla dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics.

Taula 8. Paràmetres qualitius de la caracterització morfològica de la inflorescència dels genotips estudiats.

Taula 9. Paràmetres qualitius de la caracterització morfològica del fruit dels genotips estudiats.

Taula 10. Paràmetres qualitius de la caracterització morfològica del fruit dels genotips estudiats.

Taula 11. Paràmetres quantitius de la caracterització morfològica del fruit dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics.

Taula 12. Paràmetres quantitius de la caracterització agronòmica dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics.

Taula 13. Paràmetres quantitius de la caracterització de qualitat del fruit dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics.

Taula 14. Paràmetres quantitius de la caracterització fisiològica dels genotips estudiats baix els dos tractaments hídrics.

Taula 15. Matriu de correlacions de Pearson dels diferents paràmetres avaluats.

Taula A1. Tractaments fitosanitaris realitzats.

## Llista d'acrònims

$A_N$  = Assimilació neta de carboni

cv. = cultivar

DE = Densitat estomàtica

DT = Densitat de tricomes

$EUA_i$  = Eficiència en l'ús de l'aigua intrínseca

$EUA_b$  = Eficiència en l'ús de l'aigua a nivell de planta

$g_s$  = Conductància estomàtica de l'aigua

IPGRI = International Plant Genetic Resources Institute

LI = Línia d'introgressió

LMA = Pes específic foliar

LT = Gruix de la fulla

MAPAMA = Ministeri d'Agricultura, Pesca i Medi Ambient

SEMILLA = Serveis de Millora Agrària i Pesquera

SIGPAC = Sistema d'Informació Geogràfica de Parcel·les Agrícoles

SST = Sòlids Solubles Totals

T/E = Ràtio tricomes - estomes

UPOV = Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales

$\delta^{13}C$  = Composició isotòpica en  $\delta^{13}C$  de la fulla

## Resum

Els efectes del canvi climàtic són una realitat, ja que les temperatures estan augmentant i les precipitacions són de cada cop més irregulars, fet que la disponibilitat d'aigua és, de cada vegada, menor. Aquesta reducció de la disponibilitat d'aigua implica que les plantes hagin de ser més eficients en l'ús de l'aigua. Així doncs, les plantes han de disposar de sistemes per controlar la pèrdua d'aigua, els quals poden ser els estomes i tricomes, estructures que es troben a l'epidermis de les fulles i que interactuen amb el medi ambient.

En aquest estudi es va analitzar la influència dels tricomes i estomes sobre l'eficiència en l'ús de l'aigua a tres línies d'introgressió de tomàtiga (*S. lycopersicum* x *S. pennellii*), procedents de la col·lecció d'Eshed i Zamir, les quals es diferencien per la diferent densitat de tricomes. L'estudi es va dur a terme dins cossiols establerts a camp amb dos tractaments hídrics diferenciats, un com a control de reg a capacitat de camp i l'altre de sequera. Es van analitzar diferents tipologies de paràmetres, des de morfològics, anatòmics i fisiològics fins a paràmetres agronòmics i de qualitat de fruit.

En condicions de sequera es va observar un augment de la densitat de tricomes a les línies d'introgressió 11-3 i 4-1, mentre que la densitat d'estomes no va variar significativament. L'eficiència en l'ús de l'aigua va ser major en condicions de sequera, especialment a la línia d'introgressió 11-3, tant a nivell de l'eficiència en l'ús de l'aigua intrínseca ( $EUA_i$ ) com a l'eficiència en l'ús de l'aigua a nivell de planta ( $EUA_p$ ). Es va determinar la ràtio entre tricomes i estomes, la qual es va correlacionar positivament amb les dues eficiències en l'ús de l'aigua, fet que indica una important funció dels tricomes i estomes en la tolerància a la sequera alhora que sorgeix una nova línia d'investigació en la millora de l'eficiència en l'ús de l'aigua del cultiu de la tomàtiga, traslladable a altres cultius.

## **Agraïments**

Als meus pares, per ser qui soc, per donar-me l'oportunitat d'estudiar i la paciència que han hagut de tenir amb jo.

Als tutors d'aquest treball de fi de grau, concretament a Jeroni Galmés per confiar amb jo en aquest treball i pels ànims rebuts a la part final del treball, a en Mateu Fullana per l'ajuda rebuda durant la fase experimental i la redacció del treball, així com també a en Miquel Àngel Conesa per l'ajuda rebuda durant la fase experimental.

Als companys de classe per tots els moments que hem passat junts, especialment a en Martí Ramis i en Pau Mayol, que si no hagués estat per ells, encara estaria preparant la part experimental d'aquest treball.

Als amics per escoltar-me i animar-me a seguir endavant.



# 1. Introducció

## 1.1. Descripció botànica

La tomatiguera és una planta dicotiledònia que pertany a la família de les solanàcies i coneguda científicament amb el nom de *Solanum lycopersicum* L., si bé també es coneix amb el nom de *Lycopersicon esculentum* Mill. (Taula 1).

Taula 1. Classificació taxonòmica de la tomatiguera.

Classificació taxonòmica	
Regne	Vegetal
Divisió	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Solanales
Família	Solanaceae
Subfamília	Solanoideae
Gènere	<i>Solanum</i>
Espècie	<i>S. lycopersicum</i> L.

La família Solanaceae està formada per uns 98 gèneres i unes 2700 espècies, els quals es troben dividits en varies subfamílies: Cestroideae, Goetzeoideae, Petunioideae, Schizanthoideae, Schwenckioideae, Nicotianoideae i Solanoideae (Olmstead i Bohs, 2007).

Dins la família Solanaceae hi ha gèneres molt importants, com *Solanum*, *Capsicum*, *Cyphomandra*, *Physalis*, etc, als quals s'hi troben espècies cultivades importants, com la pròpia tomàtiga (*Solanum lycopersicum*), la patata (*Solanum tuberosum*) o l'albergínia (*Solanum melongena*), mentre que al gènere *Capsicum* hi trobem el cultiu per excel·lència, el pebre (*Capsicum annuum*).

La tomatiguera està considerada com un cultiu subarbrustiu de consistència herbàcia perenne quan les condicions climàtiques li són favorables, encara que normalment es sol cultivar de manera anual (Maroto, 2002) i de diferent durada segons la varietat (Rodríguez *et al.* 2001). Es diu que la planta és de tipus subarbrustiu, però la planta pot tenir un port de tipus rastrera, semi erecte o erecte i el creixement ser de tipus determinat, quan la tija principal acaba el creixement amb una inflorescència terminal, o de tipus indeterminat, el qual, el creixement és continu, degut a que l'apex terminal de la tija principal és un meristema vegetatiu i on les inflorescències es donen als laterals de la tija principal (Maroto, 2002) (Figura 1).



Figura 1. Imatge de plantes de tomatiguera de tipus determinat emparrada a una estructura de canyes.

La tija de la tomàtiga, quan es jove, és de tipus herbaci amb secció circular i recta, si bé així com es va desenvolupant, aquesta torna angulosa, llenyosa i coberta de pèls glandulars que li confereixen l'olor característica (Chamarro, 2001), junt amb la tendència a caure degut al propi pes, la qual s'ha de subjectar amb tutors.

El sistema radicular de la tomàtiga és ampli, format per una arrel principal de tipus pivotant que pot arribar a uns 1,5 metres de profunditat en casos de cultius a la seca o de secà. No obstant, gran part del sistema radicular es concentra entre 50 i 60 cm de profunditat, a la qual també s'hi troba un entramat d'arrels secundàries. La tomàtiga és una planta que té una gran capacitat de formar arrels adventícies que sorgeixen de la base de la tija (Chamarro, 2001).

Les fulles de la tomàtiga són compostes, imparipinnades, d'entre 3 a 7 folíols i amb el marge lobulat o dentat, de color verd, si bé la tonalitat es més intensa a l'anvers respecte al revers. Igual que la tija, les fulles també estan recobertes per pèls glandulars (Sobrino i Sobrino, 1989).

Les flors es troben en grup, formant inflorescències, de 4 a 12 flors, si bé poden arribar fins a 50 flors de pol·linització autògama. Aquestes flors són petites, generalment de color groc i formen corimbos axil·lars. El calze està format per cinc sèpals. La corol·la està formada per 5 pètals, els quals estan soldats per la part inferior. També es troben 5 estams soldats sobre un estigma únic. L'ovari és multicarpel·lar (habitualment entre 2 i 30 carpels) (Maroto, 2002).

El fruit és una baia carnosa de color vermell per excel·lència, si bé pot tenir altres colors, com grocs o negres. Generalment, la forma és arrodonida, encara que també pot ser des d'aplanada fins a allargada (conegudes tradicionalment com forma "de pera"), i la seva superfície pot ser llisa o costellada (Figura 2). L'interior de la baia està dividida en cavitats, conegudes amb el nom de lòculs, les quals varien en nombre segons la varietat o cultivar. Dins d'aquest lòcul s'hi troba el teixit placentari i les llavors, envoltades d'una substància gelatinosa anomenada mucíl·lag.



Figura 2. Imatge del fruit de la tomàtiga, en diferents graus de maduració, on el color verd correspon a l'estadi més immadur mentre que el color vermell indica la plena maduració.

El fruit està considerat com a climatèric, ja que, durant el procés de maduració, es dona un augment de la respiració i de la producció d'etilè. Alguns estudis indiquen que la síntesi d'etilè contribueix a la iniciació dels primers processos bioquímics de la maduració, degradació de la clorofil·la, desaparició del midó, síntesi de licopè, etc (Baker, 1975; Salunkhe i Desai, 1984; Hobson i Grierson, 1993).

## 1.2. Origen històric i biològic de la tomàtiga

El cultiu de la tomàtiga és el resultat de l'evolució, a partir dels seus avantpassats, per mitjà del procés de domesticació. L'origen històric de la tomàtiga es remunta a les civilitzacions precolombines que ocupaven la zona centre i sud d'Amèrica, concretament a la regió andina que actualment comprèn els països de Colòmbia (zona meridional), Equador, Perú i Xile i que correspon, com va indicar el botànic i genetista, Nikolái Ivánovich Vavilov, al centre primari de diversitat del cultiu de la tomàtiga (Jenkins, 1948; Peralta *et al.* 2008).

La primera descripció de la que es té constància és de Pier Andrea Matthiole a l'any 1554, on indica que hi havia gran diversitat de formes, mides i colors. Tal i com indica aquest autor, la tomàtiga fou domesticada a Centre-Amèrica, a l'actual Mèxic, i diversos autors indiquen que els espanyols la varen descobrir quan arribaren al continent americà (Sobrinó i Sobrinó, 1989; Veragani, 2002) De fet, els indis mexicans anomenaren al fruit com "jitomate" en la llengua asteca (Heiser, 1969). Però ha estat en els darrers anys que s'ha vist que la variabilitat genètica de les varietats de tomàtiga considerades com semi-domesticades de Centre-Amèrica és molt reduïda, fet que va implicar un coll de botella anterior a l'arribada a Centre-Amèrica. D'aquesta manera, té sentit que, a través d'intercanvis comercials, la tomàtiga semi-domesticada va arribar a Centre-Amèrica i allà es va donar el vertader procés de domesticació fins al moment de l'arribada dels espanyols, que van dur la tomàtiga cap a la Península Ibèrica (Blanca *et al.* 2012) (Figura 3).



Figura 3. Canvis en el fruit arrel de l'evolució de la domesticació de la tomàtiga.

A mitjan segle XVI, una vegada que el continent americà fou conquerit pels espanyols, aquests importaren la tomàtiga cap a Europa, on inicialment, la tomàtiga fou considerada com una planta ornamental i medicinal, ja que a la família de les solanàcies, s'hi troben altres espècies com la belladona (*Atropa belladonna*) o la mandràgora (*Mandragora autumnalis*), plantes que contenen gran quantitat d'alcaloides i que són tòxiques.

A partir del segle XVII, els francesos començaren a consumir la tomàtiga i un segle després va arribar al nord d'Europa. Els italians varen denominar a la tomàtiga amb el nom de "pomme d'or" o "pomodoro", ja que algunes plantes que arribaren tenien els fruits de color groc, nom que encara perdura i s'identifica a la tomàtiga. A Espanya, aquest fruit es va començar a consumir al segle XVIII, en forma de salsa de tomàtiga, i actualment es consumeix arreu del món.

La tomàtiga cultivada es troba dins la secció Lycopersicon, on també es troben els ancestres *Solanum pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, *S. pennellii*, *S. cheesmaniae*, *S. galapagense*, *S. neorckii*, *S. chilense*, *S. peruvianum*, *S. sitiens*, *S. jungandifolium*, *S. ochranthum*, *S. chmielewskii*, *S. lycopersicoides* i *S. lycopersicum*, la tomàtiga actual (D'Arcy, 1979) (Figura 4). Totes elles estan molt relacionades, ja que comparteixen gran part del genotip. Aquestes espècies de tomàtiga són diploides ( $2n = 24$ ) (Rick, 1979), encara que pot existir alguna espècie tetraploide (Rick, 1963).

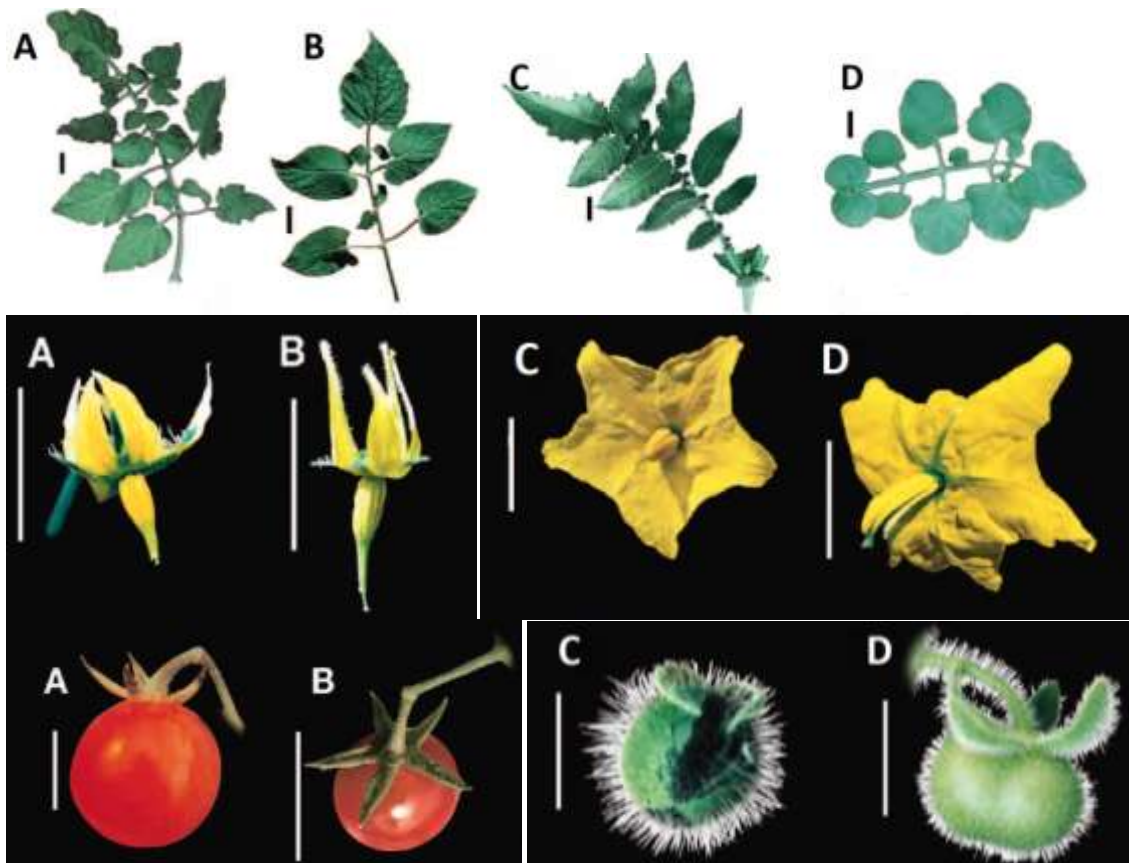


Figura 4. Fulles, flors i fruits de (A) *Solanum lycopersicum*, (B) *S. pimpinellifolium*, (C) *S. habrochaites* i (D) *S. pennellii*. Les barres d'escala equivalen a: fulles A, B i D: 2 cm, C: 3 cm; flors: A i B: 1 cm, C i D: 0,5 cm; fruits: 1 cm. (Peralta et al. 2008).

Totes aquests ancestres silvestres de tomàtiga estan distribuïts per la zona del centre d'origen de la tomàtiga, des de l'actual Equador fins a Xile, zona que es caracteritza per tenir un gran diversitat d'ambients, abastant des de zones desèrtiques, passant per zones temperades i tropicals fins a arribar a zones d'alta muntanya. Aquest ambients es caracteritzen per tenir temperatures mitjanes de entre 7 fins a 24°C, precipitacions de 50 mm fins a més de 4.000 mm anuals i altituds que van des del nivell del mar fins als 3.000 m. Així doncs, la gran diversitat d'ambients ha condicionat les diferents espècies de tomàtiga silvestre, ja que s'han identificat trets fenotípics que són resultat de l'adaptació de l'espècie a l'ambient (Rick, 1979) i ha originat una secció caracteritzada per tenir un baix nombre d'espècies, geogràficament molt properes però alhora suficientment aïllades com per presentar trets diferenciadors molt adaptats a condicions de microclima (Moyle, 2008) (Figura 5).

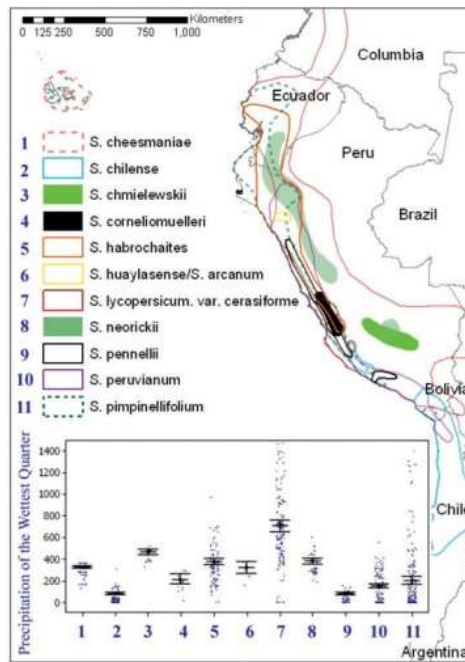


Figura 5. Distribució geogràfica de les diferents espècies silvestres de tomàtiga amb la precipitació més abundant del trimestre en mm (Moyle, 2008).

De totes les espècies silvestres existents, a les ciències agrònòmiques destaquen *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites* i *S. pennellii*. *S. pimpinellifolium* té un creixement inicial vertical però amb el seu desenvolupament acaba tombant, i el fruit d'una mida d'un centímetre i de color vermell brillant. L'espècie es troba a zones costaneres del sud d'Equador fins al centre de Xile, generalment per davall dels 1000 m d'altitud, així com també a les Illes Galápagos. Per tot el seu hàbitat natural es pot trobar com una "mala herba" a camps de cultiu. Destaca per estar emparentada, possiblement degut a alguna introgressió de manera natural amb *S. lycopersicum*. Té resistències a *Fusarium* i *Pseudomonas*.

En quant a *S. habrochaites*, destaca per tenir un port elevat de tipus arbustiu o enfiladís de fins a 6 m de llarg, amb fruits d'un cm de mida, de color verd pàl·lid amb una franja verda obscura i pubescents. El seu hàbitat es troba a les vessants occidentals dels Andes, des de la part central d'Equador fins als centre del Perú, a una altitud entre 400 i 3600 m, amb sòls humits i ben drenats. Destaca per ser resistent a insectes, gràcies als pels glandulars o tricomes, a més de tenir resistències front malalties. (Moyle, 2008; Peralta *et al.* 2008).

En el cas de *S. pennellii*, habita al desert del Perú, a una altitud d'uns 50 m, encara que es pot trobar entre els 500 i 3000 m i destaca per tenir diferències importants a nivell morfològic, fisiològic i metabòlic amb la tomàtiga cultivada (*S. lycopersicum*), com per exemple, presentar una forma orbicular dels folíols, un fruit de color verd i cobert de tricomes i una major densitat i distribució diferent dels tipus de tricomes (Simmons i Gurr, 2005; Moyle, 2008; Peralta *et al.* 2008). Respecte a la tomàtiga cultivada, presenta un contingut en ceres tres vegades major, el qual pot proporcionar una major resistència al flux d'aigua a través de la cutícula (Bolger *et al.* 2014), fet que pot justificar l'elevada resistència de l'espècie a la sequera, així com que també presenta resistència a insectes. Per tot això, *S. pennellii* es pot convertir en un important donant de germoplasma per a la tomàtiga cultivada (*S. lycopersicum*) (Rick, 1973; Kahn *et al.* 1993; Peralta *et al.* 2008)



### 1.3. Importància del cultiu de la tomàtiga

La tomàtiga és el segon cultiu hortícol més produït en el món, just per darrere del cultiu de la patata (*Solanum tuberosum*), i és l'hortalissa de major valor econòmic (FAOSTAT, 2016). La demanda augmenta any rere any, així com la superfície cultivada, la producció i el seu comerç. El desenvolupament de noves tecnologies de cultiu o la millora genètica han estat innovacions radicals en la producció d'aquest cultiu (Aldanondo, 2001; Cuartero, 2001).

A nivell mundial, l'any 2015 es varen cultivar poc més de 4,78 milions d'hectàrees amb una producció total de més de 174 milions de tones. Per països, Xina es el major productor amb 54,7 milions de tones, seguit de l'Índia i Estats Units d'Amèrica amb una producció de 16,3 i 14,5 milions de tones, respectivament. Turquia, Egipte i Iran ocupen les següents posicions i el primer país del continent europeu que figura és Itàlia, al setè lloc, amb 6,4 milions de tones, mentre que Espanya es troba a la posició vuitena amb una producció de 4,8 milions de tones (Figura 6).

