



Universitat de Girona

# ANÀLISI DE LA CAPACITAT DE REGENERACIÓ EN ESTADIS INICIALS DEL DESENVOLUPAMENT EN DIVERSES ESPÈCIES MEDITERRÀNIES DEL GÈNERE QUERCUS

**Gemma PASCUAL FABRELLAS**

**ISBN: 84-688-4869-7**

**Dipòsit legal: GI-1594-2003**

<http://hdl.handle.net/10803/7899>

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'explotació efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

**WARNING.** Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.

**TESI DOCTORAL**

ANÀLISI DE LA CAPACITAT DE REGENERACIÓ EN  
ESTADIS INICIALS DEL DESENVOLUPAMENT EN DIVERSES  
ESPÈCIES MEDITERRÀNIES DEL GÈNERE *Quercus*

Gemma Pascual Fabrellas





**Universitat de Girona**

Departament de Ciències Ambientals

tesi doctoral

**Anàlisi de la capacitat de regeneració en estadis inicials  
del desenvolupament en diverses espècies  
mediterrànies del gènere *Quercus***

Memòria que presenta **Gemma Pascual Fabrellas**  
per a optar al grau de Doctor en Biologia per la Universitat de Girona

Vist-i-plau de la directora,

Autora,

Dra. Dolors Verdaguer Murlà  
Àrea de Fisiologia Vegetal  
Departament de Ciències Ambientals  
Universitat de Girona

Gemma Pascual Fabrellas

Girona, 4 de novembre de 2002



**Universitat de Girona**  
**Departament de Ciències Ambientals**  
**Àrea de Fisiologia Vegetal**

**Anàlisi de la capacitat de regeneració en estadis inicials  
del desenvolupament en diverses espècies  
mediterrànies del gènere *Quercus***

Gemma Pascual Fabrellas  
Girona, 2002

# AGRAÏMENTS

*El camí més llarg comença amb un sol pas.*

Cinc anys enrere la Dolors em va proposar de realitzar una tesi doctoral. En aquell moment em va sonar tan gros, que la meva primera resposta va ser dir que no. Una tesi doctoral, ho veia una muntanya! però per atzar de la vida, vaig canviar de parer i vaig fer el pas! Vaig engrescar-me a treballar amb l'alzina, el garric, el roure martinenc i l'alzina surera. Ja se n'arriben a passar de peripècies durant aquests anys. Realment hi ha moments bons i d'altres de no tan, i acabes passant per tots els passos que s'expliquen en el decàleg de la tesi, que si caos total, que si eufòria momentània, que si ... i finalment ha arribat el dia d'acabar la memòria. Al llarg d'aquest cinc anys he rebut el suport i l'encoratjament de moltes persones; i de ben segur sense elles no hagués estat possible aquesta tesi. És per això que us vull dedicar aquestes ratlles.

Primer de tot vull agrair, molt sincerament, a la meva directora, la Dolors, perquè em va oferir l'oportunitat de realitzar una tesi. Moltes gràcies per confiar amb mi i recolzar-me durant aquests anys.

A tots els membres de l'àrea de Biologia Vegetal; Lluís Polo, Lluís Vilar, la Conxi, en Joan, en Pep, la Modesta, en Marc, la Cèlia, l'Alba i la Noe, m'heu ajudat sempre a resoldre dubtes de caire taxòmic, bibliogràfic, o de qualsevol altre camp. També us vull agrair per encoratjar-me en tot moment. A en Lluís Vilar, per les seves suggerències per a millorar l'apartat dedicat a les espècies. A la Cèlia per realitzar les il·lustracions dels embrions i a l'Alba per tots els seus consells i ànims que m'ha donat.

Molt especialment, a la Modesta, perquè ha tingut la paciència de llegir-se aquesta tesi, fent-la més entenedora.

A tots els de l'àrea de Biologia Cel·lular, la Marisa, la Gemma, la Mercè, en Lluís, la Gisela i l'Anna, que tot i estar a l'altre pis, sempre heu mostrat interès per saber com m'anaven les coses. Molt especialment a l'Anna, perquè m'ha ajudat a fer més fàcil aquest final de carrera.

