



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

Comportament després del repicat de plàntules te tàpera
obtingudes en assaig de germinació i condicions de cultiu

Treball Fi de Màster

Master Universitari en Enginyeria Agronòmica

AUTOR/A: Beltrán Marqués, Guillem

Tutor/a: Pascual Seva, Nuria

Cotutor/a: Pascual España, Bernardo

CURS ACADÈMIC: 2021/2022

ALUMNE: Guillem Beltran Marqués
TUTORA: Nuria Pascual Seva
COTUTOR: Bernardo Pascual España

TÍTOL: COMPORTAMENT DESPRÉS DEL REPICAT DE PLÀNTULES DE TÀPERA OBTINGUDES EN ASSAIG DE GERMINACIÓ I CONDICIONS DE CULTIU.

Resum: La tàpera (*Capparis spinosa* L.) és una planta de la família de les capparidàcies, la propagació sexual de la qual presenta factors limitants. Entre els principals problemes a destacar es poden trobar baixos índexs de germinació. L'equip d'investigació en el qual s'engloba aquest Treball Final de Màster ha aconseguit bons resultats de germinació en condicions controlades de càmera de germinació, si bé es desconeix el comportament de les plàntules en la seua evolució a plantes comercials. Per això, s'han dissenyat dos experiments en els quals s'avalua la germinació de les llavors en exposar-se a diferents condicions de cultiu i tractaments, i el seu comportament en el repicat a recipients de major grandària. El primer experiment ha consistit en avaluar la germinació de llavors en plaques de *Petri* regades amb aigua i una solució d'àcid giberèl·lic (AG₃; 500 mg L⁻¹) i el seu posterior repicat a safates *speedling*. El segon experiment ha analitzat la resposta de les plàntules obtingudes en la sembra de llavors en safates *speedling*, sotmeses a diferents tractaments d'imbibició prèvia a la sembra (amb aigua, solució d'AG₃, o sense imbibició de les llavors), reg (amb aigua o solució d'AG₃), condicions de cultiu (càmera de cultiu i hivernacle) i moment de sembra, així com la resposta al posterior trasplantament de les plàntules a cossiols individuals.

El primer experiment ha tingut uns resultats bons de germinació en el cas de les plaques humitejades amb la solució d'AG₃, mentre que les plaques humitejades amb aigua han tingut uns resultats molt baixos. En qualsevol cas, les plantes trasplantades de tots dos tractaments han tingut un comportament molt pobre en la seva evolució a l'etapa adulta. Per tant, per tal de traslladar els bons resultats de germinació obtinguts a les plaques de *Petri*, la manipulació i manteniment de les plàntules ha de realitzar-se amb la màxima cura possible.

El segon experiment ha tingut uns resultats igualment pobres, independentment de les condicions de cultiu, el tractament d'imbibició i reg o el moment en què s'ha realitzat, però les llavors embegudes en AG₃ i regades amb aigua, malgrat el baix percentatge d'emergència, ha donat lloc a plantes sanes i amb bon aspecte per ser considerades com a plantes comercials.

Paraules clau: Germinació, condicions de cultiu, trasplantament, plantes comercials.

STUDENT: Guillem Beltran Marqués

ACADEMIC TUTOR: Nuria Pascual Seva

ACADEMIC COTUTOR: Bernardo Pascual España

TITLE: BEHAVIOR OF CAPER SEEDLINGS OBTAINED IN GERMINATION TEST AND GROWING CONDITIONS AFTER THEIR TRANSPLANT.

Abstract: Caper (*Capparis spinosa* L.) is a crop from the family of capparaceae whose sexual reproduction presents limiting factors. Among the main problems to highlight low germination rates can be found. The research team in which this Master's Final Project is included has achieved good germination results under controlled germination chamber conditions, although the behavior of seedlings in their evolution to commercial plants remains unknown. To this end, two experiments have been designed in which the germination of seeds when exposed to different growing conditions and treatments is evaluated, as well as their behavior when chipped into larger containers. The first experiment has consisted of evaluating the germination of seeds in *Petri* dishes irrigated with water and a gibberellic acid solution (AG₃; 500 mg L⁻¹) and its subsequent chipping in *speedling* trays. The second experiment has analyzed the response of the seedlings obtained in the sowing of seeds in *speedling* trays, subjected to different imbibition treatments prior to sowing (with water, AG₃ solution, or without seed imbibition), irrigation (with water or AG₃ solution), cultivation conditions (cultivation chamber and greenhouse) and time of sowing, as well as the response to the subsequent transplantation of seedlings into individual pots.

The first experiment has had good results regarding germination in the *Petri* dishes irrigated with the AG₃ solution, whilst water-irrigated dishes have had very low results. In any case, the plants transplanted from both treatments have had a very poor behavior in their evolution to adult stages. Therefore, to transfer the good germination results obtained in the *Petri* dishes, the handling and maintenance of the seedlings must be carried out with the utmost care.

The second experiment has had equally poor results, regardless of the growing conditions, the treatment of imbibition and irrigation or the moment in which it has been carried out, but AG₃-embedded, water-irrigated seeds, despite the low emergence percentage they have shown, have evolved into healthy and good-looking plants that can be considered as commercial plants.

Key words: Germination, growing conditions, chipping, commercial plants.

ALUMNO: Guillem Beltran Marqués
TUTORA: Nuria Pascual Seva
COTUTOR: Bernardo Pascual España

TÍTULO: COMPORTAMIENTO TRAS EL REPICADO DE PLÁNTULAS DE ALCAPARRA OBTENIDAS EN ENSAYO DE GERMINACIÓN Y CONDICIONES DE CULTIVO.

Resumen: La alcaparra (*Capparis spinosa* L.) es una planta de la familia de las capparidáceas cuya propagación sexual presenta factores limitantes. Entre los principales problemas a destacar se pueden encontrar bajos índices de germinación. El equipo de investigación en el que se engloba este Trabajo Final de Máster ha conseguido buenos resultados de germinación en condiciones controladas de cámara de germinación, si bien se desconoce el comportamiento de las plántulas en su evolución en plantas comerciales. Para ello, se han diseñado dos experimentos en los que se evalúa la germinación de las semillas al exponerse a diferentes condiciones de cultivo y tratamientos, y su comportamiento en el repicado a recipientes de mayor tamaño. El primer experimento ha consistido en evaluar la germinación de semillas en placas de *Petri* regadas con agua y una solución de ácido giberélico (AG_3 ; 500 mg L⁻¹) y su posterior repicado en bandejas *speedling*. El segundo experimento ha analizado la respuesta de las plántulas obtenidas en la siembra de semillas en bandejas *speedling*, sometidas a diferentes tratamientos de imbibición previa a la siembra (con agua, solución de AG_3 , o sin imbibición de las semillas), riego (con agua o solución de AG_3), condiciones de cultivo (cámara de cultivo e invernadero) y momento de siembra, así como la respuesta al posterior trasplante de las plántulas a macetas individuales.

El primer experimento ha tenido unos resultados buenos de germinación en el caso de las placas humedecidas con la solución de AG_3 , mientras que las placas humedecidas con agua han tenido unos resultados muy bajos. En cualquier caso, las plantas trasplantadas de ambos tratamientos han tenido un comportamiento muy pobre en su evolución en la etapa adulta. Por lo tanto, con el fin de trasladar los buenos resultados de germinación obtenidos en las placas de *Petri*, la manipulación y mantenimiento de las plántulas debe realizarse con el máximo cuidado posible.

El segundo experimento ha tenido unos resultados igualmente pobres, independientemente de las condiciones de cultivo, el tratamiento de imbibición y riego o el momento en que se ha realizado, pero las semillas embebidas en AG_3 y regadas con agua, a pesar del bajo porcentaje de emergencia, ha dado lugar a plantas sanas y con buen aspecto para ser consideradas como plantas comerciales.

Palabras clave: Germinación, condiciones de cultivo, trasplante, plantas comerciales.

INDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
1.1. Exigències edafoclimàtiques.....	1
1.2. Anatomia	2
1.3. Propagació	3
1.4. Importància econòmica.....	4
1.5. Relació amb els objectius de desenvolupament sostenible.....	5
2. OBJECTIUS	6
3. MATERIAL I MÈTODES	7
3.1. Material vegetal	7
3.2. Prova del tetrazoli.....	7
3.2.1. Fonament de la prova.....	7
3.2.2. Assaig de viabilitat.....	8
3.3. Experiment 1: Assaig de germinació i trasplantament.....	9
3.4. Experiment 2: Assaig de propagació en sembra en safata	10
3.5. Tractament estadístic de les dades	12
4. RESULTATS I DISCUSSIÓ	13
4.1. Prova del tetrazoli.....	13
4.2. Experiment 1: Germinació i trasplantament.....	13
4.2.1. Germinació	13
4.2.2. Creixement i repicat de les plàntules cultivades en AG ₃	15
4.2.3. Creixement i repicat de les plàntules cultivades en aigua	16
4.3. Experiment 2: Propagació en sembra en safata	19
5. CONCLUSIONS	26
6. BIBLIOGRAFIA.....	27

INDEX DE FIGURES

Figura 1. Flor, botons florals i fulles de la tàpera.....	2
Figura 2. Esquerra: Fruit madur de la tàpera. Dreta: Botons florals i fruits immadurs de la tàpera, conservats per al seu consum en amanides i altres preparacions.....	4
Figura 3. Vista aèria de la parcel·la on es troben les plantes d'on s'han obtingut les llavors utilitzades a l'estudi. Font: Seu electrònica del cadastre i Terrasit.	7
Figura 4. Clau d'assaig de la prova del Tetraxoli. D'esquerra a dreta: Teixit sa, Teixit dèbil pero viable, Teixit dèbil i no viable i Teixit mort.....	9
Figura 5. Esquerra: Placa de Petri amb llavors germinades procedents d'una repetició amb àcid giberèl·lic. Dreta: Safata de trasplantament de les plàntules què han assolit els 15 dies a la placa.	10
Figura 6. Esquerra: Safates de sembra a l'hivernacle designat per a la realització de l'experiment. Dreta: Cossiols individuals amb les plàntules que han pogut ser trasplantades.	11
Figura 7. Germinació acumulada durant la durada de l'experiment, abans de la realització de l'ajust logístic de les dades per a cadascuna de les plaques, regades amb aigua i una solució d'àcid giberèlic.	13
Figura 8. Model logístic ajustat a la germinació de llavors de tàpera durant la durada de l'experiment (132 dies) per a cadascuna de les plaques, regades amb aigua i una solució d'àcid giberèl·lic.	14
Figura 9. Altura (cm) i error estàndard de la mitjana de les plàntules trasplantades procedents de llavors germinades en plaques de Petri en càmera de germinació.	16
Figura 10. Longitud mitjana de la radícula de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i AG ₃ , respectivament.	18
Figura 11. Longitud mitjana de l'hipocòtil de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i AG ₃ , respectivament.	18
Figura 12. Longitud mitjana total i error estàndard de la mitjana de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i AG ₃ , respectivament.....	19
Figura 13. Percentatge d'emergència i intervals LSD de la mitjana de germinació de les llavors en funció de les condicions de cultiu i el tractament aplicat.	22
Figura 14. Percentatge d'emergència i intervals LSD de la mitjana de germinació de les llavors en funció del moment de la sembra i el tractament aplicat.....	22
Figura 15. Altura mitjana (cm) i error estàndard de les plàntules trasplantades procedents de llavors germinades en condicions de càmera de germinació.	23
Figura 16. Altura mitjana (cm) i error estàndard de les plàntules trasplantades procedents de llavors germinades en condicions d'hivernacle per als diferents tractaments proposats.	24
Figura 17. Cossiols individuals de plàntules trasplantades procedents de safates de sembra en condicions controlades de càmera.	25
Figura 18. Cossiols individuals de plàntules trasplantades procedents de safates de sembra en condicions d'hivernacle. Esquerra: Vista de les plantes a 17 de juny. Dreta: vista de les plantes a 26 de juliol, trasplantades a cossiols de major grandària.	25

INDEX DE TAULES

Taula 1. Efecte de la solució utilitzada per humitejar el substrat de germinació (solució de 500 mg L ⁻¹ AG ₃ i aigua) sobre la germinació acumulada (G), la màxima germinació (A), el número de dies necessari per assolir el 50% de la germinació final (t50), i la velocitat mitjana relativa de germinació acumulada (k2).....	14
Taula 2. Longitud mitjana de l'hipocòtil (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb AG ₃ i error estàndard.	15
Taula 3. Longitud mitjana de la radícula (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb AG ₃ i error estàndard.	15
Taula 4. Longitud mitjana total (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb AG ₃ i error estàndard.	15
Taula 5. Longitud mitjana de l'hipocòtil (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i error estàndard.....	17
Taula 6. Longitud mitjana de la radícula (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i error estàndard.	17
Taula 7. Longitud mitjana total (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i error estàndard.	17
Taula 8. Emergència, en número de plàntules emergides i percentatge respecte a la sembra, en diferents condicions de cultiu.	20
Taula 9. Efecte de les condicions de cultiu, l'ús d'una solució d'àcid giberèlic i el moment de la sembra de les llavors sobre el percentatge d'emergència d'aquestes. .	20

1. INTRODUCCIÓ

La tàpera (*Capparis spinosa* L.) és una espècie arbustiva, tropical o subtropical originària d'Àsia, pertanyent a la família de les caparidàcies i introduïda a Europa a través del mediterrani. En Espanya es coneix popularment amb el nom de *alcaparro*, *alcaparra*, *tàpena* o *tapenera*. (Luna i Pérez, 1985).

