



**Títol del Treball:**

**ESTUDI DE L'EFECTE AMBIENTAL EN  
CARACTERÍSTIQUES AGROMORFOLÒGIQUES I  
QUALITATIVES DE L'ALL DE BELLTALL**

Estudiant: Rut Mensa Mullerat

Correu electrònic: rutmensamullerat@gmail.com

Grau en Ciències Ambientals

Tutora: Maria Dolors Verdaguer Murla

Correu electrònic: dolors.verdaguer@udg.edu

Cotutora: Sònia Campo Sánchez

Correu electrònic: soniacampo@fundaciomiquelagusti.cat

Empresa / institució: Fundació Miquel Agustí

Data de dipòsit de la memòria a través de la plataforma de TFG: 3 de juliol de 2024

## Resum

L'objectiu d'aquest treball és identificar zones òptimes per al cultiu de l'all de Belltall, preservant les seves característiques úniques. Per assolir-ho, s'han considerat factors climàtics, tipus de sòl i variables ambientals per seleccionar cinc localitats amb diversitat climàtica, avaluar-ne la compatibilitat del sòl, i s'ha analitzat l'impacte ambiental tant en la producció com en els atributs organolèptics de l'all. Definir l'extensió fins on es pot cultivar l'all de Belltall podria permetre augmentar la producció segons les necessitats de l'Associació de Productors d'All de Belltall i consolidar-lo com un emblema de qualitat vinculat al seu territori.

Les cinc localitats amb diversitat climàtica seleccionades han estat: Belltall, Ciutadilla, l'Espluga de Francolí, Figuerola del Camp i Viladecans. Les dades climàtiques recollides van mostrar variacions significatives en temperatures mitjanes, amplitud tèrmica, pluviometria i hores de fred acumulades entre aquestes localitats. Belltall es va distingir per tenir temperatures més baixes i menor amplitud tèrmica durant l'hivern, condicions que s'han relacionat positivament amb el desenvolupament vegetatiu de l'all de Belltall.

Pel que fa al sòl, es van observar diferències rellevants en matèria orgànica i contingut de nutrients entre les localitats. Belltall va destacar per un alt contingut d'argila i matèria orgànica, factors crucials per a la retenció d'humitat i nutrients essencials per al creixement de l'all. A més, s'ha destacat que les condicions de sòl amb bon drenatge i humitat adequada són determinants per evitar malalties i fisiopaties com "all alles" i "all galleric".

Els resultats agronòmics van mostrar que els genotips d'all de Belltall presentaven un percentatge més alt de plantes viables quan es cultivaven en la seva localitat d'origen, amb bulbs de mida i pes més adequats. En termes organolèptics, l'all de Belltall va mantenir les seves característiques sensorials úniques, com un sabor més suau i menor pungència, quan es cultivava a Belltall comparat amb altres localitats i varietats.

En resum, l'estudi subratlla la importància crítica de preservar l'all de Belltall en les seves àrees tradicionals de cultiu per mantenir la seva qualitat i autenticitat. Les diferències observades en les condicions climàtiques i edafològiques entre les localitats han reafirmat la necessitat d'adaptar les pràctiques agrícoles per garantir la continuïtat d'aquesta varietat única i valorada dins del patrimoni agrícola català.

## Resumen

El objetivo de este trabajo es identificar zonas óptimas para el cultivo del ajo de Belltall, preservando sus características únicas. Para lograrlo, se han considerado factores climáticos, tipos de suelo y variables ambientales para seleccionar cinco localidades con diversidad climática, evaluar la compatibilidad del suelo, y se ha analizado el impacto ambiental tanto en la producción como en los atributos organolépticos del ajo. Definir la extensión hasta donde se puede cultivar el ajo de Belltall podría permitir aumentar la producción según las necesidades de la Asociación de Productores de Ajo de Belltall y consolidarlo como un emblema de calidad vinculado a su territorio.

Las cinco localidades con diversidad climática seleccionadas han estado: Belltall, Ciutadilla, l'Espluga de Francolí, Figuerola del Camp y Viladecans. Los datos climáticos recogidos mostraron variaciones significativas en temperaturas medias, amplitud térmica, pluviometría y horas de frío acumuladas entre estas localidades. Belltall se distinguió para tener temperaturas más bajas y menor amplitud térmica durante el invierno, condiciones que se han relacionado positivamente con el desarrollo vegetativo del ajo de Belltall.

En cuanto al suelo, se observaron diferencias relevantes en materia orgánica y contenido de nutrientes entre las localidades. Belltall destacó por un alto contenido de arcilla y materia orgánica, factores cruciales para la retención de humedad y nutrientes esenciales para el crecimiento del ajo. Además, se ha destacado que las condiciones de suelo con buen drenaje y humedad adecuada son determinantes para evitar enfermedades y fisiopatías como "ajo alles" y "ajo galleric".

Los resultados agronómicos mostraron que los genotipos de ajo de Belltall presentaban un porcentaje más alto de plantas viables cuando se cultivaban en su localidad de origen, con bulbos de medida y peso más adecuados. En términos organolépticos, el ajo de Belltall mantuvo sus características sensoriales únicas, como un sabor más suave y menor pungencia, cuando se cultivaba a Belltall comparado con otras localidades y variedades.

En resumen, el estudio subraya la importancia crítica de preservar el ajo de Belltall en sus áreas tradicionales de cultivo para mantener su calidad y autenticidad. Las diferencias observadas en las condiciones climáticas y edafológicas entre las localidades han reafirmado la necesidad de adaptar las prácticas agrícolas para garantizar la continuidad de esta variedad única y valorada dentro del patrimonio agrícola catalán.

## Abstract

The aim of this study is to identify optimal areas for the cultivation of Belltall garlic cultivar, preserving its unique characteristics. To achieve this, climate factors, soil types and environmental variables have been considered to select five locations with climate diversity, evaluate their soil compatibility, and the environmental impact both on production and the organoleptic attributes of garlic has been analysed. Defining the extent to which Belltall cultivar can be cultivated could increase the production according to the needs of Belltall Garlic Producers Association and consolidate it as a quality emblem linked to its territory.

The five selected locations with climate diversity have been: Belltall, Ciutadilla, l'Espluga de Francolí, Figuerola del Camp and Viladecans. The climatic data collected showed significant variations in average temperatures, thermal amplitude, rainfall and hours of cold accumulated between these locations. Belltall was distinguished by having lower temperatures and lower thermal amplitude during winter, conditions that have been positively related to the vegetative development of Belltall cultivar.

In terms of soil, relevant differences in organic matter and nutrient content were observed between localities. Belltall was noted for its high content of clay and organic matter, crucial factors for humidity retention and essential nutrients for garlic growth. In addition, it has been highlighted that soil conditions with good drainage and adequate humidity are decisive to prevent diseases and physiopathies such as "all alles" and "all galleric".

Agronomic results showed that Belltall garlic genotypes had a higher percentage of viable plants when grown in their native locality, with more suitable sized and weight bulbs. In organoleptic terms, Belltall garlic maintained its unique sensory characteristics, as a softer flavor and less pungency, when grown in Belltall compared to other localities and varieties.

In summary, the study underlines the critical importance of preserving Belltall garlic cultivar in its traditional cultivation areas to maintain its quality and authenticity. The differences observed in climatic and edaphological conditions between localities have reaffirmed the need to adapt agricultural practices to ensure the continuity of this unique and valued variety within the Catalan agricultural heritage.

## **REFLEXIÓ SOBRE ÈTICA**

Vetllar per mantenir una varietat local, arrelada al territori és una eina transversal per donar valor a les economies rurals, fomentar la sobirania alimentària i donar valor a un territori que pateix despoblament. Existeix una tendència a desvincular-se del territori, del què consumim, dels vincles físics i és per això que penso que són molt transcendents les tasques per poder retornar a aquesta vinculació, observació i entendre què està passant a l'entorn on ens trobem. L'acte de consumir és un acte polític molt important i conèixer el valor i el procés que hi ha darrere dels productes que consumim és una forma de connectar amb el territori.

## **REFLEXIÓ SOBRE SOSTENIBILITAT**

M'agradaria dedicar aquest espai de reflexió a l'auge de projectes per implementar energies renovables. Des de fa anys a Catalunya prescindim de pla estratègic per una transició energètica justa. Belltall ha patit darrerament una onada de projeccions de diversos projectes per instaurar parcs solars i s'hi troben ja instal·lats parcs eòlics. Caldria una reflexió profunda i participativa per poder acordar de quina manera es reparteixen aquests projectes sobre el territori. Fins l'actualitat s'han implantat en zones despoblades i amb manca de relleu generacional, cosa que acaba impactant de ple al sector agrari i rural. A mesura que s'ha establert el vincle entre la natura i el sistema capitalista s'han deixat de respectar els límits naturals de la terra i, per tant, cal definir cap on volem caminar. Cal que ens plantegem si volem seguir creixent o decreixer i reajustar el sistema.

## **REFLEXIÓ SOBRE PERSPECTIVA DE GÈNERE**

Tradicionalment, les dones han jugat un paper important en l'agricultura i la conservació de llavors. Concretament, amb l'all de Belltall, eren les qui s'encarregaven d'enforçar els alls i poder-los assecar per vendre o per sembrar la següent temporada. Aquestes tasques, sovint queden al marge i invisibilitzades. Igual que tota la càrrega domèstica que ha sustentat la dona del món rural. Reconèixer i valorar el seu paper implica l'accés a la presa de decisions. Son necessàries les polítiques que promouen la corresponsabilitat domèstica i que faciliten serveis de suport, són essencials per permetre la plena participació de les dones en l'agricultura.

# Índex

<b>ÍNDEX DE FIGURES</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDEX DE TAULES</b>	<b>8</b>
<b>SÍMBOLS I ACRÒNIMS</b>	<b>9</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUCCIÓ</b>	<b>11</b>
1.1. Cultiu de l'all	11
1.2. Condicions climàtiques i ambientals en el cultiu de l'all	13
1.3. Fisiopaties i malalties de l'all	13
1.4. Distribució geogràfica, importància econòmica i comercialització	15
1.5. L'all de Belltall	17
1.6. Context actual / Marc del treball	18
<b>2. OBJECTIUS</b>	<b>20</b>
2.1. Objectiu general	20
2.2. Objectius específics	20
<b>3. MÈTODES I MATERIALS</b>	<b>21</b>
3.1. Material vegetal	21
3.2. Metodologia	21
3.2.1. Assaig experimental	21
3.2.2. Variables edafoclimàtiques estudiades	23
3.2.3. Caràcters agromorfològics analitzats	24
3.2.4. Atributs sensorials estudiats	25
3.3. Anàlisis estadístiques	26
<b>4. RESULTATS</b>	<b>27</b>
4.1. Avaluació de les característiques climàtiques	27
4.2. Avaluació de les propietats del sòl	30
4.3. Anàlisi de l'impacte ambiental en el comportament agronòmic de l'all de Belltall	30
4.3.1. Plantes viables	31
4.3.2. Fisiopaties	31
4.3.3. Pes del bulb d'all	32
4.3.4. Mida del bulb	33
4.3.5. Color de la bulb i el gra	33

4.3.6. Número de grans per bulb .....	35
4.4. Resultats anàlisi sensorial.....	36
<b>5. DISCUSSIÓ</b> .....	<b>37</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>40</b>

## Índex de figures

<b>Figura 1.</b> Característiques morfològiques de l'all.....	11
<b>Figura 2.</b> Diagrama esquemàtic del creixement i desenvolupament de l'all.....	12
<b>Figura 3.</b> Fisiopaties de l'all.....	14
<b>Figura 4.</b> Evolució de la producció i superfície cultivada d'alls a nivell mundial.....	15
<b>Figura 5.</b> Producció, exportació i importació d'all a nivell mundial.....	16
<b>Figura 6.</b> Producció i superfície cultivada d'all a Espanya.....	16
<b>Figura 7.</b> All de Belltall.....	17
<b>Figura 8.</b> Festa de l'All de Belltall.....	18
<b>Figura 9.</b> Col·lecció de germoplasma d'all utilitzada en aquest estudi.....	21
<b>Figura 10.</b> Ubicació dels camp experimentals a les diferents localitats.....	22
<b>Figura 11.</b> Seguiment del Cultiu i Collita de l'All de Belltall.....	23
<b>Figura 12.</b> Anàlisi dels caràcters agromorfològics analitzats de l'all.....	25
<b>Figura 13.</b> Aspecte de la cabina de tast abans de començar una sessió del panel de tast de l'all de Belltall.....	26
<b>Figura 14.</b> Avaluació climàtica durant el període de cultiu de l'all.....	29
<b>Figura 15.</b> Percentatge de plantes viables per cada localitat i genotip.....	31
<b>Figura 16.</b> Percentatge de fisiopaties per cada localitat i genotip.....	32
<b>Figura 17.</b> Efecte de la localitat en el pes del bulb d'all.....	32
<b>Figura 18.</b> Efecte de la localitat en la mida del bulb d'all.....	33
<b>Figura 19.</b> Anàlisi de l'efecte ambiental en el patró de color de l'all.....	35
<b>Figura 20.</b> Efecte de l'ambient en el número de grans per bulb.....	36
<b>Figura 21.</b> Efecte de l'ambient en el perfil sensorial de l'all.....	36



## Índex de taules

<b>Taula I.</b> Varietats d'all catalanes registrades als bancs de llavors.....	17
<b>Taula II.</b> Les dades de les estacions i la correlació amb les localitats d'estudis.....	24
<b>Taula III.</b> Anàlisi de les propietats bàsiques, nutritives i físiques dels sòls dels camps.....	30

## Símbols i acrònims

AEMET – Agència Estatal de Meteorologia

BBCH – Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemische Industrie

BELL – Belltall

CIUT – Ciutadilla

DDP – Dies després de la plantació

ESPL – L'Espluga de Francolí

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

FIGU – Figuerola del Camp

IGP – Indicació Geogràfica Protegida

MAPA – Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación

PCA – Principal Component Analysis

SD – Desviació estàndard

VILA – Viladecans

XEMA – Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques

## Agraïments

M'agradaria dedicar aquest apartat a totes les persones que m'han acompanyat i que he conegut gràcies a la realització d'aquest treball.

En primer lloc estic infinitament agraïda a la Fundació Miquel Agustí per l'acompanyament, suport i professionalitat. Em sento afortunada d'haver tingut l'oportunitat de poder dur a terme el meu treball de final de grau amb el gran equip que formen. Sento que m'han dedicat temps per poder potenciar el meu aprenentatge, m'he pogut emmirallar, aprendre i he pogut descobrir que el món de la recerca, que pensava que no feia per mi, m'agrada i el gaudeixo. Especialment, vull agrair a la Sònia, per la seva paciència i ajuda; m'ha animat sempre a seguir treballant i m'ha transmès moltes ganes per seguir redactant el treball i, sobretot, ensenyant-me recursos que m'han estat i em seran molt útils molt a l'hora de redactar el treball. També a l'Helena, la tècnica de camp, que juntament amb la resta de l'equip vam recollir totes les dades per al meu treball, sense la seva presència i gran capacitat de dinamitzar l'equip no hagués estat igual. Al Joan, per donar-me sempre la seva visió i ser de gran ajuda amb la part estadística del treball, al Dani, l'Ana, la Cèlia, l'Anna, el Martí, a totes les membres de la fundació els agraeixo la seva contribució tant en el treball com en l'experiència, estic molt contenta d'haver-los conegut.