A l'Emili García-Berthou per fer-me més entenedora l'estadística, gràcies per les suggerències en els resultats.

A la Bouchra, la Isabel Fleck i en Xevi Aranda per endinsar-me en el món de l'ecofisiologia i ajudar-me en les anàlisis de midó.

A Tina Bell que a part d'ensenyar-me les tècniques per a l'anàlisi de midó, va fer molt més agradable la meva estada a Austràlia. A la Susana Paula perquè vam gaudir plegades del país del cangurs.

A les laborants, la Nuri i la Gemma, per les seves mostres de suport. A la Nuri per ajudar-me incansablement en la recollida de mostres i les anàlisis de midó. A Pep Fortià per resoldre totes aquelles qüestions informàtiques, que no tenen una explicació racional.

A la Sandra, la Maria, la Núria, en KP, l'Elisabet, en Jordi, la M<sup>a</sup> Rosa, en Xevi, en Pere, en Pitu, la Modesta, en Pere Puigerrajols pels fars de riure, les tertúlies de després de dinar i les “xefles” per celebrar el que fes falta. El vostre suport ha estat molt important.

A la Rosa, l'Ariadna, la Marta, la Nuri, la Margarita, moltes i moltes gràcies pel vostre suport i, per la vostra amistat. I també pels esmorzars, sopars, calçotades i altres trobades on l'hem feta petar tantes vegades. A en Quim Pou, en Dani Boix i en Jordi Sala per ajudar-me també amb aquesta ciència, anomenada estadística, algunes vegades tan complicada!

Molt especialment a en Francesc per estar sempre al meu costat d'una manera tan incondicional. Mai t'has cansat d'ajudar-me, ara anar a buscar glans, ara llegir i rellegir els textos que per tu eren tan suporífers, ara dubtes d'estadística... Has aguantat heroicament l'esprint final. Sense el teu optimisme i bon humor no hauria estat possible aquesta tesi.

A la meva família, als meus pares, Pere i Anna M<sup>a</sup>, als meus germans, la Núria, en Pere i l'Anna, als pares d'en Francesc, la Nuri i en Jaume, als meus cunyats i cunyades, en Lluís, la Mercè, la Marta i en Carlos, al meus nebots, la Lídia, en Lluís, en Pau, en Francesc, en Carles i la Maria, a la meva àvia, Leonor i a la Nuri i en Josep de Girona, gràcies, de veritat, per animar-me en tot moment.

Als meus amics, l'Anna i l'Adrià, qui ho havia de dir que després de les nostres peripècies amb el “diana” anant cap a la Universitat naixeria la nostra amistat.

A la Putxi, en Moser, l'Ariadna, en Pere, la Carme, la Mònica, en Josep, la Montse, en Jordi, en Jaume, en Santi, la Rosa, l'Eva, la Mari, l'Eva Pi, a la M<sup>a</sup> Teresa, en Xavier i a la gent de la comissió de Solidaritat de la Bisbal per interessar-vos sempre amb el que estava fent allà a la Universitat.

**Gràcies a tots vosaltres per estar al meu costat!**



***Sumari***

---



# Sumari

	<b>pàgina</b>
<b>Presentació</b> .....	<b>17-22</b>
Justificació del treball.....	17-18
Objectius i organització memòria .....	19-22
<b>Introducció general</b> .....	<b>25-41</b>
El gènere <i>Quercus</i> .....	25-30
Descripció de les espècies .....	26-30
Característiques dels ecosistemes mediterranis.....	31-35
La conca Mediterrània.....	31-32
Les pertorbacions a la conca Mediterrània.....	32-34
Degradació dels ecosistemes mediterranis i mesures de restauració.....	34-35
Mecanismes de regeneració de la vegetació .....	36-41
Espècies rebrotadores i espècies germinadores.....	36-37
Factors implicats en la rebrotada: gemmes i nutrients.....	37-39
La regeneració en el gènere <i>Quercus</i> .....	39-41
<b>Capítol I Estudi de les glans</b> .....	<b>43-71</b>
Introducció.....	45-46
Material i mètodes.....	47-48
Anàlisi morfomètriques .....	47
Procedència i recol·lecció de glans.....	47
Mesures morfomètriques i conservació de les glans .....	47
Anàlisi estadístiques .....	48
Anàlisi histològiques.....	48
Resultats.....	49-67
Biometria de les glans.....	49-56
Percentatge i capacitat de germinació.....	57-58
Anatomia dels embrions.....	59-67
Làmina I.....	63
Làmina II.....	67
Discussió.....	69-71
<b>Capítol II Creixement de les plàntules</b> .....	<b>73-130</b>
Introducció.....	75-76
Material i mètodes.....	77-82
Anàlisi morfomètriques .....	77-81
Obtenció de plàntules i condicions de creixement.....	77-78
Tractaments i recollida de mostres .....	78-79
Mesures de morfometria.....	79-80
Determinació del pes sec.....	80-81
Anàlisi estadístiques .....	81
Anàlisi histològiques.....	82
Resultats.....	83-123