El sistema de classificació taxonòmica APG IV (Angiosperm Phylogeny Group; Rawat i Bhandari, 2019) situa *Capparis spinosa* L. de la següent manera:

- **Regne:** Plantae
- **Clades:**
 - Angiospermes
 - Eudicotiledoneae
 - Gunneridae
 - Superrosidae
 - Rosidae
 - Malvidae
- **Ordre:** Brassicales
- **Família:** Capparaceae
- **Gènere:** *Capparis*
- **Espècie:** *spinosa*

Es tracta d'un arbust perenne, caducifoli i típic de zones de secà, amb uns talls postrats que cada any es renoven a partir de les tiges de la base, podent arribar a emetre estructures de fins a 3 metres de longitud a les plantes cultivades (Melgarejo, 2002).

Els productes obtinguts de la tàpera tenen diferents aprofitaments a nivell agroindustrial, sent el principal l'alimentació humana, i en menor mesura la indústria farmacèutica o la jardineria (Pascual *et al.*, 2004). Així, els botons florals o tàperes i els fruits o taperots, i en menor mesura, els brots tendres amb fulles o tiges, es recol·lecten principalment per al consum en fresc, conservats habitualment en salmorra o en vinagre. Els fruits, d'altra banda, es poden recol·lectar per a l'alimentació o per a la propagació sexual del cultiu, cas en el qual l'època de recol·lecció s'endarrereix per a abastir la maduresa fisiològica (Luna i Pérez, 1985).

A nivell farmacèutic, existeixen diversos remeis populars elaborats a partir de parts de la planta com són les arrels o l'escorça amb propietats diürètiques, antireumàtiques, antiartrítiques, alleujadores de problemes gastrointestinals, etc (Rivera *et al.*, 2003).

Finalment, a nivell ornamental, la flor de la tàpera destaca pels seus colors vistosos (blancs i violacis) i la seva fragància, fet que confereix a la planta un valor elevat al camp de la jardineria (Juan, 2017).

1.1. Exigències edafoclimàtiques

La tàpera és capaç de desenvolupar-se en una varietat molt àmplia de sòls, fins i tot sobre i entre les esquerdes de roques i murs, fet que permet catalogar-la com a planta rupícola (que pot viure sobre les roques). Malgrat tot, prefereix sòls calcaris, argilocalcaris i francs, essent els sòls arenosos els menys indicats per al seu desenvolupament. Es tracta d'una planta termòfila, per la qual cosa és capaç de

desenvolupar-se bé en zones desèrtiques i semi desèrtiques, suportant les altes temperatures estivals pròpies d' aquestes latituds. També és capaç de suportar les baixes temperatures hivernals ja que la seua brotació és tardana, a més de trobar-se en estat de latència en aquesta època de l'any (Maroto, 2002). Tot i ser una planta termòfila i preferir ambients litorals, pot desenvolupar-se a les zones d'interior, sent capaç de créixer en altituds de fins a 1000 m. A nivell hídric, la tàpera s'adapta millor a ambients amb una baixa humitat relativa, sobretot en els primers estadis del desenvolupament, ja que en aquesta fase el tronc pot patir infeccions fúngiques que li poden provocar la mort a la planta. Finalment, les zones de cultiu amb una major il·luminació i condicions de dia llarg proporcionaran uns rendiments superiors al cultiu (Melgarejo, 2000).

És molt habitual trobar la tàpera per tota la regió mediterrània i les zones subtropicals d'Europa, Àsia i Àfrica. A nivell nacional, els principals llocs on es desenvolupa són Les Illes Balears, el País Valencià, Múrcia i Andalusia (López González, 2001).

1.2. Anatomia

L'arrel de la tàpera és gruixuda, poc ramificada, forta i molt profunda, podent en ocasions assolir fins a 10 metres de profunditat, fet que li permet extreure aigua de les capes més baixes del sòl i adaptar-se a ambients ruderals i de sequera extrema (Melgarejo, 2000). A la zona de la unió entre la tija i el sistema radical es forma una estructura callosa en la qual es localitzen nombroses gemmes que broten a la primavera i donen lloc als rams de l'any, els quals poden arribar a mesurar fins a 3 metres de longitud. Aquests rams són mixtos, de manera que la gemma terminal de les branques és vegetativa i les axil·lars són productives, donant lloc a flors i fruits o altres rams, la qual cosa origina la ramificació de la tija principal (Luna i Pérez, 1985).



Figura 1. Flor, botons florals i fulles de la tàpera.

Les fulles són gruixudes, verdes i ovals, alternes i senceres, i compten amb un pecíol curt de la base del qual surten espines corbes de consistència llenyosa. Les gemmes axil·lars dels rams donen lloc als botons florals, que en un període d'entre 8 i 12 dies es desenvolupen i donen lloc a les flors, les quals compten amb un calze compost per 4 sèpals verdosos o violacis i una corol·la amb igual nombre de pètals, blancs o lleugerament rosats. A nivell reproductiu, la flor compta amb un gran nombre d'estams i un pistil amb un únic ovari súper, un sol estil i estigma; l'ovari se situa sobre una

estructura que rep el nom de ginòfor, que realment és una prolongació de l' eix floral (Agustí, 2017).

El fruit es coneix com a taperot, caparró, *alcaparro* o *alcaparrón*, i consisteix en una baia ovalada d'aspecte coriaci i carnós per dins, amb un nombre molt elevat de llavors, que són fàcilment disseminades per diferents vectors quan el fruit assoleix la maduresa i s'obre longitudinalment, deixant-les exposades. Aquestes llavors no tenen albumen ni làtex, són de color marró fosc i la seva forma és esfèrica, assolint una longitud d'entre 2 i 3 mm en la maduresa.

1.3. Propagació

La propagació de la tàpera s'ha realitzat tradicionalment tant de forma vegetativa com sexual, i més recentment per micro-propagació *in vitro* a partir de diferents teixits de la planta (Khalaf, 2011).

El mètode més utilitzat per a la propagació asexual és l'esqueixat, sent les estagues de fusta dura o semidura les més adequades per a aquest propòsit (Pascual *et al.*, 2007). En aquest sentit, s'ha demostrat que, a la tàpera, l'ús d'estagues de fusta dura (lignificades) o semidura (poc lignificades) presenta un comportament similar i només és viable amb estagues preses en la base de la branca, si existeix una gemma activa (Ibáñez, 2015).

La micro-propagació és un altre mètode de reproducció asexual utilitzat en el cultiu de la tàpera. Igual que en altres cultius, la micro-propagació es realitza *in vitro*, i comprèn quatre etapes com són l'establiment del cultiu, el desenvolupament i multiplicació dels embrions, l'arrelament i l'aclimatació de les plàntules (Davies *et al.*, 2018).

La forma més habitual és la propagació sexual, ja que cada fruit madur produeix una quantitat molt elevada de llavors (Luna i Pérez, 1985) i és la manera més ràpida i econòmica de propagar la tàpera (Juan, 2017).

S'entén per germinació com el procés de reactivació de la maquinaria metabòlica de la llavor i la emergència de la radícula i la plúmula, que porten a la producció d'una plàntula (Davies *et al.*, 2018), sent necessari que s'acomplisquen 3 condicions per a que s'iniciï: en primer lloc, la llavor ha de ser viable, és a dir, l'embrió ha d'estar viu; segonament, la llavor no ha de trobar-se en estat de latència; finalment, deuen donar-se les condicions adequades d'humitat, temperatura, O₂ i lluminositat (Juan, 2017). En este context, s'entén per latència com la impossibilitat temporal de les llavors per a completar el procés de germinació, encara que les condicions ambientals siguin idònies, sense que s'interrompen altres funcions vitals de les llavors com la respiració, la síntesi de nucleòtids i proteïnes, la regeneració de membranes i altres funcions metabòliques que mantenen les llavors viables encara que no puguin completar el procés de germinació (Bewley *et al.*, 2013).

Tot i això, la tàpera presenta un molt baix percentatge de germinació (entre el 5 i el 15%) als dos o tres mesos de la sembra, fet que ha propiciat l'estudi d'aquest fenomen en diferents parts del món. Estudis previs duts a terme en el departament en el qual s'enquadra aquest Treball de Final de Màster han aconseguit obtenir bons resultats de germinació, identificant el moment òptim de recol·lecció dels fruits, seleccionant les llavors madures mitjançant el mètode de flotació i realitzant els assajos de germinació mitjançant el mètode *between paper* (BP) en condicions controlades en cambra de germinació (12 h a 30 °C amb il·luminació i 12 h a 20 °C en foscor) i amb l'aplicació d'una

solució de 500 mg L⁻¹ d'àcid giberèlic (AG₃) al substrat de germinació (Foschi *et al.*, 2020, 2022a).

El baix índex de germinació de les llavors de tàpera és degut principalment a la latència fisiològica superficial (Baskin i Baskin, 2004; Foschi *et al.*, 2020) causada principalment per la interacció entre el genotip de la planta i diversos factors mediambientals com són la temperatura, la humitat del sòl, la disponibilitat de nutrients o la llum. Esta latència és conseqüència de la regulació del metabolisme i la senyalització de dos fitohormones amb funcions antagòniques en la planta: les gibberel·lines i l'àcid abscísic (Müller *et al.*, 2006; Carrera-Castaño *et al.*, 2020). Les llavors que presenten latència imposada per la coberta, com és el cas de la tàpera, produeixen l'àcid abscísic en els teixits de l'endosperma, que posteriorment és exportat als teixits de l'embrió (Penfield, 2017). Diversos estudis han constatat que una senyal derivada de la acció de les gibberel·lines es mou des del meristema apical de l'arrel fins a les cèl·lules bassals de l'hipocòtil, activant el seu metabolisme i l'absorció d'aigua; l'àcid abscísic exerceix una acció inhibidora de la senyal, mantenint la latència de les llavors, mentre que les gibberel·lines la promouen, provocant la germinació d'aquestes (Penfield, 2017).

1.4. Importància econòmica

Com ja s'ha comentat, el principal aprofitament d'aquest cultiu és la indústria alimentària, on els botons florals (tàperes els fruits immadurs (taperots), i en menor mesura els brots i/o tendres, són el producte collit, comercialitzat en salmorra, vinagre o altres mètodes de conservació (Luna i Pérez, 1985). Es tracta d'un producte molt utilitzat en la cuina mediterrània en forma de condiment i també consumit en aperitius i amanides (Sozzi i Vicente, 2006).



Figura 2. Esquerra: Fruit madur de la tàpera. Dreta: Botons florals i fruits immadurs de la tàpera, conservats per al seu consum en amanides i altres preparacions.

No es coneixen dades precises de producció mundial d'aquest cultiu; el portal estadístic de la FAO (*Food and Agriculture Organization*) no ofereix dades de producció o superfície cultivada.

D'altra banda, dades proporcionades pel Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació situen el Marroc com el principal productor i exportador de tàperes al món, amb una producció propera a 47 x 10⁶ Kg·any⁻¹, seguit de prop per Turquia, que en els últims anys ha incrementat les seves exportacions acostant-se als valors anuals del Marroc. Un altre exportador, tot i que amb menor importància és Síria (MAPA, 2016).