També m'agradaria agrair a la Montse de l'Agrupació de Productors d'All de Belltall que sempre m'ha obert les portes i ha estat disposada a explicar-me i posar-me en contacte amb qui necessités.

Per últim, vull donar les gràcies a la Dolors, la meua família, amics i amigues per fer-me costat i antics professors i professores que he contactat perquè em donessin un cop de ma i que mai no m'han donat un "no".

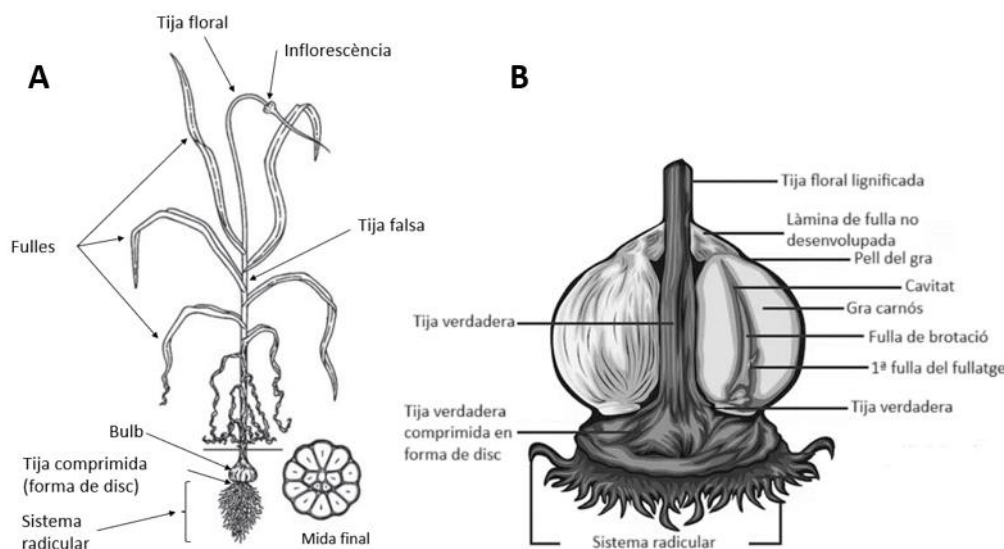
## 1. Introducció

L'all de Belltall és un producte emblemàtic de la zona de Belltall, conegut per les seves característiques úniques (més petit en comparació amb altres varietats comercials, color del gra vermellós i carn particularment groguentca) i el seu sabor característic (saborós però sense picar) (Casals et al., 2023). Per a aquest estudi, s'ha treballat amb tres ascensions recol·lectades de diferents agricultors de la zona, garantint la diversitat i representativitat del cultiu i amb dos testimonis (l'all Pedroñete i l'all primerenc).

### 1.1. Cultiu de l'all

L'all (*Allium sativum*), una de les espècies agrícoles més ancestrals, prové de la regió central d'Àsia i ha estat domesticada a partir de l'espècie silvestre *Allium longicuspis* (Casals & Campo, 2023). Documentat fa milers d'anys, el seu ús és conegut a Egipte fa 1000 anys aC i a la Xina, fa més de 2000 anys aC (Rivlin, 2001). Ha estat utilitzat regularment com a vegetal i condiment i, també és conegut pels seus efectes medicinals i nutricional, demostrant la seva importància cultural i històrica en la dieta i en la salut humana a través del temps (Atif et al., 2020).

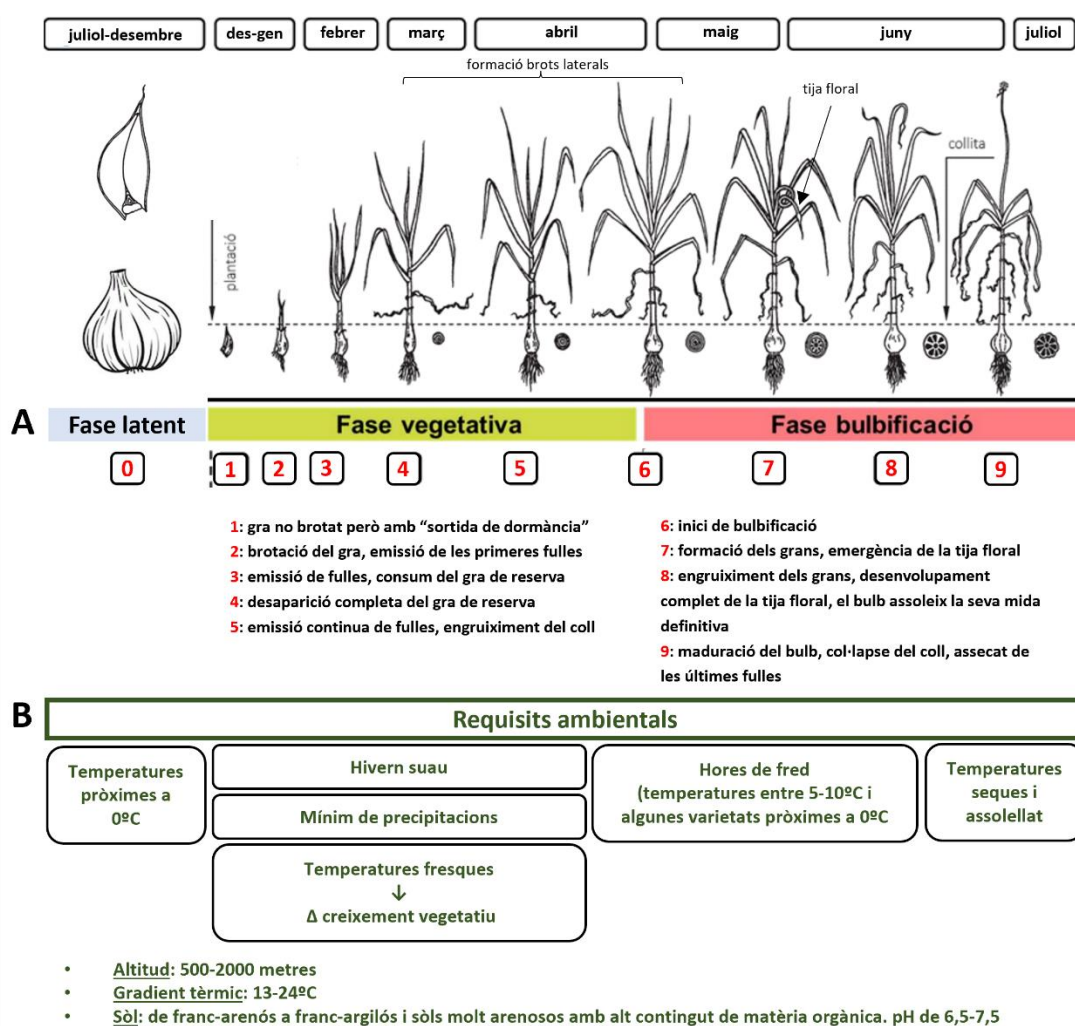
L'all és un cultiu hortícol monocotiledoni de la família de les liliàcies (Quintero, 1999). El bulb adult, format per 8 a 12 bulbils o grans (dents) d'all, presenta una tija comprimida en forma de disc a la seva base, on es recolzen les fulles, moltes de les quals estan fortament modificades (Figura 1). Les fulles són radials, alternes i allargades (Quintero, 1999). En alguns ecotips, la tija es prolonga en forma de tija floral, emergint o no entre la falsa tija composta per les beines (Burba, 2003). La inflorescència té forma d'ombel·la i les flors són majoritàriament estèrils, sense capacitat de produir llavors (Quintero, 1999).



**Figura 1. Característiques morfològiques de l'all.** (A) Morfologia de la planta d'all (*Allium sativum*). (B) Morfologia del bulb i grans d'all.

L'all és una espècie estèril i per tant es reproduïx de manera vegetativa, mitjançant la plantació dels grans d'all.

Un estudi recent de Lopez-Bellido et al. (2016) descriu detalladament set etapes en el creixement de l'all segons les escales BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemische Industrie) (Figura 2), ben coneguda en agronomia. Un cop superada la fase latent (Figura 2A, fase 0), el procés s'inicia amb la brotació, influenciada per factors genètics i ambientals, seguida per l'emergència de les fulles foliars i el seu creixement, que constitueix la fase vegetativa i més extensa (Figura 2A, fases 1-5). Posteriorment la diferenciació i formació de brots laterals porten a l'inici de la formació del bulb, la fase de bulbificació (Figura 2A, fase 6). Aquesta etapa continua amb el desenvolupament del bulb durant el qual es formen els grans d'all. En algunes varietats d'all la inflorescència emergeix suportada per la tija floral (Figura 2A, fase 7). Finalment, la planta al final de la fase 9 entra en senescència i dormància, un període de repòs, la fase latent (Figura 2A, fase 0). El nombre de grans que formen el bulb, la seva forma i el seu color venen determinats per la varietat i l'ambient (Quintero, 1999).



**Figura 2. Diagrama esquemàtic del creixement i desenvolupament de l'all. (A)** Fases de creixement: Latent (0), Vegetativa (1-5) i de Bulbificació (6-9). **(B)** Principals requisits ambientals que afecten les diferents fases de cultiu de l'all (esquema adaptat de Lopez-Bellido et al., 2016).

## 1.2. Condicions climàtiques i ambientals en el cultiu de l'all

El cultiu de l'all i la seva qualitat es veuen profundament afectades per les condicions ambientals durant el desenvolupament del cultiu (Khokhar, 2023) (Figura 2B). Els resultats d'un estudi experimental a la Xina van mostrar que un fotoperíode llarg, temperatures elevades i la sembra precoç afecten significativament les característiques morfològiques i la qualitat del bulb d'all (Atif et al., 2020).

Segons Diriba-Shiferaw (2016), les condicions climàtiques i de sòls òptims pel correcte creixement del cultiu d'all inclouen un hivern moderadament suau amb un mínim de pluviometries seguit d'un estiu sec i assolellat per la maduració i collita dels bulbs, temperatures entre 12-24°C i altitud entre 500 i 2000 metres. Condicions més fresques en les etapes inicials afavoreixen el creixement vegetatiu. El sòl ha de tenir un pH de 6,5-7,5 i la humitat en els primers 30 centímetres del sòl hauria de mantenir-se prop de la capacitat de camp per un creixement òptim (Diriba-Shiferaw, 2016). La textura del sòl ideal pel cultiu de l'all ha d'afavorir un bon drenatge, sent l'ideal una textura de franc-arenosa a franc-argilosa, (Diriba-Shiferaw, 2016). Sòls amb alt contingut de matèria orgànica (>2%) són preferibles degut a la seva capacitat per retenir humitat i nutrients, així com la seva menor propensió a la formació de crostes i compactació (Diriba-Shiferaw, 2016).

Les hores de fred juguen un paper crucial durant el cultiu de l'all. Per una banda, la dormància dels bulbs pot trencar-se amb temperatures pròximes a 7°C, tot i que existeixen varietats que no manifesten sensibilitat a aquestes temperatures (García, 1998). A més, Messiaen (1975) defineix que la formació del bulb requereix un nombre determinat d'hores de fred, d'entre 5 a 10°C, tot i que alguns estudis suggereixen que aquestes han d'estar pròximes a 0°C segons la varietat (citada per García, 1998). En el cas de les plantacions primaverals que no acumulen suficients hores de fred, la planta d'all pot formar bulbs que no diferencien els grans d'all, resultats semblants s'han descrit en la ceba (García, 1998). Un cop ha brotat, l'all demostra una gran resistència al fred, suportant temperatures inferiors a -10°C que no afecten significativament el cultiu, encara que les gelades repetides poden causar un decaïment temporal del cultiu (García, 1998). Messiaen (1974) determina que per un desenvolupament vigorós cal que es doni un gradient tèrmic entre 13-24°C (citada per García, 1998). Per activar la gènesi del bulb, és indispensable un període de dies llargs amb temperatures mitjanes entre 18 i 20°C (García, 1998).

## 1.3. Fisiopaties i malalties de l'all

Moltes malformacions o defectes que s'observen en el cultiu de l'all i que poden ocasionar danys importants es deuen tant a factors climatològics com biòtics (García, 1998). Aquestes variacions del clima es troben íntimament relacionades amb canvis fisiològics de la planta (García, 1998).

L'all **porrut** és degut principalment a l'acció dels nematodes (Figura 3A). Aquests organismes són una part important de la fauna del sòl i s'han identificat 68 espècies associades a les arrels del cultiu d'*Allium* (Brewster, 2008). La plaga més important és *Ditylenchus dipsaci*, que és molt difícil de

controlar (Brewster, 2008). És la segona causa de disminució en el rendiment del cultiu després de la podridura blanca (García, 1998). Aquests nematodes produeixen enrotllament i deformació dels bulbs i també la reducció de la mida de les fulles i la formació de múltiples brots laterals (Brewster, 2008). Els nematodes envaeixen les fissures de les escames externes que es troben per sota el nivell del sòl, segreguen enzims a l'interior de la planta que degraden la pectina i provoquen la separació de les cèl·lules, i segreguen també reguladors del creixement que inactiven les auxines provocant una divisió anormal i un engrandiment de la cèl·lula. La seva supervivència i propagació es veu afavorida per l'argila humida o els sòls d'al·luvions, mentre que la seva vida és més curta en sòls arenosos.

L'all **galleric** presenta protuberàncies o hèrnies que s'observen als bulbs (Figura 3B), que corresponen a grans o bulbs adventicis i s'originen a partir d'una ruptura de la dormició d'un brot axil·lar d'una fulla protectora externa del gra sembrat per un excés de fred durant el període de dormició-bulbificació (Peña-Iglesias, 1988). Pot aparèixer una única protuberància o bé múltiples, indicant que el fred ha trencat la dormició de diversos brots axil·lars, resultant en diferents grans adventicis (Peña-Iglesias, 1988).

L'all **ceber** es caracteritza per un bulb amb aspecte de ceba, tal com suggereix el seu nom (Figura 3C). Aquest pot no presentar grans pel fre de l'evolució de la dormició d'una sol brot o bé pot presentar 2, 3 o més grans quan els brots exteriors evolucionen (Peña-Iglesias, 1988). Les fulles protectores exteriors acumulen reserves, semblant a les capes d'una ceba (Peña-Iglesias, 1988). Les causes d'aquesta fisiopatia inclouen un fotoperíode inadequat, sòls humits amb excés de nutrients, inhibició de brots per períodes de calor o fred, i la presència de virus que limiten el creixement (Peña-Iglesias, 1988).