Plàntules control.....	83-91
Part aèria.....	83-87
Part radicular.....	88-91
Taxa de creixement.....	92-94
Tala.....	95-105
Rebrotada.....	95-99
Làmina I.....	97
Part aèria.....	99-102
Part radicular.....	103-105
Efecte de la mida de la gla en el creixement de la plàntula.....	106-109
Germinació i desenvolupament de les plàntules.....	110-123
Làmina II.....	115
Làmina III.....	119
Làmina IV.....	123
Discussió.....	125-130
<b>Capítol III El nus cotiledonar.....</b>	<b>131-175</b>
Introducció.....	133-134
Material i mètodes.....	135-144
Material biològic.....	135-136
Microscòpia òptica.....	136-143
Obtenció de les mostres.....	136-139
Làmina I.....	137
Fixació.....	139
Deshidratació.....	139-140
Inclusió en glicol metacrilat.....	140-141
Microtomia.....	141
Tinció.....	141-143
Observació i fotografia.....	143
Microscòpia electrònica de rastreig.....	143-144
Fixació.....	143
Deshidratació.....	143
Assecament per punt crític i recobriment.....	144
Observació i fotografia.....	144
Resultats.....	145-169
Embrions madurs.....	145-153
Làmina II.....	149
Làmina III.....	153
Plàntules.....	155-169
Germinació i plàntules d'una setmana d'edat.....	155
Plàntules de 5-6 setmanes d'edat.....	156
Plàntules de 6 mesos d'edat.....	156-157
Làmina IV.....	161
Làmina V.....	165
Làmina VI.....	169
Discussió.....	171-175
<b>Capítol IV Distribució i mobilització del midó i del nitrogen.....</b>	<b>177-212</b>
Introducció.....	179-182
Material i mètodes.....	183-186

Material vegetal.....	183-184
Anàlisi de midó.....	184
Anàlisi de nitrogen .....	184-185
Anàlisis estadístiques .....	185-186
Resultats.....	187-204
Midó .....	187-197
Abundància i distribució del midó en la planta.....	187
Abundància i distribució del midó en el sistema radicular.....	187-188
Distribució i mobilització del midó en la part aèria.....	188-190
Distribució del midó en el sistema radicular.....	190-194
Mobilització del midó en el sistema radicular .....	194-197
Nitrogen .....	198-204
Abundància i distribució del nitrogen en la planta.....	198
Abundància i distribució del nitrogen en el sistema radicular .....	198-199
Distribució i mobilització del nitrogen en la part aèria.....	199-200
Distribució del nitrogen en el sistema radicular .....	200-202
Mobilització del nitrogen en el sistema radicular.....	202-204
Discussió.....	205-212
<b>Discussió general.....</b>	<b>215-219</b>
<b>Conclusions .....</b>	<b>223-225</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>227-245</b>
<b>Annex .....</b>	<b>249-299</b>
Protocols.....	249-251
Dades.....	253-299



## JUSTIFICACIÓ DE LA MEMÒRIA

El present treball s'emmarca dins la línia d'investigació "*Mecanismes de regeneració vegetativa en espècies vegetals*", que porta a terme el grup de recerca del "Laboratori del Suro" de la Universitat de Girona.