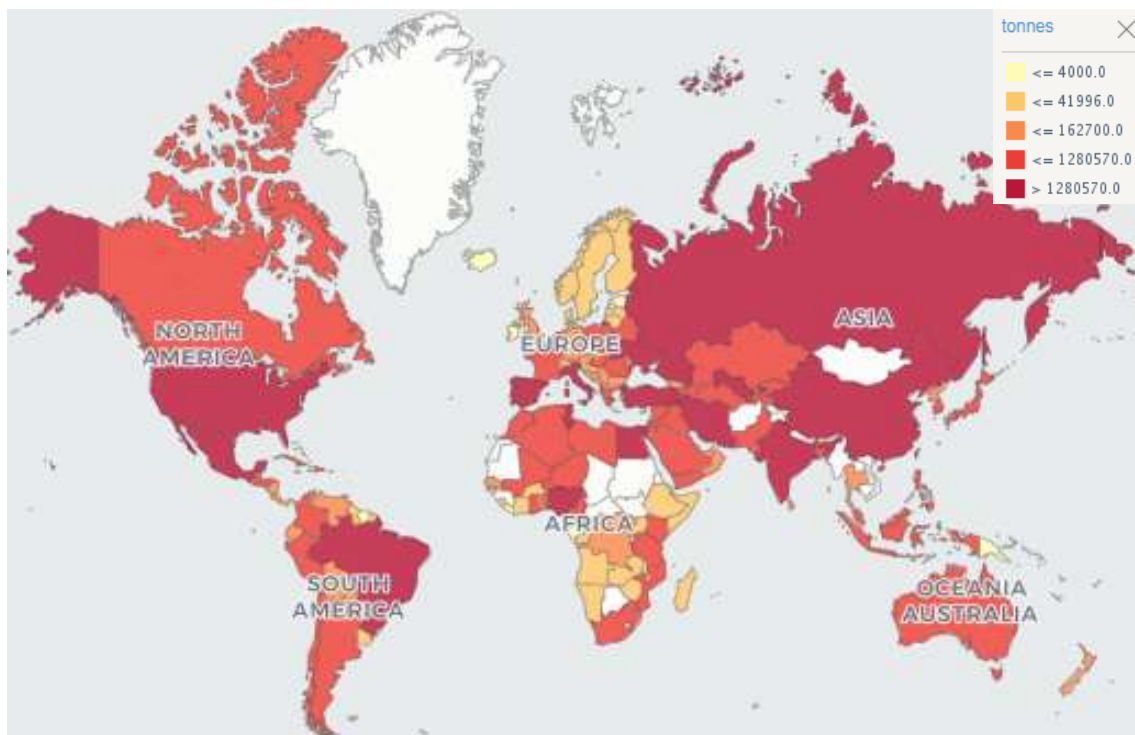


Figura 6. Producció de tomàtiga per països a nivell mundial a l'any 2015. Els colors indiquen un determinat llinar de producció, on el morat correspon a una producció superior als 1,28 milions de tones; el vermell a una producció igual o inferior a 1,28 milions de tones, el taronja amb una producció igual o inferior a les 162.000 tones, el carabassa amb una producció igual o inferior a les 42.000 tones i el groc a una producció igual o inferior a 4.000 tones (FAOSTAT, 2017).

A nivell de la Unió Europea, Espanya es situa al segon lloc en quant a producció, just per darrere d'Itàlia. Per darrere d'Espanya, li segueix Portugal i Grècia, els quals tenen una producció superior a 1 milió de tones de tomàtiga. Els restants països tenen una producció inferior (Figura 7). Turquia està intentant adherir-se a la Unió Europea, de manera que passaria a ser el major productor de tomàtiga d'Europa, amb prop de 12 milions de tones.

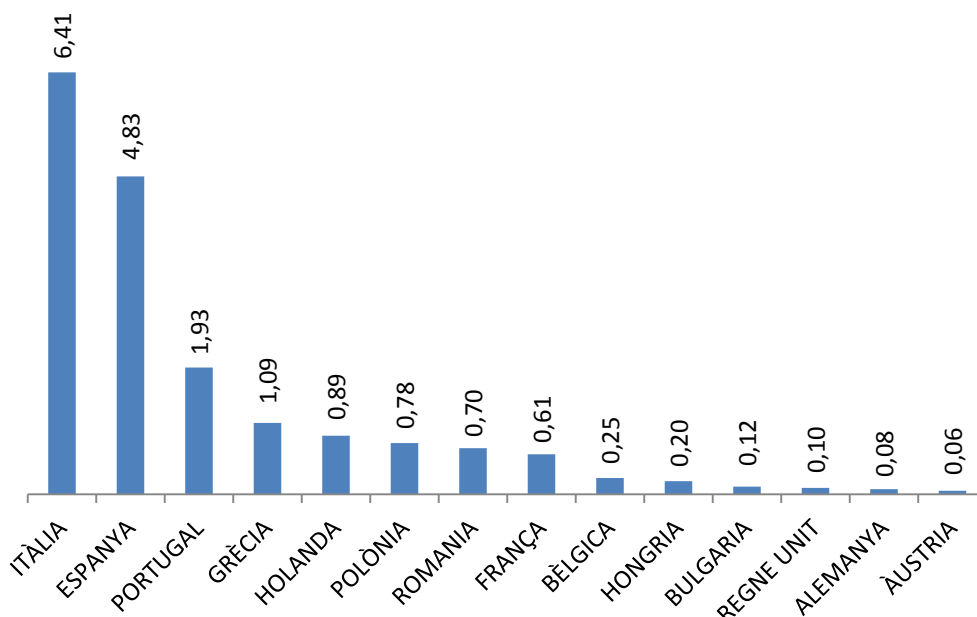


Figura 7. Producció dels principals països productors de tomàtiga de la Unió Europea a l'any 2015 (milions de tones) (FAOSTAT, 2017).

A nivell espanyol, la tomàtiga és el principal cultiu hortícola en quant a producció, representant el 29% de la producció hortícola nacional. A nivell estatal, el rànquing de producció l'encapçala Andalusia amb una producció de 2 milions de tones i amb una superfície de cultiu de 23.834 ha. Només la província d'Almeria produeix el 20,37% de la producció nacional. Extremadura està en segona posició amb una producció 1.953.930 tones i una superfície de cultiu de 22.453 ha i li segueix la Comunitat de Múrcia, amb 190.484 tones de producció i 2.397 ha de superfície. Les Illes Balears es troben en dotzè lloc. (Figura 8) (MAPAMA, 2017).

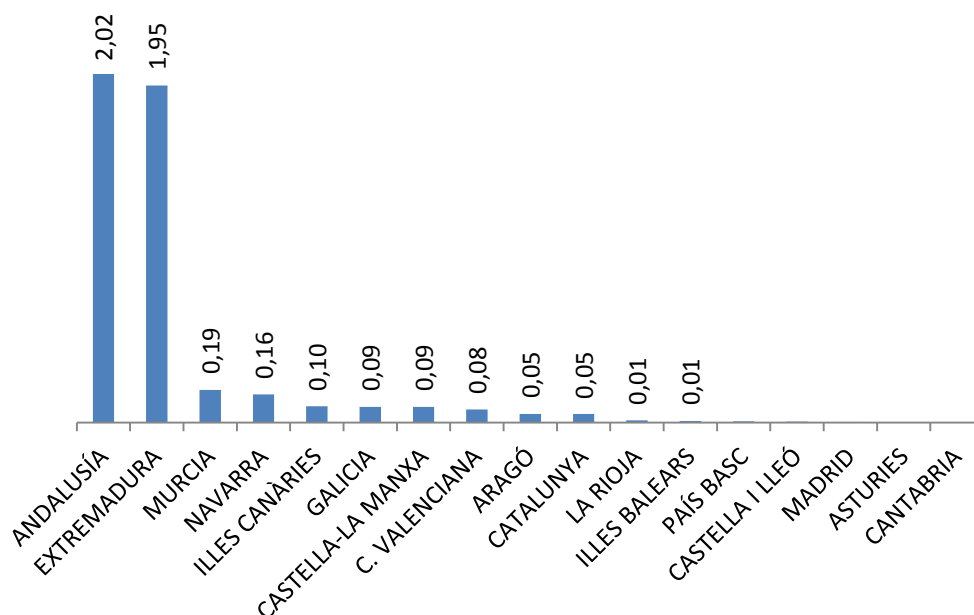


Figura 8. Producció de tomàtiga de les comunitats autònomes a l'any 2015 (milions de tones) (MAPAMA, 2017).

La metodologia de cultiu difereix entre regions, ja que el 60,6% de la superfície de cultiu d'Andalusia és de cultiu protegit, mentre que a Extremadura, tota la superfície censada és a l'aire lliure (MAPAMA, 2017). Aquest aspecte indica el destí de la producció, de manera que les zones productores on la superfície de cultiu protegit és majoritària, es realitzen cicles de cultiu on la producció s'obtingui durant la tardor-hivern, la qual es destina a l'exportació, principalment a Europa, degut a que les condicions del cultiu són dolentes. Així i tot, als darrers anys, Marroc s'ha convertit en un competidor important, ja que el clima de l'hivern és molt similar al d'Andalusia, i destaca per tenir un cost de mà d'obra inferior front Espanya, la qual suposa en torn al 50% del cost de producció del cultiu (Junta de Andalucía, 2017). En quant a les zones on majoritàriament la superfície és a l'aire lliure, els cicles de cultiu són primerencs o normals, obtenint la producció a la primavera i estiu, la qual es destina al consum intern i a la indústria de transformació, com és el cas d'Extremadura. No es possible destinar la producció d'aquest cicle de cultiu a l'exportació, ja que es donen situacions de molta competència, especialment entre països de la Unió Europea, com per exemple Holanda, on hi destaca una horticultura molt intensiva, amb elevats costos d'inputs i on els rendiments són de l'ordre de 5 vegades majors que els rendiments del cultiu protegit a Espanya (Aldanondo, 2001).

A les Illes Balears, el cultiu de la tomàtiga és el tercer cultiu hortícola, per darrere del cultiu de la patata i de la síndria, amb una producció de 10.689 tones, la qual representa el 0,22% de la producció nacional i una superfície de 285 ha, de la qual el 80% és a l'aire lliure (MAPAMA, 2017). Per illes, Mallorca produeix 81,4% de la producció balear, mentre que Eivissa representa 15,79% de la producció, Menorca ho fa amb un 2,1% i Formentera amb un 0,7% de la producció balear (SEMILLA, 2017) (Taula 2). La producció de la tomàtiga a les Illes Balears destaca per tenir un rendiment mig un 50% inferior respecte a altres comunitats autònomes, especialment de les grans productores de tomàtiga (MAPAMA, 2017).

Taula 2. Superfície i producció de tomàtiga a les Illes Balears a l'any 2015 (SEMILLA, 2017).

<b>Illa</b>	<b>Superfície (ha)</b>	<b>Producció (tones)</b>
Mallorca	232	8.701
Menorca	6	225
Eivissa	25	1.688
Formentera	2	75



#### 1.4. El canvi climàtic i l'adaptació de la tomàtiga.

El canvi climàtic és un dels principals problemes als quals s'enfronta la humanitat, i cada vegada més estudis científics apunten que les seves conseqüències tindran una sèrie d'implicacions per a la biodiversitat, afectant a la productivitat agrícola, animal, així com a altres funcions dels ecosistemes (Gitay i Watson, 2002; Gornall *et al.* 2010). L'home ha provocat, mitjançant el desenvolupament industrial, que les emissions de gasos d'efecte hivernacle hagin augmentat un 30% en els darrers 100 anys, provocant una sèrie de canvis a nivell de clima, que es concreten en un augment de les temperatures, una variabilitat en el règim de precipitacions i una major concentració de CO<sub>2</sub>, entre altres gasos d'efecte hivernacle, a l'atmosfera (IPCC, 2014). L'augment de les temperatures, derivat de l'augment de la concentració de CO<sub>2</sub>, implicarà un estrès tèrmic i una evapotranspiració majors pels cultius, així com l'aparició de noves plagues que fins ara eren pròpies del lloc d'origen. Una major concentració de CO<sub>2</sub> es beneficiarà pels cultius, ja que seran més eficients a nivell fotosintètic i de l'ús de l'aigua (Gitay i Watson, 2002; Gornall *et al.* 2010). La variabilitat en les precipitacions es veurà agreujada a causa de l'allargada dels períodes de sequera junt amb episodis de pluja molt intensos, amb una major escorrentia i/o percolació, donant lloc a una menor disponibilitat d'aigua i limitant greument la producció dels cultius (Boyer, 1982).

La disminució de la producció agrícola provocada pel canvi climàtic tindrà una repercussió directa sobre la població. Es preveu que a l'any 2050 la població mundial sigui de 9.700 milions de persones (Nacions Unides, 2014). Per tant, la demanda d'aigua augmentarà tant per a la producció d'aliments com a nivell personal, domèstic, municipal, industrial i ambiental (Condon *et al.* 2004). Només l'agricultura de regadiu consumeix el 80% dels recursos hídrics del món, de manera que l'aigua es convertirà en un recurs escàs en les properes dècades (Hamdy *et al.* 2003).

A partir de la segona meitat del segle XX amb la revolució verda, per mitjà de la utilització de fertilitzants químics, la millora genètica i l'aportació d'aigua als cultius, hi ha hagut un increment de les produccions agrícoles, de tal manera que s'ha reduït, en gran mesura, la població que no pot arribar a una alimentació bàsica. No obstant, aquesta millora en la productivitat ha arribat a un sostre, on la producció no augmenta. Es preveu que al sud d'Europa els efectes del canvi climàtic suposaran una reducció del 25% de la producció, degut a l'augment de 5,4°C de la temperatura i de majors riscos per episodis extrems pels cultius d'estiu, com ones de calor o precipitacions abundants (IPCC, 2014).

Els cultius d'estiu, com n'és el cas de la tomàtiga, es caracteritzen per tenir unes altes demandes d'aigua, les quals en el clima mediterrani, aquestes coincideixen amb l'època estival, moment on les precipitacions són molt baixes o nul·les. Per aquest motiu i tenint en compte els efectes anteriorment descrits del canvi climàtic, n'és d'especial importància l'eficiència en l'ús de l'aigua (EUA) dels cultius. Així doncs, l'EUA depèn de pràctiques agronòmiques i de la utilització d'espècies i varietats més eficients. En el cas de les pràctiques agronòmiques hi juguen un paper especial la gestió de l'aigua, tant a nivell de règim hídric, dosis i freqüència de reg i de qualitat de l'aigua i la gestió de la nutrició dels cultius. Pel que fa referència als factors a nivell de planta, destaquen la sensibilitat a la sequera en funció de l'estadi fenològic del cultiu, la resposta varietal a l'estrès hídric i la utilització d'espècies vegetals amb rutes metabòliques diferents, com són les plantes C3 i C4 (Katerji *et al.* 2008).

Aquests factors a nivell de planta han sorgit a partir d'adaptacions, aclimatacions i regulacions per part de la planta per a fer front a situacions d'estrès hídric més o menys intenses (Medrano *et al.* 2007). Les plantes també han desenvolupat al llarg dels anys estructures per fer front als períodes d'estrès hídric o adaptar-se als climes més àrids i secs.

Referent al cultiu de la tomàtiga, a les Illes Balears tenim un exemple ben representatiu d'un cultiu eficient en l'ús de l'aigua: la tomàtiga de Ramellet. Aquesta varietat de tomàtiga està molt ben adaptada als sòls calcaris i al període de sequera estival, trets típics de l'edafologia i climatologia de les Illes Balears (Espallardo *et al.* 2006), de manera que presenta una major eficiència en l'ús de l'aigua respecte a varietats comercials (Conesa *et al.* 2010). Per tant, aquestes adaptacions descrites permeten cultivar aquesta varietat de tomàtiga baix condicions de sequera o més conegut a nivell popular com el cultiu "a la seca" (Galmés *et al.* 2011; 2013).

### 1.5. Oportunitats de millora

La tomàtiga es troba dins del grup de cultius hortícoles, els quals es caracteritzen, entre altres trets, per l'elevada inversió en recursos hídrics així com fertilitzants, biocides i mà d'obra (Maroto, 2000). De cada vegada més, l'eficiència en l'ús dels recursos n'és fonamental, especialment en l'aigua, fet que en els darrers anys, han sorgit nombrosos estudis sobre la tolerància dels cultius a la sequera, especialment en varietats millorades de diferents cultius. D'aquests cultius, la tomàtiga és una de les plantes model utilitzada, no només per la importància econòmica i agronòmica a nivell mundial, sinó perquè és un cultiu de vida curta, fàcil de cultivar, ja sigui en exterior o en cultiu protegit però també en cultiu in vitro, alhora que presenta un genoma relativament petit respecte altres solanàcies d'importància comercial (Lozano *et al.* 2009; Minoia *et al.* 2010).

*S. lycopersicum* és l'única espècie de tomàtiga domesticada i cultivada que es pot trobar en un ampli rang geogràfic, el qual va des dels tròpics fins a regions properes als pols (Peralta *et al.* 2008, Barone *et al.* 2009). Respecte a les espècies silvestres, les quals es troben en ambients molt diferents, s'estima que la tomàtiga cultivada només presenta un 5% de la variabilitat genètica present al gènere *Solanum*, fet que es deu al coll de botella sorgit durant la domesticació i que més tard o més prest, implicarà arribar a un sostre en la millora del seu germoplasma (Miller i Tanksley, 1990). Tenint en compte l'anterior i l'estreta base genètica de la tomàtiga cultivada, fan que les espècies silvestres de tomàtiga constitueixin un gran patrimoni genètic, amb el qual, per mitjà de la hibridació i posterior selecció, millorar el cultiu actual de la tomàtiga, fent-lo més resistent a la sequera, entre altres resistències interessants a nivell agronòmic (Peralta *et al.* 2008; Solomando, 2016).

Així doncs, una de les alternatives que pot satisfer la millora de la tomàtiga és la creació de línies d'introgressió a partir de dues línies o poblacions genotípiques diferents. Una línia de introgressió consisteix en la introducció d'un fragment de material genètic derivat d'un procés d'hibridació interespecífic, seguit d'una sèrie de retrocreuaments. D'aquesta manera es poden obtenir diferents línies d'introgressió (LI) on en conjunt, cobreixin el genoma complet d'un dels parentals. De fet, Dani Zamir, va crear una línia d'introgressió a partir del creuament entre el *S. lycopersicum* (cv. M82), cultivar utilitzat en la investigació de tomàtiga, com a progenitor femení i l'espècie *S. pennellii*. La descendència resultant es va sotmetre a una sèrie de retrocreuaments amb el parental M82 fins a tenir línies quasi isogèniques, però amb petits fragments de material genètic de *S. pennellii* al genoma del cv. M82, on cada LI té per nom el nombre de cromosoma i posició en el cromosoma que es troba el loci corresponent a *S. pennellii* (Eshed i Zamir, 1994) (Figura 9).

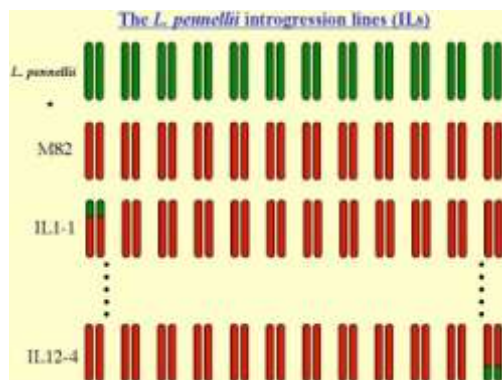


Figura 9. Esquema de denominació de les línies d'introgressió (LI) en funció de la regió de *S. pennellii* introgressada.

Per tant, les LI poden ser una eina molt útil per estudiar i associar el segment de material genètic introgressat individual amb les variacions a nivell morfològic, agronòmic, fisiològic i de qualitat de fruit. Les LI no només poden ser d'utilitat per a la investigació, sinó també pels milloradors de tomàtiga, als quals els pot permetre conèixer, identificar i optimitzar la variabilitat genètica silvestre, especialment pels gens que proporcionin una maximització del rendiment, resistències a estressos biòtics i abiòtics i altres trets agronòmics importants per crear nous genotips que satisfacin les necessitats actuals i futures. Gràcies a les LI es poden desenvolupar llibreries de LI que poden permetre, en un futur, realitzar genotips a la carta, a partir de les característiques agronòmiques desitjades i escurçar el temps de producció respecte a un híbrid comercial (Peleman i van der Voort, 2003).

Un dels principals objectius de la millora del cultiu de la tomàtiga és millorar l'eficiència en l'ús de l'aigua. Per afrontar aquesta fita i mitigar la sequera, la planta ha de disposar d'estructures o mecanismes que permetin controlar la transpiració, principal via de pèrdua d'aigua. El sistema més conegut i estudiat per evitar la transpiració són els estomes. Els estomes estan formats per dues cèl·lules oclusives que ajusten la seva turgència per regular l'obertura del ostíol, a conseqüència de diferents factors ambientals com la humitat atmosfèrica, el contingut d'aigua al sòl, la concentració de  $O_2$  i  $CO_2$ , la temperatura i el vent. El grau d'obertura de l'ostíol determinarà la major o menor assimilació de  $CO_2$  i pèrdua d'aigua, fet que determina l'activitat fotosintètica i l'eficiència en l'ús de l'aigua. Per tant, la densitat i mida dels estomes poden influir de diferent manera, fenomen que ha estat bastant estudiat (Masle, 2005; Lawson, 2014). De fet, estudis recents indiquen una forta relació entre la baixa densitat estomàtica i un millor rendiment de les plantes en condicions de sequera (Farber *et al.* 2016, Ning *et al.* 2017, Zhao *et al.* 2017), així com una menor mida d'estomes i una resposta estomàtica més ràpida, mostrant una millor capacitat d'adaptació a l'estrès (Drake *et al.* 2013). Diversos autors indiquen que es dona una relació inversa entre la densitat estomàtica i la mida del estoma (Hetherington i Woodward, 2003; Galmés *et al.* 2007; Franks i Beerling, 2009; Khazaei *et al.* 2010, Li *et al.* 2017), no obstant això, a varietats mediterrànies de tomàtiga, s'ha vist una correlació positiva d'ambdós paràmetres en condicions de sequera (Galmés *et al.* 2013).

L'altre sistema de control de la transpiració són els tricomes. Els tricomes són estructures semblants a pèls que sorgeixen a l'epidermis i que cobreixen la superfície de la part aèria de gran part de les plantes, a les quals, s'inclou la tomàtiga (Payne, 1978). Es coneix que els tricomes intervien en la regulació de la transpiració i de la pèrdua d'aigua, així com també permeten tolerar estressos abiòtics i biòtics, especialment contra insectes (Bleeker *et al.* 2012; Tian *et al.* 2012; Hauser 2014). Com a mecanisme de tolerància a la sequera no està clara la funció específica dels tricomes, encara que s'ha suggerit que aquests augmenten la resistència de la capa limitant fulla – aire (Ehleringer i Mooney, 1978, Palliotti, 1994, Guerfel *et al.* 2009, Mo *et al.* 2016).

## 2. Objectius

Els objectius plantejats venen determinats pel context climàtic, agrícola i de millora dels cultius esmentat. Aquests objectius s'han estudiat damunt tres línies d'introgressió de *Solanum lycopersicum* i *Solanum pennellii*, les quals es distingeixen per la diferent densitat estomàtica i de tricomes. A partir de les funcions que realitzen ambdues estructures, es preveu que les LI que tenen major densitat de tricomes mostrin una major eficiència en l'ús de l'aigua. Per tot això, s'estableixen els següents objectius:

### 2.1. Objectiu principal

Analitzar la influència de la densitat estomàtica i de tricomes sobre l'eficiència en l'ús de l'aigua a línies d'introgressió de tomàtiga.

### 2.2. Objectius secundaris

1. Caracteritzar 3 línies d'introgressió i el parental M82 a nivell morfològic sota condicions de capacitat de camp i sequera.
2. Avaluar les diferències en els paràmetres agronòmics en quant al genotip sota condicions de capacitat de camp i sequera.
3. Estudiar la qualitat del fruit segons el genotip i sota condicions capacitat de camp i sequera.
4. Analitzar la resposta fisiològica dels genotips sota condicions de capacitat de camp i sequera.

### 3. Materials i mètodes

#### 3.1. Localització del camp experimental

L'experiment es va dur a terme al Camp Experimental de la Universitat de les Illes Balears, el qual es troba al terme municipal de Palma, concretament a la Carretera de Valldemossa, km 7,5. Situat entre els edificis Guillem Colom Casanovas i l'edifici Antoni Maria Alcover i Sureda, als voltants del recinte utilitzat per l'estudi es trobava, a la part nord, una petita plantació de gira-sols, a la part sud-oest unes taules de cultiu utilitzades per l'estudi de plantes crasses com a cobertes verdes, i a la part est un cultiu experimental de tomàtiga (Figura 10).