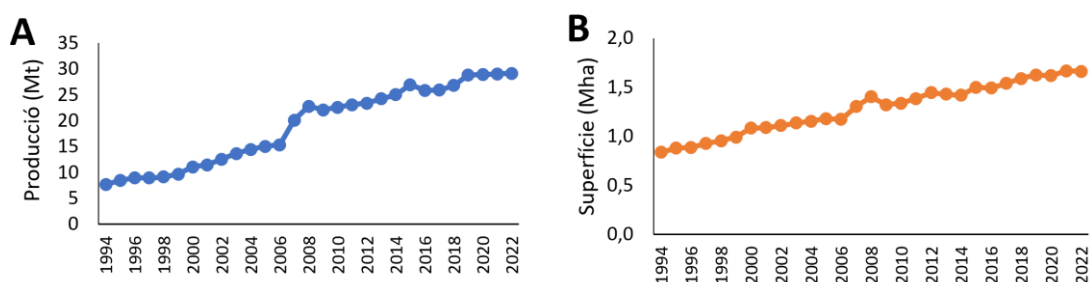
Finalment, l'all **alles** és una estructura bulbosa que no diferencia els grans, per això pot tenir una aspecte extern similar al de la ceba (García, 1998) (Figura 3D). L'acumulació de reserves es realitza al voltant de les gemma terminal sense divisió (García, 1998). La seva causa encara no està plenament explicada, però es creu que la climatologia, com per exemple una falta d'exposició al fred, és a dir, temperatures suaus durant l'hivern, podrien provocar una manca d'activació dels brots axil·lars (García, 1998). Una adaptació poc exitosa a les condicions ambientals de les zones de cultiu també pot explicar la generació d'aquests alls no comercials (García, 1998).



Figura 3. Fisiopaties de l'all. (A) All porrut. (B) All galleric. (C) All ceber. (D) All alles. Font: Fundació Miquel Agustí.

## 1.4. Distribució geogràfica, importància econòmica i comercialització

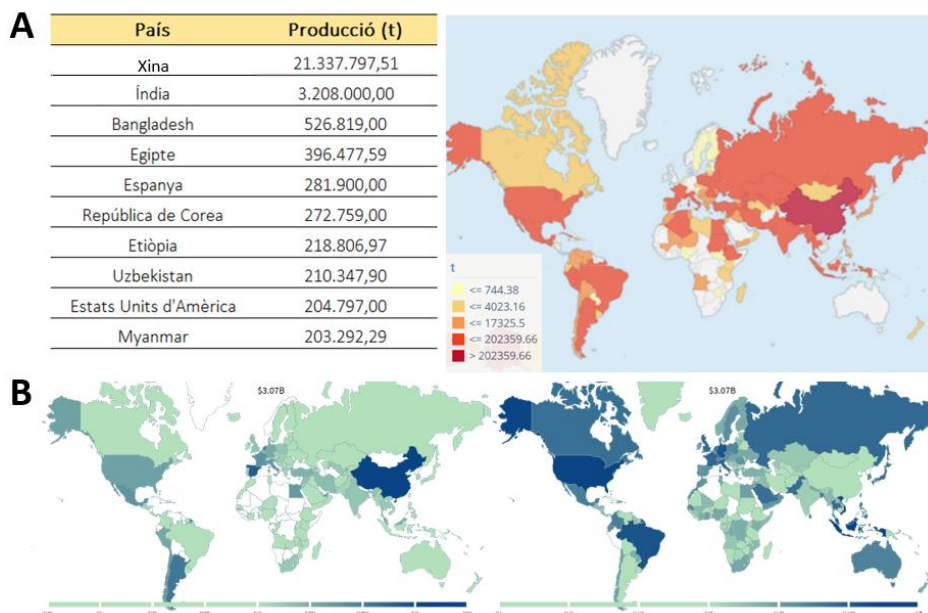
L'all és la segona liliàcia més important de tot el món, després de la ceba (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2024). Segons dades de l'Organització de la FAO (2024), la producció d'all a nivell mundial ha experimentat una tendència positiva en els últims 30 anys, assolint una producció mundial d'aproximadament 29 milions de tones l'any 2022 (Figura 4A). Aquest augment es pot atribuir a la creixent demanda d'all en mercats emergents, així com la seva popularitat creixent en la cuina global. Tot i així, en els darrers anys s'observa un ritme de creixement menys pronunciat que anys anteriors, que suggereix una estabilització en comptes d'un creixement explosiu. L'àrea mundial conreada amb aquest cultiu segueix també una tendència ascendent (Figura 4B).



**Figura 4 Evolució de la producció i superfície cultivada d'alls a nivell mundial. (A)** Producció. Mt, milions de tones. **(B)** Superfície cultivada; Mha, milions d'hectàrees. Font: FAO, 2024.

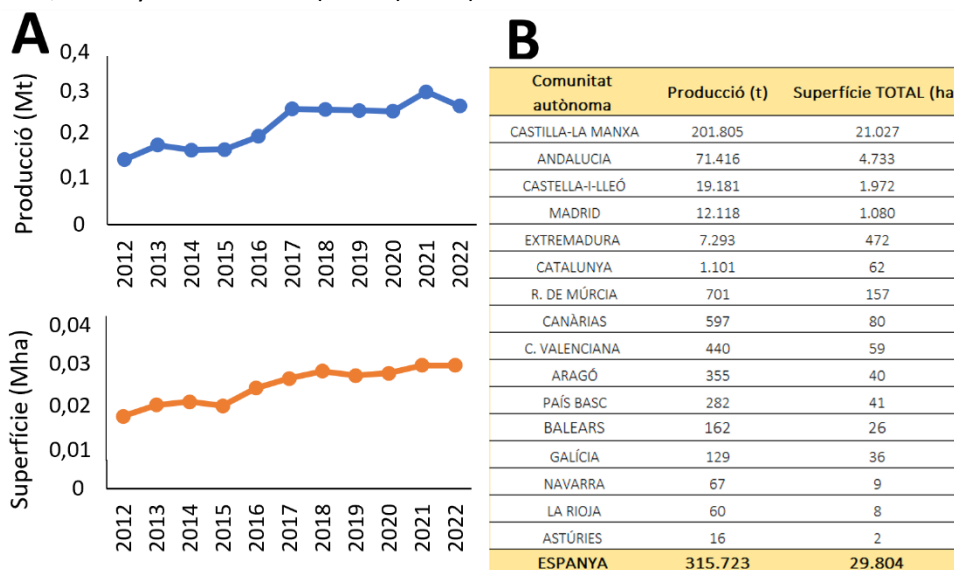
Xina domina la producció d'all a nivell mundial amb una producció que supera els 20 milions de tones anuals (Figura 5A). Segueixen la Índia i Bangladesh com a altres grans productors. Segons l'Atlas of Economic Complexity de Harvard Kennedy School of Government (2024), els principals països exportadors d'all durant l'any 2021 van ser la Xina, seguida d'Espanya i Argentina (Figura 5B, panel esquerre) mentre pel que fa als principals països importadors van ser Indonèsia, Estats Units i Vietnam (Figura 5B, panel dret).





**Figura 5. Producció, exportació i importació d'all a nivell mundial. (A)** Principals països productors d'all. Font: FAOSTATS, 2024. **(B)** Principals països exportadors (esquerra) i importadors (dreta) d'all. Font: Harvard Kennedy School of Government (2024). t, tones

Espanya juga un paper crucial en el cultiu de l'all, amb una producció anual d'uns 280 milers de tones repartides en 30 milers d'hectàrees (Figura 6A). Tot i les fluctuacions interanuals, es pot observar que la tendència general ha estat a l'alça en la producció d'aquest cultiu, destacant Castella-la-Manxa, Andalusia i Castella-i-Lleó com les regions més productives. Catalunya ocupa la vuitena posició en superfície cultivada i la setena en producció (Figura 6B) (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) 2022).



**Figura 6. Producció i superfície cultivada d'all a Espanya. (A)** Evolució de la producció i superfície cultivada d'all a Espanya del 2012 fins el 2022. **(B)** Dades de producció d'all a les comunitats autònomes productores d'all a Espanya l'any 2022. Mt, milions de tones; Mha, milions d'hectàrees (Font: MAPA 2024)

A Espanya es cultiven principalment tres tipus d'all: morat, blanc i xinès. La varietat xinesa és la més productiva, però la seva qualitat es troba molt per sota de l'all morat. Una de les varietats més reconegudes i prestigioses d'Espanya és la varietats de Pedroñeras, del tipus morat i té una Indicació Geogràfica Protegida (IGP) (Català, 2010). A Catalunya, existeixen cinc varietats registrades en diferents bancs de llavors (Taula I), i l'all de Belltall, encara que no certificat, és notable per les seves qualitats (Generalitat de Catalunya, s.d.).

**Taula I.** Varietats d'all catalanes registrades als bancs de llavors

Varietat	Banc de llavors	Origen
All de cama llarga	Les refardes	Autòcton de les Terres de l'Ebre
All violeta	Les refardes	Anna i Marcel de Collbahí, Mieres, la Garrotxa
All de Banyoles	Esporus	Banyoles (Pla de l'Estany)
All de Banyoles vermell	Esporus i Banc de llavors Vallès Occidental	Banyoles (Pla de l'Estany)
All gran	Banc de llavors de la Garrotxa	Breda

## 1.5. L'all de Belltall

L'all de Belltall, de tipus morat, es cultiva en condicions de secà al municipi de Belltall, un nucli que pertany a Passanant, a la Conca de Barberà (Tarragona). Aquesta varietat es distingeix per les seves característiques úniques, degut a la seva ubicació a 800 metres d'altitud, així com a unes condicions edafoclimatològiques específiques de la zona. L'all de Belltall es distingeix per les seves dimensions reduïdes en comparació amb altres varietats comercials d'all (Figura 7), però amb un nombre de



grans per bulb similar, un perfil sensorial coent i saborós sense picar, color vermellós de les dents un color de carn particularment groguenc (Casals et al., 2023). Segons experts locals, factors com l'altitud, les boires i gebrades influeixen decisivament en les seves propietats distintives.

**Figura 7.** All de Belltall. Font: Fundació Miquel Agustí

Els estudis genètics i químics suggereixen que aquesta varietat podria haver-se desenvolupat a partir de materials procedents del centre d'Espanya i del sud de França (Casals et al., 2023). Quan es cultiva fora de la seva zona d'origen, com es va observar en una localitat del Baix Llobregat, l'all de Belltall perd les seves característiques distintives (Casals et al., 2023). Això suggereix que la seva qualitat està influïda per l'adaptació a la zona de cultiu (Casals et al., 2023).

L'all de Belltall té una història de més de 300 anys, amb una producció significativa entre els anys 1400 i 1500, on representava fins al 30% de la producció agrícola familiar, arribant al 80% en algunes famílies (Casals & Campo, 2023). Després de la collita, es comercialitzava en mercats locals pròxims

com el de Tàrrrega, Agramunt o Sarral. Malgrat els desafiaments climàtics com les glaçades del 1956 i la sequera del 1905, ha sobreviscut gràcies a l'esforç de les famílies locals (*Agrupació de productors d'all de Belltall, s.d.*).

La varietat és estèril i susceptible a malalties transmeses per la "llavor" (la llavor fa referència al gra d'all), el que limita la seva producció que no arriba a cobrir la demanda (Gros & Molero, 2023). L'any 2011 es va crear l'Agrupació de Productors d'All de Belltall per preservar i promoure aquesta varietat com a producte emblemàtic de Catalunya. Cada primer dissabte d'agost, l'agrupació organitza la Festa de l'All per donar a conèixer el producte (Figura 8), la seva qualitat i la seva connexió amb el territori. Actualment, l'agrupació treballa per consolidar l'all de Belltall com a marca de qualitat, amb plans d'ampliar l'àrea de cultiu mantenint les seves propietats úniques.



**Figura 8. Festa de l'All de Belltall.** Dona enforcant alls de Belltall per a la seva venda a la Festa de l'All (imatge esquerra). Parada de venda a la Festa de l'All de Belltall

## 1.6. Marc del treball

A Catalunya, la diversitat de cultius ha disminuït en els darrers anys a causa de l'agricultura intensiva i la introducció de varietats modernes més productives i uniformes. La pèrdua d'aquesta diversitat comporta diversos riscos, destacant la reducció de la resiliència dels sistemes alimentaris i la pèrdua de la singularitat agrícola i gastronòmica dels territoris. La conservació de la biodiversitat cultivada té nombrosos beneficis. D'una banda, millora el valor nutricional dels aliments, beneficiant la salut humana. D'altra banda, ajuda a combatre el canvi climàtic, ja que moltes varietats tradicionals són les úniques que s'adapten a condicions climàtiques extremes com la sequera. A més, aquesta diversitat cultivada pot ser utilitzada com un element diferenciador dels territoris, a través d'accions de conservació i promoció dels valors ambientals, agrícoles i culinaris associats. En aquesta línia, els productes agraris de qualitat vinculats a un territori poden esdevenir motors econòmics, no només pel valor comercial del producte, sinó també pel valor associat al turisme gastronòmic.

L'all de Belltall es cultiva en un sistema cerealista de secà, en rotació amb blat, ordi o colza. Aquests sistemes de cultiu són de baix rendiment, però la seva introducció permet augmentar la rendibilitat econòmica de les superfícies agràries. Al mateix temps, el seu cultiu diversifica la producció en una zona dominada pel monocultiu, contribuint així a la conservació de la biodiversitat de la zona.

L'all de Belltall s'enfronta a importants desafiaments que amenacen la seva continuïtat. Tot i la cura dels productors locals, s'han detectat deficiències agronòmiques que han reduït el rendiment, possiblement degut a una mala sanitat del material de partida o a certa heterogeneïtat del material vegetal. A més, la producció de l'all de Belltall és manual, fet que dificulta l'expansió de la superfície cultivada. Aquesta expansió es veu limitada per la disponibilitat de llavor de sembra, complicant la

incorporació de nous productors a la zona, ja que no disposen de suficient llavor de sembra per iniciar el cultiu. A més, l'all és particularment vulnerable a causa de la seva esterilitat sexual i les malalties transmeses per "llavor". Aquestes característiques limiten severament la seva reproducció, ja que gran part dels bulbs han de ser reservats per a la sembra de la següent temporada. En resum, aquests factors limiten considerablement la capacitat de creixement en la producció d'all de Belltall.

En aquest context, l'Associació de Productors de Belltall ha mostrat interès en promoure estudis científics per millorar el rendiment del cultiu mitjançant la millora de la gestió del cultiu i la reducció de les pràctiques manuals, a més d'identificar les característiques de qualitat que diferencien el producte en el mercat.