Aquesta memòria se centra en l'estudi de la regeneració vegetativa en els estadis inicials del desenvolupament de diverses espècies de *Quercus* que es troben a la conca Mediterrània. En concret, les espècies seleccionades han estat el garric (*Q. coccifera*), el roure martinenc (*Q. humilis*), l'alzina (*Q. ilex*) i l'alzina surera (*Q. suber*) atès que són espècies que conformen el paisatge natiu de la zona nord-est de la península Ibèrica. A més, presenten una elevada capacitat de rebrotada després de les pertorbacions habituals dels ecosistemes mediterranis (foc, tala, herbivoria, sequera) que posen en perill la biomassa aèria o, fins i tot, tota la planta. Així mateix aquestes espècies cada vegada són més utilitzades en les reforestacions. Ara bé, l'establiment de la plàntula és una de les principals limitacions i, de fet, les plàntules d'espècies de *Quercus* presenten una elevada mortalitat. Per tant, tots els estudis que permeten de conèixer millor el desenvolupament i la resposta de les plàntules davant de diferents pertorbacions són d'interès per entendre la seva dinàmica en l'ecosistema. Alhora poden aportar informació valuosa per plantejar futures estratègies silvícoles encarades a millorar la supervivència i l'establiment d'aquestes espècies en les restauracions.

Dins del nostre grup de recerca, els primers treballs sobre regeneració es van realitzar amb alzina surera, espècie endèmica de la mediterrània occidental, i d'importància econòmica a la província de Girona. En aquesta espècie es constata que les plàntules presenten un conjunt de gemmes a la base del sistema hipogeu que li permeten, a diferència d'altres espècies de *Quercus*, de rebrotar fins i tot quan es malmet la part aèria per sobre o per sota de la zona d'inserció dels cotilèdons. Per aquesta raó, la regió cotiledonar de l'alzina surera es va considerar un lignotúber

(estructura llenyosa, determinada genèticament, especialitzada en la rebrotada i descrita inicialment en els eucaliptus). En canvi, a *Q. humilis* i a *Q. ilex* es va observar que les plàntules només sobreviuen a l'eliminació de la biomassa aèria quan el nus cotiledonar queda intacte. Tanmateix, aquests resultats van obrir nous interrogants sobre el desenvolupament del nus cotiledonar de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*. Així doncs, ens vam plantejar si el nus cotiledonar en aquestes espècies es podia considerar, igual que en l'alzina surera, com un òrgan especialitzat en la rebrotada. A més, malgrat que diversos autors han investigat la resposta d'individus adults, sobretot en *Q. coccifera* i *Q. ilex* davant de la tala o el foc, no s'han dut a terme estudis sobre l'origen i les característiques morfològiques de les estructures implicades en la rebrotada. És per això que en aquest treball s'estudia el nus cotiledonar de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* des de l'estadi d'embrió fins a la plàntula de mig any d'edat. Així mateix, també s'ha estudiat la capacitat i intensitat de regeneració de les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* per determinar la seva potencialitat en resposta a una pertorbació en els primers estadis del desenvolupament.

D'altra banda, en les espècies rebrotadores l'emissió de rebrots no només depèn del potencial meristemàtic sinó també de la quantitat de substàncies de reserva i de nutrients. Així, paral·lelament, hem cregut oportú estudiar el patró d'acumulació i mobilització del midó i del nitrogen en plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*. En aquest cas també s'ha inclòs *Q. suber*, ja que fins ara no s'ha realitzat cap treball amb aquesta finalitat, i a la vegada, ens permetrà d'aprofundir en el funcionament del lignotúber (nus cotiledonar) d'aquesta espècie.



## OBJECTIUS I ORGANITZACIÓ DE LA MEMÒRIA

Els objectius generals que ens proposem d'assolir en aquest treball són:

- 1) Descriure la gla i l'ontogènesi de les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*, a nivell biomètric, histològic i bioquímic.
- 2) Estudiar la capacitat regenerativa de les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* i el paper de les gemmes i de les substàncies de reserva i dels nutrients en la rebrotada.