A nivell nacional, el Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació mostra, en l'última versió publicada del seu anuari estadístic (dades relatives a l'any 2021), el total d'hectàrees cultivades de tàpera el territori nacional ascendeix a 505, sent quasi la totalitat d'elles en secà (473 ha de secà enfront de 31 en regadiu). La superfície cultivada dels últims 10

anys no ha canviat, sent de 504 hectàrees l'any 2010; no obstant això, la producció, segons les dades proporcionades, ha augmentat de 39 t a 404 t, sent les Illes Balears la comunitat amb un nombre major d'hectàrees cultivades amb 420 ha, seguida d'Andalusia amb 24 ha i la regió de Múrcia amb 29 ha (MAPA, 2021).

La recol·lecció de les tàperes és forçadament manual, ja que no és possible mecanitzar la recollida dels botons florals de les tiges, tan postrades, ramificades i irregulars, de manera que la mà d'obra pot arribar a encarir el procés fins a una cota inassolible; donat que la producció nacional en els últims anys ha augmentat de manera tan pronunciada, es pot pensar que és molt probable que les empreses productores importen els botons florals de països on la mà d'obra no suposa un cost prohibitiu, per a ser processats en les seues instal·lacions i posteriorment comercialitzats com a producte propi.

Per últim, a nivell territorial, no hi ha dades disponibles en el portal de estadístiques agrícoles de la Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica de la Generalitat Valenciana (GVA, 2021).

Actualment la propagació en viver de la tàpera es presenta com una operació inviable a nivell econòmic; tot i que els bons resultats en els assajos de germinació han possibilitat avanços en la propagació sexual d'aquesta (Foschi *et al*, 2020, 2022a, 2022b), esmenant un dels principals impediments que presenta la tàpera per a la propagació per llavor, les labors d'implantació i manteniment del viver a mesura que augmenta la superfície d'aquest es tornen més complicades i abundants, augmentant la dificultat i la mà d'obra requerida (Melgarejo, 2000). Per aquest motiu, pareix interessant la simplificació del procés a un menys exigent que permeta la transició de plàntula obtinguda de llavors germinades a planta adulta a menor escala.

1.5. Relació amb els objectius de desenvolupament sostenible

Els objectius de desenvolupament sostenible (ODS), són un conjunt de 17 objectius creats per les Nacions Unides i promoguts com a objectius mundials per al desenvolupament sostenible, sent una crida per a canviar d'estil de desenvolupament, sempre respectant el medi ambient (Nacions Unides, 2022). En aquest sentit, el present Treball Final de Màster, està alineat amb el els ODS 9, 12 i 15. Tenint en compte que el Treball pretén aportar una tècnica viable de propagació de la tàpera que siga directament aplicable per al sector viverístic, contribueix a l'ODS 9 "Indústria, innovació i infraestructures" i a l'ODS 12 "Producció i consum responsables". A més, si considerem que la tàpera és una planta que està present a la majoria de països de la Conca Mediterrània, però que el seu cultiu s'està veient reduït, entre altres motius, per les dificultats que presenta la seua propagació, la millora d'aquest procés milloraria la "Vida d'ecosistemes terrestres" (ODS 15).

2. OBJECTIUS

L'objectiu principal del present Treball Final de Màster (TFM) és traslladar els bons resultats de germinació obtinguts en laboratori a la pràctica d'un viver. Per a poder assolir aquest objectiu el TFM compta amb dos objectius específics, diferenciats en dos experiments independents.

Per una banda, es pretén avaluar el creixement de les plàntules després de la germinació i la seua viabilitat després del trasplantament a safates de repicat, comparant el desenvolupament d'aquestes en funció de la solució utilitzada durant el procés de germinació (tant aigua com AG₃).

D'altra banda, es desitja comprovar la viabilitat del procés de propagació en viver de la tàpera, per a la qual cosa, s'avaluarà l'índex d'emergència de les plàntules, el seu creixement i la seva resposta al repicat en contenidors de major grandària, en base a diferents condicions de cultiu tant en condicions de càmera de cultiu com en hivernacle.

3. MATERIAL I MÈTODES

3.1. Material vegetal

El material vegetal utilitzat per a la realització dels experiments ha sigut un lot de llavors de producció pròpia, obtingudes de plantes de tàpera cultivades a la parcel·la 281 del polígon 142 del terme municipal de Lliria (València).



Figura 3. Vista aèria de la parcel·la on es troben les plantes d'on s'han obtingut les llavors utilitzades a l'estudi. Font: Seu electrònica del cadastre i Terrasit.

El procés d'obtenció de les llavors comença amb la recol·lecció dels fruits madurs (taperots), que s'ha dut a terme durant els mesos d'estiu de l'any 2021, amb la posterior extracció de les llavors. Primerament s'eliminen les restes de polpa que queden adherides a les llavors, per tal de netejar de la millor forma possible les llavors obtingudes. Seguidament, es separen les llavors madures de les immadures mitjançant el mètode flotació (Foschi., 2022a; Davies et al, 2018); les llavors, en ser introduïdes en un recipient en aigua, si estan madures, cauen per el seu propi pes fins a la base del recipient. En canvi, si no han assolit la maduresa completa, suren i queden a la superfície, pel que poden ser fàcilment retirades.

Amb les llavors madures ja seleccionades, es realitzen diversos tractaments de neteja i desinfecció amb una solució d'hipoclorit de sodi al 25% i aigua destil·lada, eliminant de nou possibles restes de polpa i assegurant un bon estat sanitari de les llavors front a malalties o infeccions fúngiques. Finalment, les llavors es depositen sobre un paper de filtre en un lloc segur durant 15 dies per tal d'assegurar un correcte assecat, sent finalment emmagatzemades en contenidors hermètics i en nevera.

3.2. Prova del tetrazoli

3.2.1. Fonament de la prova

Per tal de comprovar la viabilitat de les llavors seleccionades per als experiments, s'ha dut a terme la prova del tetrazoli, seguint els procediments indicats al Manual d'assajos al tetrazoli del Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (Moore, 1985) i el manual publicat per l'Associació Internacional d'Assaig de Llavors (ISTA, 2003).

El tetrazoli, clorur de tetrazoli o clorur de 2,3,5-trifeniltetrazoli és un indicador redox que permet diferenciar teixits metabòlicament actius de teixits inerts. En entrar en contacte amb un teixit amb activitat cel·lular, el tetrazoli, inicialment de color blanc, es redueix per acció dels enzims presents a 1,3,5-trifenilformazà (comunament anomenat formazà), adquirint una coloració rogenca. Per contra, en els teixits inerts no hi haurà reducció del compost, mantenint-se el color blanc inicial del tetrazoli.

D'esta manera, en introduir les llavors en una solució de clorur de tetrazoli serà possible diferenciar els teixits viables dels teixits morts.

3.2.2. Assaig de viabilitat

La prova de viabilitat de les llavors s'ha realitzat en 4 repeticions de 10 llavors, introduïdes en diferents gots de precipitat amb una dissolució a l'1% de tetrazoli comercial de la casa Sigma-Aldrich.

Primerament s'han realitzat puncions de la coberta de les llavors seleccionades per a la prova amb l'ajuda d'una agulla de dissecció i unes pinces, per tal de permetre la entrada del reactiu a l'interior de la llavor. Aquesta operació s'ha dut a terme en la part contrària al fil (*hilo* en castellà) de la coberta seminal.

A continuació s'han depositat les diferents repeticions de llavors en els gots de precipitat, i s'ha procedit a la immersió de les llavors en la solució del reactiu. El procés d'immersió ha durat 48 hores, en les quals les llavors han sigut mantingudes en condicions d'obscuritat i a 30°C en la càmera de germinació.

Una vegada han passat les 48 hores, les llavors de cada repetició han sigut seccionades longitudinalment mitjançant pinces i bisturí, mostrant els diferents graus de tinció dels teixits avaluats. Les pautes proporcionades per el Manual d'assajos del Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (Moore, 1985) estableixen 4 categories en funció de la intensitat de tinció dels teixits: teixits sans; dèbils i viables; dèbils i no viables, i morts. A continuació es proporciona una definició de les categories esmentades:

- **Teixits sans:** Tendeixen a tenyir gradual i uniformement al teixit des de les superfícies externes cap a l'interior. A nivell teixit, el color roig és brillant i llustrós, especialment si el teixit no està danyat.
- **Teixits dèbils i viables:** Comprenen diferents graus de deteriorament, anant des dels teixits quasi totalment sans fins als teixits tenyits febles i no viables, o els teixits morts i no viables.
- **Teixits dèbils i no viables:** Inclouen un embrió complet, o poden estar rodejats de teixits viables sans i/o dèbils; el color pot ser roig purpuri o grisenc, i variar en intensitat des del roig obscur a roig pàl·lid o rosaci.
- **Teixits morts:** Els teixits morts presenten flacciditat, un color blanc com si foren guix, i generalment poca brillantor ni llustre. Podrien confondre's teixits morts amb teixits viables però que no han sigut tenyits, però aquests es diferencien clarament dels teixits morts per la seua turgència, lluentor i les tonalitats lleugerament rosades o blanc-grogenques que prenen.



Figura 4. Clau d'assaig de la prova del Tetrazoli. D'esquerra a dreta: Teixit sa, Teixit dèbil pero viable, Teixit dèbil i no viable i Teixit mort.

3.3. Experiment 1: Assaig de germinació i trasplantament

El primer experiment ha sigut un assaig de germinació amb diferents condicions de cultiu, seguint el mètode BP (*Between Papers*) establert per les Regles Internacionals per a la anàlisi de llavors (ISTA, 2018). Aquest mètode comprèn l'ús de paper de filtre com a substrat en plaques de *Petri* de poliestirè cristall. El paper de filtre utilitzat -de gramatge mitjà (73 g m^{-2}) ha sigut prèviament desinfectat mitjançant tractaments tèrmics en autoclau.

Les diferents condicions de cultiu avaluades han sigut, d'una banda, una solució d'àcid giberèl·lic (AG_3) a una concentració de $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Àcid giberèl·lic 1,6% p/v, amb nom comercial *Semefil*, del laboratori *Nufarm*) i, d'altra, una solució control d'aigua destil·lada. Totes les mostres de l'assaig (tant d'aigua com d'àcid giberèl·lic) han sigut conservades en una càmera de germinació a iguals condicions de temperatura (30°C durant el dia i 20°C durant la nit), humitat relativa (85%) i il·luminació (durant 12 hores; $81 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ o 4000 luxes).

Amb estes condicions, s'han preparat 5 repeticions de 100 llavors cadascuna, distribuïdes uniformement per tota la placa de *Petri*, que té unes dimensions de $90 \times 14 \text{ mm}$. L'experiment ha tingut una durada aproximada de 130 dies en els quals s'ha realitzat un recompte periòdic de la germinació en cada placa. Paral·lelament s'ha mantingut el substrat (els papers de filtre) humit amb les solucions pertinents per a cada repetició.

En aquest assaig la presència de fongs ha sigut un problema des del principi, fet que ha propiciat el establiment d'un protocol de desinfecció de les llavors amb rentats d'hipoclorit de sodi al 25%, i aigua destil·lada posteriorment, en cas d'observar-se una infestació en el moment del recompte de germinació setmanal. També s'han realitzat substitucions dels papers de filtre, evitant d'esta manera l'acumulació de possibles patògens, brutícia o, en el cas de les plaques amb àcid giberèl·lic, el residu sòlid d'aquest, fet que podria augmentar la concentració del producte a les plaques per damunt dels valors proposats inicialment.

Les llavors germinades han sigut dipositades en plaques noves (Figura 5), moment a partir del qual el reg (en ambdós tractaments) ha sigut exclusivament amb aigua destil·lada i esterilitzada mitjançant tractaments tèrmics en autoclau. Les llavors germinades en les plaques noves han seguit un procés de catalogació i fotografia als 5, 10 i 15 dies, durant els quals s'ha documentat el desenvolupament de la radícula i l'hipocòtil amb el software de processament d'imatge *ImageJ* (National Institutes of Health, 1997).