Per respondre a aquests reptes, un dels objectius de l'associació de productors és la delimitació d'una àrea de conformitat que inclogui alguns municipis propers i pedanies que pertanyen al mateix municipi de Passanant i Belltall, per garantir la producció del cultiu sense perdre les seves característiques. Així doncs, aquest treball es centra en el punt clau que consisteix en definir l'àrea de la marca de qualitat del cultiu de l'All de Belltall per identificar i seleccionar els trets ambientals més significatius per obtenir la seva singularitat. Aquesta iniciativa és essencial per garantir la supervivència de la varietat. Per això, s'han realitzat assajos de camp en diverses localitats per estudiar la variabilitat dels trets ambientals seleccionats.

## 2. Objectius

### 2.1. Objectiu general

L'objectiu d'aquest treball és definir l'àrea òptima de cultiu de l'all de Belltall, garantint la conservació de les seves característiques distintives. Amb aquesta finalitat, es determinaran les característiques de les zones que poden ser més propícies pel cultiu eficient de l'all de Belltall, considerant factors clau com el clima, el tipus de sòl, i altres variables ambientals, i que afavoreixin el creixement i desenvolupament de l'all sense comprometre les seves propietats úniques i qualitats organolèptiques. Això facilitarà l'augment de la producció conforme les necessitats de l'Associació de Productors de l'All de Belltall assegurant el manteniment de les característiques de la varietat de Belltall, amb l'objectiu final de consolidar l'all de Belltall com un emblema de qualitat estretament vinculada al seu territori

### 2.2. Objectius específics

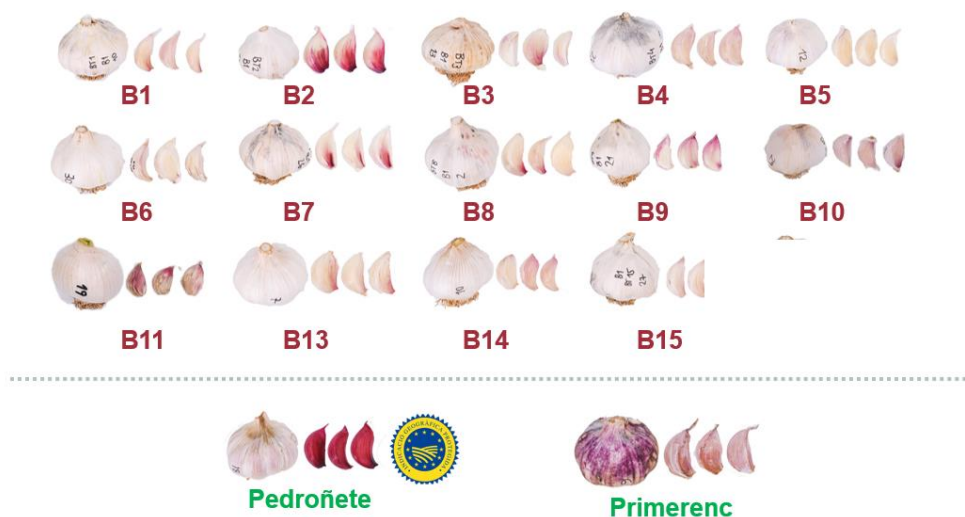
Per donar resposta a l'objectiu general, s'han definit els següents objectius específics:

- a) Avaluar cinc localitats amb diversitat climàtica per al cultiu de l'all de Belltall.
- b) Determinar la compatibilitat del sòl de les localitats seleccionades amb el requeriments agronòmics de l'all de Belltall
- c) Analitzar l'impacte ambiental en la producció de l'all de Belltall, avaluant el seu rendiment i les seves característiques morfoagronòmiques en cada localitat seleccionada.
- d) Analitzar l'impacte ambiental en els atributs organolèptics de l'all de Belltall, avaluant com es veuen alterats alguns atributs com ara la intensitat de la pungència i aroma quan l'all de Belltall es cultiva en ambients diferents.

### 3. Mètodes i materials

#### 3.1. Material vegetal

El material vegetal seleccionat per a l'estudi es va compondre de grans d'alls provinents de 15 accessions d'all de Belltall, recollits l'any 2020 per l'equip de recerca de la Fundació Miquel Agustí entre els agricultors i agricultores de la zona tradicional de cultiu que mantenen llavor (codis B1-B15, cada número correspon a un agricultor) (Casals & Campo, 2023). La col·lecció B12 va ser eliminada de l'estudi degut a la seva baixa taxa de germinació. Les accessions utilitzades en aquest estudi van ser les B4, B9 i B10. Com a testimoni, s'ha utilitzat una varietat tradicional amb prestigi d'una localització propera com és l'All de Pedroñete d'Espanya, reconegut amb una Indicació Geogràfica Protegida ("IGP Ajo Moredo de las Pedroñeras") i una varietat moderna àmpliament cultivada en l'àrea d'estudi (all primerenc) (Figura 9).



**Figura 9. Col·lecció de germoplasma d'all utilitzada en aquest estudi.** Alls de Belltall (B1-B15) i alls testimonis de la varietat Pedroñete (all morat de Pedroñeres amb Indicació Geogràfica Protegida) i all primerenc (adaptat de Casalts, et al. 2023)

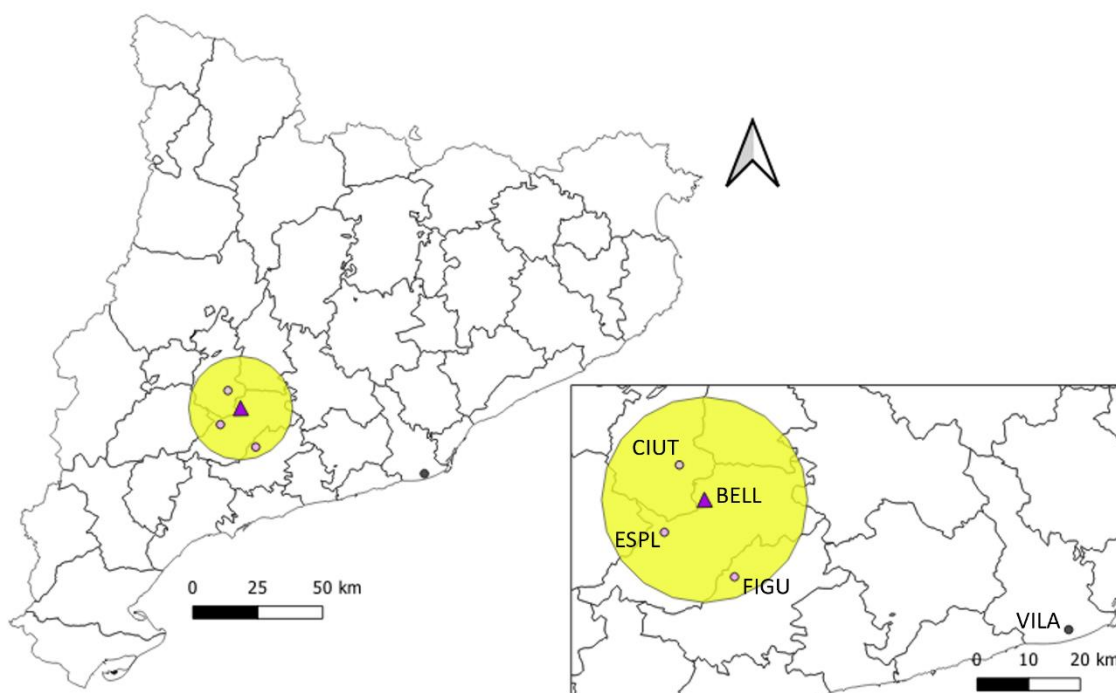
#### 3.2. Metodologia

##### 3.2.1. Assaig experimental

Es van seleccionar cinc localitats per l'estudi: quatre localitats dins un radi de 20 km des de Belltall, incloent Belltall com a control positiu, i una localitat fora d'aquest radi com a control negatiu. Es van triar camps a més de 400 metres d'altitud, ampliant el rang per la manca de disponibilitat de camps similars a Belltall o els voltants on ja es cultiva l'all de manera habitual (Figura 10). Així doncs, el material vegetal es va cultivar a camps experimentals de cinc localitats diferents: 1) Belltall, amb coordenades 349343.10, 4596555.90 (Tarragona), situat a 767 metres d'altitud; Ciutadilla, amb coordenades 344449, 4603315.2 (Lleida), a 457 metres d'altitud; l'Espluga de Francolí, amb coordenades 341543.3, 4590231 (Tarragona), a 458 metres d'altitud; Figuerola del Camp, amb



coordenades 355163.8, 4581571.9 (Tarragona), a 468 metres d'altitud; i Viladecans, amb coordenades 420046.4, 4571313.2 (Barcelona), a 3 metres d'altitud.



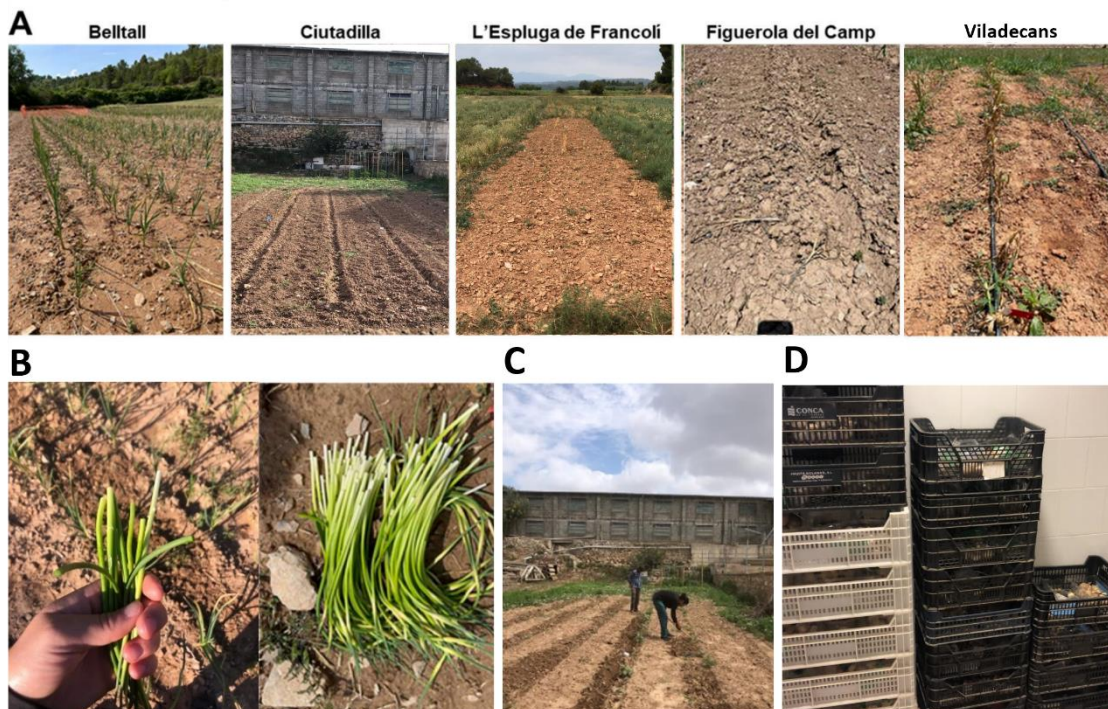
**Figura 10. Ubicació dels camp experimentals a les diferents localitats:** Belltall (BELL), Ciutadilla (CIUT), l'Espluga de Francolí (ESPL), Figuerola del Camp (FIGU), que es troben dins un radi de 20 km des de Belltall, i Viladecans (VILA), fora d'aquesta zona.

A cada localitat es va realitzar un disseny experimental de 3 blocs a l'atzar per cada genotip, amb 30 individus per bloc. Els grans d'all van ser sembrats sense cap tractament previ seguint el mètode de les pràctiques tradicionals de la zona. Els individus van ser sembrats manualment el 21/12/2022 a Ciutadilla i Figuerola del Camp; el 22/12/2022 a les localitats de l'Espluga de Francolí i Viladecans; i el 28/12/2022 a Belltall. La distància entre les línies d'individus va ser de 0,7 metres i la distància entre individus, de 0,2 metres. A la Figura 11A es mostra una imatge de cada camp a l'inici del cultiu.

Des de la plantació fins unes setmanes abans de la collita, es van anar retirant les males herbes de forma manual. Cap al final del cicle del cultiu, es van eliminar les tiges florals dels individus en diferents períodes degut a la manca de sincronització (Figura 11B). Aquesta eliminació es realitza per tal que l'all no destini energia en la floració sinó en l'engruiximent del bulb. A més, a Belltall hi ha la tradició d'enforçar els alls de 25 en 25 un cop s'han collit i assecat i el fet de retirar aquesta tija floral, que quan s'asseca s'endureix, facilita aquest procés.

Degut a què l'any 2023 va ser especialment sec, els camps situats a Ciutadilla, Figuerola del Camp i Viladecans van necessitar una aportació hídrica amb aigua de reg mentre que els de Belltall i l'Espluga de Francolí es van cultivar en secà.

La collita es va realitzar manualment amb l'ajuda d'una aixada el 4 de juliol de 2023 a totes les poblacions (Figura 11C): a Ciutadilla, 216 dies després de la plantació (DPP); a l'Espluga de Francolí i Viladecans, 215 DPP, i a Belltall, 189 DPP. No obstant això, no es va realitzar cap collita a Figuerola del Camp a causa de la mort prematura de les plantes. La collita es va realitzar de manera sistemàtica per cada bloc i genotip i tots els individus pertanyents a un mateix grup (bloc i genotip) es van guardar en un mateix sac prèviament etiquetat. Posteriorment es van transportar a laboratori amb caixes per tal de poder fer els subseqüents anàlisis que es descriuran en les seccions següents (Figura 11D).



**Figura 11. Seguiment del Cultiu i Collita de l'All de Belltall. (A)** Imatges dels camps experimentals a l'inici del cultiu. **(B)** Seguiment del cultiu on es van eliminar les tiges florals dels individus. **(C)** Collita al camp experimental de Ciutadilla el 4 de juliol de 2023. **(D)** La collita es va transportar a laboratori amb caixes.

### 3.2.2. Variables edafoclimàtiques estudiades

Per comprendre millor les diferències edafoclimatològiques entre els diversos camps de cultiu de l'all, s'ha realitzat un estudi exhaustiu de les variables climatològiques i edafològiques. A continuació, es detallen les principals variables analitzades.

#### Climatologia:

- **Temperatura i precipitació:** Les dades de temperatures mitjanes, temperatures màximes, temperatures mínimes i precipitacions s'han extret de l'atles climàtic de Catalunya del 1991 al 2020 a través del programa QGIS (QGIS, 2022) amb l'eina d'intercepció de capes mentre que la resta de dades s'han obtingut de les estacions meteorològiques més pròximes de la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA) i amb una altitud similar (Taula II). La raó per la qual les



temperatures i precipitacions s'han obtingut de l'atles és perquè permet obtenir dades més precises. Aquest s'ha realitzat a partir de la interpolació de la informació d'estacions meteorològiques tant de la xarxa catalana XEMA com de l'Agència Estatal de Meteorologia (AEMET), que és espanyola. L'amplitud tèrmica s'ha obtingut a partir de la diferència entre temperatures mensuals màximes i mínimes.