La memòria s'ha estructurat en quatre capítols: 1) Biometria de la gla i anatomia de l'embrió; 2) Creixement de les plàntules i la seva resposta a la tala; 3) El nus cotiledonar de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*; 4) Distribució i mobilització del midó i del nitrogen en plàntules control i talades. Els dos primers capítols fan referència, principalment, al treball realitzat per assolir el primer objectiu i els altres dos versen sobre el proposat en el segon. Aquesta estructura s'ha realitzat tenint en compte els objectius generals proposats i amb la intenció d'exposar els resultats de la forma més aclaridora possible. D'altra banda, també s'ha pretès que l'estructura plantejada facilités la posterior publicació del treball en forma d'articles.

Cada capítol consta d'una introducció, material i mètodes, resultats i discussió. A part dels diferents capítols encapçala la memòria una **presentació** que consta de la **justificació del treball** i dels **objectius** i l'**organització de la memòria**. A la presentació segueix una **introducció general**, on s'aporta informació sobre les espècies estudiades i les característiques més rellevants dels ecosistemes mediterranis. Així mateix, també s'ha inclòs un apartat dedicat als diferents mecanismes de regeneració de la vegetació i als recursos implicats en la rebrotada. Aquesta informació pot facilitar al lector la comprensió de la tesi. Després dels quatre capítols, s'exposa una **DISCUSSIÓ GENERAL**. Finalment la memòria

conclou amb els apartats de **CONCLUSIONS**, **BIBLIOGRAFIA** i **ANNEX**. A l'annex s'adjunten els protocols metodològics i les dades morfomètriques de les glans i de les plàntules i els resultats de les anàlisis de midó i de nitrogen.

El primer capítol es dedica a l'estudi de les glans de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*. En aquest apartat es caracteritzen diversos paràmetres biomètrics relacionats amb la forma i la biomassa de la gla. A partir d'aquestes dades s'ha inferit una funció per determinar l'espècie a què correspon una gla, coneixent únicament la mida i el pes. Aquest capítol finalitza amb una breu descripció anatòmica dels embrions procedents de glans madures de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, per conèixer l'estat de maduresa dels embrions.

Els objectius concrets del primer capítol són:

- i. Caracteritzar des d'un punt de vista biomètric les glans de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*.
- ii. Descriure a nivell histològic el grau de maduresa dels embrions de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* procedents de glans madures.

El segon capítol està centrat en el desenvolupament de les plàntules de les quatre espècies i la seva capacitat de resposta davant de la tala. També s'hi ha inclòs un estudi on es relaciona el pes fresc de la gla i el creixement de la plàntula. Així mateix, s'ha considerat oportú incloure una breu descripció anatòmica de les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, posant especial atenció a la formació dels teixits secundaris.

Els objectius concrets del segon capítol són:

- i. Estudiar el creixement de les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* i la seva capacitat de rebrotada davant de l'eliminació mecànica de la biomassa aèria.
- ii. Valorar l'efecte de la biomassa de la gla en relació al creixement de les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*.

- iii. Descriure a nivell histològic els estadis inicials del desenvolupament de la plàntula de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* i determinar la formació del creixement secundari.

En el tercer capítol s'ha analitzat, a nivell histològic, l'ontogènesi del nus cotiledonar des de l'embrió fins a plàntules de mig any de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*. Els resultats obtinguts s'han discutit en relació als obtinguts prèviament pel nostre grup de recerca per *Q. suber*.

Els objectius concrets del tercer capítol són:

- i. Determinar a quin estat de maduració apareixen les gemmes en el nus cotiledonar i seguir-ne el seu desenvolupament.
- ii. Descriure anatòmicament el desenvolupament de la regió cotiledonar en relació a l'organització vascular, des de l'embrió madur de plàntules d'una setmana a mig any d'edat de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*.

En el quart i darrer capítol s'ha analitzat el contingut de midó i de nitrogen de la part aèria i radicular de plàntules control i talades de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*. En l'estudi s'ha inclòs un seguiment estacional del contingut de midó i de nitrogen de les diferents parts de la planta.

Els objectius concrets del quart capítol són:

- i. Analitzar la distribució de les reserves de midó i de nitrogen del teixit llenyós en plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*.
- ii. Avaluat el contingut de midó i de nitrogen de la part aèria i radicular de plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* en relació a les estacions.

- iii. Determinar l'efecte de l'eliminació de la part aèria en les reserves de midó i de nitrogen en les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*.