Figura 5. Esquerra: Placa de Petri amb llavors germinades procedents d'una repetició amb àcid giberèl·lic. Dreta: Safata de trasplantament de les plàntules que han assolit els 15 dies a la placa.

Transcorreguts 15 dies, les llavors germinades i desenvolupades, ja convertides en plàntules, han sigut trasplantades a safates *speedling* (Figura 5) amb un substrat a base d'una combinació de turba negra i fibra de coco, de la casa comercial Brill. El substrat ha sigut prèviament sotmès a un procés de congelació per tal d'eliminar la presència tant de fongs com de la mosca del substrat (de la família de les *sciaridae*), les larves de la qual poden provocar danys a les plàntules, sobretot a la zona radical i el punt d'unió de l'arrel amb la tija.

Estes safates han sigut conservades en les condicions ja esmentades de càmera (cicles de 30°C/20°C, 85% d'humitat relativa i 4000 luxes d'intensitat lumínica), i han rebut regs amb aigua de l'aixeta en primer lloc, i amb una solució (diluïda al 60%) de la solució Hoagland número 2 (Maynard i Hochmuth, 1997) en les últimes fases de l'assaig. Addicionalment han rebut tractaments antifúngics periòdics amb un fungicida d'acció sistèmica com és el benomil-50% (format en forma de pols mullable, de la casa comercial ARAGRO S.A.) en una dissolució a raó de 0,2 g L⁻¹ del fungicida per cada L d'aigua, ja que, en tractar-se d'unes plàntules joves germinades en condicions controlades de laboratori, una aplicació més concentrada podria resultar tòxica per al cultiu.

Les plàntules trasplantades que han desenvolupat fulla vertadera han sigut monitoritzades setmanalment durant la durada de l'experiment, tot mesurant el desenvolupament longitudinal de la tija.

3.4. Experiment 2: Assaig de propagació en sembra en safata

El segon experiment dut a terme en la realització del TFM ha tingut per objectiu la simplificació del procés de propagació de la tàpera en viver a partir dels bons resultats de germinació de la llavor obtinguts anteriorment. En aquest cas s'ha avaluat l'índex d'emergència de les plàntules a partir de llavors sembrades directament en safates amb diferents condicions de cultiu, el desenvolupament de les plàntules i la seua resposta al repicat en contenidors de major grandària.



Figura 6. Esquerra: Safates de sembra a l'hivernacle designat per a la realització de l'experiment. Dreta: Cossols individuals amb les plàntules que han pogut ser trasplantades.

Amb l'objectiu d'identificar les condicions de cultiu més adequades per a l'emergència de les plàntules de tàpera, s'han aplicat diferents processos d'imbibició de les llavors com a pas previ a la sembra i posterior reg. Addicionalment, s'ha volgut avaluar el comportament de les plantes en funció de les condicions del medi en què creixen, és a dir, el comportament que tenen en desenvolupar-se en les diferents condicions d'hivernacle (temperatura regulada entre 7 i 29 °C) i càmera de germinació, mencionades en apartat anterior (cicles de 30°C/20°C, 85% d'humitat relativa i 4000 luxes d'intensitat lumínica).

D'esta manera s'han preparat 6 safates, 3 mantingudes a la càmera de germinació i 3 a l'hivernacle; a continuació es presenten les diferents condicions de cultiu proposades:

- Imbibició de les llavors en aigua destil·lada durant 72 hores i reg amb aigua durant tota la durada de l'experiment.
- Imbibició de les llavors en una solució de 500 mg L⁻¹ d' AG₃ durant 72 hores i reg amb aigua durant tota la durada de l'experiment.
- Sembra de llavors sense imbibició prèvia de cap tipus i reg amb una solució de 500 mg · L⁻¹ d' AG₃ durant tota la durada de l'experiment.

S'han utilitzat safates *speedling* de 150 alvèols (Figura 6) amb substrat a base d'una combinació de turba negra i fibra de coco procedent de la casa comercial Brill que prèviament ha sigut desinfectat a través d'un procés de congelació durant 24 hores en un congelador convencional. Aquest procés, unit a l'addició del ja mencionat fungicida sistèmic han servit per reduir la presència de fongs en el substrat. Addicionalment, s'han realitzat tractaments esporàdics amb un insecticida piretroide a base de lambda-cihalotrina anomenat *Karate Zeon* (formulat com una suspensió de micro-capsules, de la empresa Syngenta) en una dilució a raó de 0,3 ml per cada L d'aigua, quan s'ha observat alguna mosca o larva de la ja mencionada mosca del substrat (de la família de les *sciaridae*).

Cada safata ha sigut dividida en 5 repeticions de 30 alvèols, dins dels quals s'han depositat una llavor, donant lloc a 150 llavors per safata. El pes de 100 llavors, és a dir, aproximadament 0,8 grams, s'ha depositat en gots de precipitats diferenciats, per a portar a terme els diferents processos d'imbibició ja comentats.

La sembra s'ha realitzat manualment, introduint cada llavor en el seu alvèol amb ajuda d'unes pinces desinfectades. Una vegada ha sigut completada la sembra, s'ha realitzat un reg inicial amb aigua per humidificar correctament el substrat i iniciar correctament el cultiu, sent els regs successius realitzats amb el tractament estipulat en el disseny de

l'experiment. La freqüència dels regs ha sigut dues vegades per setmana, aplicant una pel·lícula d'aproximadament 1 cm en les safates en tot moment per evitar que el substrat poguera arribar a assecar-se. Al mateix moment del reg, s'ha registrat l'emergència de les llavors.

El trasplantament de les plàntules emergides des de la safata *speedling* a cossiols individuals (Figura 6) s'ha dut a terme als 30 dies de l'emergència, o alternativament quan s'ha observat que aquestes ja havien desenvolupat fulles vertaderes. A partir d'aleshores, les plantes trasplantades han sigut regades únicament amb aigua i solució Hoagland número 2 (diluída al 60%), i la seua longitud ha sigut mesurada setmanalment.

3.5. Tractament estadístic de les dades

Els resultats obtinguts en els diferents experiments han sigut tractats mitjançant el *software* informàtic Statgraphics Centurion XVII (Statpoint Technologies, 2016), per als quals s'ha realitzat una anàlisi de la variància (ANOVA); en els casos en els que el resultat ha sigut significatiu ($p \leq 0,05$), s'ha realitzat la separació de les mitjanes a través del test s'ha comprovat que les series de dades recopilades han seguit una distribució normal; LSD ($p \leq 0,05$). En tots els casos, prèviament a la realització de les anàlisi de la variància en els casos en què les dades es presenten en percentatge (%), s'ha realitzat la conversió d'aquests mitjançant la fórmula $\arcsin \sqrt{x}$.

D'altra banda, s'han ajustat els resultats de germinació a la funció logística (Torres i Frutos, 1990), la validesa de la qual per a la germinació de llavors de tàpera ha sigut demostrada prèviament (Pascual *et al.*, 2004; Juan, 2017; Foschi *et al.*, 2020); aquesta funció s'expressa de la següent manera:

$$G = A \cdot [1 + \exp(\beta - k \cdot t)]^{-1}$$

On G és la germinació acumulada, expressada en percentatge (%), A és el màxim de germinació expressat en percentatge (%), β és un paràmetre de la funció referent a la posició de la corba en relació amb l'eix del temps, k és un paràmetre de la funció relatiu a la velocitat i, finalment, t és el període de germinació, expressat en dies.

L'ajust de les corbes de germinació permetrà calcular una sèrie de paràmetres amb significat biològic com són el número de dies necessari per assolir el 50% de la germinació final (t_{50} , expressat en dies), coincidint aquest valor amb el punt d'inflexió de la corba sigmoïdal, i la velocitat mitjana relativa de germinació acumulada ($k/2$, expressada en dies⁻¹).

4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

4.1. Prova del tetrazoli

La comprovació de la viabilitat de les llavors s'ha dut a terme, tal com s'ha indicat anteriorment, a través de la prova del tetrazoli. La posterior anàlisi de les llavors han donat una mitjana per repetició de 6 llavors sanes, 2 llavors dèbils però viables, 1 llavor dèbil i no viable i 1 llavor morta. D'esta manera la viabilitat assolida per el lot ha sigut del 80% (62,5% de llavors sanes i 17,5% de llavors dèbils però viables). Aquesta viabilitat pot considerar-se com a bona, i segons Foschi et al. (2022a), pot estar relacionada amb el fet que els fruits van ser collits en la seva maduresa fisiològica, i amb l'acurada extracció, neteja, manipulació i emmagatzematge de les llavors.

4.2. Experiment 1: Germinació i trasplantament

4.2.1. Germinació

A continuació es mostren els resultats de germinació de les diferents plaques, en el gràfic de germinació acumulada durant la durada de l'experiment. Tal com es pot observar (figura 7), els valors de germinació amb AG₃ són molt superiors en totes les repeticions. Mentre que les plaques d'AG₃ han tendit a estabilitzar-se a partir dels 50 dies, les plaques humitejades amb H₂O han seguit una tendència molt diferent, ja que han tardat molt més en començar a germinar, ho han fet en moments molt tardans de l'experiment i els resultats que han proporcionat han sigut molt pobres.

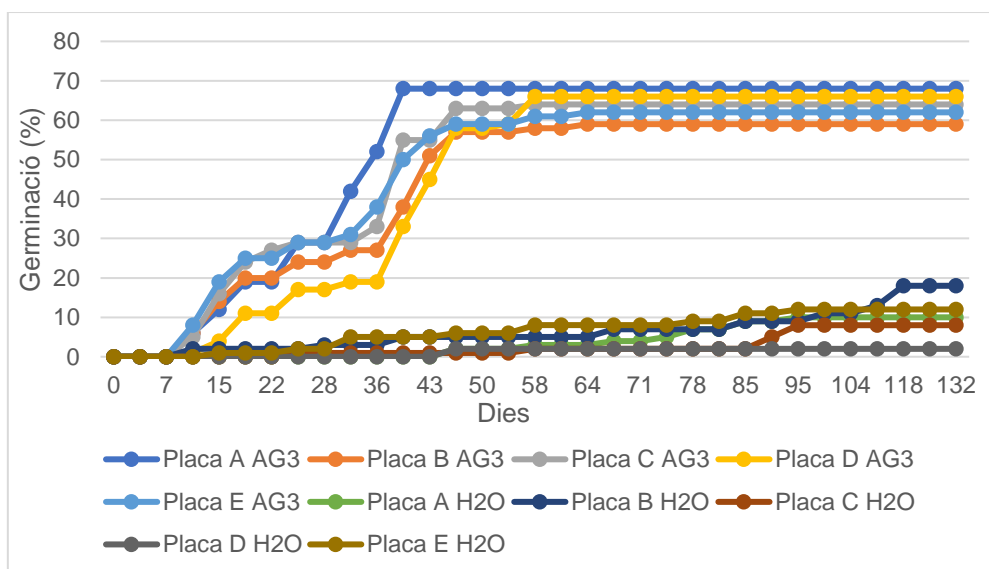


Figura 7. Germinació acumulada durant la durada de l'experiment, abans de la realització de l'ajust logístic de les dades per a cadascuna de les plaques, regades amb aigua i una solució d'àcid giberèlic.

L'ajust logístic dels valors de germinació acumulada mitjançant la fórmula presentada en apartats anteriors ha permès la obtenció del nombre de dies necessari per assolir el 50% del percentatge de la germinació final (t_{50} , dies) i la velocitat mitjana relativa de germinació acumulada ($k/2$, dies⁻¹). A continuació es mostra la representació del model logístic ajustat de la germinació de les diferents plaques, així com l'anàlisi estadístic dels valors de G , A , t_{50} i $k/2$. La baixa germinació obtinguda en la repetició D de les plaques

regades amb aigua, ha impedit que aquesta corba es poguera ajustar al model logístic, per la qual cosa, l'anàlisi estadístic es realitza amb 4 repeticions.