- **Boires:** S'ha mesurat a partir del recompte d'hores amb humitats relatives superiors a 95% al llarg del cicle del cultiu de les estacions meteorològiques assignades a cada localitat.
- **Gebrades:** S'han calculat a partir del recompte d'hores amb humitats relatives superiors al 95% i, a més, amb temperatures del punt de rosada per sota els 0°C de les estacions meteorològiques assignades a cada localitat.
- **Hores de fred acumulades:** S'han analitzat les hores acumulades amb temperatures per sota dels 0°C i dels 7°C, utilitzant dades de les estacions meteorològiques assignades.

Taula II. Les dades de les estacions i la correlació amb les localitats d'estudis

Estació	Municipi d'estudi	Tipus	Entitat	X	Y	z (m)
Santa Coloma de Queralt	Belltall	Termopluviomètrica	XEMA	363872	4598746	709
Sant Martí de Riucorb	Ciutadilla	Termopluviomètrica	XEMA	340610	4604063	413
L'Espluga de Francolí	L'Espluga de Francolí	Termopluviomètrica	XEMA	341066	4584064	446
Blancafort	Figuerola del Camp	Termopluviomètrica	XEMA	346288	4589500	438
Viladecans	Viladecans	Termopluviomètrica	XEMA	419450	4572427	3

#### Edafologia:

Per altra banda, l'estudi del sòl es va fer a través d'analítiques obtingudes a través del laboratori Eurofins (web) del sòl de cada camp que inclouen:

- **Propietats bàsiques** del sòl com humitat, pH, conductivitat elèctrica, carboni orgànic, matèria orgànica i carbonat càlcic equivalent
- **Nutrients** com el nitrogen nítric, fòsfor, potassi, calci, magnesi i sodi.
- **Propietats físiques** del sòl

#### 3.2.3. Caràcters agromorfològics analitzats

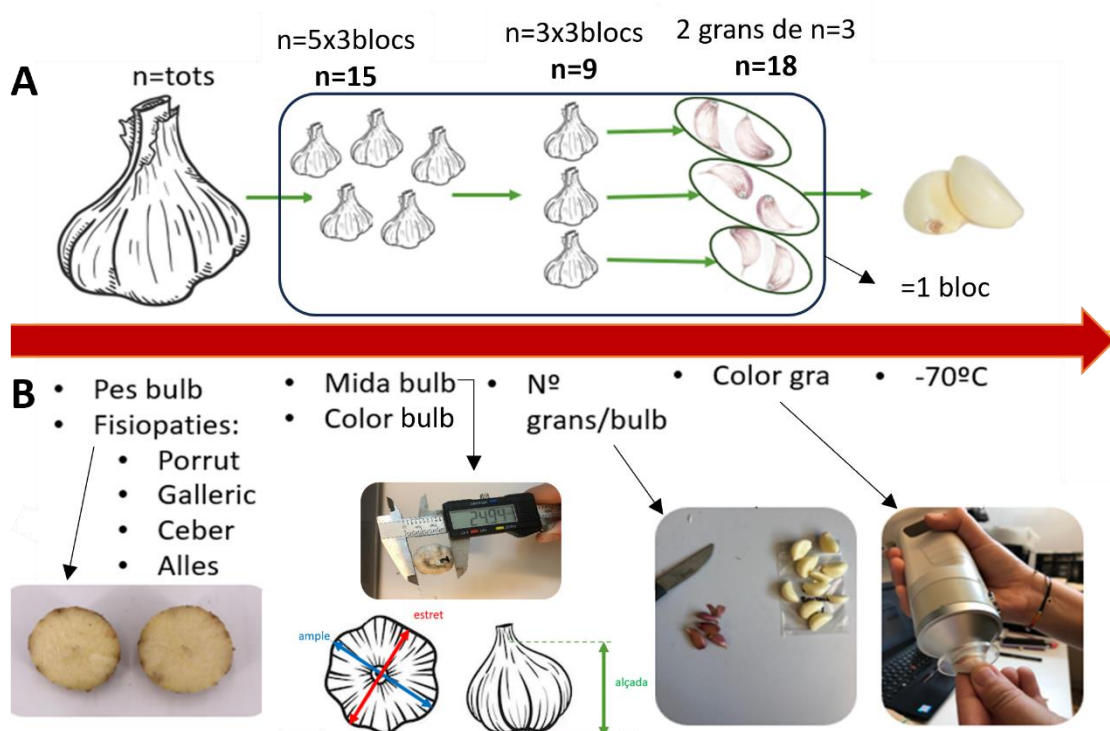
Durant l'estudi, es van recollir i analitzar diverses mesures per a cada genotip, bloc i localitat, amb l'objectiu d'avaluar la viabilitat i les característiques de les plantes d'all. A la Figura 12 es mostra un esquema dels estudis i la seqüència dels caràcters estudiats. Breument, per tots el individus es van mesurar els següents paràmetres:

- **Plantes viables:** Es va fer un recompte del número de bulbs obtinguts, és a dir, del total de grans plantats dels que en va emergir un nou individu.
  - **Pes del bulb:** Es va determinar el pes de cada bulb individualment amb una balança de precisió
  - **Fisiopaties:** Es va observar si el bulb patia alguna fisiopatia (porrut, galleric, ceber o alles).
- En cas que estigués podrit o tinguéss alguna afectació també es va anotar.

Posteriorment es van seleccionar 5 bulbs representatius de cada bloc i cada genotip i es van numerar de la 1 a la 5. D'aquests bulbs es va analitzar:

- **Mida del bulb (d'ample, estret i alt):**. Es va mesurar la grandària del bulb a través de mesurar el diàmetre més ample, l'estret i l'alçada amb un peu de rei.
- **Color del bulb:** Amb l'ús d'un colorímetre Konica Minolta CR-410 (Minolta, Osaka, Japó) es van mesurar 3 paràmetres de color: L (lluminositat), a\* (coordenades vermell/verd) i b\* (coordenades groc/blau).
- **Número de grans per bulb:** Es van comptar els grans d'all continguts a cada bulb.
- **Color del gra:** De tres dels cinc bulbs seleccionats es van seleccionar dos grans de cada una sense pelar per mesurar el color amb el mateix colorímetre.

La resta de grans que no van ser utilitzats per les mesures de color, van ser pelats i guardats en bosses en un congelador a -70°C, organitzats per bloc i genotip per ser analitzats químicament en una etapa posterior.



**Figura 12. Anàlisi dels caràcters agromorfològics analitzats de l'all. (A)** Nombre de mostres analitzades (n). La direcció de la fletxa indica les diferents etapes d'anàlisi des del bulb sencer fins a grans individuals. **(B)** Caràcters agromorfològics analitzats: pes del bulb, fisiopaties, mida i color del bulb, nombre de grans per bulb, color dels grans, i emmagatzematge dels grans a -70°C.

### 3.2.4. Atributs sensorials estudiats

La metodologia del projecte per avaluar l'all de Belltall s'ha basat en l'anàlisi sensorial, utilitzant un conjunt de tastadors entrenats per avaluar objectivament les mostres. L'entrenament va incloure la definició dels atributs organolèptics i mesures per mitigar la fatiga sensorial, com aigua i formatge fresc entre mostres. Les sessions es van realitzar en el laboratori d'anàlisi sensorial de l'Escola

d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona (EEABB) amb estàndards internacionals, limitant el nombre de mostres per sessió per evitar la fatiga (Figura 13). Per facilitar el tast es van analitzar sis mostres de tres varietats – dues varietats de Belltall (B4 i B9) i la varietat Pedroñeras com a control - cultivades en dues localitats diferents (Belltall i Viladecans), avaluades en duplicat en tres sessions de tast. Es va seleccionar la localitat de Belltall com a control positiu i Viladecans, com a negatiu. Els atributs avaluats inclouen color, adhesivitat de la pell, intensitat d'olor, aspecte untat, pungència i persistència, amb la majoria mesurats en una escala del 1 al 10. Aquesta metodologia rigorosa assegura la validesa dels resultats, mostrant diferències significatives entre les varietats i localitats de cultiu.

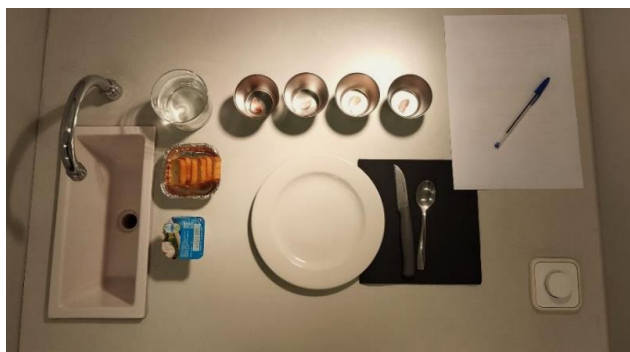


Figura 13. Aspecte de la cabina de tast abans de començar una sessió del panel de tast de l'all de Belltall.

### 3.3. Anàlisis estadístiques

La metodologia de les anàlisis estadístiques del treball es va basar en la utilització de diferents tests en funció de les característiques de les dades amb el programari estadístic Rstudio (*Rstudio*, 2023). Primer, es va aplicar el test de Shapiro-Wilk per comprovar la normalitat de les variables. Per aquelles variables que no complien amb la normalitat, es va intentar corregir la distribució mitjançant transformacions com el logaritme neperià, logaritme, arrel quadrada i la inversa. Si després d'aquestes transformacions les dades encara no complien amb els requisits de normalitat i/o no complien amb el test d'homogeneïtat de Levene, es va emprar el test no paramètric de Kruskal-Wallis. Per les variables que complien amb els requisits de normalitat i homogeneïtat, es va utilitzar el test d'ANOVA per avaluar les diferències significatives entre els grups. Aquesta aproximació va permetre una anàlisi adequada de les dades segons les seves distribucions i variàncies. En els dos casos es va considerar un nivell de confiança del 95%.

## 4. Resultats

L'objectiu d'aquest treball és definir l'àrea òptima de cultiu de l'all de Belltall, garantint la conservació de les seves característiques distintives. Amb aquesta finalitat, en aquest apartat de resultats s'avaluaran factors clau com el clima, el tipus de sòl, i altres variables ambientals, que puguin afectar el creixement i desenvolupament de l'all sense comprometre les seves propietats úniques i qualitats organolèptiques. Per això, s'avaluarà si hi havia hagut diferències significatives entre les plantes d'all cultivades a les diferents localitats. A continuació es detallen els resultats obtinguts.

### 4.1. Avaluació de les característiques climàtiques

Amb l'objectiu de determinar els factors climàtics que puguin afectar el cultiu de l'all de Belltall, i tenint en compte els diferents factors ambientals que s'han descrit afecten aquest cultiu (veure Figura 2B) (Kamenetsky et al., 2004), s'ha elaborat una anàlisi de les condicions climàtiques a cada localitat: Belltall, Ciutadilla, l'Espluga de Francolí, Figuerola del Camp i Viladecans (Figura 14). A continuació es detallen els resultats per a cada variable estudiada.

- **Temperatures mitjanes (1991-2020):** Totes les localitats mostren una variació estacional en les seves temperatures mitjanes mensuals durant el cicle del cultiu, amb mesos més càlids al més de juny i els més freds, al gener (Figura 14A). Es pot observar que les temperatures mitjanes de Viladecans es troben durant tots els mesos del cicle del cultiu per sobre les de la resta de localitats, essent la localitat més càlida; per contra, les temperatures mitjanes de Belltall es troben cada més per sota la resta de temperatures de les altres localitats, essent la localitat amb el clima més fred. Sense tenir en compte el control negatiu, Figuerola del Camp ha registrat unes temperatures mitjanes més elevades durant els mesos d'hivern mentre que durant la primavera i inici d'estiu Ciutadilla és la localitat que mostra unes temperatures més elevades (Figura 14A). La localitat de Viladecans és la que registra menys diferències en les temperatures mitjanes entre el mes més càlid i el més fred, és a dir, sembla més estable, mentre que Ciutadilla seria la localitat que registra el canvi més gran. Tot i així, no existeixen diferències significatives entre les fluctuacions de les temperatures al llarg dels mesos de cultiu entre les 5 localitats (Figura 14A).

- **Amplitud tèrmica (1991-2020):** Dins el cicle del cultiu, en general, s'observa que l'amplitud tèrmica durant els mesos de tardor i hivern és inferior que els mesos de primavera i estiu (Figura 14B). Excepte els mesos de desembre i gener, Ciutadilla mostra l'amplitud més gran, és a dir, mostra una diferència entre temperatures màximes i mínimes mensuals més alta que les altres localitats. Durant els mesos de tardor i hivern, en canvi, Belltall mostra la menor diferència entre màximes i mínimes mentre que a partir de la primavera, Viladecans és la localitat amb una menor amplitud tèrmica (Figura 14B).