# INTRODUCCIÓ GENERAL

## 1. El gènere *Quercus*

El gènere *Quercus* és un dels vuit gèneres de la família de les Fagàcies, que engloba unes 500 espècies. Des del Cretaci inferior es té constància de l'existència d'aquest gènere que, en el Terciari, es va diversificar. Justament es troben exemplars d'aquesta època al Sàhara Occidental i a diversos llocs de l'hemisferi Sud, tot i que actualment està distribuït només a l'hemisferi Nord, tant en zones mésiques com a les més xèriques. Mèxic és el país que presenta una diversitat més elevada d'espècies de *Quercus* (Bonfil, 1998), si bé es considera que la zona de diversificació morfològica de la família i el gènere és el sud-est d'Àsia i les illes adjacents del Pacífic (Kaul, 1985). En aquest gènere, les hibridacions entre espècies són freqüents, la qual cosa comporta problemes taxonòmics i de nomenclatura, perquè els híbrids no es diferencien morfològicament dels parentals.

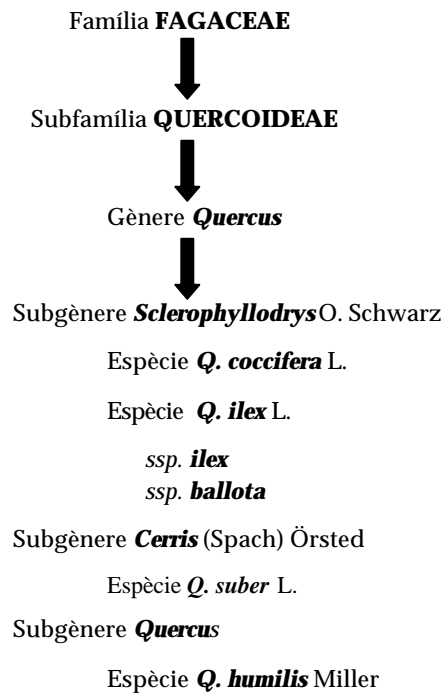
Les característiques morfològiques més rellevants d'aquest gènere són les següents: Les fulles mostren una gran varietat de formes, dimensions i contorns, de manera que, dins una mateixa espècie, es poden trobar diferències entre individus adults i joves o, fins i tot, entre branques de la capçada i dels rebrots del tronc. Les flors són unisexuals; les femenines són solitàries o bé s'agrupen en inflorescències laxes o en glomèruls, en canvi les masculines es disposen en aments llargs i pènduls. Els fruits són aquenis oblongoel·lipsoïdals, un per cúpula i la seva maduració és anual, però en el cas de *Q. coccifera* i de roures americans del subgènere *Erythrobalanus* és biennal. La longevitat és força variable entre diferents espècies, des de menys d'un segle en els casos de *Q. fruticosa* i *Q. coccifera* fins a 500 o fins i tot 1000 anys en els de *Q. ilex* i *Q. robur*.

## 1.1. Descripció de les espècies: *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*

En aquest treball ens hem centrat en l'estudi de les espècies de *Quercus* més abundants a la zona nord-est de la península Ibèrica: el garric (*Q. coccifera*), l'alzina (*Q. ilex*) i l'alzina surera (*Q. suber*) com a espècies mediterrànies i el roure martinenc (*Q. humilis*) com a submediterrània. Sovint en aquesta zona es troben boscos mixtos d'aquestes espècies. Per exemple, a les planes de les comarques de la Selva i del Gironès hi predominen boscos mixtos de roure martinenc amb alzina, a causa de la inversió tèrmica que es dona sobretot a l'hivern (Vilar, 1987).