Figura 10. Localització del recinte utilitzat per dur a terme l'experiment. Visor SIGPAC.

#### 3.2. Material vegetal

El material vegetal que es va utilitzar per a la realització de l'estudi estava compost per 4 genotips de tomàtiga, dels quals, un correspon al cultivar (cv.) M82, el qual es va utilitzar a mode de control, mentre que la resta van correspondre a les línies d'introgressió (LI) 4-1, 10-2 i 11-3 procedents de la col·lecció d'Eshed i Zamir. Les llavors de tots els genotips es varen obtenir del John Innes Centre (Norwich, Regne Unit). La població de IL de la col·lecció té un tret diferencial, els tricomes, els quals, a la LI 11-3 destaquen per trobar-ne en una elevada densitat, mentre que la LI 4-1 s'hi troben en menor densitat, mentre que la LI 10-2 destaca per tenir una presència quasi nul·la de tricomes.

### 3.3. Elaboració del planter

El planter es va realitzar el dia 3 de març. Per a l'elaboració del substrat es va fer una mescla de torba negra (Prohumin-Potting Soil Klasmann-Deilmann, Projar S.A., Valencia, Spain) amb perlita expandida (Projar S.A., Valencia, Spain) amb la proporció 4:1 (v/v), respectivament. Seguidament, es va incorporar i compactar lleugerament dins safates forestals de 40 alvèols i d'uns 15 cm de profunditat. Finalment, es va procedir a sembrar les llavors de tomatiguera, a una profunditat entre 1 i 1,5 cm i es va tancar el forat amb el mateix substrat, per evitar intercanvis de llavors entre alvèols. Seguidament, es va retolar cada safata amb el genotip corresponent, es va regar abundantment fins que l'aigua va drenar, i la safata alveolada es va introduir dins una palangana, la qual es va omplir amb uns 5 litres d'aigua cada 2-3 dies. Així, el substrat es va mantenir humit per capil·laritat, evitant la dessecació del mateix i problemes en la naixença de les plàntules (Figura 11).

El planter es va mantenir dins l'hivernacle del Camp Experimental de la UIB, a una temperatura controlada i òptima per a la germinació, entre 20 i 25 °C, fins al dia de trasplantar les plantes a l'exterior. Degut a un atac de caragols, alguns plançons es van veure afectats, de manera que es va aplicar un mol·lusquicida granulat sobre la safata alveolar, per evitar atacs posteriors.



Figura 11. Safata amb el planter d'un dels genotips estudiats.

### 3.4. Trasplantament

El trasplantament es va realitzar el 26 de maig (als 84 dies després de la sembra) dins cossiols de plàstic de 30 cm de diàmetre i amb una capacitat aproximada de 15 l (Taula 4). El substrat dels cossiols estava format per una mescla de torba negra (Prohumin-Potting Soil Klasmann-Deilmann, Projar S.A., Valencia, Spain) amb perlita expandida (Projar S.A., Valencia, Spain) amb la proporció 4:1 v/v, respectivament. Una vegada fet el substrat, aquest s'anava incorporant i cada 10-15 cm s'anava compactant. Quan es va tenir el cossioll ple de substrat, es va procedir a regar-lo fins que l'aigua drenés. Una vegada que l'aigua havia drenat, es va dur a terme el trasplantament per mitjà d'un forat d'uns 15-20 cm de fondària, al qual s'hi va dipositar la plàntula amb el pa d'arrel sensiblement disgregat, per ajudar a l'arrelament de la planta. Finalment, es va compactar el substrat per afavorir el contacte sòl-arrel.

Per cada línia d'estudi, es van utilitzar 12 plantes, de les quals, 4 es van destinar a cada un dels blocs de tractament (veure secció 3.5.), mentre que les 4 plantes restants s'utilitzaren per a la determinació de la biomassa al inici del tractament hídric (veure secció 3.10.1).



Taula 3. Dates de realització de les diferents operacions dutes a terme a l'experiment.

<b>Dia</b>	<b>Operació</b>
3 de març	Sembra i elaboració del planter
26 de maig	Trasplant a exterior
15 de juliol	Aplicació del tractament hídric
15 de juliol a 23 de setembre	Presa de mesures fisiològiques
22 a 26 d'agost	Presa de mesures morfològiques
22 d'agost a 15 de setembre	Presa de mesures morfològiques i de qualitat del fruit
23 de setembre	Determinació de la biomassa final, presa de mesures agronòmiques i fisiològiques

### 3.5. Manteniment de la plantació

#### 3.5.1. Reg, establiment del tractament hídric i fertilització.

Just després del trasplantament es va començar a realitzar un seguiment setmanal del reg. El programa de reg consistia en regar a capacitat de camp tres dies a la setmana, dia si i dia no, excepte el cap de setmana. Una vegada que havia drenat l'aigua, es va pesar el cossiòl amb l'ajuda una balança (Baxtran BR40, Espanya) i es va anotar el pes, prèvia tara.

El dia 15 de juliol (134 dies després de la sembra) es va establir el tractament hídric, el qual va consistir en regar els mateixos dies esmentats, però amb diferent volum d'aigua. En el bloc de plantes de sequera, els dos primers dies de reg es regaven els cossiòls fins a arribar a un pes aproximat de 6,5 kg (5,3 l d'aigua disponible), reduint, a partir dels 150 dies des de la sembra, a uns 6 kg (5 l d'aigua disponible), excepte al tercer dia setmanal de reg, on es van regar els cossiòls fins a assolir un pes de 7 kg (5,75 l d'aigua disponible) per evitar problemes de sequera molt forta durant el cap de setmana. En el bloc de plantes de reg es regava els mateixos dies a capacitat de camp (Figura 12 A). El percentatge de reducció d'aigua al tractament de sequera respecte al de capacitat de camp (control) va ser d'un 50%. La superfície de cossiòls d'ambdós tractaments hídrics es va cobrir amb paper d'alumini per evitar pèrdues d'aigua per evaporació.

El procediment de reg va diferir sensiblement en funció del tractament. En el cas de les plantes que del bloc de sequera, primer de tot es seleccionava el cossiòl, per seguidament, col·locar el plat de cossiòl sobre la balança, realitzar la tara i prendre nota del pes abans de regar. En el moment de regar es va retirar part del paper d'alumini, es va procedir a omplir una proveta amb aigua, controlant el pes del cossiòl per evitar excedir-se del màxim establert en funció del dia i es va anotar el pes del cossiòl després de regar. En el bloc de plantes de reg, el procediment va ser exactament el mateix fins al moment de regar, acció que es va fer directament, regant a capacitat de camp, prèvia retirada del paper d'alumini, i una vegada que l'aigua havia drenat, es va pesar el cossiòl i es va anotar el pes.

La fertilització es va fer setmanalment, just després del reg, per evitar la percolació del propi abonat i durant tot el període de realització de l'experiment. Des del moment del trasplantament es va aportar per cada cossiòl una dosi de 250 ml de solució Hoagland al 25%. A partir de l'1 de juny, en base al desenvolupament de les plantes, es augmentar la concentració de fertilitzant passant a una dosi de 250 ml de solució Hoagland al 50%. Finalment, a partir de la fase de floració, la concentració de fertilitzant es va incrementar per cada cossiòl a una dosi de 250 ml de solució Hoagland al 100%.

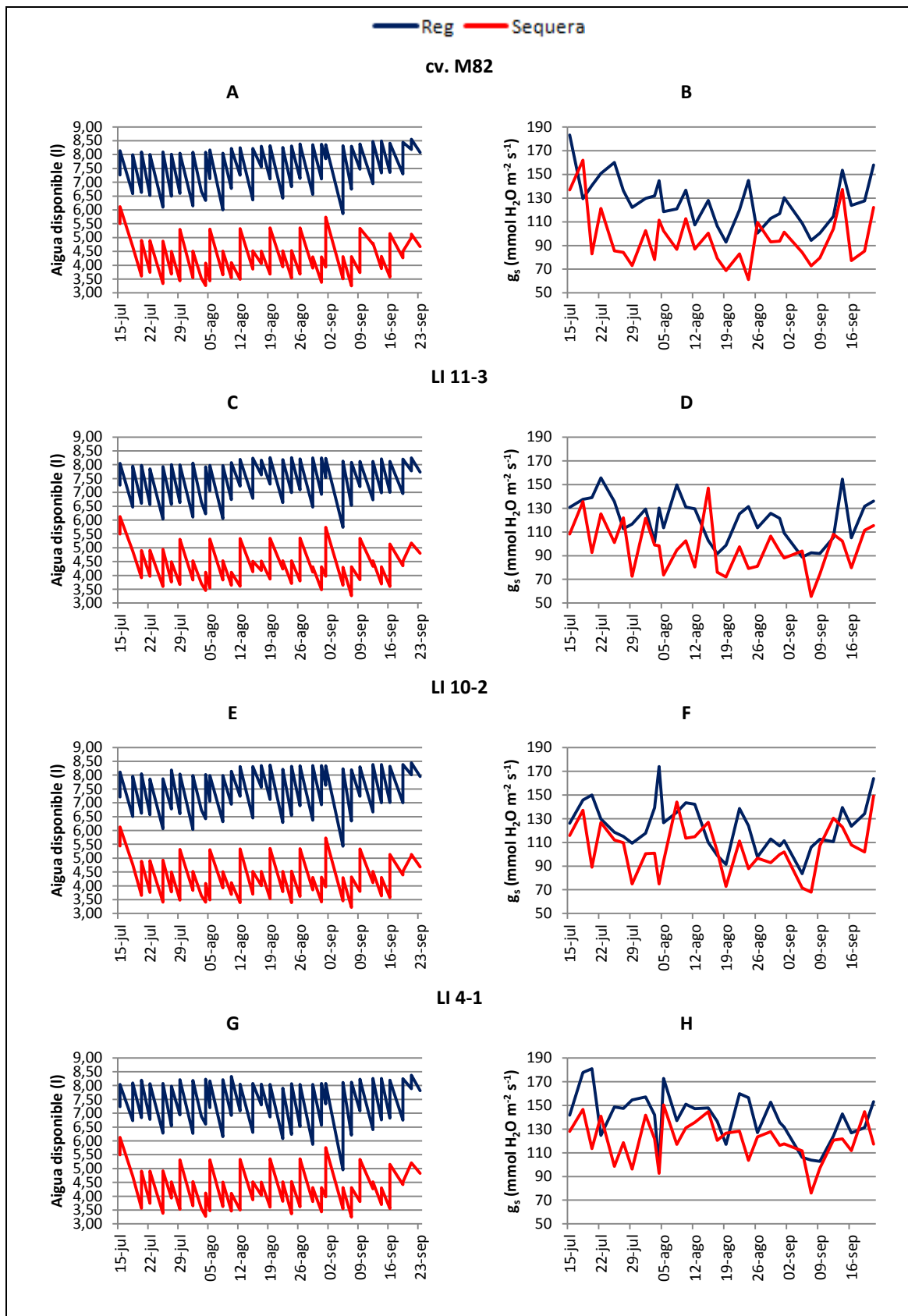


Figura 12. Gràfics de línies que representen l'evolució del contingut d'aigua dels cossids del cv. M82 (A) i les LI 11-3 (C), 10-2 (E) i 4-1 (G); i l'evolució de la conductància estomàtica ( $g_s$ ) del cv. M82 (B) i les LI 11-3 (D), 10-2 (F) i 4-1 (H) durant tot el període de l'experiment.

### 3.5.2. Tractaments fitosanitaris

Els tractaments fitosanitaris es van realitzar setmanalment i preventivament contra les plagues de tuta (*Tuta absoluta*), aranya roja (*Tetranychus urticae*) i mosca blanca (*Bemisia tabaci*), i malalties de míldiu (*Phytophthora infestans*) i oïdi (*Leveillula taurica*). Així es van evitar danys, tant a nivell de planta i de fruit, i l'aparició de resistències, ja que cada setmana s'alternaven els productes (Taula A1). En el trasplantament a l'exterior de l'hivernacle es va aplicar un mol·lusquicida sobre la superfície del cossiòl, ja que algunes plantes van ser afectades per caragols (*Helix aspersa*).

### 3.6. Condicions climàtiques

Les condicions climàtiques presents durant la realització de l'estudi van ser les típiques del clima mediterrani, amb temperatures altes i precipitacions molt baixes o nul·les als mesos d'estiu i precipitacions abundants a la tardor-hivern (Figura 13). Les dades meteorològiques del camp experimental es van obtenir de l'estació meteorològica situada al camp, si bé les dades d'evapotranspiració procedeixen de la xarxa SIAR, concretament de l'estació de Son Ferriol, a causa de que l'estació de la UIB no va enregistrar aquestes dades (Taula 4).

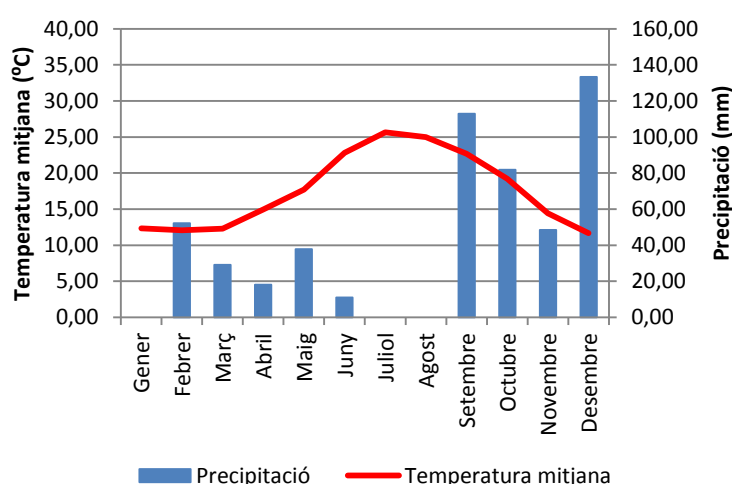


Figura 13. Climograma del camp experimental de la UIB de l'any 2016.

Taula 4. Dades climatològiques de l'any 2016. Els mesos marcats en negreta corresponen al període de realització de l'experiment.

Mes	T màxima (°C)	T mínima (°C)	T mitjana (°C)	HR mitjana (%)	Precipitació (mm)	Velocitat mitjana de vent (m/s)	ETo acumulada (mm)
Gener	20,77	2,75	12,34	74,68	0	1,11	18,03
Febrer	21,99	1,91	12,08	70,65	61,70	7,30	29,47
Març	24,18	3,39	12,28	66,92	29,10	1,05	55,87
Abril	24,18	6,44	14,95	71,72	18,10	0,89	94,02
<b>Maig</b>	<b>27,59</b>	<b>6,38</b>	<b>17,72</b>	<b>69,43</b>	<b>37,8</b>	<b>0,89</b>	<b>126,88</b>
<b>Juny</b>	<b>31,07</b>	<b>11,92</b>	<b>22,83</b>	<b>55,18</b>	<b>11,00</b>	<b>0,86</b>	<b>159,17</b>
<b>Juliol</b>	<b>35,53</b>	<b>15,64</b>	<b>25,66</b>	<b>53,27</b>	<b>0</b>	<b>0,82</b>	<b>174,55</b>
<b>Agost</b>	<b>33,51</b>	<b>15,85</b>	<b>24,97</b>	<b>60,18</b>	<b>0</b>	<b>0,79</b>	<b>149,83</b>
<b>Setembre</b>	<b>34,70</b>	<b>13,06</b>	<b>22,67</b>	<b>69,80</b>	<b>112,90</b>	<b>0,55</b>	<b>100,86</b>
Octubre	28,13	9,23	19,20	87,11	81,90	0,36	57,98
Novembre	24,27	5,36	14,44	84,77	48,40	0,60	33,86
Desembre	19,52	2,69	11,66	91,87	133,40	0,49	18,43

### 3.7. Avaluació anatòmica

En col·laboració amb el senyor Javier Galdón-Armero, es van avaluar els tricomes i els estomes, a partir de sis plantes per genotip mantingudes durant dos mesos amb el mateix tractament que la resta de plantes. Es van tallar els folíols terminals de cada fulla dels quals es van prendre mostres de 0,5 x 0,5 cm. La superfície adaxial de les mostres es va sotmetre a temperatura ambient sense recobriment dins d'un microscopi electrònic de rastreig de pressió variable (Hitachi 3400N, Hitachi High-Tecnology, Japó), generant entre 8 i 10 micrografies per mostra. La densitat de tricomes (DT) i la densitat estomàtica (DE) es van expressar en percentatge sobre cèl·lules epidèrmiques. La ràtio entre tricomes i estomes (T/E) es va calcular com el quocient entre la densitat de tricomes entre la densitat estomàtica.

### 3.8. Avaluació morfològica

Els descriptors utilitzats es poden classificar en funció del si són paràmetres quantitius o qualitius i agrupar en funció de la part avaluada, que van des de la planta a nivell general, passant per la fulla, la flor i el fruit.

#### 3.8.1. Descriptors morfològics de la planta

Pel que fa a caràcters morfològics de la planta, es va seleccionar l'altura de la planta com a únic descriptor quantitiu. Aquesta única mesura es va fer al final de l'experiment, amb una cinta mètrica, des del coll de l'arrel fins a la darrer òrgan inserit a la tija.

#### 3.8.2. Descriptors morfològics de la fulla

En quant a caràcters morfològics de la fulla, es seleccionaren els descriptors més interessant a l'hora de diferenciar i caracteritzar els genotips. La presa de dades es va realitzar seguint un protocol comú per tots els caràcters, el qual va consistir en valorar cada tret i comparar-lo amb les opcions que proporcionava el descriptor. Per a cada caràcter descriptiu, es seleccionaren 4 fulles per planta, completament formades.

Els descriptors qualitius seleccionats de les guies UPOV i IPGRI van ser: tipus de fulla, port de la fulla, divisió del limbe, port dels folíols, intensitat de color i densitat de fullatge. A més, es van determinar una sèrie de paràmetres quantitius importants, els quals no es trobaven a les guies de descriptors:

- Llarg de la fulla: correspon a la distància en centímetres (cm) de la fulla, mesurada amb una cinta mètrica, des de la inserció del raquis de la fulla a la tija fins a l'apex del folíol terminal.
- Ample de la fulla: correspon a la distància en centímetres (cm) de la fulla, concretament del segon parell de folíols, mesurada amb l'ajuda d'una cinta mètrica, entre els dos àpexs del folíols contraris.
- Llarg del folíol terminal: correspon a la distància en centímetres (cm) del folíol terminal, mesurada amb l'ajuda d'una cinta mètrica, des de la inserció del pecíol de la folíol al raquis fins a l'apex del mateix folíol.

- Ample del folíol terminal: fa referència a la distància en centímetres del folíol terminal, mesurada amb l'ajuda d'una cinta mètrica, de la part més ampla del limbe del folíol, que correspon, aproximadament, a 1/3 de la base del limbe del folíol.

### 3.8.3. Descriptors morfològics de la flor

Pel que fa a caràcters morfològics de la flor, es seleccionaren els descriptors qualitius de les guies UPOV i IPGRI, els quals van ser: tipus d'inflorescència i color. La presa de dades es realitzà observant les figures que s'indicaven a les guies dels descriptors UPOV i IPGRI. Per a cada caràcter descriptiu, es seleccionaren 4 inflorescències per planta.

### 3.8.4. Descriptors morfològics del fruit

Els descriptors qualitius seleccionats a les guies UPOV i IPGRI pels caràcters morfològics del fruit van ser: presència d'espalla verda, presència de ratlles verdes, color del fruit immadur, color fruit madur, forma en secció longitudinal, encostellat, depressió peduncular, forma extrem distal, forma cicatriu pistil·lar, forma tall transversal i nombre de lòculs. El protocol de determinació es va fer de la mateixa manera que pels caràcters descriptius de fulla i inflorescència. A més, es van avaluar una sèrie de paràmetres quantitius importants, els quals no es trobaven a les guies de descriptors. Per avaluar-los, els fruits es van seccionar longitudinalment i transversalment i es van escanejar. Una vegada escanejats els fruits, es van tractar amb un programa d'anàlisi d'imatges específic per tomàtiga (Tomato Analyzer 3.0, Gonzalo *et al.* 2009) (Figura 14). Els paràmetres que se'n van obtenir són:

- Llarg del fruit: correspon a la distància en centímetres de la secció longitudinal del fruit, des de la zona peduncular, sense incloure el peduncle, fins a l'extrem distal.
- Diàmetre del fruit: correspon a la distància en centímetres de la secció transversal del fruit, des de la zona peduncular (no inclou el peduncle) fins a l'extrem distal.
- Gruix del pericarpi: fa referència al gruix de la paret del fruit.

La presa de dades es va fer durant tot el període de fructificació, de manera que es recollien el fruit amb el grau de maduració òptim, prèvia identificació i es van avaluar.

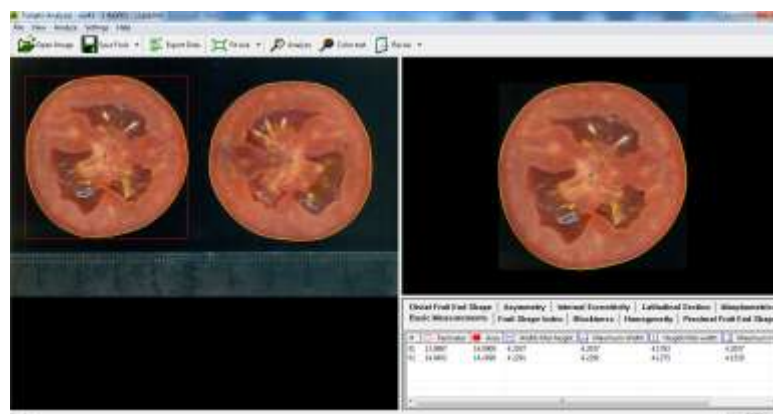


Figura 14. Captura d'imatge del programa Tomato Analyzer, utilitzat per la determinació dels paràmetres quantitius del fruit.

### 3.8. Avaluació agronòmica

L'avaluació agronòmica es va determinar a partir de: producció, nombre de fruits i pes mig del fruit. La producció es va calcular a partir de la suma dels pesos individuals dels fruits produïts per cada planta, pesats amb una balança de precisió (ADAM, Nimbus 423e, USA). El nombre de fruits es va basar en el recompte de fruits produïts per cada planta, de manera que al final de la collita es va sumar la quantitat de fruits produïts, mentre que el pes mig dels fruits es va calcular a partir del quocient entre la producció i el nombre de fruits produïts.

### 3.9. Determinació dels paràmetres de qualitat del fruit

Els paràmetres de qualitat es varen determinar durant el mateix període que per l'avaluació a nivell descriptiu del fruit. La determinació del pH, sòlids solubles totals (SST) i acidesa es va determinar a partir de l'analítica de 10 ml de suc de tomàtiga de cada fruit.

#### 3.9.1. Paràmetres cromàtics

Consisteix en la valoració de la coloració dels fruits madurs. Per dur-la a terme es va utilitzar un colorímetre (Kangguang WSD-3A, Xina). El protocol va consistir en calibrar el colorímetre amb una placa blanca de característiques conegudes, on seguidament es va col·locar la part equatorial del fruit sobre la làmpada. Una vegada feta la lectura, l'aparell proporcionava tres dades corresponents a l'espai de color conegut com CIE Lab, on L\* correspon a la lluminositat, a\* indica les coordenades cromàtiques vermell/verd, on +a indica més color vermell i -a indica més color verd i b\* fa referència a les coordenades cromàtiques groc/blau, on +b indica més color groc i -b indica més color blau.