- **Precipitació mitjana (1991-2020):** En general, es pot observar que existeix una variació estacional de la precipitació i, concretament, els mesos amb més precipitació són novembre, abril i maig mentre que els de febrer i juny registren les precipitacions més baixes (Figura 14C). De novembre a abril Ciutadilla registra els valors més baixos de precipitació, és a dir, seria el clima més

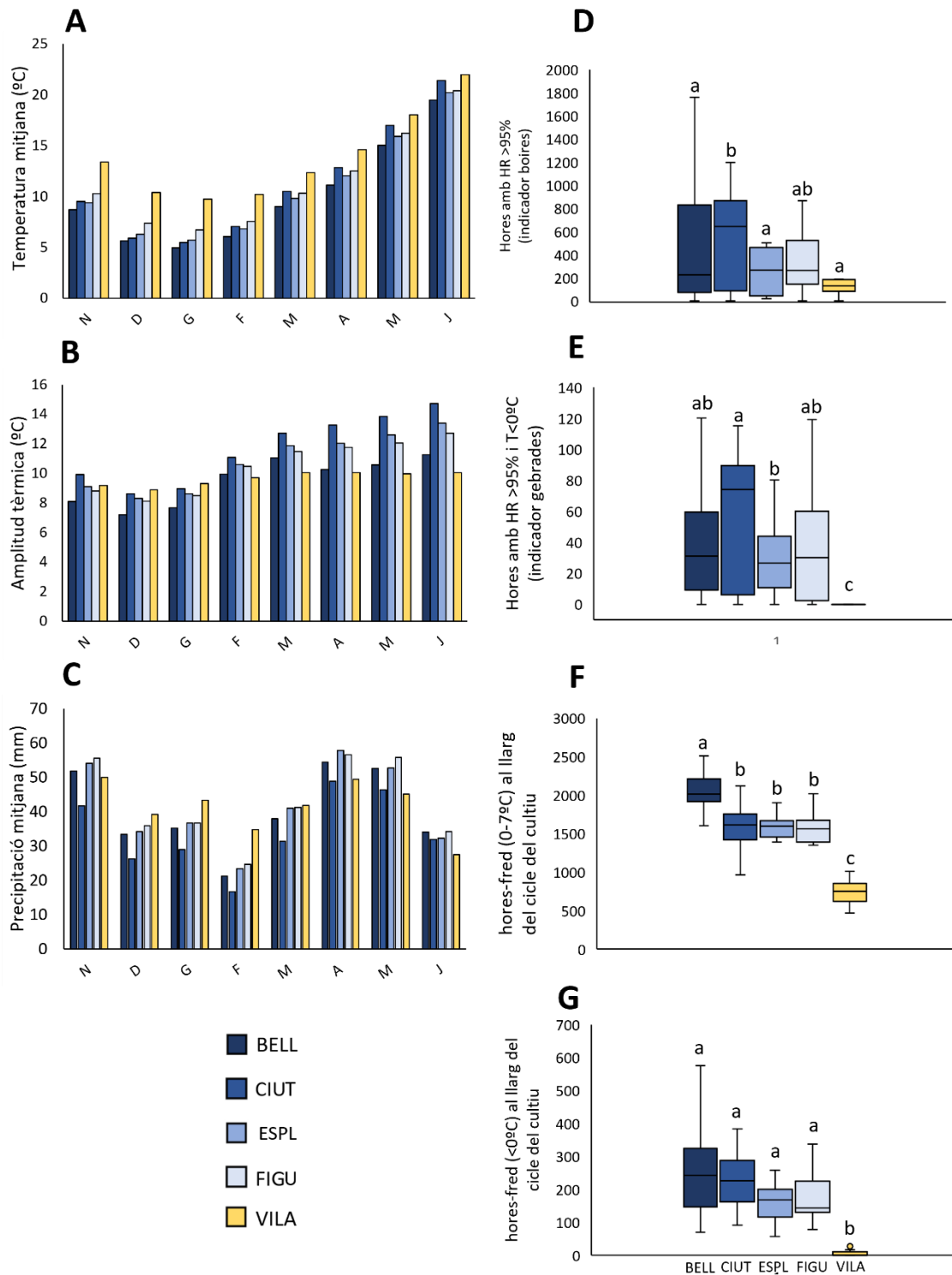
sec, mentre que durant els mesos de maig i juny Viladecans és la localitat que registra les precipitacions mínimes.

- **Recompte d'hores amb humitat relativa superior al 95% (boires):** En condicions de secà les boires proporcionen la humitat necessària per aportar aigua al cultiu i, segons els pagesos de la zona, és un factor que manté els seus cultius. Ciutadilla registra el major nombre d'hores de boira i Viladecans, el menor (Figura 14D). Tot i així no existeixen diferències significatives entre les diferents localitats, tret de Ciutadilla, que registra més hores de fred que la resta de localitats en excepció de Figuerola del Camp.

- **Recompte d'hores amb humitat relativa superior al 95% i temperatura del punt de rosada inferior als 0°C (gebrades):** Es pot observar que les hores acumulades al llarg del cicle del cultiu amb el fenomen de gebrades són més baixes a Viladecans en comparació amb la resta de localitats, que no mostren diferències significatives entre elles (Figura 14E). Existeix una diferència evident entre el control negatiu i la resta de localitats.

- **Hores de fred acumulades (0-7°C):** Les hores de fred són importants per trencar la dormància del gra i per la formació del bulb. Les localitats de Ciutadilla, l'Espluga de Francolí i Figuerola del Camp no mostren diferències significatives pel que fa a les hores-fred acumulades entre 0 i 7°C entre sí (Figura 14F). En canvi, les localitats de Belltall i Viladecans mostren diferències significatives entre sí i també respecte la resta de les localitats, essent Belltall la localitat que acumula més hores de fred (0-7°C) i Viladecans la que acumula menys hores de fred (0-7°C).

- **Hores de fred acumulades (<0°C):** Les hores de fred acumulades per sota els 0°C a Viladecans són inferiors a les de la resta de localitats, que no mostren diferències entre elles (Figura 14G).



**Figura 14. Avaluació climàtica durant el període de cultiu de l'all.** Es van avaluar diversos paràmetres climatològics durant el període de cultiu de l'all, que compren els mesos de Novembre (N) a Juny (J), en 5 localitats diferents: Belltall (BELL), Ciutadilla (CIUT), l'Espuga de Francolí (ESPL), Figuerola del Camp (FIGU) i Viladecans (VILA). **(A)**Temperatura mitjana, **(B)** Precipitació mitjana **(C)** Amplitud tèrmica, **(D)** Hores amb humitat relativa >95%, **(E)** Hores amb humitat relativa >95% i T<0°C, **(F)** Hores-de fred (0-7°C) **(G)** Hores de fred <0°C. Les dades es van obtenir amb l'atles climàtic de Catalunya de 1991-2020 i la Xarxa d'Estacions

Meteorològiques Automàtiques. Les barres d'error indiquen la variació estàndard al llarg dels anys. Les lletres indiquen diferències significatives determinades amb el test de Kruskal Wallis.

## 4.2. Avaluació de les propietats del sòl

Amb l'objectiu de determinar els paràmetres edafològics que poden afectar la qualitat final de l'all, s'ha realitzat un anàlisi de sòl que inclou les propietats bàsiques, nutritives i físiques de tots els camps tret del de Figuerola del Camp. Els resultats mostren l'existència de variacions en diferents propietats i nutrients (Taula III). Cal destacar el baix contingut en matèria orgànica al camp de Viladecans. Tant a Ciutadilla com a Viladecans es troba un alt contingut de nitrogen nítric (N-NO<sub>3</sub>). Pel que fa al contingut de potassi (K), se'n troba un nivell molt alt en els sòls de l'Espluga de Francolí i Ciutadilla. Per últim, el camp de Belltall és el que conté el contingut més alt d'argila.

**Taula III. . Anàlisi de les propietats bàsiques, nutritives i físiques dels sòls dels camps.** Belltall (BELL), Ciutadilla (CIUT), l'Espluga de Francolí (ESPL), Figuerola del Camp (FIGU) i Viladecans (VILA). Els valors alts estan indicats en vermell, mentre que els valors baixos estan indicats en blau. Una fletxa acompanya els valors per indicar si són extremadament baixos o extremadament alts. dS/m, decisiemens per metre; s.m.s, matèria seca (sòlida); mg, mil·ligrams; kg, quilograms; mm, mil·límetres.

		Resultats					
		unitat	BELL	CIUT	ESPL	FIGU	VILA
Propietats bàsiques	Humitat	%	1,83	2,05	1,96	NA	1,09
	pH		8	7,8	8,2	NA	8,43
	Conductivitat	dS/m	0,22	0,47	0,28	NA	0,275
	Carboni orgànic	% s.m.s.	1,24	1,68	2,11	NA	NA
	Matèria orgànica oxidable		2,14	2,89	3,64	NA	1,1
	Carbonat càlcic equivalent		52,91↑	49,54↑	56,92↑	NA	32
Nutrients	Nitrògen nítric (N-NO <sub>3</sub> )	mg/kg s.m.s	35	170↑	14	NA	47↑
	Fòsfor (P)	mg/kg s.m.s	16,1	35,2	100↑	NA	49↑
	Potassi (K)	mg/kg s.m.s	268	558↑	>700↑	NA	293
	Calci (Ca)	mg/kg s.m.s	6259	6359	6136	NA	6863
	Magnesi (Mg)	mg/kg s.m.s	302	384	221	NA	337
	Sodi (Na)	mg/kg s.m.s	19	47	20	NA	104
Relació	Ca/Mg		20,7	16,6	27,8	NA	20,4
	Mg/K		1,1	0,7	0,2	NA	1,2
	Ca/K		23,4	11,4	6,9	NA	23,4
Propietats físiques	Argila <0,002 mm	%	32,3	22,7	22,5	NA	23,4
	Llim total (0,002-0,05 mm)	%	48	52,4	46,3	NA	45,7
	Arena total (0,05-2 mm)	%	19,7	24,8	31,2	NA	31,9
	Textura		Franco-argilo-llimosa	Franco-llimosa	Franca	NA	Franca

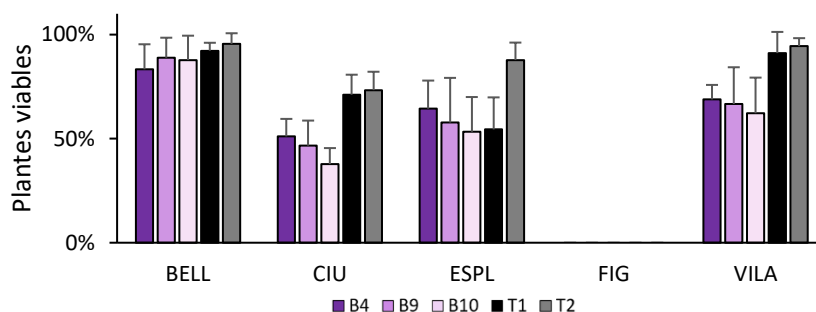
## 4.3. Anàlisi de l'impacte ambiental en el comportament agronòmic de l'all de Belltall

Amb l'objectiu de determinar com el factor localitat pot afectar el comportament agronòmic del cultiu de l'all, s'han determinat diversos paràmetres morfoagronòmics en tres genotips d'all de Belltall (B4, B9 i B10) i dos alls testimonis (Pedroñete i primerenc). A continuació es detallen els resultats per cadascun dels paràmetres analitzats.



#### 4.3.1. Plantes viables

El percentatge de **plantes viables** indica la proporció de plantes que han sobreviscut i estan en condicions adequades per al creixement i desenvolupament. Aquest percentatge reflecteix l'efectivitat de les condicions de cultiu i la capacitat de les plantes per adaptar-se a l'entorn, així com la qualitat del material genètic utilitzat. En general, els genotips cultivats a Belltall mostren un major percentatge de plantes viables, tots per sobre el 80% (Figura 15). A Figuerola del Camp no hi ha hagut cap planta viable. Per últim, cal destacar que els genotips de Belltall (B4, B9 i B10) mostren una major sensibilitat, quan es cultiven fora de la seva localitat original, presentant una reducció més acusada de les plantes viables fins i tot en localitats pròximes a menys de 20 km, com Ciutadilla i l'Espluga de Francolí (Figura 15, barres liles). En aquestes àrees, s'ha observat un percentatge menor de plantes viables. En contrast, els dos testimonis utilitzats, especialment l'all primerenc, demostren una major resiliència quan es cultiven en diferents localitats (Figura 15, barres grises).



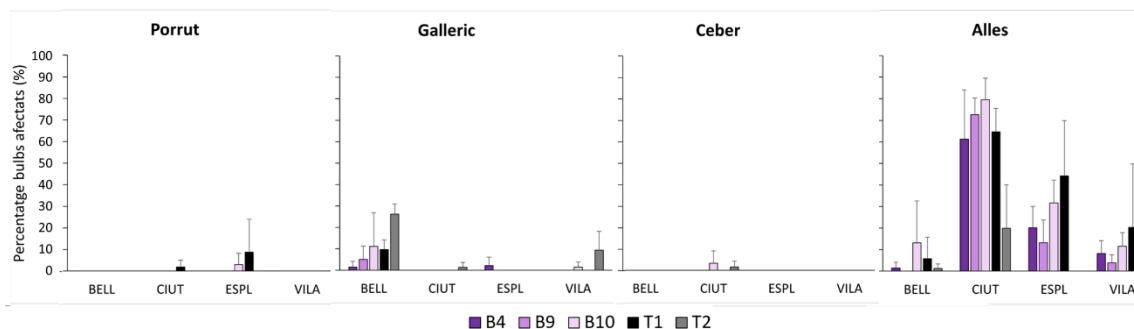
F

Belltall (B1, B9 i B10, en lila) i els genotips testimonis (T1, All de Pedroñete; T2, All primerenc; en gris-negre) a cinc localitats diferents: Belltall (BELL), Ciutadilla (CIUT), l'Espluga de Francolí (ESPL), Figuerola del Camp (FIGU) i Viladecans (VILA). El percentatge de plantes viables es va determinar com el nombre total de bulbs collits respecte al total d'alls plantats. Els valors representen la mitjana +/- desviació estàndard (SD) de 3 blocs experimentals (n=3).

#### 4.3.2. Fisiopaties

Les **fisiopaties** poden indicar desequilibris en les plantes provocades per condicions ambientals adverses o factors biòtics, com els nematodes. Les fisiopaties s'han analitzat en el bulb o cabeça d'all, i per tant només es mostren les quatre localitats on es va poder realitzar la collita (queda exclosa Figuerola del Camp on no van haver-hi plantes viables). En general, es pot observar que la fisiopatia que més efecte ha tingut ha estat l'"all al·les", especialment per la localitat de Ciutadilla, sobretot pels genotips de Belltall i l'all Pedroñete (Figura 16). En aquesta localitat l'all xinès sembla menys afectat. D'altra banda, Belltall va registrar una incidència més alta de la fisiopatia "all galleric", essent particularment prevalent en l'all primerenc (Figura 16).

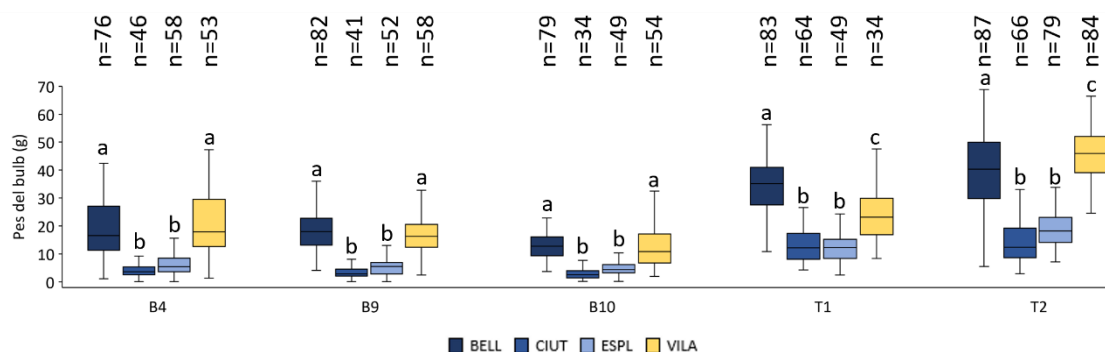




**Figura 16. Percentatge de fisiopaties per cada localitat i genotip.** Es van avaluar els genotips d'all de Belltall (B1, B9 i B10, en lila) i els genotips testimoni (T1, All de Pedroñete; T2, All xinès; en gris-negre) a cinc localitats diferents: Belltall (BELL), Ciutadilla (CIUT), l'Espluga de Francolí (ESPL), Figuerola del Camp (FIGU) i Viladecans (VILA). El percentatge de plantes de cada fisiopatia es va determinar com el nombre total de bulbs amb la fisiopatia present respecte al total de bulbs collits. Els valors representen la mitjana +/- desviació estàndard (SD) de 3 blocs experimentals (n=3).