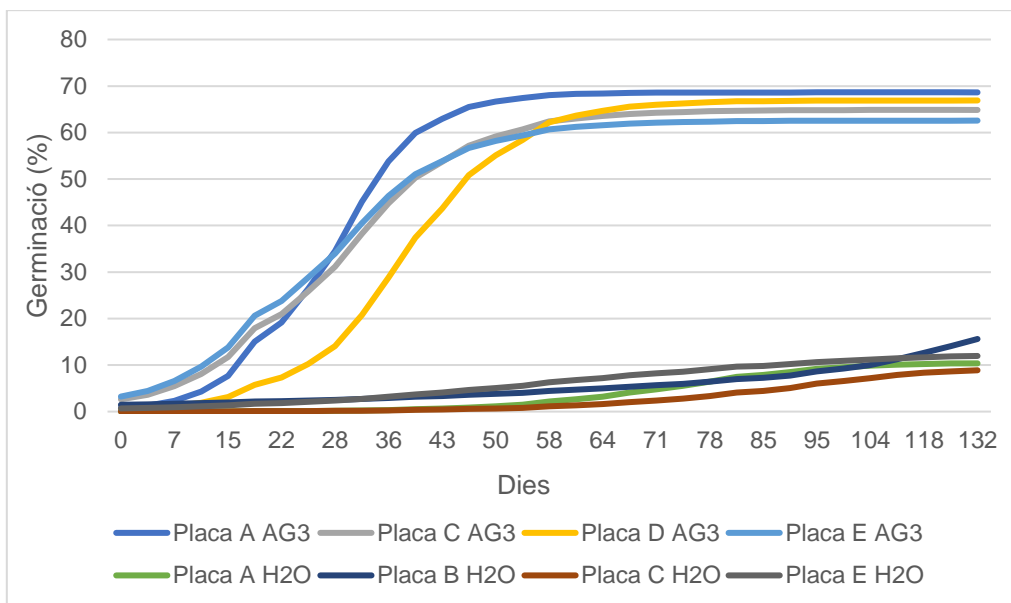


Figura 8. Model logístic ajustat a la germinació de llavors de tàpera durant la durada de l'experiment (132 dies) per a cadascuna de les plaques, regades amb aigua i una solució d'àcid giberèl·lic.

Taula 1. Efecte de la solució utilitzada per humitejar el substrat de germinació (solució de 500 mg L⁻¹ AG₃ i aigua) sobre la germinació acumulada (G), la màxima germinació (A), el número de dies necessari per assolir el 50% de la germinació final (t₅₀), i la velocitat mitjana relativa de germinació acumulada (k/2).

Solució	G(%)	A(%)	T ₅₀	k/2
GA ₃	65a	65,74a	30,32	0,053a
H ₂ O	12b	11,68b	99,92	0,029b

% de la suma de quadrats				
Paràmetres (graus de llibertat)				
Solució (1)	98,66**	99,21**	49,35NS	59,66*
Residual (6)	1,34	0,79	50,65	40,34

Lletres diferents en una mateixa columna indiquen diferències significatives ($P \leq 0,05$) segons el test LSD. NS: No Significatiu. *: nivell de significació $P \leq 0,05$. **: nivell de significació $P \leq 0,01$

Tal com es pot observar amb la anàlisi de la variància (Taula 1), tractament la solució aplicada per a humitejar el substrat utilitzat ha tingut diferències significatives ($p < 0,05$), demostrant que, efectivament, el tractament més efectiu per a induir la germinació de les llavors de tàpera en plaques de Petri és la aplicació d'una solució d'AG₃, sent positiva la resposta a una concentració de 500 mg·L⁻¹. A més, la utilització d'àcid com a mitjà de germinació ha provocat un descens en el número mínim de dies necessari per assolir el 50% de la germinació final (t₅₀) respecte als de les llavors que han rebut aigua com per a humitejar el substrat de germinació, encara que les diferències mostrades no són significatives ($p > 0,05$). Per últim, el valor de k/2 ha mostrat diferències significatives en funció de la solució utilitzada ($p < 0,05$) de manera que la germinació ha sigut més ràpida amb l'aplicació d'AG₃. Els resultats positius d'aplicar AG₃ coincideixen amb treballs anteriors realitzats al mateix grup d'investigació en matèria de germinació (Foschi *et al*, 2020, Fernández, 2020; Juan 2017), on es constata com a necessària la utilització d'AG₃ per obtenir uns resultats elevats de germinació.

4.2.2. Creixement i repicat de les plàntules cultivades en AG₃

Primerament s'exposen els resultats obtinguts en les plaques regades amb la solució d'AG₃ a una concentració de 500 mg·L⁻¹; Aquest tractament ha donat lloc a un total de 311 llavors germinades. Les llavors que durant els 15 dies han patit infeccions fúngiques o altres adversitats que han impedit el seu desenvolupament han sigut retirades i no han avançat a la fase del trasplantament. De cada placa s'ha obtingut el valor mitjà de les longituds mesurades als 5, 10 i 15 dies de la germinació, així com l'error estàndard. A continuació es mostren els valors mitjans de longitud de la radícula, hipocòtil i desenvolupament total de cada repetició:

Taula 2. Longitud mitjana de l'hipocòtil (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb AG₃ i error estàndard.

Hipocòtil			
Placa	5 dies	10 dies	15 dies
A	8,37	20,53	30,04
B	7,88	19,18	27,46
C	7,84	22,67	32,75
D	9,54	19,82	28,03
E	7,97	19,94	27,79
σ^-_x	0,32	0,60	0,99

Taula 3. Longitud mitjana de la radícula (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb AG₃ i error estàndard.

Radícula			
Placa	5 dies	10 dies	15 dies
A	2,05	3,02	3,76
B	3,22	5,03	6,57
C	3,40	5,68	7,09
D	1,93	3,15	3,77
E	2,61	4,60	5,44
σ^-_x	0,30	0,52	0,69

Taula 4. Longitud mitjana total (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb AG₃ i error estàndard..

Total			
Placa	5 dies	10 dies	15 dies
A	9,98	22,69	32,68
B	11,10	24,12	33,91
C	11,37	28,36	39,88
D	10,87	21,63	29,84
E	10,39	24,12	32,56
σ^-_x	0,25	1,14	1,66

Les plàntules obtingudes en les diferents plaques de *Petri* han sigut repicades a safates, i en els casos en els que ha desenvolupat fulles vertaderes, s'ha mesurat el seu desenvolupament. De les 311 llavors germinades, 194 han sigut trasplantades, i

únicament 60 han desenvolupat fulles vertaderes, de les quals, sols 21 han arribat a les últimes etapes de l'experiment. Aquests valors suposen que sols el 4.2% de les llavors sembrades ha arribat a desenvolupar plantes viables, per tant no sembla aconsellable utilitzar aquest mètode de propagació per a l'obtenció de planta comercial. En estudis anteriors (Foschi, comunicació personal), havia obtingut una resposta positiva (propera al 75%) al repicar les llavors germinades en placa de *Petri* a un cossioll amb substrat. Aquesta resposta positiva va motivar la realització d'aquest Treball Final del Màster, per tant d'analitzar l'evolució de la llavor germinada a planta comercial. La diferència en l'èxit d'aquest experiment, pot ser deguda a que en els assajos anteriors, les llavors els repicaven en detectar la seua germinació, mentre que en el present experiment, les llavors germinades passen a una segona placa de *Petri* on es mesura el seu creixement i no és fins a 15 dies després quan són repicades a la safata. En ser una plàntula més desenvolupada, pot ser més sensible a la manipulació, més si tenim en compte que per a evitar la seua contaminació, les pinces amb les que se manipulaven eren esterilitzades de manera continuada mitjançant flamejat, el que podia haver pujat la seua temperatura i danyat a la plàntula. Per contra, en els estudis anteriors, les llavors germinades eren repicades amb les pinces esterilitzades al començament del recompte de llavors germinades, però no de manera continua, per la qual cosa la temperatura era inferior, i a més a més les llavors encara mantenien la seua testa, d'on eren preses, i que els confereix una protecció, que no tenen al desenvolupar-se la plàntula.

Les plàntules trasplantades s'han agrupat en funció de la placa de la qual procedeixen, i s'ha confeccionat un gràfic amb el creixement mitjà de cadascuna d'elles, amb el error estàndard de la mitjana (figura 9).

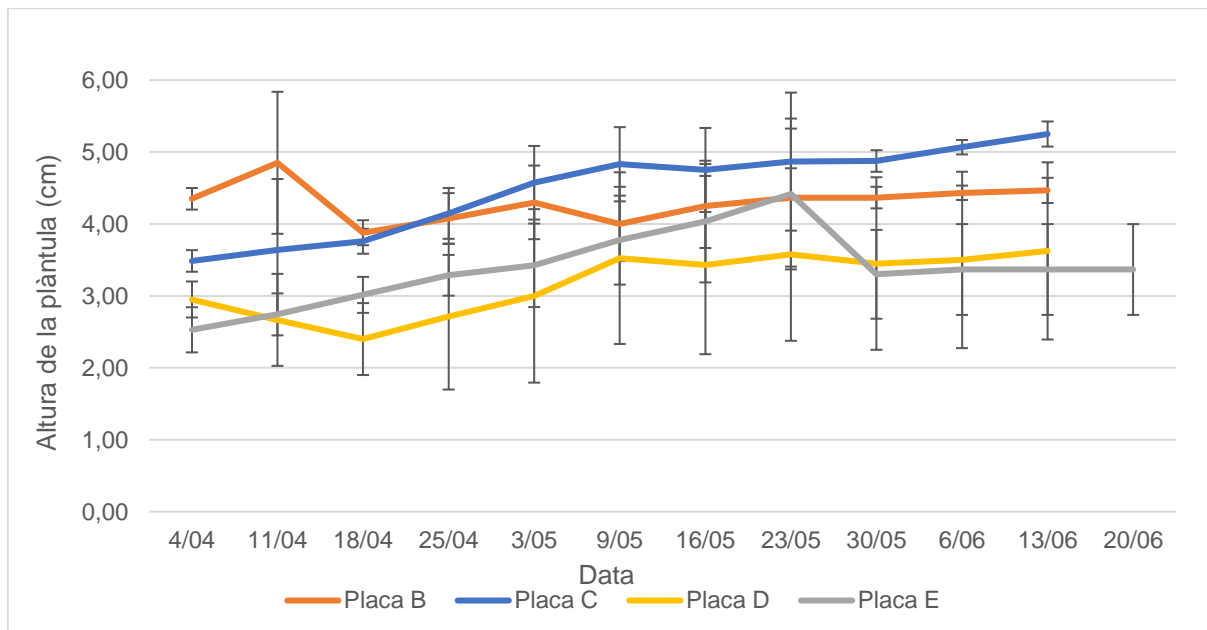


Figura 9. Altura (cm) i error estàndard de la mitjana de les plàntules trasplantades procedents de llavors germinades en plaques de *Petri* en càmera de germinació.

4.2.3. Creixement i repicat de les plàntules cultivades en aigua

En segon lloc s'exposen els resultats obtinguts en les plaques regades amb aigua destil·lada i esterilitzada amb tractaments tèrmics en autoclau; Aquest tractament ha donat lloc a un total de 43 llavors germinades, procedents de les 500 llavors sembrades. Les llavors germinades han sigut trasplantades a un total de 24 plaques. Les llavors que

durant els 15 dies han patit infeccions fúngiques o altres adversitats que han impedit el seu desenvolupament han sigut retirades i no han avançat a la fase del trasplantament. De cada placa s'ha obtingut el valor mitjà als 5, 10 i 15 dies de la germinació, així com l'error estàndard en la presa de dades. A continuació es mostren els valors mitjans de longitud de la radícula, hipocòtil i desenvolupament total de cada repetició:

Taula 5. Longitud mitjana de l'hipocòtil (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i error estàndard.

Hipocòtil			
Placa	5 dies	10 dies	15 dies
A	6,53	12,46	15,22
B	4,86	11,59	21,48
C	5,16	14,84	23,59
D	3,48	8,61	22,42
E	6,79	15,13	23,24
σ^-_x	0,60	1,19	1,54

Taula 6. Longitud mitjana de la radícula (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i error estàndard.

Radícula			
Placa	5 dies	10 dies	15 dies
A	1,84	2,52	3,77
B	1,86	3,40	5,32
C	2,05	2,66	4,00
D	1,35	2,22	4,44
E	2,25	5,69	6,74
σ^-_x	0,15	0,63	0,54

Taula 7. Longitud mitjana total (cm) de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i error estàndard.