#### 3.9.2. Duresa

La duresa es va determinar a cada fruit mitjançant el duròmetre digital (BAREISS HPE-II Fff, Alemanya). Es van prendre dues mesures per fruit a la regió equatorial (Figuera, 2012). Els resultats es van expressar en Shores.

#### 3.9.3. pH

El pH es va determinar a partir de la lectura en agitació del suc de tomàtiga mitjançant un pH-metre (CRISON pH-Meter Basic 20+, Espanya), prèviament calibrat.

#### 3.9.4. Sòlids solubles totals

Els SST s'han mesurat amb l'ajuda d'un refractòmetre de mà (Zuzi 50301130). El valor de SST, expressat en °Brix es va llegir directament en aplicar unes gotes del suc de tomàtiga sobre el prisma del refractòmetre.

### 3.9.5. Acidesa

L'acidesa total es va obtenir, a partir d'una mostra de 10 ml suc de tomàtiga, per mitjà d'una valoració potenciomètrica amb (NaOH) 0,1 M com a base fins a arribar a pH neutre (Lopez, 2009).

## 3.10. Determinació dels paràmetres fisiològics de la planta

### 3.10.1. Mesures fisiològiques a nivell de planta

La biomassa es va obtenir en dues vegades, la primera just al inici del tractament hídric, per obtenir la biomassa inicial a partir de les 4 plantes de cada genotip, mentre que la segona va ser al final de l'experiment, a partir de les plantes de cada tractament i genotip diferents. En ambdós casos, la biomassa es va obtenir de l'especejament de la planta en arrels, fulles, tiges i flors. Seleccionades les diferents parts, es van introduir dins sobres, prèviament retolats amb les dades d'identificació de la planta. Per a la part radicular, es va submergir el pa d'arrel dins aigua, per separar la arrel del substrat, evitant en gran part, rompudes d'arrels fines alhora que l'arrel sortia netejada. Finalment, es va deixar assecar unes hores a una zona ventilada, per eliminar part de la humitat i es va introduir dins un sobre retolat amb les dades. Els sobres es van introduir dins una estufa a una temperatura de 70°C fins a tenir massa constant (aproximadament 4 dies). Finalment, es va pesar la biomassa seca de cada part de la planta amb l'ajuda d'una balança de precisió (ADAM, Nimbus 423e, USA) i es va anotar el pes.

El consum d'aigua es va calcular a partir de la suma de les diferències entre el pes del cossiòl regat menys el pes del cossiòl abans de regar del següent dia de regar de tots els dies que va durar l'experiment. El procediment per a l'obtenció del consum d'aigua es va obtenir a partir del manteniment dels cossiòls explicat a l'apartat 3.5.1.

L'eficiència en l'ús de l'aigua a nivell de planta ( $EUA_b$ ) es va calcular a partir del quocient entre la biomassa i el consum  $H_2O$ .

### 3.10.2. Mesures d'intercanvi de gasos

L'intercanvi de gasos es va mesurar durant les primeres dues setmanes de juliol i agost per mitjà d'un mesurador d'intercanvi de gasos per infraroig, equipat amb un fluorímetre a la cambra de la fulla (Li-6400-40, Li-Cor Inc, Lincoln, EEUU). Les condicions de la cambra es van fixar a una temperatura del bloc a 31°C, que va resultar en una temperatura de les fulles entre 31 i 33°C, un dèficit de pressió de vapor entre 2,0 i 3,0 kPa i una velocitat de flux de 500 mmol aire  $min^{-1}$ . Es van induir condicions d'estat estacionari de la fotosíntesi mitjançant l'exposició de la fulla a una densitat de 1500  $\mu mol m^{-2} s^{-1}$  de fotons fotosintètics (DFFF, amb un 10% de llum blava) i una concentració de  $CO_2$  dins la cambra de 400  $\mu mol CO_2 mol^{-1}$  aire. A partir d'aquestes mesures es va poder estimar l'assimilació neta de carboni ( $A_N$ ) i la conductància estomàtica l'aigua ( $g_s$ ). L'eficiència en l'ús de l'aigua intrínseca ( $EUA_i$ ) es va calcular a partir de la relació entre la  $A_N$  i la  $g_s$ . Per fer el seguiment del reg, es va utilitzar un poròmetre (Decagon Devices, Washington, EE.UU.) (Figura 10 B), el qual també ofería un valor de la  $g_s$ .

### 3.10.3. Mesures morfo-anatòmiques foliars

El pes específic foliar (LMA, de les sigles en anglès de “leaf mass area”) es va obtenir després de finalitzar la part experimental de camp i es va calcular a partir del quocient de la massa seca de les fulles i l'àrea foliar de fulles totalment desenvolupades. Per calcular la superfície de la fulla, només es van tenir en compte els folíols de la fulla, exclouent el raquis i es va utilitzar un programa informàtic (ImageJ 1.49v, National Institutes of Health, EEUU). Per a determinar la massa seca, es va seguir el mateix procediment que per la biomassa (apartat 3.10.1).

La gruixa foliar (LT, de les sigles en anglès de “leaf thickness”) es va obtenir utilitzant un peu de rei digital (Darmet, 132-320A, Polònia) a la part mitja del folíol terminal, des del marge cap al centre del folíol, evitant les venes principals de la fulla.

### 3.10.4. Composició isotòpica en $\delta^{13}\text{C}$ de la fulla

Per a la determinació de la  $\delta^{13}\text{C}$ , es va procedir a polvoritzar les fulles seques utilitzades per calcular la LMA (Figura 15) amb el molí mesclador (Retsch MM200, Alemanya). Seguidament, es va encapsular la mostra a una càpsula d'alumini, contenint cada una d'elles entre 1,9 i 2,1 mg de mostra. Finalment, amb unes pinces, es va tancar acuradament la càpsula i es va identificar la mostra i quantitat de pols que contenia (Figura 3-5). Per cada mostra de planta es realitzaren tres càpsules o rèpliques. També es van encapsular mostres control o estàndards, procedents de fulla de melicotoner (NIST 1547). Quan es varen tenir totes les mostres encapsulades, es va determinar el contingut de  $\delta^{13}\text{C}$  mitjançant combustió a un analitzador elemental (Thermo Flash EA 1112 Series, Bremen, Alemanya), on el  $\text{CO}_2$  es va injectar directament a un espectròmetre de masses de relació isotòpica amb flux continu (Thermo-Finnigan Delta XP, Bremen, Alemanya) per a analitzar els isòtops. Les càpsules control es van analitzar cada sis mostres de fulla de tomàtiga.



Figura 15. Moli mesclador al qual es van polvoritzar les mostres de fulla seca i procés d'encapsulat de les mostres, on es mostra el moment de tancat de la càpsula i de formació de l'esfera.

### 3. 10.5. Anàlisi estadística

Les variables quantitatives es van analitzar per mitjà de l'anàlisi de la variància (ANOVA), aplicant la prova de comparació múltiple de mitjanes significatives de Duncan, considerant el nivell de significació  $p < 0,05$ . També es van realitzar matrius de correlacions de Pearson, considerant les correlacions significatives entre paràmetres quan  $p < 0,05$ , així com un anàlisi de components principals. Tots els anàlisis es van dur a terme utilitzant el software estadístic RStudio (RStudio, R Core Team, Vienna, Àustria). Per la realització dels gràfics es va utilitzar el software Microsoft® Office Excel 2007.



## 4. Resultats i discussió

### 4.1. Caracterització anatòmica de les línies estudiades

Es va fer una caracterització preliminar dels costats adaxial i abaxial de les fulles dels genotips estudiats, a la qual no s'observaren diferències entre ambdós costats.

La DT en el bloc de reg va estar compresa entre  $3,11 \pm 0,29$  % a la LI 4-1 i  $8,69 \pm 1,04$  % a la LI 10-2, on la LI 4-1 va mostrar diferències significatives respecte la resta de genotips. En quant al bloc de sequera, la DT va variar entre  $4,54 \pm 0,37$  % a la LI 4-1 i  $10,94 \pm 0,66$  % a la LI 11-3, on la LI 11-3 va ser significativament diferent respecte la resta de genotips, així com també el cv.M82 i la LI 10-2 respecte la LI 4-1. Les LI 4-1 i 11-3 van mostrar diferències significatives entre tractaments hídrics (Figura 16 A).

La DE al bloc de reg es va situar entre  $9,44 \pm 0,55$  % a la LI 11-3 i  $15,20 \pm 1,07$  % al cv. M82. En el bloc de sequera, la DE va fluctuar entre  $9,58 \pm 0,91$  % a la LI 11-3 i  $14,94 \pm 3,23$  % a la LI 4-1. En cap cas es van mostrar diferències significatives.(Figura 16 B).

La T/E al bloc de reg es va situar entre  $0,22 \pm 0,02$  a la LI 4-1 i  $0,77 \pm 0,12$  a la LI 11-3, on la LI 4-1 va ser significativament diferent vers la resta de genotips. En el bloc de sequera, la T/E va variar entre  $0,34 \pm 0,08$  a la LI 4-1 i  $1,16 \pm 0,13$  a la LI 11-3, on es van trobar diferències significatives entre la LI 11-3 i el cv. M82 i la LI 4-1, així com també entre el cv. M82 i la LI 4-1. Entre tractaments hídrics no es van mostrar diferències significatives.(Figura 16 C).

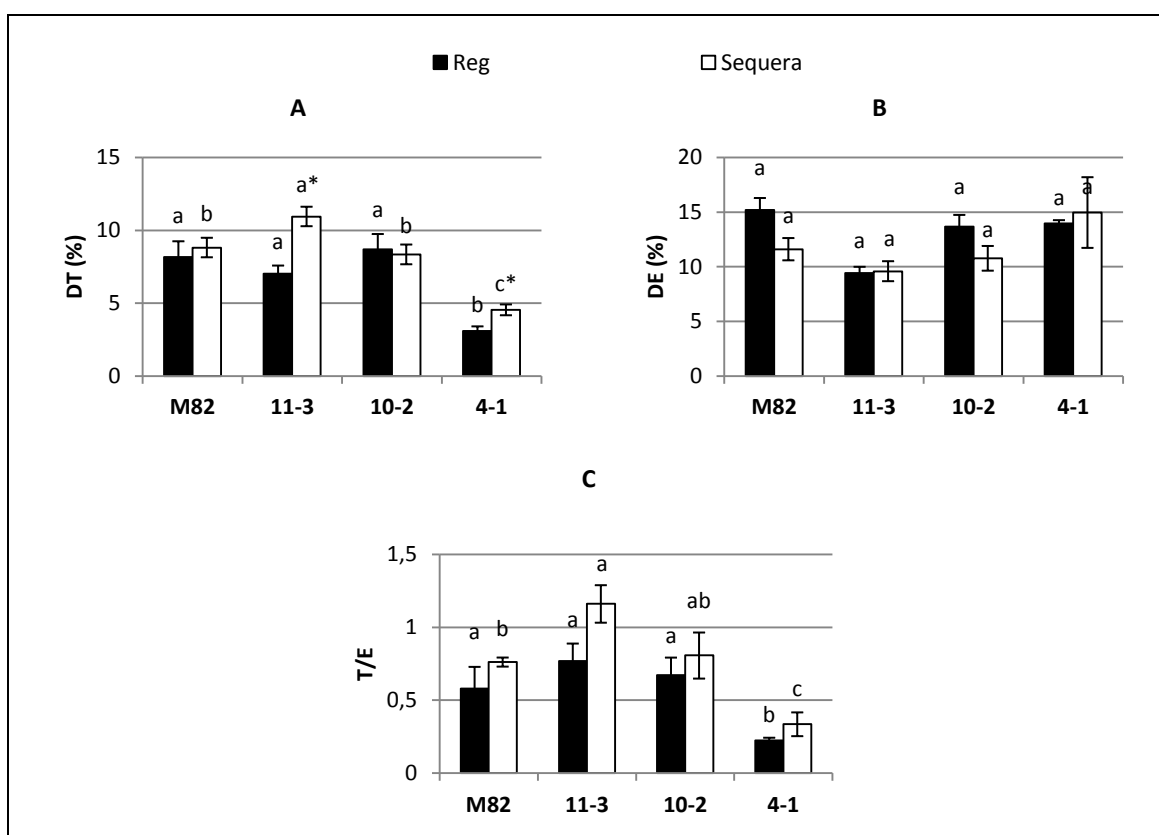


Figura 16. Caracterització anatòmica dels genotips M82, 11-3, 10-2 i 4-1, referent a la densitat de tricomes (DT) (A), a la densitat estomàtica (DE) (B) i a la ràtio entre tricomes i estomes (T/E) (C). Els valors són mitges ± error estàndard, expressats en percentatge respecte el nombre de cèl·lules epidèrmiques (n=6).

## 4.2. Caracterització morfològica de les línies estudiades

### 4.2.1. Caracterització morfològica de la planta

L'altura de les plantes al bloc de plantes de reg va estar compresa entre  $38,63 \pm 3,56$  cm a la LI 11-3 i  $53,5 \pm 1,24$  cm a la LI 10-2 sense trobar diferències significatives. En el cas del bloc de plantes en sequera, l'altura va variar entre  $39,75 \pm 3,64$  cm a la LI 11-3 i  $46,5 \pm 2,01$  cm al cv. M82, sense mostrar diferències significatives entre genotips ni entre tractaments hídrics (Taula 4).

Taula 5. Paràmetres quantitius de la caracterització morfològica a nivell de planta dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics. Els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=4$ ). Les lletres indiquen diferències significatives entre genotips, després d'aplicar el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Tractament	Genotip	Altura (cm)
Reg	M82	$47,5 \pm 6,13$ a
	11-3	$38,63 \pm 3,56$ a
	10-2	$53,5 \pm 1,24$ a
	4-1	$42,38 \pm 1,56$ a
Sequera	M82	$46,63 \pm 2,07$ a
	11-3	$39,75 \pm 3,64$ a
	10-2	$45 \pm 1,75$ a
	4-1	$46,5 \pm 2,01$ a

### 4.2.2. Caracterització morfològica de la fulla

A nivell foliar, tots els genotips d'ambdós tractaments hídrics van compartir la forma de fulla i la divisió del limbe, concretament de tomatiguera estàndard i divisió del limbe pinnada, respectivament (Figura 17) (Taula 6).

Pel que fa al port de la fulla i folíols, els genotips M82, 11-3 i 4-1 comparteixen el port de tipus horitzontal, mentre que la LI 10-2 és de tipus semipenjanant i semierecte, respectivament (Taula 6).

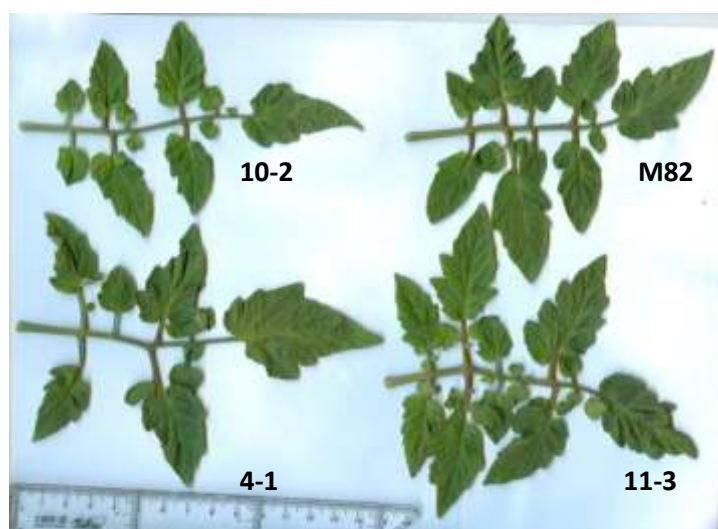


Figura 17. Imatge escanejada de les fulles de les línies estudiades, on es pot apreciar la mateixa morfologia de fulla entre genotips.

Taula 6. Paràmetres qualitius de la caracterització morfològica de la fulla dels genotips estudiats.

	Tipus de fulla	Port de la fulla	Divisió del limbe	Port dels folíols	Intensitat de color
<b>M82</b>	Estàndard	Horitzontal	Pinnada	Horitzontal	Mig
<b>11-3</b>	Estàndard	Horitzontal	Pinnada	Horitzontal	Mig
<b>10-2</b>	Estàndard	Semipenjant	Pinnada	Semierecte	Mig
<b>4-1</b>	Estàndard	Horitzontal	Pinnada	Horitzontal	Mig

A nivell de paràmetres quantitius, la llargària de la fulla de les plantes del bloc de reg va ser igual entre elles i va fluctuar entre  $12,84 \pm 0,59$  cm a la LI 10-2 i  $15,68 \pm 0,81$  cm a la LI 11-3. En quant al bloc de plantes de sequera, la llargària de fulla va variar de  $12,51 \pm 0,89$  cm al cv. M82 a  $13,69 \pm 0,33$  cm a la LI 11-3, sense trobar diferències significatives entre genotips ni entre tractaments hídrics (Taula 7).

Pel que fa a l'ample de la fulla, a les plantes del bloc de reg va estar compresa entre  $10,33 \pm 0,17$  cm a la LI 10-2 i  $13,24 \pm 0,47$  cm, a la LI 11-3. Es van trobar diferències significatives entre la LI 11-3 i les LI 4-1 i 10-2, a la vegada que entre el cv. M82 i la LI 10-2. En quant al bloc de plantes de sequera, l'ample de la fulla va variar de  $9,43 \pm 0,43$  cm a la LI 10-2 a  $12,74 \pm 0,75$  cm a la LI 11-3. Es van trobar diferències significatives entre la LI 11-3 i les LI 4-1 i 10-2, a la vegada que entre el cv. M82 i la LI 10-2. Entre tractaments hídrics no es van trobar diferències significatives (Taula 7).

En quant a la llargària del folíol terminal, a les plantes del bloc de reg va variar de  $5,23 \pm 0,12$  cm a la LI 10-2 a  $6,72 \pm 0,18$  cm a la LI 11-3, on es van trobar diferències significatives entre la LI 11-3 i les LI 4-1 i 10-2, així com també entre el cv. M82 i la LI 10-2 ( $p < 0,01$ ). Pel que fa al bloc de plantes en sequera, la llargària del folíol terminal va estar compresa entre  $4,74 \pm 0,25$  cm a la LI 10-2 i  $6,51 \pm 0,48$  cm a la LI 11-3 i va ser significativament diferent entre ambdues LI. No es van trobar diferències significatives entre tractaments hídrics (Taula 7).

L'amplària del folíol terminal, a les plantes del bloc de reg es va situar entre  $2,28 \pm 0,08$  cm a la LI 4-1 i  $2,88 \pm 0,25$  cm al cv. M82, on el propi cv. M82 i la LI 11-3 van ser significativament diferents respecte a la LI 4-1. En quant a les plantes del bloc de sequera, l'amplària del folíol terminal va variar de  $2,81 \pm 0,15$  cm a la LI 10-2 a  $3,29 \pm 0,19$  cm al cv. M82, sense mostrar diferències significatives entre genotips, però la LI 4-1 va ser significativament diferent en funció del tractament hídric (Taula 7).

Taula 7. Paràmetres quantitius de la caracterització morfològica de la fulla dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics. Els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n = 16$ ). Les lletres indiquen diferències significatives entre genotips i els asteriscs indiquen diferències significatives entre tractaments, després d'aplicar el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Tractament	Genotip	Llarg de la fulla (cm)	Ample de la fulla (cm)	Llarg folíol terminal (cm)	Ample folíol terminal (cm)
Reg	<b>M82</b>	$13,89 \pm 0,91$ a	$12,49 \pm 1,15$ ab	$6,43 \pm 0,46$ ab	$2,88 \pm 0,25$ a
	<b>11-3</b>	$15,68 \pm 0,81$ a	$13,24 \pm 0,47$ a	$6,72 \pm 0,18$ a	$2,78 \pm 0,04$ a
	<b>10-2</b>	$12,84 \pm 0,59$ a	$10,33 \pm 0,17$ c	$5,23 \pm 0,12$ c	$2,45 \pm 0,07$ ab
	<b>4-1</b>	$13,02 \pm 0,78$ a	$10,64 \pm 0,18$ bc	$5,76 \pm 0,09$ bc	$2,28 \pm 0,08$ b
Sequera	<b>M82</b>	$12,51 \pm 0,89$ a	$11,51 \pm 0,60$ ab	$5,76 \pm 0,25$ ab	$3,29 \pm 0,19$ a
	<b>11-3</b>	$13,69 \pm 0,33$ a	$12,74 \pm 0,75$ a	$6,51 \pm 0,48$ a	$3,18 \pm 0,25$ a
	<b>10-2</b>	$12,89 \pm 0,66$ a	$9,43 \pm 0,43$ c	$4,74 \pm 0,25$ b	$2,81 \pm 0,15$ a
	<b>4-1</b>	$12,72 \pm 0,39$ a	$10,56 \pm 0,70$ bc	$5,51 \pm 0,50$ ab	$2,86 \pm 0,20$ a*

#### 4.2.3. Caracterització morfològica de la inflorescència.

A nivell de flor, totes els genotips van tenir inflorescències de tipus unípara o conegut de manera col·loquial com “espina de peix”, amb coloració groga (Taula 8), d’acord com es pot veure a la imatge (Figura 18).

Taula 8. Paràmetres qualitius de la caracterització morfològica de la inflorescència dels genotips estudiats.

	Tipus d’inflorescència	Color de la flor
<b>M82</b>	Unípara	Groc
<b>11-3</b>	Unípara	Groc
<b>10-2</b>	Unípara	Groc
<b>4-1</b>	Unípara	Groc

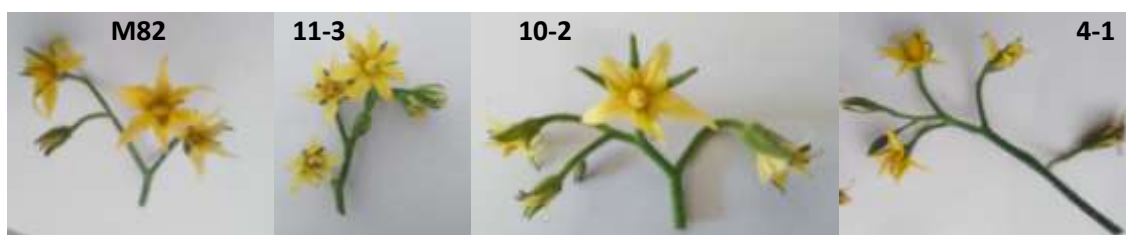


Figura 18. Imatge de les inflorescències dels genotips estudiats.

#### 4.2.4. Caracterització morfològica del fruit

A nivell de paràmetres qualitius del fruit, tots els genotips estudiats van compartir gran part dels descriptors independentment del règim hídric, on a nivell de fruit immadur, es van caracteritzar per ser de color verd clar i sense presentar espatlles ni retxes verdes, mentre que com a fruit madur, no va presentar encostellat i el color va ser vermell, d’acord amb el que s’indica a la taula (Taula 9).

Taula 9. Paràmetres qualitius de la caracterització morfològica del fruit dels genotips estudiats.