### 4.3.3. Pes del bulb d'all

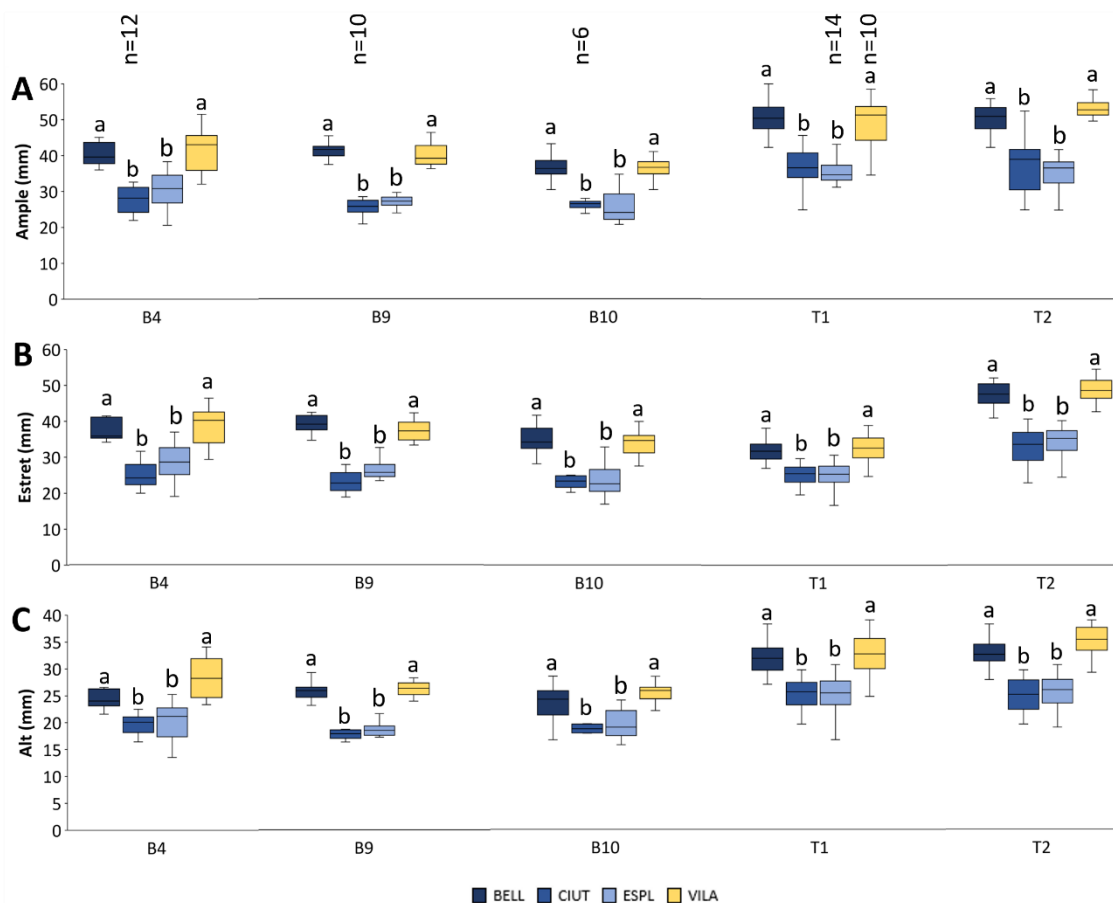
Pel que fa al **pes del bulb d'all** es pot observar una tendència molt similar en tots els genotips, observant-se una disminució del pes del bulb quan aquests es cultiven fora de Belltall, però dins els radi de 20km, a Ciutadilla i l'Espluga de Francolí (Figura 17). En canvi, quan es va cultivar a Viladecans els genotips de Belltall (B4, B9 i B10) mostren un pes del bulb similar a quan són cultivats a Belltall, molt probablement degut a l'aport regular d'aigua durant tot el cicle de cultiu a causa de la climatologia de Viladecans (Figura 17). Els testimonis però sí que mostren diferències significatives entre Viladecans i Belltall, observant-se pesos menors de l'all de Pedroñete (T1) i pesos lleugeraments majors en l'all primerenc (T2) a Viladecans, suggerint respostes diferencials segons la localitat i el genotip (Figura 17).



**Figura 17. Efecte de la localitat en el pes del bulb d'all.** Es van avaluar els genotips d'all de Belltall (B1, B9 i B10) i els genotips testimoni (T1, All de Pedroñete; T2, All xinès) a cinc localitats diferents: Belltall (BELL), Ciutadilla (CIUT), l'Espluga de Francolí (ESPL), Figuerola del Camp (FIGU) i Viladecans (VILA). Diagrama de caixes amb la representació de les mitjanes i la distribució del pes dels bulbs d'all obtingudes a partir de diferents localitats. Només es mostren els pesos dels bulbs que no mostren fisiopaties. El número sobre les caixes indica el nombre de mostres analitzades (=n). Les lletres indiquen diferències significatives determinades amb un ANOVA seguit del Tukey post.hoc test. g, grams

#### 4.3.4. Mida del bulb

Igual que el pes del bulb, es pot observar una tendència similar pel que fa a la **mida** d'aquest, tant d'ample, estret o alt. En aquest cas, tots els genotips, tant el de Belltall (B4, B9, B10) com els testimonis all Pedroñete (T1) i all primerenc (T2) que han estat cultivats a Ciutadilla i l'Espuga de Francolí (radi de 20km de Belltall) tenen una mida significativament més petita que els que han estat cultivats a Belltall i Viladecans (Figura 18).



**Figura 18. Efecte de la localitat en la mida del bulb d'all.** Es van avaluar els genotips d'all de Belltall (B1, B9 i B10) i els genotips testimoni (T1, All de Pedroñete; T2, All xinès) a cinc localitats diferents: Belltall (BELL), Ciutadilla (CIUT), l'Espuga de Francolí (ESPL), Figuerola del Camp (FIGU) i Viladecans (VILA). Diagrama de caixes amb la representació de les mitjanes i la distribució de les mides dels bulbs d'all obtingudes a partir de diferents localitats. **(A)** Ample; **(B)** Estret; **(C)** Alt. Les lletres indiquen diferències significatives determinades amb un ANOVA seguit del Tukey post.hoc test, n=15 (\*tret dels indicats sobre les caixes de la gràfica A), mm, mil·límetres

#### 4.3.5. Color de la bulb i el gra

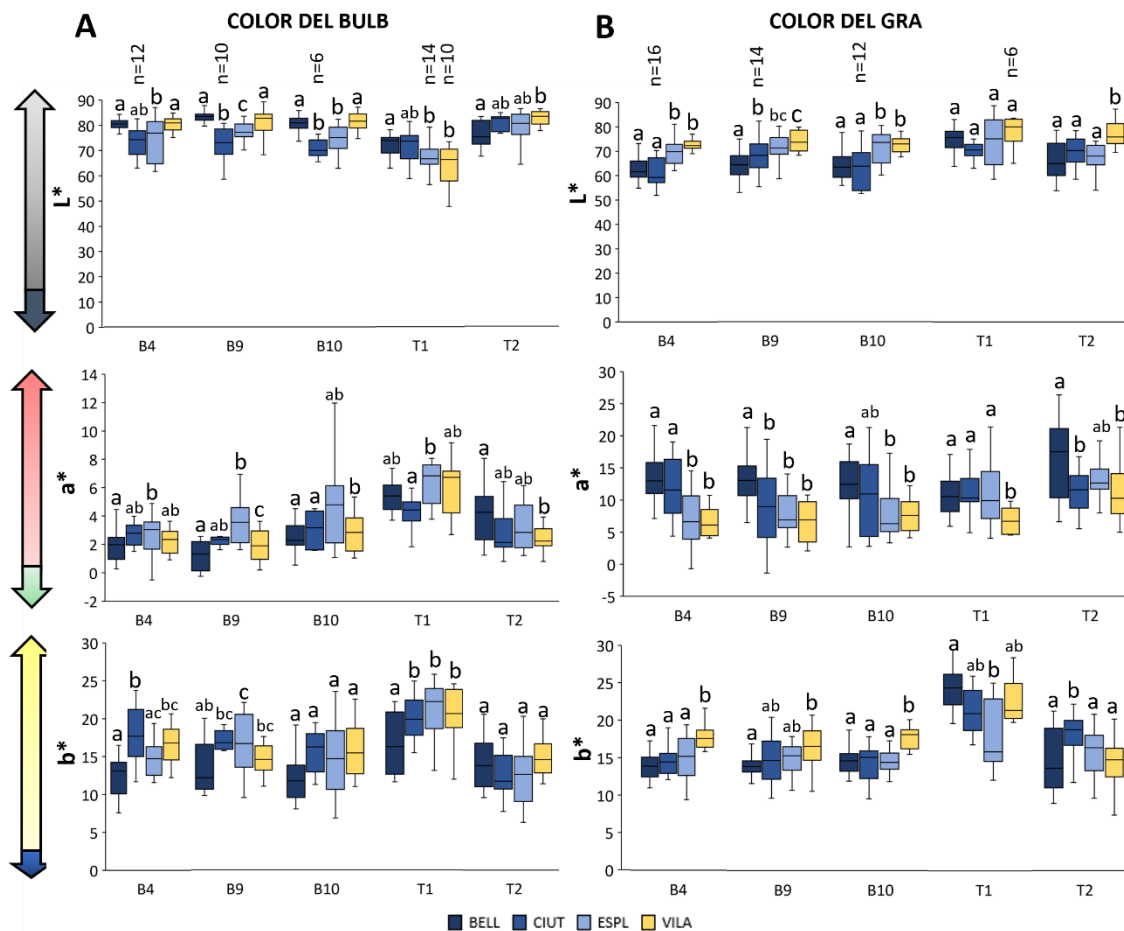
El color extern de l'all és una característica important de qualitat que pot influir en la percepció del consumidor. L'all de Belltall en concret es distingeix per ser un color d'all de tipus morat. Per determinar si l'ambient pot afectar aquesta característica de qualitat, es va determinar el color

extern del bulb i del gra de l'all, sense pelar, per identificar possibles diferències de color entre les diferents localitats. L'avaluació es va realitzar quantitativament mitjançant els valors  $L^*$ ,  $a^*$  i  $b^*$  obtinguts amb el colorímetre i la interpretació d'aquests amb l'escala de color CIELAB, que mesura els tres paràmetres de manera relativa:

- Paràmetre " $L^*$ ": valors menors = més fosc i valors majors = més clar (més lluminós)
- Paràmetre " $a^*$ ": valors menors = més verd i valors majors = més vermell.
- Paràmetre " $b^*$ ": valors menors = més blau i valors majors = més groc.

Els resultats mostren que els bulbs d'all dels genotips de Belltall (B4, B9 i B10) són generalment més foscos (valors  $L^*$  més baixos) quan es cultiven fora Belltall, excepte quan són cultivats a Viladecans on no s'observen diferències (Figura 19A, panel superior). En canvi, els testimonis mostren un comportament diferent, amb diferències de lluminositat entre els bulbs cultivats a Belltall i Viladecans. L'all Pedroñete (T1) és menys lluminós, mentre que l'all primerenc (T2) és més lluminós quan són cultivats a Viladecans. Les altres localitats mostren diferències menys clares (Figura 19A, panel superiors, ). Respecte al paràmetre " $a^*$ " i " $b^*$ " dels bulbs no s'observa una tendència clara en cap dels genotips analitzats respecte l'efecte de l'ambient (Figura 19A, panells mig i inferior).

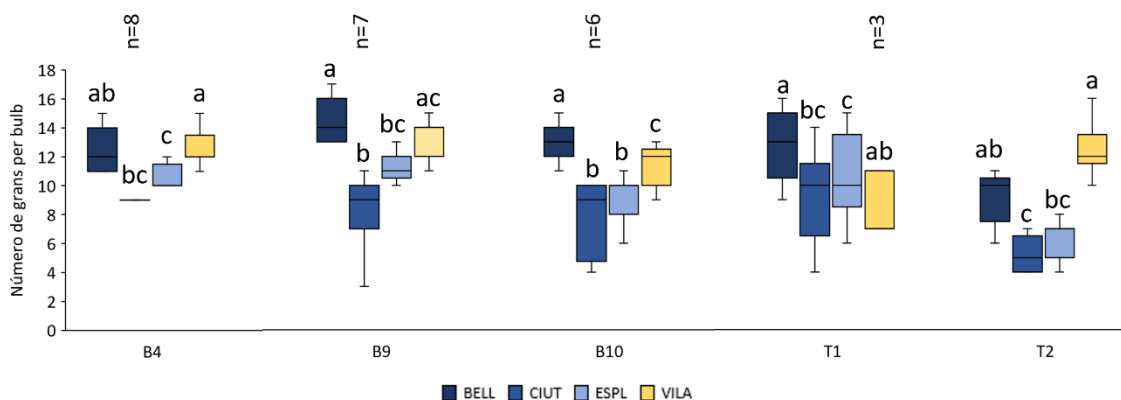
Respecte el color dels grans d'all, no s'observa una tendència clara, tot i que la localitat de Viladecans tendeix a proporcionar grans d'all més lluminosos per tots els genotips, excepte l'all testimoni All Pedroñete (Figura 19B, panel superior). Per altra banda, els genotips de Belltall (B4, B9 i B10) en general perden el color vermellós (valors  $a^*$  menors) en cultivar-los fora de Belltall, excepte el genotip B4 i B10 cultivats a Ciutadilla que manté el paràmetre (Figura 19B, panel mig). Els genotips testimonis però mantenen més constant aquest paràmetre en les diferents localitats excepte a Viladecans, on totes perden el to vermellós de la pell del gra (Figura 19B, panel mig). Per altre banda, els genotips Belltall no varien el paràmetre " $b^*$ " quan es cultiven dins la zona de 20 km de Belltall, excepte quan són cultivats a Viladecans, on tots perden el to blau de la seva pell (valors  $b^*$  majors). Aquesta tendència no s'observa en els testimonis (Figura 19B, panel inferior).