Total			
Placa	5 dies	10 dies	15 dies
A	9,98	22,69	32,68
B	11,10	24,12	33,91
C	11,37	28,36	39,88
D	10,87	21,63	29,84
E	10,39	24,12	32,56
σ^-_x	0,25	1,14	1,66

Les plàntules obtingudes en les diferents plaques de *Petri* han sigut repicades a safates . De les 43 llavors germinades, 28 han sigut trasplantades, i ninguna d'aquestes ha arribat a desenvolupar fulles vertaderes, de manera que no s'ha pogut monitoritzar el seu creixement en el trasplantament. Per tant, per obtenir plantes comercials, la germinació de llavors en placa regades amb aigua per al seu posterior repicat, no és una opció viable.

A continuació, es mostren diferents gràfics amb els valors mitjans de desenvolupament longitudinal als 5, 10 i 15 dies de la radícula, hipocòtil i el desenvolupament total registrat, tant per a les plaques humitejades amb aigua com per a les plaques tractades amb AG₃:

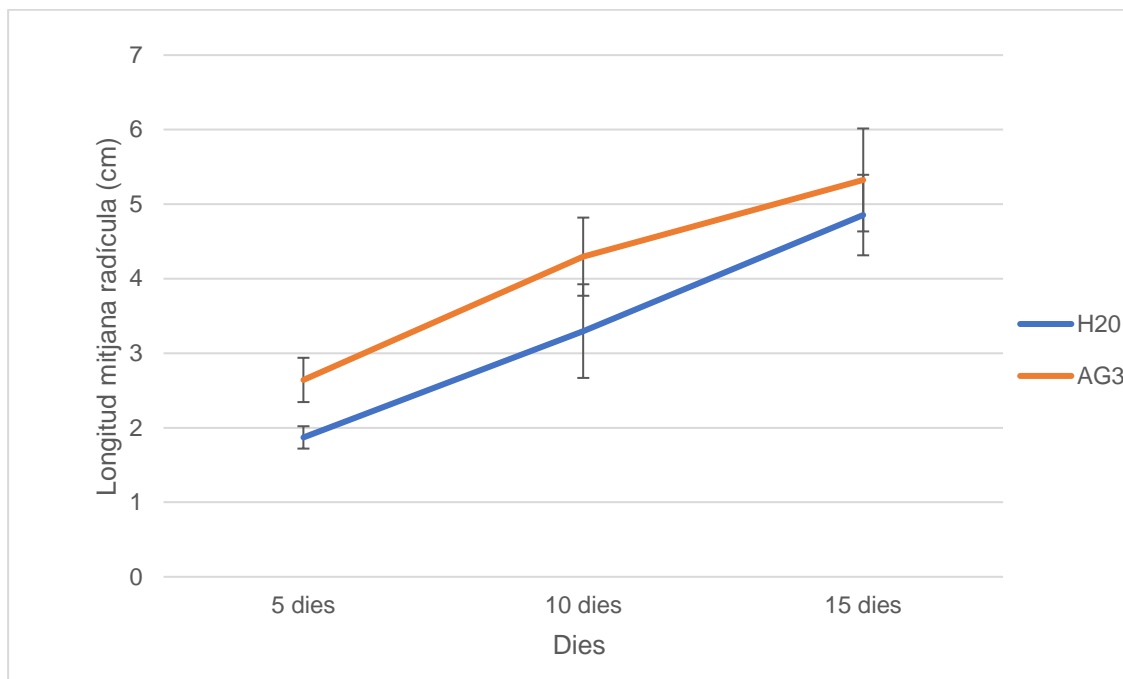


Figura 10. Longitud mitjana de la radícula de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i AG₃, respectivament.

Tal com es pot observar en la figura número 10, els valors totals de desenvolupament longitudinal de la radícula ha sigut superior en tot moment en el cas de les llavors germinades amb AG₃, però els valors als 15 dies s'han apropat, sent el valor mitjà final de desenvolupament de les llavors humitejades amb aigua de 4,85 cm front als 5,33 cm que ha assolit amb AG₃.



Figura 11. Longitud mitjana de l'hipocòtil de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i AG₃, respectivament.

Novament, els resultats de desenvolupament longitudinal mitjà de l'hipocòtil de les llavors germinades amb AG₃ han sigut superiors respecte als valors registrats en el cas

d'humitejar-les amb aigua. En aquest cas les diferències als 15 dies son més notables, sent els valors mitjans de desenvolupament de 29,21 cm i 21,19 cm, respectivament.

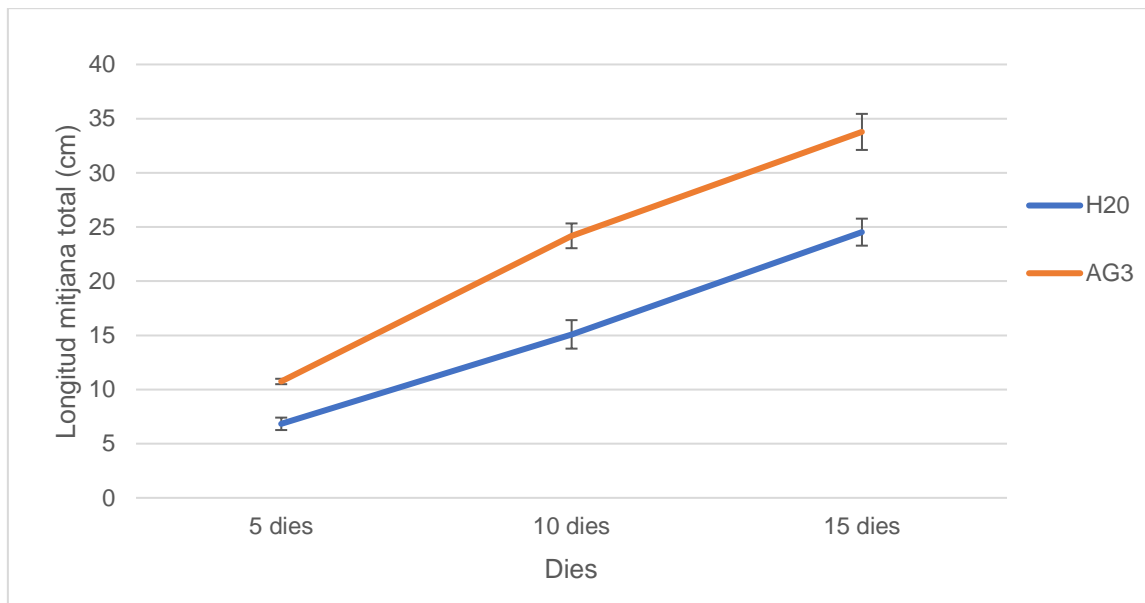


Figura 12. Longitud mitjana total i error estàndard de la mitjana de plàntules obtingudes a partir de les llavors germinades amb aigua i AG₃, respectivament.

Per últim, el desenvolupament mitjà total de les plàntules ha sigut superior en tot moment en les plaques tractades amb AG₃, assolint aquestes últimes un valor mitjà final de l'ordre de 33,77 cm front als 24,52 cm que s'han registrat en el cas de les llavors germinades amb aigua.

En base a les longituds registrades, es pot dir que el tractament de llavors en placa de *Petri* que provoca un desenvolupament longitudinal superior és el reg amb la solució d'àcid giberèl·lic.

4.3. Experiment 2: Propagació en sembra en safata

A les 3 setmanes d'haver començat l'assaig, davant la presència de la mosca del substrat en les safates preparades, es va aplicar un insecticida piretroide d'ús domèstic. Inicialment es va pensar que aquesta aplicació podia haver tingut un efecte advers en la germinació, fet que va propiciar la preparació de 3 noves safates; tanmateix, els resultats finals d'emergència en les 6 safates han sigut molt pobres, sense diferències aparents entre el tractament començat en un primer moment (moment 1), com el començat 3 setmanes després (moment 2). En cap cas, ha sigut possible l'ajust logístic d'aquests. A la taula 8 s'expressen estos resultats en valors absoluts i en forma de percentatge.

Taula 8. Emergència, en número de plàntules emergides i percentatge respecte a la sembra, en diferents condicions de cultiu.

Tractament	Moment	Condicions de cultiu			
		Càmera		Hivernacle	
		Número	%	Número	%
T1 (Remulla H₂O, Reg H₂O)	1	2	0,67	13	4,33
T2 (Remulla AG₃, Reg H₂O)		13	4,33	38	12,67
T3 (llavor seca, reg AG₃)		0	0,00	0	0,00
T4 (Remulla H₂O, Reg H₂O)	2	3	1,00	20	6,67
T5 (Remulla AG₃, Reg H₂O)		32	10,67	59	19,67
T6 (llavor seca, reg AG₃)		0	0,00	0	0,00

Observant els valors presentats pareix clar que les condicions de cultiu, el moment de sembra i el tractament han influït en el percentatge d'emergència de les llavors sembrades, sent el reg directe de les llavors seques amb AG₃ el tractament que pitjors resultats ha retornat, ja que no ha germinat ninguna de les 300 llavors sembrades. Per contra, la remulla prèvia de llavors en àcid s'ha desmarcat de la resta de tractaments com el tractament més efectiu per a la germinació, tot i què els valors que ha presentat són baixos en qualsevol cas. L'anàlisi de la variància de les dades d'emergència obtingudes, ha confirmat aquestes assumpcions; a la taula 9 es pot observar l'efecte dels diferents factors que han influït en la emergència, així com les interaccions entre ells:

Taula 9. Efecte de les condicions de cultiu, l'ús d'una solució d'àcid giberèl·lic i el moment de la sembra de les llavors sobre el percentatge d'emergència d'aquestes.

		Emergència (%)
Condicions	Càmera	1,87 a
	Hivernacle	4,33 b
AG₃	0	1,90 b
	Remulla	7,40 a
	Reg	0,00 c
Moment	1	2,20 b
	2	4,00 a
Paràmetres (graus de llibertat)		% suma de quadrats
A: Condicions (1)		9,40**
B: AG₃ (2)		60,82**
C: Moment (1)		5,00**
A x B (2)		5,53**
A x C (1)		0,01NS
B x C (2)		6,22**
A x B x C (2)		0,26NS
Residual (48)		12,77

Lletres diferents en una mateixa columna indiquen diferències significatives ($P \leq 0,05$) segons el test LSD. NS: No Significatiu. **: nivell de significació $P \leq 0,01$.

Tal com es pot observar a la taula 9 els efectes principals, és a dir, el moment de la sembra, la addició d'àcid giberèl·lic i les condicions de cultiu han presentat diferències significatives sobre la emergència de les plàntules ($p < 0,01$), representant el 5%, el 60,8% i el 9,4% de la variabilitat de les dades, respectivament.

El paràmetre que més ha influït en el percentatge d'emergència final és l'aplicació de la solució d'AG₃; les safates que no han tingut AG₃ ni en la fase d'imbibició prèvia ni en el reg han tingut un percentatge d'emergència inferior a les safates en les quals s'ha

realitzat la imbibició prèvia amb AG_3 , que han mostrat els millors resultats, tot i que aquests han sigut baixos. Tanmateix, el reg de llavors seques amb la solució d' AG_3 ha suposat un complet fracàs, ja que no ha germinat cap llavor de les 4 safates de sembra preparades. Açò fa pensar que la aplicació en forma de reg de la solució d' AG_3 pot resultar insuficient per a provocar el trencament de la latència que impedeix germinar a les llavors, un producte que s'ha demostrat com eficaç per a aquesta tasca quan s'ha aplicat a llavors germinades mitjançant el mètode *BP*, tal com s'ha vist al primer experiment d'aquest Treball Final de Màster i als treballs duts a terme per Foschi et al. (2020 i 2022). Aquesta falta d'efecte podria ser motivada per la metodologia utilitzada per a regar les safates, de manera que el AG_3 no arribà a embeure's a les llavors, i per tant no tingué cap efecte. Per altra banda, Foschi et al. (2020) van determinar que les llavors de tàpera aconseguen la màxima germinació als 3 dies de remulla (72 hores), activant-se així el metabolisme relacionat amb la germinació. Aquest també es probablement el motiu per el qual les llavors sotmeses a remulla (tant en aigua com en una solució d' AG_3) obtingueren, encara que baixa, una certa emergència; per contra les llavors sembrades sense haver estat a remulla, probablement no varen aconseguir embeure's la quantitat de solució d' AG_3 necessària per a activar el metabolisme.