	Presència espatlles verdes	Presència ratlles verdes	Color fruit immadur	Color fruit madur	Encostellat
<b>M82</b>	No	No	Verd clar	Vermell	Absent
<b>11-3</b>	No	No	Verd clar	Vermell	Absent
<b>10-2</b>	No	No	Verd clar	Vermell	Absent
<b>4-1</b>	No	No	Verd clar	Vermell	Absent

En canvi, també els genotips difereixen en alguns descriptors, com per exemple en la forma del fruit en secció longitudinal, la qual, la LI 4-1 va presentar una forma el·líptica, el cv. M82 va mostrar una forma entre el·líptica i arrodonida, mentre que la LI 10-2 va ser de tipus arrodonida. La LI 11-3 va mostrar una forma de fruit aplanada (Figura 19 i 20) (Taula 10).

Respecte a la forma del fruit en secció transversal, els genotips M82 i 4-1 van presentar una forma, de tipus rodó, mentre que la LI 11-3 va tenir una forma de tipus angular i la LI 10-2, en un terme mig entre rodó i angular (Figura 19 i 20) (Taula 10).

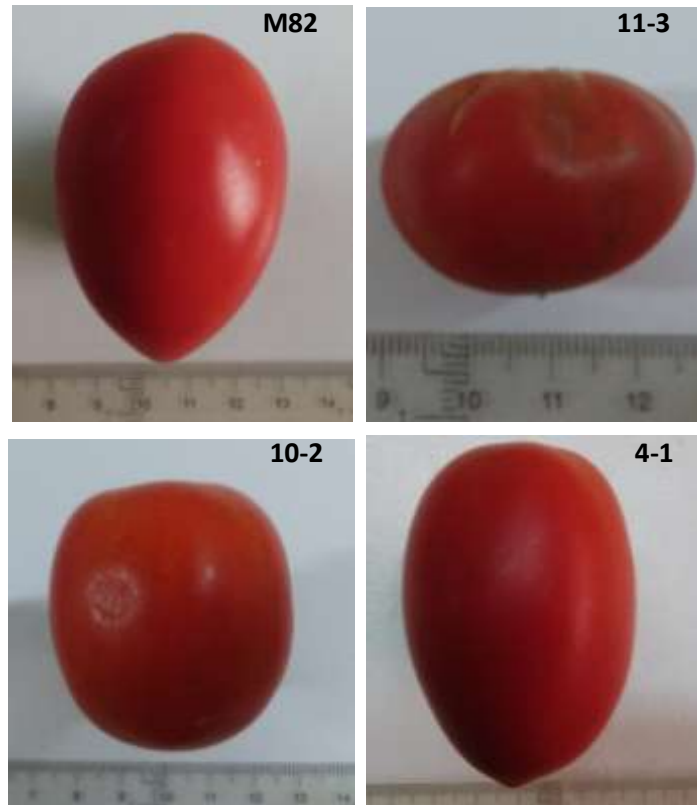


Figura 19. Imatge dels fruits dels genotips estudiats, on es pot apreciar la diferent forma en funció de la línia d'introgressió.

En quant a la forma de l'extrem distal, les LI 11-3 i 10-2 van presentar forma plana, mentre que el cv. M82 va tenir forma plana a lleugerament punxeguda i la LI 4-1 va mostrar una forma lleugerament punxeguda a punxeguda (Figura 19) (Taula 10).

Finalment, cal esmentar el tipus de cicatriu pistil·lar, on el cv. M82 i les LI 11-3 i 4-1 la van presentar de tipus puntejat, mentre que la LI 10-2 la va tenir de tipus irregular (Taula 10).

Taula 10. Paràmetres qualitius de la caracterització morfològica del fruit dels genotips estudiats.

	<b>Forma secció longitudinal</b>	<b>Forma secció transversal</b>	<b>Forma extrem distal</b>	<b>Forma cicatriu pistil·lar</b>
<b>M82</b>	El·líptica/arrodonida	Rodo	Plana/lleugerament punxeguda	Puntejat
<b>11-3</b>	Aplanada	Angular	Plana	Puntejat
<b>10-2</b>	Arrodonida	Rodo/angular	Plana	Irregular
<b>4-1</b>	El·líptica	Rodo	Lleugerament punxeguda/punxeguda	Puntejat

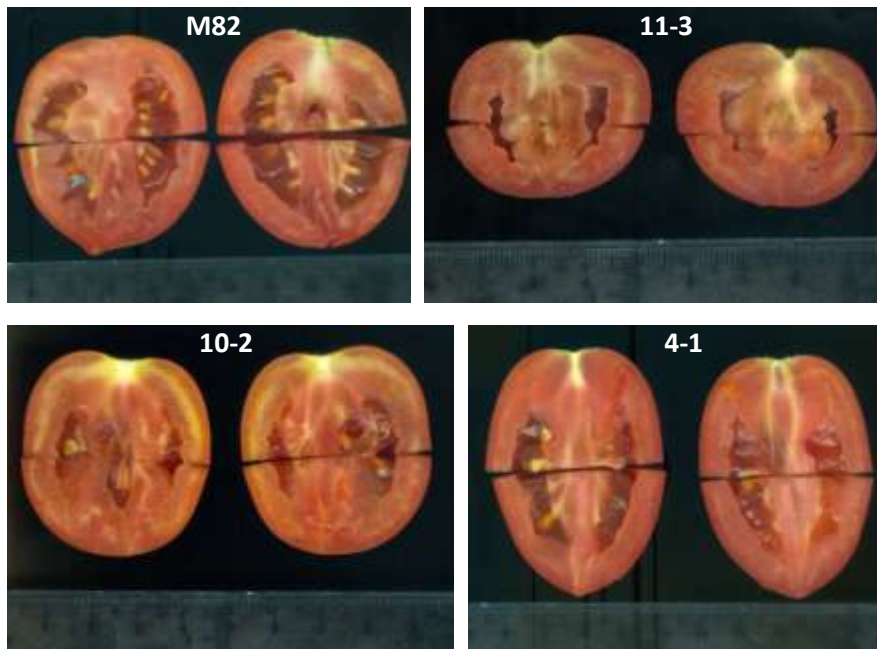


Figura 20. Imatge dels fruits de les línies estudiades en secció longitudinal.

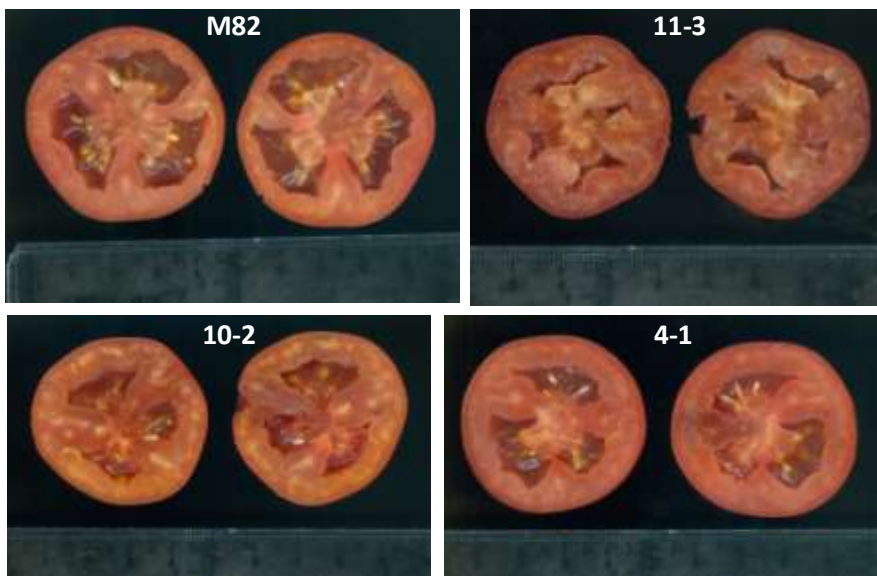


Figura 21. Imatge dels fruits de les línies estudiades en secció transversal.

Sobre els paràmetres quantitius del fruit, la llargària dels fruits produïts en reg va estar compresa entre  $3,39 \pm 0,20$  cm a la LI 11-3 i  $5,42 \pm 0,23$  cm al cv. M82, on es van trobar diferències significatives dels genotips M82 i 4-1 respecte les LI 11-3 i 10-2, així com també entre les LI 10-2 i 11-3. En el cas de la llargària dels fruits produïts en el tractament de sequera, aquesta va variar entre  $2,81 \pm 0,01$  cm a la LI 11-3 i  $5,01 \pm 0,08$  cm al cv. M82, el qual va ser significativament diferent respecte les LI 10-2 i 11-3, a la vegada que entre les LI 4-1 i 11-3. Entre tractaments hídrics no es van detectar diferències significatives (Taula 11).

En quant al diàmetre del fruit, al bloc de reg es va situar entre  $3,64 \pm 0,16$  cm a la LI 4-1 i  $4,38 \pm 0,22$  cm al cv. M82, on aquest darrer genotip va ser significativament diferent respecte totes les LI estudiades. Pel que fa a les plantes del bloc de sequera, el diàmetre del fruit va estar compres entre  $3,16 \pm 0,09$  cm a la LI 11-3 i  $3,88 \pm 0,17$  cm al cv. M82, sense ser significativament diferents. Es van trobar diferències significatives entre tractaments hídrics, concretament a la LI 10-2 (Taula 11).

Respecte al nombre de lòculs, al bloc de reg va variar de  $2,46 \pm 0,21$  cm a la LI 4-1 a  $3,02 \pm 0,19$  cm a la LI 11-3, sense mostrar diferències significatives. En el bloc de sequera, el nombre de lòculs va estar compres entre  $2,25 \pm 0,10$  cm a la LI 4-1 i  $3,32 \pm 0,13$  cm a la LI 11-3, on les LI 11-3 i 10-2 van ser significativament diferents respecte el cv. M82 i la LI 4-1. No es van trobar diferències significatives entre tractaments (Taula 11).

Finalment, el gruix del pericarpí del bloc de reg va variar de  $0,51 \pm 0,03$  cm a la LI 11-3 a  $0,62 \pm 0,03$  cm al cv. M82, sense trobar diferències significatives. Pel que fa al bloc de plantes de sequera va variar de  $0,42 \pm 0,03$  cm a la LI 11-3 a  $0,66 \pm 0,03$  cm al cv. M82, el qual va ser significativament diferent respecte totes les LI estudiades. Entre tractaments hídrics no es van trobar diferències significatives (Taula 11).

Taula 11. Paràmetres quantitius de la caracterització morfològica del fruit dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics. Els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=16-20$ ), excepte a la LI 11-3 on els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=12$ ). Les lletres indiquen diferències significatives entre genotips i els asteriscs indiquen diferències significatives entre tractaments, després d'aplicar el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Tractament	Genotip	Llarg del fruit (cm)	Diàmetre del fruit (cm)	Lòculs	Gruix del pericarpí (cm)
Reg	M82	$5,42 \pm 0,23$ a	$4,38 \pm 0,22$ a	$2,78 \pm 0,13$ a	$0,62 \pm 0,03$ a
	11-3	$3,39 \pm 0,20$ c	$3,86 \pm 0,04$ bc	$3,02 \pm 0,19$ a	$0,51 \pm 0,03$ a
	10-2	$4,26 \pm 0,22$ b	$4,26 \pm 0,04$ ab	$2,83 \pm 0,37$ a	$0,59 \pm 0,04$ a
	4-1	$5,19 \pm 0,36$ a	$3,64 \pm 0,16$ c	$2,46 \pm 0,21$ a	$0,57 \pm 0,05$ a
Sequera	M82	$5,01 \pm 0,08$ a	$3,88 \pm 0,17$ a	$2,43 \pm 0,10$ b	$0,66 \pm 0,03$ a
	11-3	$2,81 \pm 0,01$ c	$3,16 \pm 0,09$ a	$3,32 \pm 0,13$ a	$0,42 \pm 0,03$ b
	10-2	$3,67 \pm 0,24$ bc	$3,75 \pm 0,13$ a*	$2,93 \pm 0,19$ a	$0,52 \pm 0,04$ b
	4-1	$4,67 \pm 0,55$ ab	$3,36 \pm 0,25$ a	$2,25 \pm 0,10$ b	$0,51 \pm 0,05$ b

### 4.3. Caracterització agronòmica de les línies estudiades

#### 4.3.1. Producció

En el cas de la producció, al bloc de reg no es varen trobar diferències significatives entre genotips, i va estar compresa entre  $86,58 \pm 26,87$  g a la LI 4-1 i  $401,55 \pm 185,4$  g al cv. M82. En quant al bloc de sequera va variar entre  $78,65 \pm 17,35$  g a la LI 11-3 i  $148,21 \pm 26,67$  g al cv. M82, sense presentar diferències significatives entre genotips ni entre tractaments hídrics (Taula 12).

#### 4.3.2. Nombre de fruits

Respecte al nombre de fruits produïts, en el bloc de plantes de reg va estar compres entre  $2,25 \pm 0,48$  a la LI 4-1 i  $10,25 \pm 3,42$  fruits al cv. M82, sense trobar diferències significatives entre genotips. En quant al bloc de sequera, el nombre va variar de  $3 \pm 0,41$  fruits a la LI 4-1 a  $5,5 \pm 1,06$  fruits a la LI 11-3, sense trobar diferències significatives entre línies d'estudi. Tampoc es van mostrar diferències significatives entre tractaments hídrics. (Taula 12).

#### 4.3.3. Pes mig del fruit

Pel que fa al pes mig dels fruits, al bloc de plantes de reg va estar compres entre  $22,77 \pm 2,47$  g a la LI 11-3 i  $41,85 \pm 3,03$  g a la LI 10-2, sense trobar diferències significatives entre genotips, Respecte al bloc de sequera, el pes mig va variar de  $14,13 \pm 0,43$  g a la LI 11-3 a  $41,61 \pm 4,69$  g al cv. M82, el qual va ser significativament diferent respecte a la LI 11-3 (Taula 12). Es van trobar diferències significatives entre tractaments hídrics, concretament a la LI 10-2.

Taula 12. Paràmetres quantitius de la caracterització agronòmica dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics. Els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=16-20$ ), excepte a la LI 11-3 on els valors son mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=12$ ). Les lletres indiquen diferències significatives entre genotips i els asteriscs indiquen diferències significatives entre tractaments, després d'aplicar el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Tractament	Genotip	Producció (g)	Nombre de fruits	Pes mig del fruit (g)
Reg	M82	$401,55 \pm 185,4$ a	$10,25 \pm 3,42$ a	$35,12 \pm 7,59$ a
	11-3	$111,01 \pm 43,26$ a	$5 \pm 1,69$ a	$22,77 \pm 2,47$ a
	10-2	$160,59 \pm 21,59$ a	$4 \pm 0,87$ a	$41,85 \pm 3,03$ a
	4-1	$86,58 \pm 26,87$ a	$2,25 \pm 0,48$ a	$36,93 \pm 5,3$ a
Sequera	M82	$148,21 \pm 26,67$ a	$3,5 \pm 0,29$ a	$41,61 \pm 4,69$ a
	11-3	$78,65 \pm 17,35$ a	$5,5 \pm 1,06$ a	$14,13 \pm 0,43$ b
	10-2	$90,64 \pm 29,43$ a	$3,25 \pm 0,63$ a	$25,94 \pm 3,47$ ab*
	4-1	$96,76 \pm 29,45$ a	$3 \pm 0,41$ a	$29,71 \pm 6,84$ ab

### 4.4. Caracterització de la qualitat del fruit

#### 4.4.1. Color

El color L o lluminositat a les plantes del bloc de reg es va situar entre  $34,05 \pm 1,02$  a la LI 11-3 i  $37,71 \pm 0,62$  a la LI 4-1, sense trobar diferències significatives. En quant al bloc de sequera, el



valor va fluctuar de  $33,95 \pm 1,38$  a la LI 11-3 a  $36,58 \pm 0,71$  a la LI 10-2, sense trobar diferències significatives entre genotips ni entre tractaments hídrics diferents (Taula 13).

En quant al color  $a^*$ , al bloc de reg va fluctuar de 42,08 a la LI 11-3 a 46,79 a la LI 4-1, sense trobar diferències significatives. Pel que fa al bloc de sequera, el valor va variar entre 45,04 al cv. M82 i 48,73 a la LI 4-1. Es van trobar diferències significatives entre la LI 4-1 i el cv. M82 ( $p < 0,05$ ). No es van trobar diferències entre tractaments hídrics (Taula 113).

Per altra banda, el color  $b^*$  al bloc de reg va estar compres entre 17,96 al cv. M82 i 21,88 a la LI 4-1, sense mostrar diferències significatives. En quant al bloc de sequera el valor es va situar entre 16,47 a la LI 11-3 i 19,41 a la LI 4-1, sense trobar diferències significatives entre genotips ni entre règims hídrics (Taula 13).

#### 4.4.2. Duresa

Pel que fa a la duresa, al bloc de plantes de reg, la duresa es va situar entre  $67,35 \pm 1,86$  Shores a la LI 10-2 i  $73,35 \pm 0,54$  Shores al cv. M82, sense mostrar diferències significatives. En quant al bloc de sequera, la duresa va variar de  $65,73 \pm 2,10$  Shores a la LI 11-3 a  $72,4 \pm 3,77$  Shores a la LI 4-1, sense trobar diferències significatives ni entre tractaments hídrics (Taula 13).

#### 4.4.3. pH

En quant al pH, en el bloc de plantes de reg, el pH va estar compres entre 4,3 al cv. M82 i 4,46 a la LI 11-3, sense trobar diferències significatives, mentre que al bloc de sequera va variar de 4,2 al cv. M82 a 4,33 a la LI 10-2, sense mostrar diferències significatives. Entre tractaments hídrics no es van mostrar diferències significatives (Taula 13).

#### 4.4.4. Sòlids solubles totals

Respecte al contingut de sucres, en el bloc de reg va variar entre  $3,59 \pm 0,25$  °Brix al cv. M82 i  $4,97 \pm 0,12$  °Brix a la LI 10-2. Es van trobar diferències significatives entre la LI 10-2 i la resta dels genotips estudiats. En quant al bloc de sequera, va estar compres entre  $4,58 \pm 0,20$  °Brix a la LI 11-3 i  $5,51 \pm 0,16$  °Brix a la LI 10-2. La LI 10-2 va mostrar significativament el major valor respecte a la resta de genotips. Entre tractaments hídrics el cv. M82 i les LI 11-3 i 4-1 van mostrar diferències significatives (Taula 13).

#### 4.4.5. Acidesa

L'acidesa del fruits obtinguts en reg va variar de  $0,20 \pm 0,04$  g àcid cítric/100 ml a la LI 11-3 a  $0,31 \pm 0,03$  g àcid cítric/100 ml a la LI 10-2, on la LI 10-2 va ser significativament diferent respecte la resta de genotips estudiats. En quant al bloc de sequera, l'acidesa es va situar entre  $0,27 \pm 0,00$  g d'àcid cítric/100 ml a la LI 11-3 i  $0,33 \pm 0,02$  g d'àcid cítric/100 ml al cv. M82, sense trobar diferències significatives. El cv. M82 va mostrar diferències significatives entre tractaments hídrics (Taula 13).

Taula 13. Paràmetres quantitatius de la caracterització de qualitat del fruit dels genotips estudiats baix els dos règims hídrics. Els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n= 16 - 20$ ), excepte a la LI 11-3 on els valors son mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=12$ ). Les lletres indiquen diferències significatives entre genotips i els asteriscs indiquen diferències significatives entre tractaments, després d'aplicar el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Tractament	Genotip	L	a*	b*	Duresa (Shores)	pH	SST (°Brix)	Acidesa (g àcid cítric/100 ml)
<b>Reg</b>	<b>M82</b>	36,75 $\pm$ 1,20 a	44,08 $\pm$ 0,89 a	17,96 $\pm$ 0,89 a	73,35 $\pm$ 0,54 a	4,30 $\pm$ 0,04 a	3,59 $\pm$ 0,25 b	0,23 $\pm$ 0,01 b
	<b>11-3</b>	34,05 $\pm$ 1,02 a	42,08 $\pm$ 0,53 a	18,95 $\pm$ 1,61 a	67,91 $\pm$ 1,27 a	4,46 $\pm$ 0,14 a	3,66 $\pm$ 0,10 b	0,20 $\pm$ 0,04 b
	<b>10-2</b>	35,25 $\pm$ 1,29 a	45,73 $\pm$ 1,28 a	19,75 $\pm$ 2,59 a	67,39 $\pm$ 1,86 a	4,33 $\pm$ 0,08 a	4,97 $\pm$ 0,12 a	0,31 $\pm$ 0,03 a
	<b>4-1</b>	37,71 $\pm$ 0,62 a	46,79 $\pm$ 1,50 a	21,88 $\pm$ 1,22 a	70,15 $\pm$ 1,7 a	4,43 $\pm$ 0,03 a	4,1 $\pm$ 0,05 b	0,22 $\pm$ 0,01 b
<b>Sequera</b>	<b>M82</b>	34,89 $\pm$ 0,83 a	45,04 $\pm$ 0,87 b	17,84 $\pm$ 2,1 a	70,09 $\pm$ 0,51 a	4,2 $\pm$ 0,03 a	4,81 $\pm$ 0,05 b*	0,33 $\pm$ 0,02 a*
	<b>11-3</b>	33,95 $\pm$ 1,38 a	45,78 $\pm$ 0,67 ab	16,47 $\pm$ 2,20 a	65,73 $\pm$ 2,10 a	4,3 $\pm$ 0,01 a	4,58 $\pm$ 0,20 b*	0,27 $\pm$ 0,00 a
	<b>10-2</b>	36,58 $\pm$ 0,71 a	48,28 $\pm$ 0,66 ab	17,97 $\pm$ 1,04 a	68,85 $\pm$ 1,42 a	4,33 $\pm$ 0,06 a	5,51 $\pm$ 0,16 a	0,29 $\pm$ 0,01 a
	<b>4-1</b>	35,44 $\pm$ 0,90 a	48,73 $\pm$ 0,59 a	19,41 $\pm$ 2,07 a	72,4 $\pm$ 3,77 a	4,27 $\pm$ 0,09 a	4,69 $\pm$ 0,21 b*	0,28 $\pm$ 0,04 a

## 4.5. Caracterització fisiològica de les línies estudiades

### 4.5.1. Mesures fisiològiques a nivell de planta

La biomassa produïda en les plantes del bloc de reg, va estar compresa entre  $39,69 \pm 6,46$  g al cv. M82 i  $48,71 \pm 5,50$  g a la LI 10-2, sense mostrar diferències significatives entre genotips. En quant al bloc de plantes de sequera, va variar de  $29,51 \pm 1,14$  g a la LI 4-1 a  $48,71 \pm 2,03$  g a la LI 11-3, sense mostrar diferències significatives. Entre tractaments hídrics diferents, la LI 4-1 va mostrar diferències significatives (Taula 14).

El consum d'aigua al bloc de plantes de reg va fluctuar de  $49,64 \pm 1,19$  l/planta a la LI 11-3 a  $56,4 \pm 1,04$  l/planta a la LI 4-1. Les LI 4-1 i 10-2 va mostrar diferències significatives respecte la LI 11-3. En quant al bloc de sequera, va estar compres entre  $35,83 \pm 1,05$  l/planta a la LI 11-3 i  $40,66 \pm 2,72$  l/planta a la LI 10-2, sense mostrar diferències significatives. En canvi, entre tractaments hídrics, tots els genotips estudiats mostraren diferències significatives (Taula 14).