**Figura 19. Anàlisi de l'efecte ambiental en el patró de color de l'all. (A) Color del Bulb. (B) Color del gra.** Es van avaluar els genotips d'all de Belltall (B1, B9 i B10) i els genotips testimoni (T1, All de Pedroñete; T2, All primerenc) a cinc localitats diferents: Belltall (BELL), Ciutadilla (CIUT), l'Espluga de Francolí (ESPL), Figuerola del Camp (FIGU) i Viladecans (VILA). Diagrama de caixes amb la representació de les mitjanes i la distribució dels paràmetres de color L\* (panells superiors), a\* (panells mitjos) i b\* (panells inferiors). Les barres d'error representen la desviació estàndard de les dades de cada genotip i localitat. Les lletres de cada barra indiquen la variació entre les diferents localitats d'un mateix genotip (ANOVA o Test de Kruskal Wallis segons normalitat i homocedesticitat de la mostra, n=15 (\*tret dels indicats sobre les caixes) pels bulbs i n=18 pels grans (\*tret dels indicats sobre les caixes))

#### 4.3.6. Número de grans per bulb

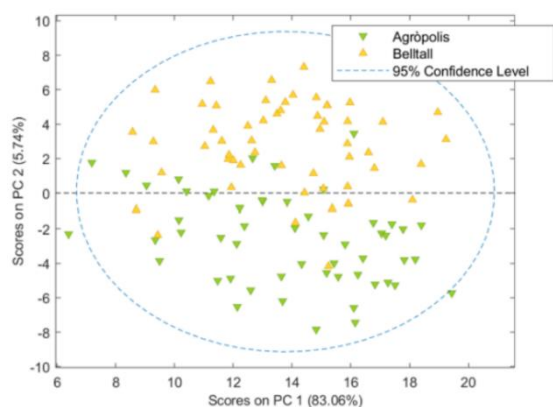
El número de grans per bulb d'all és un indicatiu de diversos factors relacionats amb la qualitat i el rendiment de l'all. A Belltall i Viladecans és on els bulbs mostren el major número de grans. En general, no hi ha diferències entre el número de grans dels bulbs de Belltall i Viladecans ni entre els de Ciutadilla i l'Espluga de Francolí, en excepció pel genotip B10, pel qual a Belltall els bulbs mostren més grans per bulb que a Viladecans.



**Figura 20. Efecte de l'ambient en el número de grans per bulb.** Es van avaluar els genotips d'all de Belltall (B1, B9 i B10) i els genotips testimoni (T1, All de Pedroñete; T2, All xinès) a cinc localitats diferents: Belltall (BELL), Ciutadilla (CIUT), l'Espluga de Francolí (ESPL), Figuerola del Camp (FIGU) i Viladecans (VILA). Diagrama de caixes amb la representació de les mitjanes i la distribució. Les barres d'error representen la desviació estàndard de les dades de cada genotip i localitat. Les lletres de cada barra indiquen la variació entre les diferents localitats d'un mateix genotip (ANOVA o Test de Kruskal Wallis segons normalitat i homocedesticitat de la mostra, n=9 bulbs (\*tret dels indicats sobre les caixes)

#### 4.4. Resultats anàlisi sensorial

L'anàlisi sensorial és una eina fonamental que permet identificar i quantificar les diferències sensorials entre varietats i condicions de cultiu, aportant informació valuosa per a la millora i promoció del producte. En el cas de l'all de Belltall, l'anàlisi sensorial ha revelat que tant la varietat com el lloc de cultiu influeixen significativament en les seves característiques organolèptiques. L'all de Belltall, quan es cultiva en el seu lloc d'origen i no a Viladecans, té un sabor més suau, menor pungència, major intensitat d'olor, major adhesivitat de la pell i menor homogeneïtat de color entre els grans (Figura 21). L'all de Belltall es distingeix per un perfil sensorial únic, resultat de la seva varietat i entorn de cultiu, i es beneficia de ser cultivat en la seva localitat d'origen. Aquestes característiques fan que l'all de Belltall sigui un candidat ideal per a una marca de qualitat, ajudant a la seva promoció i conservació com a varietat tradicional.



**Figura 21. Efecte de l'ambient en el perfil sensorial de l'all.** Resultat de l'anàlisi de components principals (PCA, de l'anglès Principal Component Analysis), amb les dades dels vuit atributs (homogeneïtat de color ("inter" i "intra bulb"), intensitat de color, adhesivitat de la pell, intensitat olor exterior, aspecte de l'all untat, pungència i persistència de la pungència) avaluats quantitativament que ha revelat que tant la varietat com el lloc de cultiu influeixen significativament en les seves característiques organolèptiques.

## Discussió

L'estudi es va realitzar per definir l'àrea òptima de cultiu de l'all de Belltall, avaluant factors com el clima, el tipus de sòl i altres variables ambientals. Les dades climàtiques de Belltall, Ciutadilla, l'Espluga de Francolí, Figuerola del Camp i Viladecans van mostrar variacions significatives en temperatures mitjanes, amplitud tèrmica, pluviometria i hores fred acumulades. Belltall es va distingir per tenir temperatures més baixes i menys amplitud tèrmica a l'hivern. Viladecans va mostrar un clima més càlid i estable, mentre que Ciutadilla va registrar grans variacions de temperatura. A nivell del sòl, es van observar diferències significatives en matèria orgànica i contingut de nutrients entre les localitats, destacant el baix contingut de matèria orgànica a Viladecans i alts nivells de nitrogen nítric a Ciutadilla i Viladecans.

En termes agronòmics, els genotips de Belltall van mostrar un percentatge més alt de plantes viables quan es cultivaven en la seva localitat d'origen. No obstant això, la incidència de fisiopaties com "alles" i "all galleric" va variar segons la localitat, amb Ciutadilla registrant un impacte significatiu. Els bulbs d'all cultivats fora de Belltall van ser més petits i lleugers, excepte a Viladecans. A nivell organolèptic, l'all de Belltall va mantenir característiques sensorials úniques quan es cultivava en el seu lloc d'origen, mostrant un sabor més suau i menor pungència comparat amb els cultivats a Viladecans. Aquestes diferències subratllen la importància de cultivar l'all de Belltall en la seva àrea tradicional per conservar-ne les qualitats distintives.

Les característiques climàtiques i edafològiques de Belltall juguen un paper crucial en el desenvolupament de l'all de Belltall, preservant les seves qualitats úniques. En la introducció del treball ja es subratlla la importància de les condicions ambientals en el cultiu de l'all, citant estudis que indiquen factors com el fotoperíode, la temperatura, la humitat del sòl i les hores de fred influeixen significativament en el creixement i la qualitat del bulb (Diriba-Shiferaw, 2016; Atif et al., 2020). Els resultats del present estudi confirmen aquestes troballes, evidenciant diferències significatives en el desenvolupament de l'all cultivat en diferents localitats.

Les dades recollides mostren que Belltall té les temperatures mitjanes més baixes durant tot el cicle de cultiu, la qual cosa es correlaciona amb les necessitats del cultiu de l'all esmentades per García (1998), qui destaca que temperatures més fresques en les etapes inicials afavoreixen el creixement vegetatiu. Aquesta condició podria ser una de les raons per les quals l'all de Belltall manté les seves característiques distintives quan es cultiva a Belltall però no en altres localitats com Viladecans, que mostra temperatures mitjanes més altes. A més, Belltall també té una menor amplitud tèrmica durant els mesos de tardor i hivern, condicions que són més favorables per al desenvolupament vegetatiu uniforme de l'all (Diriba-Shiferaw, 2016).

És conegut que les condicions de sòl amb bon drenatge i una humitat adequada són crucials per evitar malalties i fisiopaties com les descrites per García (1998) i Peña-Iglesias (1988). Els resultats mostren que Ciutadilla, amb un clima més sec durant els mesos crítics de novembre a abril, pot oferir un ambient menys favorable per a les infeccions de sòl, però no és suficient per garantir el manteniment de les característiques de l'all de Belltall.

Les hores de fred acumulades entre 0-7°C són un factor determinant per la formació adequada del bulb d'all (Messiaen, 1975, citat per García, 1998). En aquest estudi, Belltall mostra diferències significatives amb la resta de localitats per aquest paràmetre, mostrant un valor més elevat d'hores de fred que la resta de localitats. Això podria explicar la pèrdua de les característiques distintives de l'all de Belltall quan es cultiva fora de la seva àrea original. A més, la presència de gebrades també és més freqüent a Belltall, factor que podria contribuir a la seva adaptació específica a aquesta localitat. Tot i així no hi ha diferències significatives entre les gebrades de Belltall i les localitats dins del radi de 20 km des de Belltall. En canvi, a Viladecans les hores de gebrades són significativament més baixes que a la resta de localitats.

Les anàlisis de les propietats del sòl indiquen que el contingut en matèria orgànica, nitrogen nítric, i potassi varia entre les localitats. El sòl de Belltall té un alt contingut d'argila i un bon nivell de matèria orgànica, que són factors clau per a la retenció d'humitat i nutrients, així com per evitar la compactació (Diriba-Shiferaw, 2016). Això és consistent amb les recomanacions de sòls ideals per al cultiu de l'all i podria ser un altre factor que contribueix a les qualitats úniques de l'all de Belltall.

Els resultats mostren que els genotips d'all de Belltall cultivats a Belltall tenen una major proporció de plantes viables en comparació amb altres localitats. Això subratlla la importància de les condicions climàtiques i edafològiques específiques de Belltall per a la conservació de les característiques d'aquesta varietat d'all. Els intents de cultivar l'all de Belltall fora de la seva àrea original, com a Viladecans, han demostrat ser menys efectius, amb un percentatge menor de plantes viables. A més, les plantes cultivades fora de Belltall no desenvolupen les mateixes qualitats distintives, corroborant els estudis de Casals et al. (2023) que indiquen la importància de l'adaptació local. Pel que fa a les característiques de les plantes desenvolupades a Viladecans, en general, no mostren diferències significatives amb les característiques físiques del bulb i dels grans, tret del color del gra, que perd el color vermellós, però sí que mostra una diferència significativa amb el perfil sensorial dels alls. També cal tenir en compte que en els camps de Viladecans s'hi ha fet una aportació hídrica mentre que els de Belltall s'han mantingut en secà. Per contra, les plantes desenvolupades a localitats més pròximes a Belltall, mostren un menor número de plantes viables, amb bulbs més petits i de menys pes i amb menys grans per cada bulb.

Seria interessant poder repetir l'estudi degut a què l'any 2023 ha estat especialment sec i els resultats podrien variar. En cas de repetir-lo seria altament atractiu poder seleccionar camps propers a Belltall disponibles amb una altitud similar, ja que en aquest estudi els únics camps disponibles tenen tots una altitud diferent a Belltall i a més molt similar entre ells.

També seria d'un interès rellevant poder classificar les dades climàtiques en les diferents fases del cultiu, ja que a cada fase hi ha requeriments diferents i es podrien detectar altres diferències entre les localitats. Un altre punt que es podria incloure en el nou estudi seria mirar les diferències sensorials entre els alls cultivats a Belltall i els cultivats a les localitats pròximes a Belltall.

Pel que fa a les dades climàtiques de temperatura i precipitació obtingudes a partir de l'atles climàtic, tot i que permeten obtenir les dades d'un lloc en concret i no haver d'agafar dades d'una estació meteorològica pròxima, limita a l'hora de poder realitzar l'estadística, ja que l'atles proporciona la mitjana al llarg dels anys indicats. Es podria considerar obtenir les dades també anuals per tal de poder determinar si les diferències són significatives.

En conjunt, els resultats d'aquest estudi corroboren la informació presentada a la introducció sobre la influència crucial de les condicions ambientals en el cultiu de l'all. Les diferències en temperatura, pluviometria, hores de fred i característiques del sòl entre les diferents localitats expliquen les variacions observades en el desenvolupament i la qualitat de l'all de Belltall. Això subratlla la necessitat de preservar i promoure les condicions úniques de Belltall per garantir la supervivència i la qualitat de l'all de Belltall, un producte emblemàtic de la regió.



## Bibliografia

*Agrupació de productors d'all de Belltall*. (s.d.). Història de l'all.

Atif, M. J., Amin, B., Ghani, M. I., Ali, M., & Cheng, Z. (2020). Variation in morphological and quality parameters in garlic (*Allium sativum* L.) bulb influenced by different photoperiod, temperature, sowing and harvesting time. *Plants*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/plants9020155>

Brewster, J. (2008). *Onions and Other Vegetable Alliums*.

Burba, J. L. (2003). *Producción de ajo*.

Casals, J., & Campo, S. (2023, setembre 10). L'all de Belltall, cruïlla de cultures. 7, 1-5. [www.floracatalana.cat](http://www.floracatalana.cat)

Casals, J., Rivera, A., Campo, S., Aymerich, E., Isern, H., Fenero, D., Garriga, A., Palou, A., Monfort, A., Howad, W., Rodríguez, M. Á., Riu, M., & Roig-Villanova, I. (2023). Phenotypic diversity and distinctiveness of the Belltall garlic landrace. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1004069>

Català. (2010). *LAS VARIETADES*. 842-846. [www.camaracuena.org](http://www.camaracuena.org)

Diriba-Shiferaw, G. (2016). Review of Management Strategies of Constraints in Garlic (*Allium sativum* L.) Production. *Journal of Agricultural Sciences*, 11(3), 186. <https://doi.org/10.4038/jas.v11i3.8172>

García, C. (1998). *El ajo. Cultivo y aprovechamiento*. (Mundi-Prensa).

Gros A, & Molero R. (2023). L'all de Belltall busca el reconeixement que el llenci a la fama. *Agrocultura*.

Harvard Kennedy School of Government. (2024). *Atlas of Economic Complexity*.

Kamenetsky, R., Shafir, I. L., Zemah, H., Barzilay, A., & Rabinowitch, H. D. (2004). Environmental Control of Garlic Growth and Florogenesis. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(2), 144-151. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.2.0144>

- Khokhar, K. M. (2023). Bulb development in garlic – a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 98(4), 432-442. <https://doi.org/10.1080/14620316.2022.2150326>
- Lopez-Bellido, F. J., Lopez-Bellido, R. J., Muñoz-Romero, V., Fernandez-Garcia, P., & Lopez-Bellido, L. (2016). New phenological growth stages of garlic (*Allium sativum*). *Annals of Applied Biology*, 169(3), 423-439. <https://doi.org/10.1111/aab.12312>
- Ministerio de Agricultura, P. y A. (2022). *Estadísticas*. Superficies y producciones anuales de cultivos.
- Peña-Iglesias, A. (1988). *El ajo: virosis, fisiopatías y selección clonal y sanitaria. II Parte científico-experimental*.
- QGIS Development Team (2022). QGIS Geographic Information System (versió 3.22.16-Białowieża) [software]. Open Source Geospatial Foundation.
- Quintero. (1999). *EL CULTIVO DEL AJO* (J. J. Quintero, Ed.). MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION.
- Rivlin, R. S. (2001). Historical Perspective on the Use of Garlic. *The Journal of Nutrition*, 131(3), 951S-954S. <https://doi.org/10.1093/jn/131.3.951S>
- Rstudio. (2023). RStudio: Integrated Development Environment for R (2023.09.0+463) [Software]. Posit Software, PBC.