Les condicions de cultiu també han mostrat diferències significatives en el percentatge mitjà d'emergència final, sent superiors els valors registrats a l'hivernacle que a la càmera. La càmera de germinació presenta un canvi de temperatura cada 12 hores, la qual cosa podria haver afectat de manera negativa a l'emergència de les plàntules front als canvis graduals experimentats a l'hivernacle (que simplement està regulat per a mantindre la temperatura entre 7 i 29 °C). La variació en il·luminació no es considera com a possible causa de la baixa emergència ja que la llavor de tàpera sembla que és indiferent a la il·luminació rebuda (Foschi, comunicació personal).

Per últim, el moment de sembra, per bé que a menor escala que la resta de factors, també ha influït en el percentatge d'emergència final (5% de la variabilitat), sent aquest valor superior en el segon moment de sembra. En aquest sentit, és molt possible que, com ja s'ha comentat, l'aplicació d'un insecticida piretroide d'ús domèstic en els primers estadis del cultiu haja motivat els baixos percentatges d'emergència, provocant algun tipus de fitotoxicitat que haja provocat un descens en la capacitat germinativa de les llavors.

En quant a les interaccions entre els diferents factors estudiats, les condicions de cultiu unides a la presència d' AG_3 (interacció AB) i la presència d' AG_3 i el moment de la sembra (interacció BC) han presentat diferències significatives ($p < 0,01$), no sent així en el cas de la interacció entre el moment de sembra i les condicions de cultiu i la interacció conjunta de tots els factors (interacció ABC) on no s'han apreciat estes diferències ($p > 0,05$).

A continuació es poden observar els diferents gràfics de les mitjanes de germinació per a les interaccions de factors que sí han presentat diferències significatives:

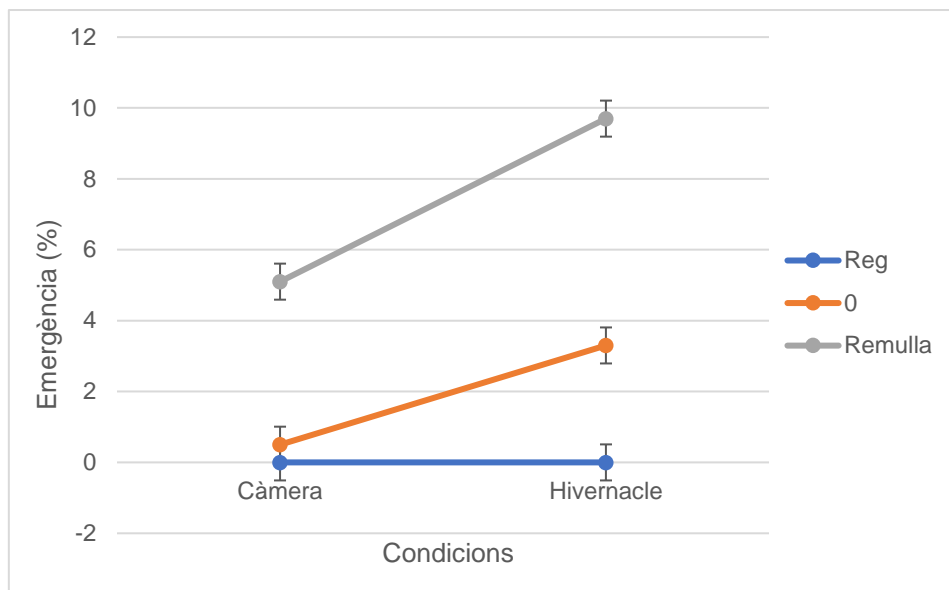


Figura 13. Percentatge d'emergència i intervals LSD de la mitjana de germinació de les llavors en funció de les condicions de cultiu i el tractament aplicat.

Les condicions de càmera han donat els pitjors resultats de germinació en els 3 tractaments proposats, sent la remulla de llavors amb AG₃ i posterior reg amb aigua el tractament que millor ha funcionat i l'únic que ha presentat diferències significatives respecte a la resta de tractaments en condicions de càmera de germinació.

Les condicions d'hivernacle, per contra, han funcionat millor en tots els casos, a excepció del reg de llavors no imbibides amb AG₃ que, com ja s'ha comentat, no ha sigut capaç de provocar l'emergència de ninguna llavor, independentment del moment i les condicions de cultiu proposades. Així, la remulla de llavors en AG₃ i el posterior reg amb aigua ha sigut el tractament que millor ha funcionat en condicions d'hivernacle. Per últim, esta última combinació (Remulla de llavors amb AG₃ en condicions d'hivernacle) ha sigut la que millors resultats d'emergència ha donat en analitzar la interacció conjunta de les condicions de cultiu i el tractament proposat.

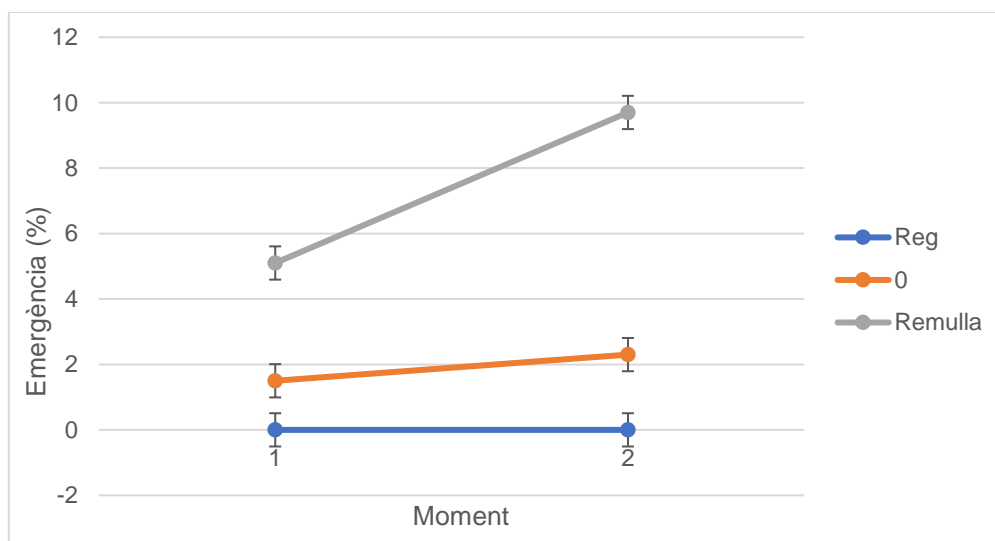


Figura 14. Percentatge d'emergència i intervals LSD de la mitjana de germinació de les llavors en funció del moment de la sembra i el tractament aplicat.

Tal com es pot observar, les safates amb llavors embegudes prèviament amb AG_3 han sigut les que millor han funcionat en els dos moments de sembra, sent el moment número 2 el que millors resultats ha proporcionat. La imbibició en aigua ha tingut resultats molt similars independentment del moment de la sembra i, finalment, el reg amb la solució d' AG_3 de llavors no embegudes s'ha mantingut en 0 en els dos moments. En el cas del moment 1 de sembra, és molt probable que, com ja s'ha comentat en anteriors apartats, els mals resultats estiguen relacionats a la aplicació d'un insecticida piretroide domèstic que haja provocat un descens en la capacitat germinativa de les llavors, que ja de per si és molt baixa.

D'altra banda, s'ha dut a terme el trasplantament de les plàntules emergides en la safata *speedling* a cossols individuals, i s'ha monitoritzat el seu creixement fins a la fi de l'experiment, tant en condicions d'hivernacle com en condicions de càmera de germinació.

La safata mantinguda en la càmera de germinació comptava inicialment amb 33 plàntules trasplantades, totes procedents del tractament número 5 (Remulla AG_3 , Reg H_2O), de les quals únicament 11 han arribat a les últimes dades de durada de l'experiment (30 de juny), és a dir un 7.33% de les llavors sembrades, si se considera únicament el tractament número 5, 1.22% si se consideren totes les llavors sembrades en safata en càmera, per la qual cosa, no s'aconsella sembrar llavors en safata en condicions de càmera de germinació per a l'obtenció de planta comercial. A continuació es mostren una sèrie de gràfiques que representen el creixement mitjà de les plàntules des del moment en què comencen a desenvolupar fulles vertaderes fins a l'últim dia de durada de l'experiment.

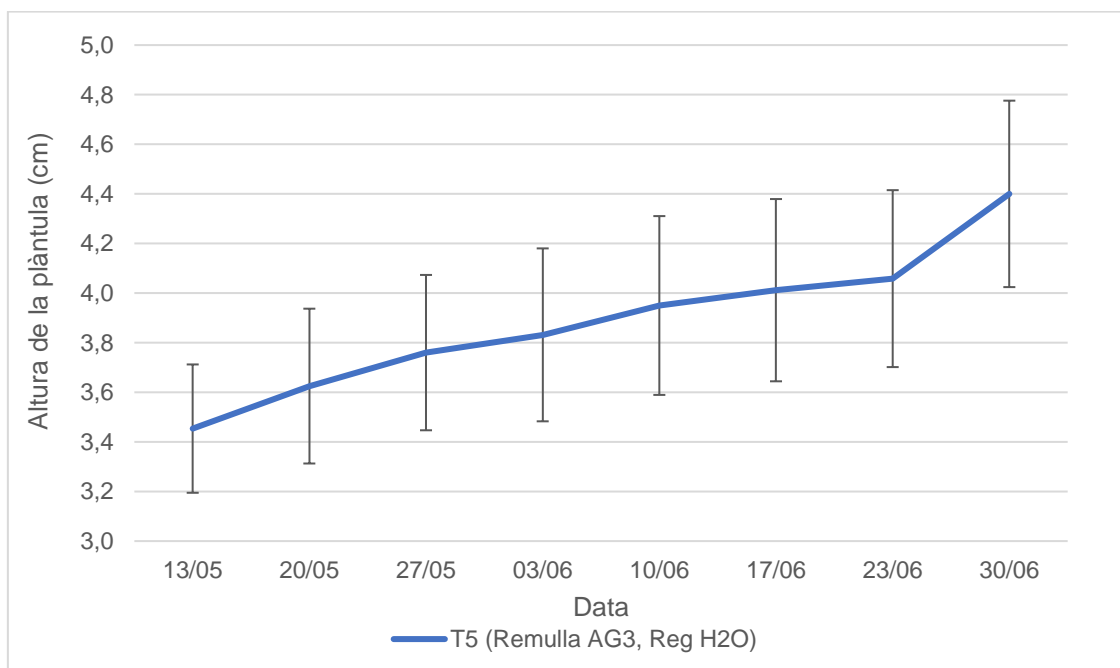


Figura 15. Altura mitjana (cm) i error estàndard de les plàntules trasplantades procedents de llavors germinades en condicions de càmera de germinació.

Tal com es pot observar a la figura 15, el creixement mitjà de les plàntules durant la durada de l'experiment ha sigut d'aproximadament 1 cm en un mes, sent el valor inicial de 3,45 cm i el valor final de 4,4 cm.

La resposta de les plàntules mantingudes en condicions de cultiu d'hivernacle en canvi, ha sigut més variada; d'esta manera, del total de 39 plàntules trasplantades, 12 han procedit dels tractaments 1 i 4 (Remulla H₂O, Reg H₂O), mentre que les 27 restants han sigut trasplantades des de les safates 2 i 5 (Remulla AG₃, Reg H₂O), respectivament. En aquest cas s'han arribat a desenvolupar el 4% de las llavors que han estat a remulla i regades amb aigua, i el 9% de les llavors que han estat a remulla amb la solució d'àcid giberèl·lic i regades amb aigua.