L'EUA<sub>b</sub> a les plantes en reg es va situar entre  $0,74 \pm 0,04$  g/l H<sub>2</sub>O a la LI 4-1 i  $0,89 \pm 0,1$  g/l H<sub>2</sub>O a la LI 10-2, sense mostrar diferències significatives. En quant a les plantes en sequera es va situar entre  $0,79 \pm 0,02$  g/l H<sub>2</sub>O a la LI 4-1 i  $1,36 \pm 0,06$  g/l H<sub>2</sub>O a la LI 11-3. La LI 4-1 va ser significativament diferent respecte la resta de genotips estudiats. Entre tractaments hídrics, el cv. M82 i la LI 11-3 varen ser significativament diferents (Taula 14).

### 4.5.2. Mesures d'intercanvi de gasos

La A<sub>N</sub> a les plantes de reg va estar compresa entre  $13,22 \pm 1,16$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  al cv. M82 a  $16,87 \pm 1,26$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a la LI 10-2, sense mostrar diferències significatives. En quant al bloc de sequera, va variar de  $11,52 \pm 0,8$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  al cv. M82 a  $15,57 \pm 2,38$   $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a la LI 11-3, sense mostrar diferències significatives. No es van trobar diferències significatives entre tractaments hídrics (Taula 14).

La g<sub>s</sub> va ser significativament igual en el bloc de plantes de reg i va estar compresa entre  $0,222 \pm 0,046$   $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  al cv. M82 i  $0,272 \pm 0,027$   $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , a la LI 4-1. En quant a les plantes en sequera, va variar entre  $0,165 \pm 0,021$   $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  al cv. M82 i  $0,233 \pm 0,009$   $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a la LI 4-1, sense trobar diferències significatives. Tampoc es van mostrar diferències significatives entre tractaments hídrics diferents (Taula 14).

L'EUA<sub>i</sub> de les plantes amb el règim hídric de reg no va presentar diferències significatives i es va moure entre  $57,09 \pm 4,68$   $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$  a la LI 4-1 i  $75,88 \pm 2,11$   $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$  a la LI 10-2. En quant a bloc de sequera, va variar entre  $53,74 \pm 2,76$   $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$  a la LI 4-1 i  $84,52 \pm 6,92$   $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$  a la LI 11-3, on la LI 4-1 va mostrar diferències significatives respecte la resta de genotips estudiats (Taula 14). Únicament la LI 11-3 va presentar diferències significatives entre tractaments hídrics.

#### 4.5.3. Mesures morfo-anatòmiques foliars

El LMA, en el cas de les plantes de reg, va variar entre  $58,12 \pm 4,33 \text{ g/m}^2$  a la LI 4-1 i  $82,37 \pm 6,58 \text{ g/m}^2$  a la LI 10-2, sense trobar diferències significatives. A les plantes sotmeses a sequera, va fluctuar entre  $63,83 \pm 6,35 \text{ g/m}^2$  a la LI 4-1 i  $98,65 \pm 5,72 \text{ g/m}^2$  a la LI 10-2. La LI 10-2 i el cv. M82 van presentar diferències significatives respecte les LI 11-3 i 4-1. Entre tractaments hídrics no es van mostrar diferències significatives (Taula 14).

La LT al bloc de plantes de reg va variar entre  $0,63 \pm 0,03 \text{ mm}$  a la LI 4-1 i  $0,8 \pm 0,03 \text{ mm}$  a la LI 11-3. La LI 11-3 va ser significativament diferent respecte la resta de genotips. En quant a les plantes en sequera, va variar entre  $0,63 \pm 0,05 \text{ mm}$  a la LI 11-3 i  $0,81 \pm 0,02 \text{ mm}$  a la LI 10-2. Es van trobar diferències significatives entre la LI 10-2 i les LI 4-1 i 11-3, a la vegada que entre el cv. M82 i la LI 11-3. Les LI 11-3 i 10-2 van ser significativament diferents entre tractaments hídrics (Taula 14).

#### 4.5.4. Composició isotòpica en $\delta^{13}\text{C}$ de la fulla

El  $\delta^{13}\text{C}$  en el bloc de reg, va variar de  $-27,95 \pm 0,34 \text{ ‰}$  a la LI 11-3 a  $-29,44 \pm 0,33 \text{ ‰}$  a la LI 4-1. Les LI 11-3 i 10-2 van ser significativament diferents a la LI 4-1. Pel que fa al bloc de sequera va anar des de  $-27,80 \pm 0,19 \text{ ‰}$  a la LI 11-3 a  $-29,00 \pm 0,38 \text{ ‰}$  a la LI 4-1, on la LI 11-3 va ser significativament diferent de la LI 4-1 (Taula 14). No es van mostrar diferències significatives entre tractaments hídrics.

Taula 14. Paràmetres quantitius de la caracterització fisiològica dels genotips estudiats baix els dos tractaments hídrics. Els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=4$ ). Les lletres indiquen diferències significatives entre genotips i els asteriscs indiquen diferències significatives entre tractaments, després d'aplicar el test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

Tractament	Genotip	Biomassa (g)	Consum H <sub>2</sub> O (l/planta)	A <sub>n</sub> ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	g <sub>s</sub> ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	EUA <sub>i</sub> ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{mol H}_2\text{O}$ )	EUA <sub>b</sub> (g/l)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	LMA ( $\text{g/m}^2$ )	LT (mm)
Reg	M82	39,69 $\pm$ 6,46 a	52,34 $\pm$ 1,81 ab	13,22 $\pm$ 1,16 a	0,222 $\pm$ 0,046 a	66,22 $\pm$ 11,52 a	0,76 $\pm$ 0,12 a	-28,56 $\pm$ 0,51 ab	79,45 $\pm$ 9,56 a	0,7 $\pm$ 0,05 b
	11-3	42,31 $\pm$ 3,28 a	49,64 $\pm$ 1,19 b	15,82 $\pm$ 1,43 a	0,243 $\pm$ 0,026 a	65,6 $\pm$ 7,33 a	0,85 $\pm$ 0,05 a	-27,95 $\pm$ 0,34 a	71,2 $\pm$ 9,45 a	0,8 $\pm$ 0,03 a
	10-2	48,71 $\pm$ 5,50 a	54,69 $\pm$ 1,79 a	16,87 $\pm$ 1,26 a	0,229 $\pm$ 0,026 a	75,88 $\pm$ 2,11 a	0,89 $\pm$ 0,1 a	-28,05 $\pm$ 0,2 a	82,37 $\pm$ 6,58 a	0,69 $\pm$ 0,01 b
	4-1	42,04 $\pm$ 3,25 a	56,4 $\pm$ 1,04 a	15,31 $\pm$ 1,35 a	0,272 $\pm$ 0,027 a	57,09 $\pm$ 4,68 a	0,74 $\pm$ 0,04 a	-29,44 $\pm$ 0,33 b	58,12 $\pm$ 4,33 a	0,63 $\pm$ 0,03 b
Sequera	M82	45,09 $\pm$ 4,37 a	39,38 $\pm$ 0,58 a*	11,52 $\pm$ 0,8 a	0,165 $\pm$ 0,021 a	71,44 $\pm$ 4,26 a	1,14 $\pm$ 0,09 a*	-28,54 $\pm$ 0,44 ab	96,01 $\pm$ 3,41 a	0,76 $\pm$ 0,04 ab
	11-3	48,71 $\pm$ 2,03 a	35,83 $\pm$ 1,05 a*	15,57 $\pm$ 2,38 a	0,187 $\pm$ 0,034 a	84,52 $\pm$ 6,92 a*	1,36 $\pm$ 0,06 a*	-27,80 $\pm$ 0,19 a	64,18 $\pm$ 6,69 b	0,63 $\pm$ 0,05 c*
	10-2	46,77 $\pm$ 10,49 a	40,66 $\pm$ 2,72 a*	13,2 $\pm$ 1,59 a	0,184 $\pm$ 0,014 a	71,60 $\pm$ 5,27 a	1,12 $\pm$ 0,17 a	-28,14 $\pm$ 0,27 ab	98,65 $\pm$ 5,72 a	0,81 $\pm$ 0,02 a*
	4-1	29,51 $\pm$ 1,14 a*	37,5 $\pm$ 0,9 a*	12,53 $\pm$ 0,8 a	0,233 $\pm$ 0,009 a	53,74 $\pm$ 2,76 b	0,79 $\pm$ 0,02 b	-29,00 $\pm$ 0,38 b	63,83 $\pm$ 6,35 b	0,66 $\pm$ 0,03 bc

#### 4.6. Correlacions entre paràmetres.

Pel que fa els paràmetres de qualitat de fruit, l'acidesa va correlacionar negativament amb el pH ( $R^2 = 0,59$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura 22 A); mentre que es va establir una correlació positiva amb el contingut de SST ( $R^2 = 0,69$ ;  $p < 0,01$ ) (Figura 22 B). Ara bé, també es van observar altres relacions, en aquest cas, entre els paràmetres d'acidesa, pH i SST respecte el consum d'aigua, que destaquen per tenir un coeficient de correlació més baix que les anteriors (Figura 22 C, D i E).

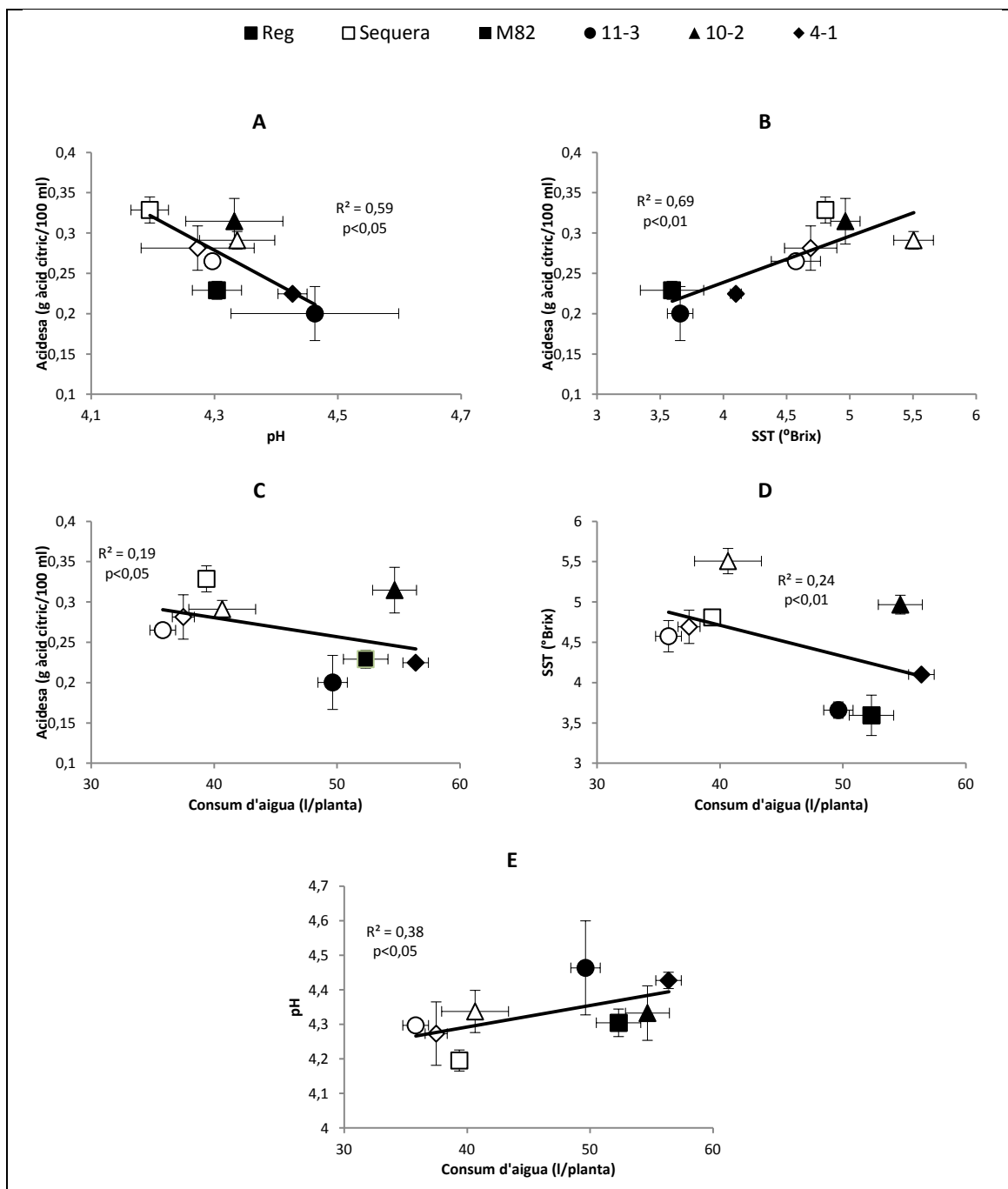


Figura 22. Correlació entre l'acidesa del fruit i pH (A) i els sòlids solubles totals (SST) (B), entre el consum d'aigua i l'acidesa del fruit (C), els sòlids solubles totals (SST) (D) i el pH (E). Els valors del pH, acidesa i SST són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n = 16 - 20$ ), excepte per la LI 11-3 on els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=12$ ). Els valors del consum d'aigua són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=4$ ).

En quant a paràmetres anatòmics, es va observar una correlació negativa ( $R^2 = 0,94$ ) entre la DE i la DT, únicament en el tractament de sequera (Figura 23 A). Respecte entre paràmetres anatòmics i fisiològics, es va mostrar una correlació positiva entre la T/E i l'EUA<sub>i</sub> ( $R^2 = 0,83$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 23 B), així com també entre la T/E i l'EUA<sub>b</sub> ( $R^2 = 0,75$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 23 C). Entre paràmetres fisiològics, es va correlacionar positivament l'EUA<sub>i</sub> i l'EUA<sub>b</sub> ( $R^2 = 0,67$ ;  $p < 0,01$ ) (Figura 23 D) i també l'EUA<sub>i</sub> i el  $\delta^{13}C$  ( $R^2 = 0,67$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura 23 E). També es va constatar una relació entre paràmetres morfo-anatòmics, concretament entre el LMA i la LT ( $R^2 = 0,49$ ;  $p < 0,05$ ) (Figura 23 F).

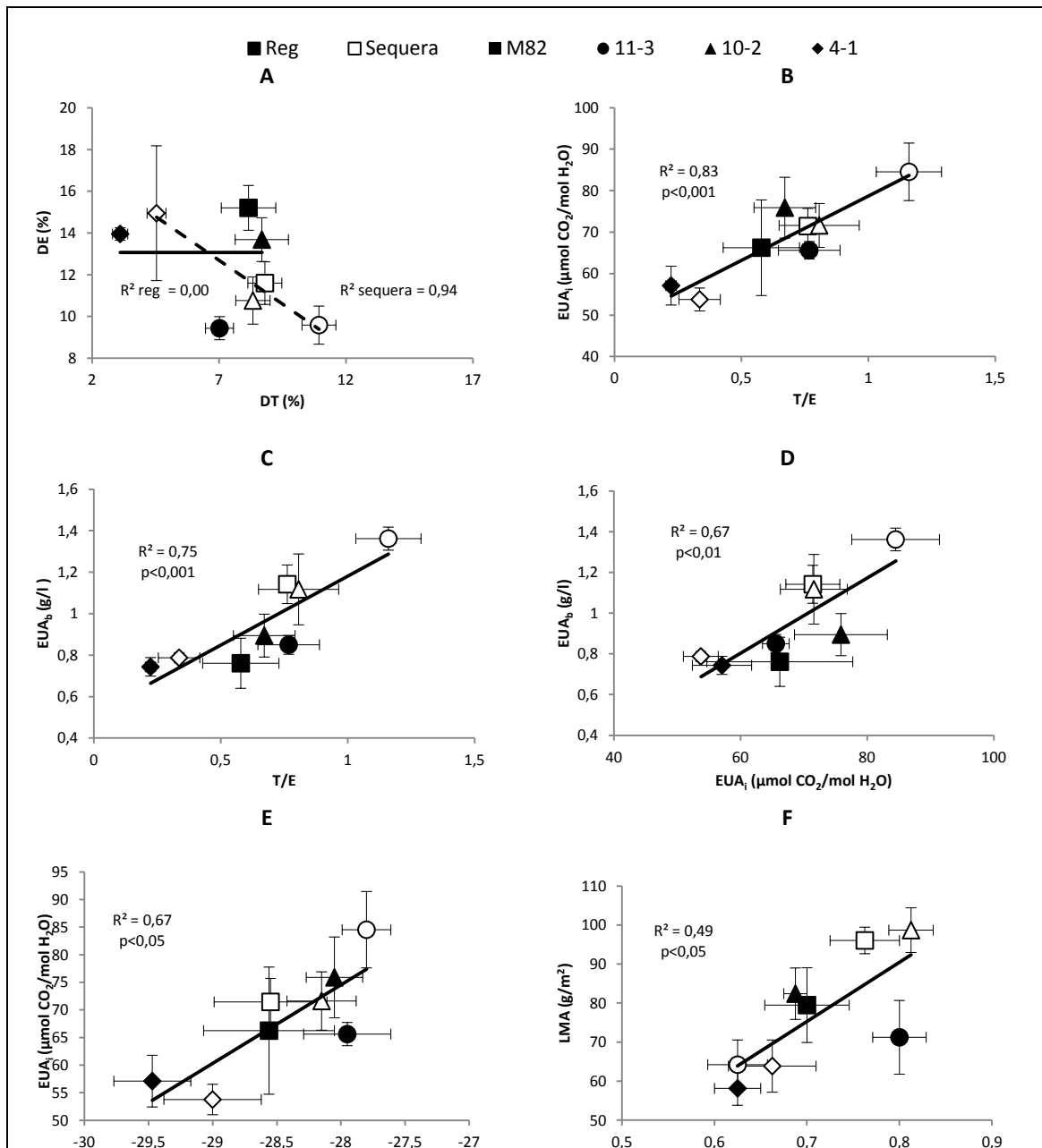


Figura 23. Correlació entre densitat estomàtica i densitat de tricomes (A), entre l'eficiència en l'ús de l'aigua intrínseca (EUA<sub>i</sub>) i la ràtio entre tricomes i estomes (T/E) (B), entre l'eficiència en l'ús de l'aigua a nivell de planta (EUA<sub>b</sub>) i el quocient entre tricomes i estomes (T/E) (C) entre l'eficiència en l'ús de l'aigua a nivell de planta (EUA<sub>b</sub>) i l'eficiència en l'ús de l'aigua intrínseca (EUA<sub>i</sub>) (D), entre l'eficiència en l'ús de l'aigua a nivell de planta (EUA<sub>b</sub>) i composició isotòpica en  $\delta^{13}C$  de la fulla ( $\delta^{13}C$ ) (E) i entre el pes específic foliar (LMA) i el gruix de la fulla (LT) (F). Tots els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=4$ ), excepte per (A) on els valors són mitges  $\pm$  error estàndard ( $n=6$ ).

L'anàlisi de components principals (PCA) va demostrar clarament la diferenciació entre tractaments hídrics, alhora que també va permetre veure més notòriament diverses correlacions, algunes de les quals s'han indicat anteriorment.

El component principal 1 (PC1) va explicar el 34,9% de la variació total i el component principal 2 (PC2) explicà el 29% de la variació. Els paràmetres més importants del PC1 van ser l'EUA<sub>b</sub>, el SST, l'acidesa i la  $\delta^{13}\text{C}$ , al qual es van mostrar relacions positives entre el contingut en SST i l'acidesa, i entre el consum d'aigua i la  $g_s$ . També existeixen relacions oposades entre el contingut en SST i acidesa respecte el consum H<sub>2</sub>O i la  $g_s$ . En quant al PC2, els paràmetres que hi van destacar van ser la llargària de fulla, la A<sub>N</sub>, el pH, l'acidesa, la llargada del fruit i la duresa, al qual es van donar relacions oposades entre la biomassa produïda i la  $\delta^{13}\text{C}$  respecte la producció, diàmetre i llargada del fruit i el gruix del pericarpí. En canvi, existeixen relacions positives entre la llargada i l'amplada de la fulla així com també amb A<sub>N</sub>. També es van donar relacions positives entre la biomassa i la  $\delta^{13}\text{C}$ , la producció de fruits i el diàmetre del fruit, el diàmetre i llargada del fruit respecte el gruix del pericarpí i també entre la llargària i l'amplada de la fulla.

La distribució dels paràmetres en forma de vector sobre els dos eixos principals del PCA varen agrupar les línies estudiades segons el tractament al qual estaven sotmeses. D'aquesta manera, destacar que al tractament hídric de sequera, tenen més força els paràmetres d'acidesa, SST, la biomassa, la  $\delta^{13}\text{C}$  i l'EUA<sub>b</sub>, on tals valors són més elevats respecte al règim hídric de reg. En quant al tractament hídric de reg, hi predominen paràmetres com la producció, el diàmetre, llarg i duresa del fruit, el consum H<sub>2</sub>O, la  $g_s$ , la A<sub>N</sub>, el llarg i ample de la fulla i el pH, els quals, són més alts respecte al tractament de sequera.

En ambdós tractaments hídrics, els genotips estudiats estan suficientment separats entre ells i segueixen un mateix patró en quant a la distribució, de manera que es poden diferenciar entre ells a nivell de paràmetres. Per exemple, en el grup de genotips en sequera, la LI 11-3 es situa a un dels extrems de PC2, on mostra els valors més alts en biomassa i  $\delta^{13}\text{C}$ , la LI 10-2 destaca en els valors de SST i acidesa, mentre que en el bloc de reg, el cv. M82 es situa a un dels extrems del grup de reg i destaca per tenir la major producció i diàmetre del fruit, la LI 4-1 ho fa en el consum d'aigua i la  $g_s$ , mentre que la LI 11-3 es troba a l'altre extrem del grup de reg i mostra els majors en llarg i ample de fulla, així com també la A<sub>N</sub> (Figura 24).

Per confirmar les relacions entre paràmetres es va elaborar una matriu de correlacions de Pearson (Taula 15), a la qual es confirmen les relacions presentades anteriorment amb diferent grau de significació. També es ratifiquen les relacions observades a la figura 22 (A, B, C, D i E) així com també es va mostrar una relació inversa i significativa entre el contingut en SST i la producció. A nivell fisiològic, es va mostrar una relació positiva i significativa entre A<sub>N</sub> i  $g_s$ , així com també es van ratificar les relacions presentades a la figura 23 (A, B, C, D i E). Referent a la DT, es mostren majors correlacions amb certs paràmetres anatòmics i fisiològics (T/E,  $g_s$ , EUA<sub>i</sub>, EUA<sub>b</sub>,  $\delta^{13}\text{C}$ ) que respecte DE, fet que ratifica la influència de la DT sobre l'eficiència en l'ús de l'aigua. La utilització de la T/E com a paràmetre més descriptiu i dinàmic queda justificada, en comparar les correlacions de tal paràmetre respecte a DT, les quals són mínimes.