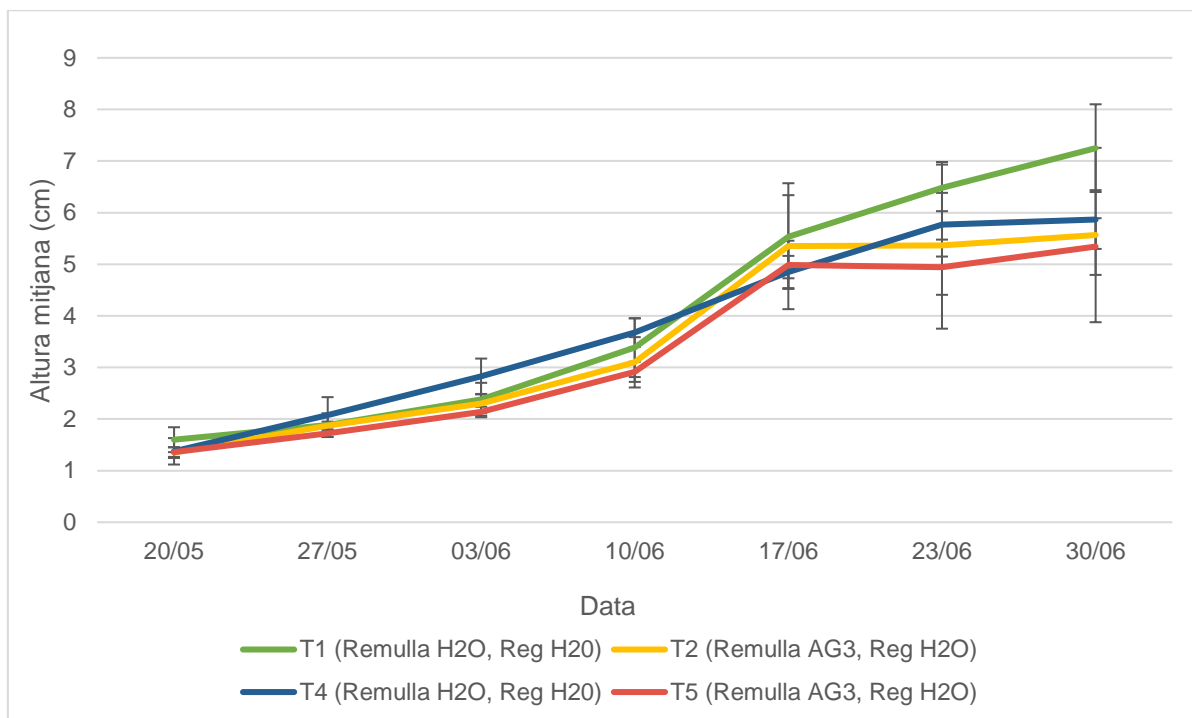


Figura 16. Altura mitjana (cm) i error estàndard de les plàntules trasplantades procedents de llavors germinades en condicions d'hivernacle per als diferents tractaments proposats.

Observant la figura 16, es pot veure que el tractament número 1 ha arribat a una altura de 7,25 cm, un creixement superior al de la resta de tractaments; els valors mitjans finals dels tractaments 2, 4 i 5, en canvi, han sigut menys pronunciats, sent aquests de l'ordre de 5,57 cm, 5,86 cm i 5,34 cm, respectivament. És de remarcar que encara que el percentatge de llavors que han donat lloc a plantes comercials ha sigut molt baix, les plantes que han arribat al final de l'experiment ho han fet amb bones condicions per a poder ser considerades com a plantes comercials.

A continuació es mostren dos figures corresponents als cossiols individuals en que han sigut trasplantades les plàntules que han arribat a formar fulles vertaderes, tant en condicions controlades de càmera de germinació (figura 17) com a l'hivernacle (figura 18). Tal com es pot observar, les plàntules trasplantades en càmera es veuen dèbils, sense pràcticament fulles vertaderes i abocades al fracàs. En canvi, la majoria de les plàntules trasplantades de l'hivernacle tenen un vigor molt superior, han desenvolupat un número molt superior de fulles i poden arribar a considerar-se plantes comercials.



Figura 17. Cossiols individuals de plàntules trasplantades procedents de safates de sembra en condicions controlades de càmera.



Figura 18. Cossiols individuals de plàntules trasplantades procedents de safates de sembra en condicions d'hivernacle. Esquerra: Vista de les plantes a 17 de juny. Dreta: vista de les plantes a 26 de juliol, trasplantades a cossiols de major grandària.

5. CONCLUSIONS

- És necessari aplicar una solució d'AG₃ a una concentració de 500 mg·L⁻¹ a les plaques de germinació per obtenir uns bons resultats, ja que l'aigua no és capaç de provocar la germinació a uns nivells similars.
- Les plàntules obtingudes, independentment del tractament utilitzat, han tingut un percentatge de èxit en el repicat molt baix. El seu creixement s'ha vist molt probablement influenciat per la presència de, per una banda, fongs en les plaques de germinació, i per altra, fongs i altres plagues en les safates de repicat, de manera que es recomana un major control en els protocols de trasplantament i de seguiment de les plàntules. Per tant, per tal de traslladar els bons resultats de germinació obtinguts a les plaques de *Petri*, la manipulació i manteniment de les plàntules ha de realitzar-se amb la màxima cura possible.
- La sembra de llavors en safates *speedling*, independentment de les condicions de cultiu, del tractament utilitzat i del moment en què s'ha realitzat, ha donat uns percentatges molt baixos.
- En el cas de l'hivernacle, a pesar del baix número de plàntules germinades, la imbibició de llavors en AG₃ i el posterior reg amb aigua ha donat lloc a plantes sanes i amb grandària suficient per ser considerades comercials.

6. BIBLIOGRAFIA

- BASKIN, J.M. i BASKIN, C.C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Sci. Res.* 14, 1–16, 10.1079/ssr2003150.
- BELLVER, L. (2020). Influència de les característiques del fruit i la llavor de tàpera en la seua capacitat germinativa. Treball Final de Grau en Enginyeria Agronòmica i del Medi RuralValència: Universitat Politècnica de València. 40 pp.
- CARRERA-CASTAÑO, G., CALLEJA-CABRERA, J., PERNAS, M. GÓMEZ, L. i OÑATE-SÁNCHEZ, L. (2020). An updated overview on the regulation of seed germination. *Plants* 9, 703, 10.3390/plants9060703.
- CORDOVA, J. (2020). Estudio para la mejora de la germinación de semillas de alcaparra (*Capparis spinosa* L.). Treball Final de Màster de Sanitat i Producció Vegetal. Universitat Politècnica de València. 42 pp.
- BEWLEY, J., BRADFORD, K., HILHORST, H. W. M. i NONOGAKI H. (2013). *Seeds. Physiology of Development, Germination and Dormancy.* Springer, London. United Kingdom. 392 pp.
- FERNÁNDEZ, A. (2020). Efecto de la edad y de la escarificación química y enzimática sobre la germinación de semillas de alcaparra (*Capparis spinosa* L.). Treball Final de Màster Universitari en Enginyeria Agronòmica. Universitat Politècnica de València. 40 pp.
- FOSCHI, M. L., JUAN, M., PASCUAL, B., i PASCUAL-SEVA, N. (2020). Water Uptake and Germination of Caper (*Capparis spinosa* L.) Seeds. *Agronomy*, 10(6), 838.
- FOSCHI, M. L., JUAN, M., PASCUAL, B., i PASCUAL-SEVA, N. (2022a). Collection Guidelines to Achieve a Viable Caper Commercial Propagation. *Agronomy* 12, 74.
- FOSCHI, M. L., JUAN, M., PASCUAL, B., i PASCUAL-SEVA, N. (2022b). The imbibition, Viability, and germination of Caper Seeds (*Capparis spinosa* L.) in the first year of Storage. *Plants*, 11, 202.
- GARCÍA, I. (2020). Estudio para la mejora de la germinación de semillas de alcaparra (*Capparis spinosa* L.) Màster Universitari en Enginyeria Agroalimentaria. Universitat Politècnica de València. 39 pp.
- Generalitat Valenciana. (2022). Dades agrícoles, València, Espanya, vist el 15 de juny de 2022. <https://agroambient.gva.es/va/estadistiques-agricoles>.
- DAVIES, F. T., i GENEVE, R. L. I Wilson, S.B. (2018). *Hartmann and Kester's plant propagation principles and practices. Hartmann and Kester's plant propagation (8th ed.).* Harlow, UK: Pearson Education. Harlow, UK. 1004 pp.
- IBÁÑEZ, J. (2015). Estudio para la mejora de la propagación de la alcaparra mediante estaquillas. Treball Final de Grau en Enginyeria Agroalimentària i del Medi Rural. Universitat Politècnica de València. 40 pp.
- ISTA. (2016). *Reglas Internacionales para el Análisis de las Semillas.* ISTA, Bassersdorf, Suïssa.
- JUAN, M. (2017). Estudio para la mejora de las técnicas de propagación de la alcaparra (*Capparis spinosa* L.). Tesi doctoral. Universitat Politècnica de València. 470 pp.

- KHALAF, G. (2011). *Capparis spinosa* L. «Caper»: In Vitro Cultures and Bioassay. Tesis Máster. Hebrón, Palestina. Palestine Polytechnic University. 81 pp.
- LA BELLA, S., ROSSINI, F., LICATA, M., VIRGA, G., RUGGERI, R., IACUZZI, N., LETO, C. i TUTTOLOMONDO, T. (2021). Four-year study on the bio-agronomic response of biotypes of *Capparis spinosa* L. on the island of Linosa (Italy). *Agriculture* 2021, 11, 327.
- LÓPEZ GONZÁLEZ, G. (2001). Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares: (especies silvestres y las principales cultivadas). Tomo I. Madrid: Mundi-Prensa. 1728 pp.
- LUNA, F. i PÉREZ, M. (1985). La tapenera o alcaparra: Cultivo y aprovechamiento. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 128 pp.
- Ministeri D'agricultura, Pesca i Alimentació (2022). Avance del Anuario del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (datos del 2021). MADRID: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Consultado: 15 de juny de 2022, en <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticasagrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/>
- MAROTO, J. V. (2002). Horticultura herbácea especial (5a Ed.). Madrid: Mundi-Prensa. 704 pp.
- MAYNARD, D.N. i HOCHMUTH, G. J. (1997). *Knott's Handbook for Vegetable Growers*. John Wiley & Sons Inc., NY, USA. 45–218. 630 pp.
- MELGAREJO, P. (2000). Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. I, El medio ecológico, la higuera, el alcaparro y el nopal. Madrid: Mundi-Prensa. 374 pp.
- MOORE, R. P. (1985). Manual de ensayos al tetrazolio. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid. 130 pp.
- MÜLLER, K., TINTELOT, S., i LEUBNER-METZGER, G. (2006). Endosperm-limited Brassicaceae Seed Germination: Abscisic Acid Inhibits Embryo-induced Endosperm Weakening of *Lepidium sativum* (cress) and Endosperm Rupture of Cress and *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.* 47, 864–877, 10.1093/pcp/pcj059.
- Naciones Unides (2022). Objetivos de desarrollo sostenible, Nova York, EEUU, vist el 25 de juliol de 2022. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>.
- PASCUAL, B., SAN BAUTISTA, A. i PASCUAL-SEVA, N. (2007). Propagación vegetal. Valencia: Editorial UPV.
- PASCUAL, B., SAN BAUTISTA, A., IMBERNÓN, A., LÓPEZ-GALARZA, S., ALAGARDA, J. i MAROTO, J. V. (2004). Seed treatments for improved germination of caper (*Capparis spinosa*). *Seed Science and Technology*, 32(2), 637-642.
- PENFIELD, S. (2017). Seed dormancy and germination. *Curr. Biol.* 27, R874–R878, 10.1016/j.cub.2017.05.050.
- RAWAT, D. S. i BHANDARI, B. S. (2019). Angiosperm Phylogeny Group Classification in Fourth Iteration: Its Future Impact in india. *National Academy Science Letters*, 42(2), 185-189.
- RIVERA, D., INOCENCIO, C. i ALCARAZ, F. (2003). Review of food and medicinal uses of *Capparis* L. subgenus *Capparis* (Capparidaceae). *Economic Botany*, 57(4), pp 515-534.
- SOTTILE, F., CALTAGIRONE, C., PEANO, C., DEL SIGNORE, M.B. i BARONE, E. (2021). Can the caper (*Capparis spinosa* L.) still be considered a difficult-to-propagate Crop? *Horticulturae* 7, 316, 10.3390/horticulturae7090316.

- SOZZI, G. O. Y VICENTE, A. R. (2006). 13 – Capers and caperberries. En Peter, K.V. (ed.) Handbook of Herbs and Spices (pp. 230-256). Oxford, UK: Woodhead Publishing.
- STATGRAPHICS (2018). Statistical Graphics Statgraphics Centurion XVIII; Statistical 659 Graphics Corporation, Rockville, Maryland, USA.