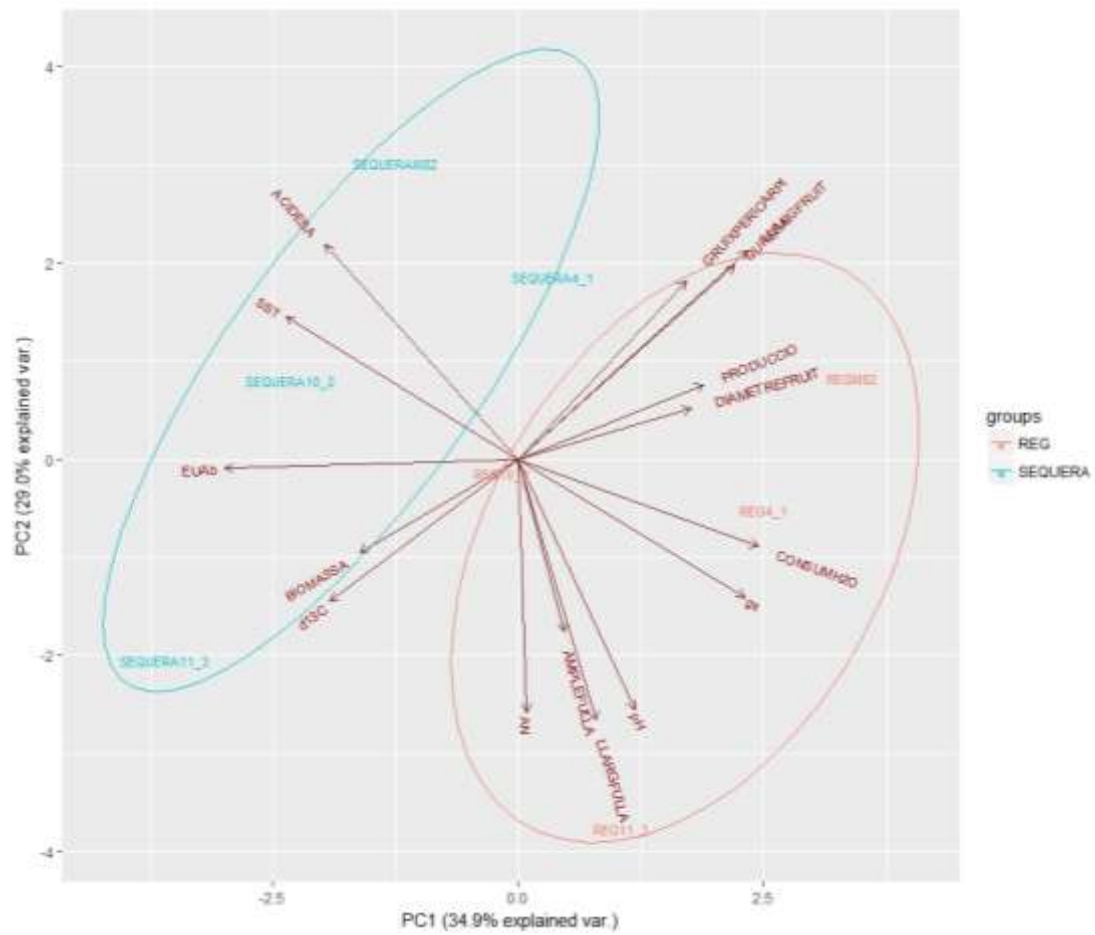


Figura 24. Anàlisi de components principals (PCA), on figuren els paràmetres de llarg i ample de fulla, producció, diàmetre i llarg de fruit, gruix del pericarpí, duresa, pH, SST, acidesa, biomassa, consum d'aigua,  $A_N$ ,  $g_s$ ,  $EUA_b$  i  $\delta^{13}C$ .

Taula 15. Matriu de correlacions de Pearson dels paràmetres llarg de fulla, ample de fulla, producció, diàmetre del fruit, llarg del fruit, gruix del pericarpi, la duresa, el pH, el contingut en sòlids solubles totals (SST), l'acidesa, la densitat de tricomes (DT), la densitat estomàtica (DE), la ràtio tricomes-estomes (T/E), la biomassa produïda, el consum d'aigua, l'assimilació neta de carboni ( $A_N$ ), la conductància estomàtica ( $g_s$ ), l'eficiència en l'ús de l'aigua intrínseca ( $EUA_i$ ), l'eficiència en l'ús de l'aigua a nivell de planta ( $EUA_p$ ) i la composició isotròpica en  $\delta^{13}C$  de la fulla ( $\delta^{13}C$ ). La significança està simbolitzada com: \*\*\*,  $P < 0,005$ ; \*\*,  $P < 0,01$ ; \*,  $P < 0,05$ .

	LLARG FULLA	AMPLE FULLA	PRODUCCIÓ	DIÀMETRE FRUIT	LLARG FRUIT	GRUIX PERICARPI	DURESA	pH	SST	ACIDESA	DT	DE	T/E	BIOMASSA	CONSUM D'AIGUA	$A_N$	$g_s$	$EUA_i$	$EUA_p$	$\delta^{13}C$	
LLARG FULLA																					
AMPLE FULLA	0,64***																				
PRODUCCIÓ	-0,03	0,01																			
DIÀMETRE FRUIT	0,04	0,15	0,70***																		
LLARG FRUIT	-0,29	0,04	0,45*	0,50**																	
GRUIX PERICARPI	-0,11	0,17	0,35	0,64***	0,67***																
DURESA	-0,25	-0,08	0,20	-0,01	0,33	0,15															
pH	0,01	0,05	-0,27	-0,23	-0,26	-0,29	0,16														
SST	-0,35	-0,51***	-0,45*	-0,25	-0,20	-0,08	-0,33	-0,30													
ACIDESA	-0,24	-0,30	-0,09	0,11	0,07	0,25	-0,37*	-0,76***	0,73***												
DT	0,05	0,23	0,15	0,22	-0,32	0,05	-0,24	-0,26	0,27	0,36											
DE	-0,22	-0,04	0,00	0,09	0,52*	0,23	0,10	-0,37	0,07	0,21	-0,32										
T/E	0,17	0,30	-0,02	0,02	-0,60***	-0,18	-0,36	-0,10	0,23	0,18	0,91***	-0,51*									
BIOMASSA	0,06	0,06	-0,35	-0,12	-0,26	0,13	-0,16	0,31	0,11	-0,08	0,37*	-0,13	0,36*								
CONSUM D'AIGUA	0,16	0,03	0,24	0,47*	0,28	0,33	0,02	0,37*	-0,53***	-0,43*	-0,39*	0,19	-0,47**	0,22							
$A_N$	0,25	0,07	-0,05	0,10	-0,21	-0,19	-0,12	0,19	-0,13	-0,27	-0,01	-0,15	0,09	-0,02	0,26						
$g_s$	0,24	-0,02	0,22	0,14	0,13	-0,09	0,08	0,18	-0,37*	-0,33	-0,47**	0,02	-0,41*	-0,38*	0,42*	0,65***					
$EUA_i$	0,04	0,17	-0,28	0,00	-0,30	-0,22	-0,19	-0,06	0,26	0,15	0,59***	-0,14	0,59***	0,53**	-0,20	0,12	-0,66***				
$EUA_p$	-0,15	0,16	-0,43	-0,45*	-0,44	-0,11	-0,20	0,03	0,41*	0,20	0,64***	-0,27	0,68***	0,77***	-0,44*	-0,16	-0,60***	0,62***			
$\delta^{13}C$	0,33	0,22	-0,27	-0,10	-0,55**	-0,42*	-0,38*	0,05	0,25	0,15	0,56***	-0,17	0,60***	0,30	-0,23	0,13	-0,25	0,41*	0,42*		

## 5. Discussió

Els efectes del canvi climàtic, junt amb un augment de la població mundial, comprometen les demandes d'aigua disponible pels cultius, posant en risc la producció agrícola. La millora de cultius pot ajudar a l'obtenció de genotips més eficients en l'ús de l'aigua, si bé, més tard o més prest s'arribarà a un sostre. Per vèncer aquest sostre s'haurà de recórrer a altres fonts de variabilitat genètica, les quals, en el cas de la tomàtiga, poden ser les espècies silvestres, especialment aquelles que es caracteritzen per tenir una elevada densitat de tricomes.

Els resultats mostren que la sequera ha influït a la DT, la qual s'ha vist augmentada i correlacionada negativament amb la DE, relació que ha estat documentada anteriorment (Glover *et al.* 1998; 2000) (Figures 16 A i 23 A). Aquesta correlació inversa observada fa pensar que es puguin donar interferències negatives en les vies de regulació que controlen el desenvolupament d'ambdues estructures, mecanismes dels quals encara són desconeguts. De totes maneres, és particularment interessant que la DT hagi augmentat en les plantes sotmeses a sequera, fet que fa pensar que les característiques ambientals influeixin al desenvolupament de l'epidermis, així com també de la pròpia naturalesa de la LI, ja que la LI 10-2 no ha presentat diferències de DT entre tractaments hídrics. En el cas de la DE, la sequera no hi ha afectat significativament, encara que s'observa una tendència lleugerament descendent (Figura 16 B). A causa de la relació inversa entre DT i DE en sequera i de les correlacions de la DT amb la  $g_s$ , l'EUA<sub>i</sub>, l'EUA<sub>b</sub>, la  $\delta^{13}C$  i la pròpia T/E (Taula 15), es va optar per la T/E com a paràmetre més integrador i descriptiu que relacionar individualment la DT i DE amb altres paràmetres. Aquesta elecció té la seva justificació en les relacions excloents entre la DT i la DE esmentades anteriorment junt amb la major DT com a resposta natural de la planta front a la sequera, fet que duu implícitament a una disminució de la DE (Bechtold *et al.* 2016).

La T/E ha influït significativament en l'EUA<sub>i</sub> i l'EUA<sub>b</sub>, especialment en la LI 11-3, on el valor en condicions de sequera ha estat major que en condicions òptimes de reg (Figures 23 B i C). Tenint en compte l'anterior i que nombrosos estudis indiquen que l'EUA<sub>i</sub> en condicions de sequera destaca per ser més elevada en varietats tolerants a la sequera (Guha *et al.* 2010; Fracasso *et al.* 2016; Liu *et al.* 2016), converteix a la LI 11-3, caracteritzada per tenir una elevada DT, en un bon genotip per investigar en la millora de cultiu de la tomàtiga eficient en l'ús de l'aigua. Pel contrari, la LI 4-1, va mostrar els menors valors de EUA<sub>i</sub> i de EUA<sub>b</sub>, possiblement per l'elevada  $g_s$  i la baixa DT (Taula 14 i Figura 16 A), paràmetres dels quals estan inversament correlacionats (Taula 15), cosa que fa pensar que la funció dels tricomes a la tomàtiga és evitar la pèrdua excessiva d'aigua degut al canvi en la resistència de la capa limitant fulla – aire, funció proposada a altres estudis (Guerfel *et al.* 2009, Mo *et al.* 2016). En relació a l'EUA<sub>b</sub>, es va observar que la biomassa produïda per la LI 11-3 va ser la que va presentar el major valor, mentre que la LI 4-1 va produir la menor quantitat de biomassa, fet que es pot explicar per la incapacitat de fer front a l'estrès hídric, probablement causada per l'elevada  $g_s$ , de manera que es ratifica la esmentada explicació.

L'EUA<sub>i</sub> és un dels objectius més importants per obtenir genotips tolerants a la sequera, encara que la falta de correlació amb altres paràmetres en qüestiona la seva importància (Medrano *et al.* 2015). Com s'ha esmentat anteriorment, la DT ha influït significativament en l'EUA<sub>i</sub> i l'EUA<sub>b</sub>,

mateixos paràmetres que presenten una forta correlació (Figura 23 D, Taula 15). Per tant, l'associació observada ratifica a l'EUA<sub>i</sub> com un paràmetre de tolerància a la sequera.

Com a resposta front a l'estrès hídric, per part de la planta implica reorganitzar l'arquitectura foliar, fet que es justifica amb les observacions vistes en l'augment de DT (Figura 16 A), així com de la relació inversa entre DE i DT (Figura 23 A). En altres estudis, s'indica que la LT tendeix a augmentar en situacions d'estrès hídric (Galmés *et al.* 2013), la qual li succeeix a la LI 10-2 i també s'intueix a la resta de genotips, excepte a la LI 11-3 on el LT en sequera és menor que al tractament de reg (Taula 14). Aquesta resposta es pot explicar amb la major DT que té la pròpia LI comparat amb la resta de genotips. El LMA destaca per no haver mostrat diferències significatives entre tractaments, encara que es visualitza una tendència a mostrar un major valor en sequera, excepte a la LI 11-3 (Taula 14). Aquest augment no significatiu en el LMA es pot deure a l'increment de la LT, ja que ambdós paràmetres estan relacionats de manera significativa (Figura 23 F), relació que també s'indica a diferents estudis (Hanba *et al.* 1999; White i Montes, 2005; Marenco *et al.* 2009; Blonder *et al.* 2013; Fullana-Pericàs *et al.* 2017).

Respecte a la resta de paràmetres fisiològics, la sequera no hi ha influït significativament, excepte al consum d'aigua a tots els genotips, el qual era d'esperar, ja que forma part del propi tractament. La A<sub>N</sub> i la g<sub>s</sub> no varen estar afectades significativament per la sequera (Taula 14), encara que es va observar una tendència a la baixa en ambdós paràmetres. No obstant, ambdues variables estan correlacionades (Taula 15). La sequera, com d'altres estressos abiòtics, redueixen el creixement i desenvolupament de la planta, per mitjà de la regulació estomàtica, especialment amb la limitació estomàtica, fet que implica una reducció de la g<sub>s</sub>, alhora que provoca, inevitablement una menor disponibilitat de CO<sub>2</sub> per a la planta per a realitzar la fotosíntesi (Condon *et al.* 2002; Medrano *et al.* 2002; Hetherington i Woodward, 2003; Escalona *et al.* 2014). En condicions de no estrès hídric, la A<sub>N</sub> i la g<sub>s</sub> no es veuen limitades per la regulació estomàtica, fet que, en part, l'explica la relació positiva i significativa entre la g<sub>s</sub> i el consum d'aigua (Taula 15). Amb la δ<sup>13</sup>C de la fulla, que no va mostrar diferències significatives entre tractaments hídrics (Taula 14), si es va detectar una relació negativa i forta amb la EUA<sub>i</sub> (Figura 23 E i Taula 15), que s'explica a partir del menor intercanvi de gasos provocat per la regulació estomàtica a causa de la sequera (Brugnoli i Farquhar, 2000; Barbour *et al.* 2010).

Pel que fa a la morfologia de la planta, el tractament hídric no ha influït significativament a la majoria dels paràmetres, si bé, quan es comparen els valors en ambdós tractaments hídrics, els obtinguts baix sequera es manifesten amb una tendència a la baixa, cosa que era d'esperar. Es va mostrar una relació, a priori esperada, entre la llargada i l'amplada de la fulla (Taula 15), ja que com més llarga és la fulla també ho és l'amplada, havent-hi una proporció entre ambdós paràmetres. De fet, és una proporció ja coneguda, la qual ha estat utilitzada per modelitzar l'àrea foliar, sense haver de realitzar mesures destructives a la planta (Dannehl *et al.* 2015). Entre paràmetres de fruit es va donar una relació entre el diàmetre i llargària de fruit, així com també entre el gruix del pericarp i ambdós paràmetres esmentats, les quals són d'esperar, ja que a major mida del fruit, major gruix del pericarp (Taula 15). També entre el diàmetre i el consum d'aigua, ja que una menor disponibilitat d'aigua implica a la planta un menor desenvolupament, el qual es reflecteix amb una menor biomassa, i en el cas dels fruits, amb

una menor mida (Taula 15). Aquesta relació no és manifesta d'igual manera segons l'anàlisi estadística realitzada, ja que a l'anàlisi de la variància, no es detecten diferències significatives en el diàmetre entre tractaments excepte a la LI 10-2, cosa que es reflecteix en el baix grau de correlació. Com a darreres associacions observades, cal destacar una correlació alta entre el diàmetre del fruit i la producció, així com també entre la llargada del fruit i la producció. Aquestes associacions, que ja eren conegudes anteriorment (Li *et al.* 2016), eren d'esperar, ja que un major diàmetre i/o llargada de fruit, implica una major mida de fruit i per tant una major producció.

A nivell agronòmic, la sequera no ha implicat una menor producció, nombre de fruits ni pes mig del fruit significatius, encara que es visualitzen uns valors sensiblement menors (Taula 12). Aquesta tendència també es observada en estudis de diferents varietats de tomàtiga (Espallardo *et al.* 2006; Andreu, 2016; Guida *et al.* 2017). Els valors d'aquest estudi destaquen positivament respecte altres estudis del cultiu de la tomàtiga realitzats en condicions de camp i de clima diferents, els quals demostren una reducció de la producció del 25 al 50% amb estrès hídric creixent (Patanè and Consentino, 2010; Patanè *et al.* 2011; Djurovic *et al.* 2016).

En quant a la qualitat del fruit, la sequera ha influït significativament en el contingut de SST i l'acidesa en funció del genotip. En el cas de l'acidesa s'observa una tendència a l'alça, fet que es tradueix a mostrar un menor valor en el pH (Figura 22 A). Aquestes variacions es poden explicar a partir de la disminució de l'acumulació d'aigua en el fruit de plantes sotmeses a estrès hídric, sense afectar a la síntesi i acumulació de soluts orgànics, com a priori, es pot pensar (Ho *et al.* 1987; Mitchell *et al.* 1991). De totes maneres, independentment del tractament hídric, la LI 10-2 destaca per tenir el major valor de SST (Taula 13). En aquest cas, l'origen que determina aquest major contingut en SST probablement sigui la introducció del material genètic de *Solanum pennellii* al cv. M82. Entre els paràmetres de qualitat de fruit es van establir certes correlacions (Figura 22 A, B i C, i Taula 15), les quals, ja s'havien documentat en altres estudis (Labate *et al.* 2011; Panthee *et al.* 2013; Figs *et al.* 2015). Per tant, l'aplicació de l'estrès hídric pot ser una eina a tenir en compte per produir hortalisses d'alta qualitat sense tenir reduccions significatives a la producció (Costa *et al.* 2007; Patanè *et al.* 2011; Nangare *et al.* 2016). Alts continguts de sucres i d'acidesa milloren la qualitat organolèptica de la tomàtiga, fent-la més gustosa, mentre que per a la indústria de transformació també repercuteix en una millora en el processament de salses i concentrats de tomàtiga (Johnstone *et al.* 2005; Anza *et al.* 2006; Rivera *et al.* 2007).

Tenint en compte que les condicions de cultiu van ser sensiblement diferents a les del cultiu tradicional, es pot remarcar que la T/E es converteix en un paràmetre a considerar en la millora de l'eficiència en l'ús de l'aigua en el cultiu de la tomàtiga. Alhora, les LI i les varietats ancestrals de tomàtiga, en aquest cas *Solanum pennellii*, es converteixen en potencials instruments per a la investigació en la millora del cultiu de la tomàtiga tolerant a la sequera. La realització de futurs experiments o assajos en condicions normals de cultiu n'és fonamental, per poder comparar els resultats que s'obtinguin amb d'altres duts a terme amb igual o similar metodologia.

## 6. Conclusions

### **Analitzar la influència de la densitat estomàtica i de tricomes sobre l'eficiència en l'ús de l'aigua a línies d'introgressió de tomàtiga.**

La DT ha influït sobre l'eficiència en l'ús de l'aigua, tant a l'EUA<sub>i</sub> com a l'EUA<sub>b</sub>, on especialment ha estat significativa en la LI 11-3, caracteritzada per tenir un elevada densitat de tricomes. En tots els genotips, la DT s'ha vist augmentada en condicions de sequera, però la densitat estomàtica no ha variat significativament en funció del règim hídric. El paràmetre T/E es consolida com un paràmetre més dinàmic i complet a l'hora de descriure la relació entre tricomes i estomes i proporcionar informació junt amb altres variables.

### **Caracteritzar 3 línies d'introgressió i el parental M82 a nivell morfològic sota condicions de capacitat de camp i sequera.**

Els genotips de tomàtiga estudiats han presentat una baixa variabilitat en tots els descriptors qualitius, excepte en la morfologia del fruit. En conjunt, destaquen per tenir la fulla pinnada i de tipus estàndard, inflorescències de tipus unípara i fruits immadurs de color verd clar, sense espatlles verdes ni retxes verdes, mentre que el fruit madur és de color vermell i sense encostellat. L'aplicació de diferent règim hídric no ha influït significativament en la major part dels paràmetres quantitius, excepte a les LI 4-1 i 10-2 pels paràmetres de ample de folíol terminal i diàmetre del fruit, respectivament.

### **Avaluar les diferències en els paràmetres agronòmics en quant al genotip sota condicions de capacitat de camp i sequera.**

El rendiment agronòmic no ha estat significativament diferent entre els genotips estudiats. El règim hídric no ha influït significativament en la majoria dels caràcters agronòmics, excepte en el pes mig del fruit a la LI 10-2. En règim de sequera, el cv. M82 i la LI 11-3, han mostrat significativament el major i menor pes mig, respectivament.

### **Estudiar la qualitat del fruit segons el genotip i sota condicions de capacitat de camp i sequera.**

La qualitat del fruit entre genotips no ha estat significativament diferent en gran part dels paràmetres, excepte pel contingut en SST i acidesa, on la LI 10-2 ha presentat significativament els majors valors. El règim hídric de sequera no ha influït de manera significativa en la L, a\*, b\*, duresa i pH, mentre que si ha influït en el contingut de SST, el qual ha estat significativament major en quasi tots els genotips excepte la LI 10-2, on ha mostrat el major valor significatiu entre genotips, independentment del tractament hídric. L'acidesa del fruit del cv. M82 en sequera també ha mostrat un major valor significatiu.

**Analitzar la resposta fisiològica dels genotips sota condicions de capacitat de camp i sequera.**

La fisiologia de la planta entre genotips no ha estat significativament diferent, excepte pel consum  $H_2O$ , la composició isotòpica en  $\delta^{13}C$  de la fulla i el LT, on la LI 11-3 ha destacat respecte la resta de genotips. El règim hídric de sequera ha influït de manera significativa en la biomassa de la LI 4-1, l'EUA<sub>i</sub> de la LI 11-3, l'EUA<sub>b</sub> del cv. M82 i la LI 11-3 i el LT de les LI 11-3 i 10-2.

## 7. Bibliografia

Aldanondo, A.M. (2001). *Cultivo y producción de tomate en la Unión Europea y en España* (695-740). In: Nuez, F., (ed). *El cultivo del tomate*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Andreu, S. (2016). *Efecte de la sequera en el fenotip long shelf-life a la tomàtiga de Ramellet*. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Anza, M., Riga, P. i Garbisu, C. (2006). *Effects of variety and growth season on the organoleptic and nutritional quality of hydroponically grown tomato*. Journal of Food Quality 29, 16-37.

Baker, J.E. (1975). *Morphological changes during maturation and senescence*. In: Pantastico, E.B. (ed). *Postharvest Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables*. AVI, Westport, CT.

Barbour, M.M., Warren, C.R., Farquhar, G.D., Forrester, G. i Brown, H. (2010). *Variability in mesophyll conductance between barley genotypes, and effects on transpiration efficiency and carbon isotope discrimination*. Plant Cell & Environment 33, 1176-1185.

Barone, A., Di Matteo, A., Carputo, D. i Fruciante, L. (2009). *High-Throughput Genomics Enhances Tomato Breeding Efficiency*. Current Genomics 10, 1-9.

Bechtold, U., Penfold, C. A., Jenkins, D. J., Legaie, R., Moore, J. D., Lawson, T., Matthews, J. S., Violet-Chabrand, S. R., Baxter, L., Subramaniam, S., Hickman, R., Florance, H., Sambles, C., Salmon, D. L., Feil, R., Bowden, L., Hill, C., Baker, N. R., Lunn, J. E., Finkenstadt, B., Mead, A., Buchanan-Wollaston, V., Beynon, J., Rand, D. A., Wild, D. L., Denby, K. J., Ott, S., Smirnov, N. i Mullineaux, P. M. (2016). *Time-Series Transcriptomics Reveals That AGAMOUS-LIKE22 Affects Primary Metabolism and Developmental Processes in Drought-Stressed Arabidopsis*. Plant Cell 28, 345-366.

Blanca, J., Cañizares, J., Cordero, L., Pascual, L., Díez, M.J. i Nuez, F. (2012). *Variation revealed by SNP genotyping and morphology provides insight into the origin of the tomato*. I, de PLOS ONE. Consulta 11/2017. URL: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0048198>

Bleeker, P. M., Mirabella, R., Diergaarde, P.J., VanDoorn, A., Tissier, A., Kant, M. R., Prins, M., de Vos, M., Haring, M. A. i Schuurink, R. C. (2012). *Improved herbivore resistance in cultivated tomato with the sesquiterpene biosynthetic pathway from a wild relative*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 109, 20124-20129.

Blonder, B., Violle, C. i Enquist, B.J. (2013). *Assessing the causes and scales of the leaf economics spectrum using venation networks in Populus tremuloides*. Journal of Ecology 101, 981-989.

Bolger, A., Scossa, F., Bolger, M., Lanz, C., Maumus, F., Tohge, T., Quesneville, H., Alseekh, S., Sørensen, I., Lichtenstein, G., Fich E., Conte, M., Keller, H., Schneeberger, K., Schwacke, R., Ofner, I., Vrebalov, V., Xu, Y., Osorio, S., Aflitos, S., Schijlen, E., Jiménez-Gómez, J.M., Ryngajillo, M., Kimura, S., Kumar, R., Koenig, D., Headland, L.R., Maloof, J.N., Sinha, N., van Ham, R., Lankhorst, R., Mao, L., Vogel, A., Arsova, B., Ralph Panstruga, R., Fei, Z., Rose, J., Zamir, D., Carrari, F., Giovannoni, J., Weigel, D., Usadel, B. i Fernie, A. (2014). *The genome of the stress-tolerant wild tomato species Solanum pennellii*. Nature genetics 46, 1034-1038.



- Boyer, J. (1982). *Plant productivity and environment*. Science 218, 443-448.
- Brugnoli, E. i Farquhar, G.D. (2000). *Photosynthetic fractionation of carbon isotopes*. – In: Leegood C.L., Govindjee (ed.). *Photosynthesis: Physiology and Metabolism*, 399-434. Springer, Dordrecht.
- Chamarro, J. (2001). *Anatomía y fisiología de la planta (44-94)*. In: Nuez, F., (ed). *El cultivo del tomate*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Condon A., Richards R., Rebetzke G. i Farquhar G. (2002). *Improving intrinsic water-use efficiency and crop yield*. Crop Science, 42 122-131.
- Condon, A. G., Richards, R. A., Rebetzke, G. J. i Farquhar, G. D. (2004). *Breeding for high water-use efficiency*. Journal of Experimental Botany, Vol. 55, No. 407. Water-Saving Agriculture Special Issue. 2447-2460.
- Conesa, M.À., Bota, J., Robbins, M., Sim, S.C., Caramante M., Rao R., Ochogavía, J.M., Cifre, J., Galmés, J., Medrano, H. i Francis, D. (2010). *Genetic characterization of the “Tomàtiga de Ramellet” tomato cultivars from the Balearic Islands*. 28th International Horticultural Congress, p.565. Lisbon Congress Centre.
- Costa, J.M., Ortuño, M.F. i Chaves, M.M. (2007). *Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture*. Journal of Integrative Plant Biology 49, 1421-1434.
- Cuartero, Z. (2001). *Tomate para consumo en fresco (233-237)*. In: Nuez, F. i Llácer, G. (eds). *La Horticultura Española*. Ed. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH). Reus, Tarragona.
- Dannehl, D., Rocksch, T. i Uschmidt, U. (2015). *Modelling to estimate the specific leaf area of tomato leaves (“Panovy”)*. International Society of Horticultural Science 1099, 79-86
- D’Arcy, W.G. (1979). *The classification of the Solanaceae*. In: Hawkes, J.G., Lester, R.N. I Skelding, A.D. (eds). *The biology and taxonomy of the Solanaceae (3-47)*. Academic Press, New York & London.
- Djurovic, N., Cosic, M., Stricevic, R., Savic, S. i Domazet, M. (2016). *Effect of irrigation regime and kaolin application on yield: quality and water use efficiency of tomato*. Scientia Horticulturae 201, 271-278.
- Drake, P. L., Froend, R. H. i Franks, P. J. (2013). *Smaller, faster stomata: scaling of stomatal size, rate of response, and stomatal conductance*. Journal of Experimental Botany 64, : 495-505.
- Ehleringer, J. R. i Mooney, H. A. (1978). *Leaf hairs: Effects on physiological activity and adaptive value to a desert shrub*. Oecologia 37, 183-200.
- Escalona, J.M., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J. i Medrano, H. (2014). *Efecto del estrés hídrico y del genotipo en el balance de carbono en vid*. Actas de Horticultura 60, 680-684.
- Eshed, Y. i Zamir, D. (1994). *A genomic library of Lycopersicon esculentum in L. esculentum: A tool fine mapping of genes*. Euphytica 79, 175-179.

Espallardo, C., Martorell, A., March, J., Escalona, J.M., Luna, J.M. i Garau, C. (2006). *Memòria d'activitats de les experiències en finques col·laboradores*. Ed. Conselleria d'Agricultura i Pesca del Govern de les Illes Balears. Palma.

FAOSTAT. (2017). Food and Agriculture organization of the united nations (FAO). Consulta 11/2017. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

Farber, M., Attia, Z. i Weiss, D. (2016). *Cytokinin activity increases stomatal density and transpiration rate in tomato*. Journal of Experimental Botany 67, 6351-6362.

Figàs, M.R, Prohens, J., Raigón, M., Fita, A., García-Martínez, M., Casanova, C., Borràs, D., Plazas, M., Andújar, i Soler, S. (2015). *Characterization of composition traits related to organoleptic and functional quality for the differentiation, selection and enhancement of local varieties of tomato from different cultivar groups*. Food Chemistry 187, 517-524.

Figuera, R. (2012). *Avaluació agronòmica i de qualitat de noves cultivars de tomàtiga en rama en un cultiu hidropònic protegit*. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Fracasso, A., Trindade, L.M. i Amaducci, S. (2016). *Drought stress tolerance strategies revealed by RNA-Seq in two sorghum genotypes with contrasting WUE*. BMC Plant Biology 16: 18.

Franks, P. J. i Beerling, D. J. (2009). *Maximum leaf conductance driven by CO<sub>2</sub> effects on stomatal size and density over geologic time*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106, 10343-10347.

Fullana-Pericàs, M., Conesa, M.À., Soler, S., Ribas-Carbó, M., Granell, A. i Galmés, J. (2017). *Variations of leaf morphology, photosynthetic traits and water-use efficiency in Western-Mediterranean tomato landraces*. Photosynthetica 55, 121-133.

Galmés, J., Flexas, J., Savé, R. i Medrano, H. (2007). *Water relations and stomatal characteristics of Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits: responses to water stress and recovery*. Plant and Soil 290, 139-155.

Galmés, J., Conesa M.À., Ochogavía, J.M., Perdomo, J.A., Francis D., Ribas-Carbó, M. Savé, R., Flexas, J., Medrano, H. i Cifre J. (2011). *Physiological and morphological adaptations in relation to water use efficiency in Mediterranean accessions of Solanum lycopersicum*. Plant, Cell and Environment 34, 245-260.

Galmés, J., Ochogavía, J.M., Gago, J., Roldán, E., Cifre, J. i Conesa, M.À. (2013). *Leaf responses to drought stress in Mediterranean accessions of Solanum lycopersicum: anatomical adaptations in relation to gas exchange parameters*. Plant, Cell and Environment 36, 920-935.

Gitay, H. i Watson, R. (2002). *Cambio climático y biodiversidad. Documento técnico del IPCC*.

Glover, B.J., Perez-Rodriguez, J. M. i Martin, C. (1998). *Development of several epidermal cell types can be specified by the same MYB-related plant transcription factor*. Development 125, 3497-3508.

Glover, B. J. (2000). *Differentiation in plant epidermal cells*. Journal of Experimental Botany 51, 497-505.

- Gonzalo, M.J., Brewer, M.T., Anderson, C., Sullivan, D., Gray, S. i van der Knaap, E. J. (2009). *Tomato fruit shape analysis using morphometric and morphology attributes implemented in Tomato Analyzer Software Program*. American Society of Horticulture Science 134, 77-87.
- Gornall, J., Betts, R., Burke, E., Clark, R., Camp, J., Willett, K i Wiltshire, A. (2010) *Implications of climate change for agricultural productivity in the early twenty-first century*. Philosophical Transactions of the Royal Society Botany 365, 2973-2989.
- Guerfel, M., Baccouri, O., Boujnah, D., Chaïbi, W. i Zarrouk, M. (2009). *Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (Olea europaea L.) cultivars*. Scientia Horticulturae 119, 257-263.
- Guha, A., Sengupta, D., Rasineni, G. K. i Reddy, A. R. (2010). *An integrated diagnostic approach to understand drought tolerance in mulberry (Morus indica L.)*. Flora 205,: 144-151.
- Guida, G., Houssemeddine, M., Mistretta, C., Oliva, M., Buonomo, R., De Mascellis, R., Patanè, C., Roupheal, R., Albrizio, R. i Giorio, P. (2017). *Agronomical, physiological and fruit quality responses of two Italian long-storage tomato landraces under rain-fed and full irrigation conditions*. Agricultural Water Management 180, 126-135.
- Hamdy, A., Ragab, R. i Scarascia-Mugnozza, E. (2003). *Coping with water scarcity: water saving and increasing water productivity*. Irrigation and Drainage 52, 3-20.
- Hanba, Y.T., Miyazawa, S.I. i Terashima, I. (1999). *The influence of leaf thickness on the CO<sub>2</sub> transfer conductance and leaf stable carbon isotope ratio for some evergreen tree species in Japanese warm-temperate forests*. Functional Ecology 13, 632-639
- Hauser, M. T. (2014). *Molecular basis of natural variation and environmental control of trichome patterning*. Frontiers in Plant Science 5, 320.
- Heiser, C.B. (1969). *Nightshades: the paradoxical plants*. San Francisco: W.H. Freeman and Company.
- Hetherington, A.M. i Woodward, F.I. (2003). *The role of stomata in sensing and driving environmental change*. Nature 424, 901-908.
- Ho, L. C., Grange, R. I. i Picken, A. J. (1987). *An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit*. Plant, Cell and Environment 10, 157-162.
- Hobson, G.E. i Grierson, D. (1993). *Tomato*. In: Seymour, G.B., Taylor, J.E. I Tucker, G.A. (ed). *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman and Hall. London.
- Ibáñez, C.D. (2011). *Efectos del cambio climático en las actividades agrarias y forestales*. Universitat d'Alacant. Alacant.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report*. CoreWriting Team, Pachauri, R.K and Meyer, L.A. (eds.). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- IPGRI. International Plant Genetic Resources Institute. (2017). *Descriptores para el tomate (Lycopersicon spp.)*.

- Jenkins, J. (1943). *The origin of the cultivated tomato*. Economic Botany 2, 379-382.
- Johnstone, P.R., Hartz, T.K., LeStrange, M., Nunez, J.J. I Miyao, E.M. (2005). *Managing fruit soluble solids with late-season deficit irrigation in drip-irrigated processing tomato production*. American Society of Horticultural Science 40, 1857-1861.
- Johnstone, P.R., Hartz, T.K., LeStrange, M., Nunez, J.J. I Miyao, E.M. (2005). *Managing fruit soluble solids with late-season deficit irrigation in drip-irrigated processing tomato production*. American Society of Horticultural Science 40, 1857-1861.
- Junta de Andalucía. (2017). *Observatorio de precios y mercados. Costes de producción: campaña 2015-16*. Agencia de gestión Agraria y Pesquera. Consejería de Agricultura, pesca y desarrollo Rural.
- Kahn, T. L., Fender, S. E., Bray E. A. i. O'Connell, M. A. (1993). *Characterization of expression of drought- and abscisic acid-regulated tomato genes in the drought-resistant species Lycopersicon pennellii*. Plant Physiology 103, 597-605.
- Katerji, N., Mastrorilli, M. i Rana, G. (2008). *Water use efficiency of crops cultivated in the Mediterranean region: Review and analysis*. European Journal of Agronomy 28, 493-507.
- Khazaei, H., Monneveux, P. S. Hongbo, P. S. i Mohammady, S. (2010). *Variation for stomatal characteristics and water use efficiency among diploid, tetraploid and hexaploid Iranian wheat landraces*. Genetic Resources and Crop Evolution 57, 307-314.
- Labate, J. A., Sheffer, S. M., Balch, T., i Robertson, L. D. (2011). *Diversity and population structure in a geographic sample of tomato accessions*. Crop Science 51, 1068-1079.
- Lawson, T. i Blatt, M.R. (2014). *Stomatal Size, Speed, and Responsiveness Impact on Photosynthesis and Water Use Efficiency*. Plant Physiology 164, 1556-1570.
- Li, Y., Niu, W., Dyck, M., Wang, J. i Zou, X. (2016). *Yields and nutritional of greenhouse tomato in response to different soil aeration volume at two depths of subsurface drip irrigation*. Nature (Scientific Reports) 6: 39307.
- Li, Y., Li, H., Li, Y. i Zhang, S. (2017). *Improving water-use efficiency by decreasing stomatal conductance and transpiration rate to maintain higher ear photosynthetic rate in drought-resistant wheat*. The Crop Journal 5, 231-239.
- Liu, E. K., Mei, X. R., Yan C. R., Gong, D. Z. i Zhang, Y. Q. (2016). *Effects of water stress on photosynthetic characteristics, dry matter translocation and WUE in two winter wheat genotypes*. Agricultural Water Management 167, 75-85.
- Lopez, M. (2009). *Estudi de la qualitat i la conservació de la tomàtiga de Ramellet de les Illes Balears*. Universitat de les Illes Balears. Palma.
- Lozano, R. Gimenez, E. Cara, B. Capel, J. i Angosto, T. (2009). *Genetic analysis of reproductive development in tomato*. The International Journal of Developmental Biology 53, 1635-1648.
- MAPAMA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente. (2017). *Anuario de Estadística 2016*. Madrid.

- Marengo, R.A., Antezana-Vera, S.A. i Nascimento, H.C.S. (2009). *Relationship between specific leaf area, leaf thickness, leaf water content and SPAD-502 readings in six Amazonian tree species*. *Photosynthetica* 47, 184-190.
- Maroto, J.V. (2000). *Elementos de horticultura general*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Maroto, J.V. (2002). *Horticultura herbácea especial*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Masle, J., Gilmore, S.R. i Farquhar, G.D. (2005). *The ERECTA gene regulates plant transpiration efficiency in Arabidopsis*. *Nature* 436, 866-870.
- Medrano, H., Escalona, J. M., Bota, J., Gulías, J. i Flexas, J. (2002). *Regulation of photosynthesis of C3 plants in response to progressive drought : stomatal conductance as a reference parameter*. *Annals of Botany* 89, 895-905.
- Medrano, H., Flexas, J., Ribas-Carbó, M. i Gulías, J. (2007). *Eficiencia en el uso del agua por las plantas*. *Investigaciones geográficas* 43, 63-84.
- Medrano, H., Tomas, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernandez, E., J. Rossello, J., Pou, A., Escalona, J. M. i Bota, J. (2015). *From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target*. *Crop Journal* 3, 220-228.
- Miller, J.C. i Tanksley, S.D. (1990) *RFLP analysis of phylogenetic relationships and genetic variation in the genus Lycopersicon*. *Theoretical and Applied Genetics* 80, 437-448.
- Minoia, S., Petrozza, A., D'Onofrio, O., Piron, F., Mosca, G. Sozio, G., Cellini, F. Bendahmane, A. i Carriero, F. (2010). *A new mutant genetic resource for tomato crop improvement by TILLING technology*. *BMC Research Notes* 3:69.
- Mitchell, J. P. i Shennan, C. (1991). *Tomato fruit yields and quality under water deficit and salinity*. *Journal American Society of Horticultural Science* 116, 215-221.
- Mo, Y. L., Yang, R. P., Liu, L. H., Gu, X. R., Yang, X. Z., Wang, Y. Q., Zhang, X. i Li, H. (2016). *Growth, photosynthesis and adaptive responses of wild and domesticated watermelon genotypes to drought stress and subsequent re-watering*. *Plant Growth Regulation* 79, 229-241.
- Moyle, L.C. (2008). *Ecological and Evolutionary Genomics in the Wild Tomatoes (Solanum Sect. Lycopersicon)*. Indiana University: Evolution
- Naciones Unidas. (2014). *La situación demográfica en el mundo, 2014*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Nueva York.
- Nangare, D.D., Singh, Y., Kumar, P.S. i Minhas, P.S. (2016). *Growth, fruit yield and quality of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) as affected by deficit irrigation regulated on phenological stages*. *Agricultural Water Management* 171, 73-79.
- Ning, W. F., Zhai, H., Yu, J. Q., Liang, S., Yang, X., Xing, X. Y., Huo, J. L., Pang, T., Yang, Y. L. i Bai, X. (2017). *Overexpression of Glycine soja WRKY20 enhances drought tolerance and improves plant yields under drought stress in transgenic soybean*. *Molecular Breeding* 37, 10.
- Olmstead, R.G. i Bohs, L. (2007). *A summary of molecular systematic research in Solanaecae: 1982-2006*. *International Society of Horticultural Science* 745, 255-268.

Palliotti, A., Bongi, G. i Rocchi, P. (1994). *Peltate trichomes effects on photosynthetic gas exchange of Olea Europea L. leaves*. Plant Physiology (Life Science Advances) 13, 35-44.

Panthee, D. R., Labate, J. A., McGrath, M. T., Breksa III, A. P. i Robertson, L. D. (2013). *Genotype and environmental interaction for fruit quality traits in vintage tomato varieties*. Euphytica 193, 169-182.

Patanè, C. i Cosentino, S.L. (2010). *Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate*. Agricultural Water Management 97, 131-138.

Patanè, C., Tringali, S. i Sortino, O., 2011. *Effects of deficit irrigation on biomass yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions*. Scientia Horticulturae 129, 590-596.

Payne, W. W. (1978). *A glossary of plant hair terminology*. Brittonia 30, 239-255.

Peleman, J. i van der Voort, J. (2003). *Breeding by design*. Trends in plant science. Vol 8, Issue 7, 330-334.

Peralta, I.E. i Spooner, D.M. (2000). *Classification of wild tomatoes: a review*. Kurtziana, 28, 45-54.

Peralta, I.E., Spooner, D.M. i Knapp, S. (2008). *The taxonomy of tomatoes: a revision of wild tomatoes (Solanum section Lycopersicon) and their outgroup relatives in sections Juglandifolium and Lycopersicoides*. Editorial Committee. United States.

Rick, C.M. (1963). *Barriers to inbreeding in Lycopersicum peruvianum*. Evolution 17, 216-232.

Rick, C.M. (1973). *Potential genetic resources in tomato species: Clues from observations in native habitats*. Genes, Enzymes, and Populations (Springer Nature), 255-269.

Rick, C.M. (1979). *Biosystematic studies in Lycopersicon and closely related species of Solanum to inbreeding in Lycopersicum peruvianum*. Evolution 17, 216-232.

Rivera, A., Pomar, F., Taboada, A., Fernández, J.A. i Rodríguez, U. (2007). *Evolución de parámetros de calidad en cultivares y ecotipos de tomate para el consumo en fresco*. Seminario de técnicos y especialistas en horticultura, 561-569. Ed. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Almería.

Rodríguez, R., Tabares, J.M. i Medina, J.A. (2001). *El cultivo moderno del tomate*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Salunkhe, D.K. i Desai, B.B. (1984). *Postharvest Biotechnology of Vegetables*. Vol.1. CRC Press, Boca Raton, Fl.

SEMILLA. Serveis de Millora Agrària i Pesquera. (2017). *Estadístiques de l'Agricultura, la Ramaderia i la Pesca a les Illes Balears de l'any 2015*. Ed. Àrea tècnica agrària dels Serveis de Millora Agrària i Pesquera. Palma.

Solomando, J. (2016). *Distribució foliar i eficiència fotosintètica en l'ús del nitrogen en espècies silvestres i domesticades del gènere Solanum*. Universitat de les Illes Balears. Palma.

Sobrino, E. i Sobrino, E. (1989). *Tratado de horticultura herbácea. Hortalizas de flor y fruto*. Ed. AEDOS. Barcelona.

Tian, D., Tooker, J., Peiffer, M., Chung, S. i Felton, G. (2012). *Role of trichomes in defense against herbivores: comparison of herbivore response to woolly and hairless trichome mutants in tomato (Solanum lycopersicum)*. *Planta* 236, 1053-1066.

UPOV. Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales. (2011). *Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad*, TG/44/11.

White, J.W. i Montes, R.C. (2005). *Variation in parameters related to leaf thickness in common bean (Phaseolus vulgaris L.)*. *Field Crops Research* 91, 7-21.

Zhao, L., Li, Y., Xie, Q. i Wu, Y. (2017). *Loss of CDKC;2 increases both cell division and drought tolerance in Arabidopsis thaliana*. *The Plant journal: for cell and molecular biology*.

## 8. Annexes

Taula A1. Tractaments fitosanitaris realitzats.

<b>Dia</b>	<b>Matèries actives utilitzades</b>
26/05	Mol·lusquicida MesuroI segons la dosi recomanada pel fabricant
08/07	Fungicides Dorado i Equation Pro i insecticida Juvinal a les dosis recomanades pel fabricant. 1 litre de brou aplicat.
15/07	Fungicida Piclau i insecticida DiPEL DF a les dosis recomanades pel fabricant. 1 litre de brou aplicat.
22/07	Fungicides Dorado i Equation Pro i insecticida Chas 38 a les dosis recomanades segons el fabricant. 1 litre de brou aplicat.
29/07	Fungicides Piclau i insecticida Juvinal a les dosis recomanades segons el fabricant. 1 litre de brou aplicat.
05/08	Fungicides Dorado i Equation Pro i insecticida DiPEL DF a les dosis recomanades pel fabricant. 1 litre de brou aplicat.
12/08	Fungicides Piclau i insecticida Chas 38 a les dosis recomanades pel fabricant. 1 litre de brou aplicat.
19/08	Fungicides Dorado i Equation Pro i insecticida Juvinal a les dosis recomanades pel fabricant. 1 litre de brou aplicat.
26/08	Fungicides Piclau i insecticida DiPEL DF a les dosis recomanades pel fabricant. 1 litre de brou aplicat.
02/09	Fungicides Dorado i Equation Pro i insecticida Chas 38 a les dosis recomanades pel fabricant. 1 litre de brou aplicat.
09/09	Fungicides Piclau i insecticida Juvinal a les dosis recomanades pel fabricant. 1 litre de brou aplicat.
16/09	Fungicides Dorado i Equation Pro i insecticida DiPEL DF a les dosis recomanades pel fabricant. 1 litre de brou aplicat.