### 1.1.1. Classificació taxonòmica de les espècies

En aquesta memòria s'ha utilitzat la nomenclatura citada a Flora Ibèrica (Castroviejo *et al.*, 1990). En el cas del roure martinenc, segons Govaerts i Avishai (2000) s'hauria d'anomenar *Q. pubescens*, però en haver-hi encara diferents opinions hem usat *Q. humilis*. L'enquadrament sistemàtic des de família fins a espècie és el següent:



### 1.1.2. Caràcters morfològics i distribució<sup>1</sup>

#### El garric (*Q. coccifera*)

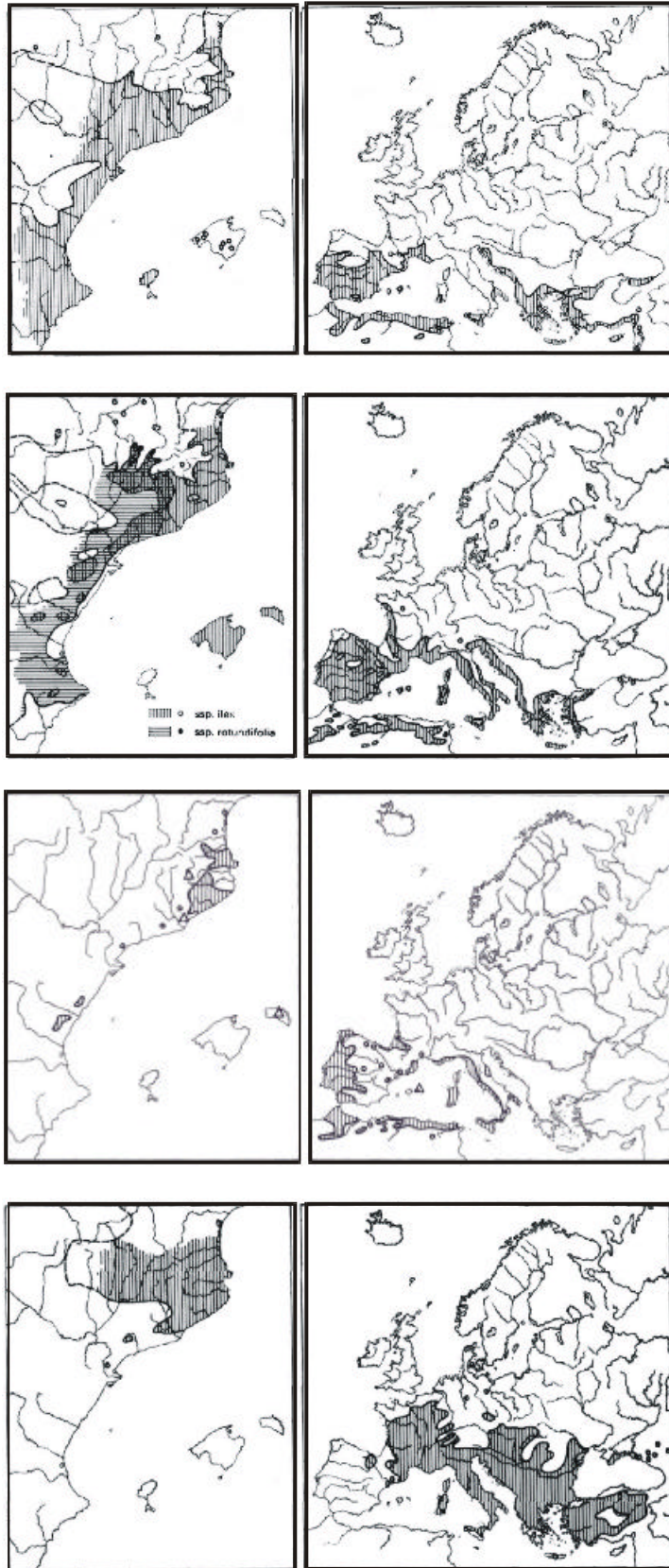
El garric és un arbust perennifoli de 0.5 a 2 m d'alçada, rarament més alt (a Catalunya només es troba en forma arbustiva). L'escorça és grisenca i llisa, amb un brancatge molt dens. Les fulles són biennals, glabres a ambdues cares i sense nervació destacada en el revers. Les fulles són ondulades, amb dents espinoses, i lluent a totes dues cares, lleugerament més pàl·lides, però, a la banda inferior. Floreix d'abril a maig. La gla és grossa, mesura de (10) 15-30 x 8-20 mm, amb un peduncle curt i les esquames de la cúpula són llargues i rígides. Al primer any les glans es desenvolupen poc i maduren d'agost a octubre de l'any següent.

El garric té una gran amplitud ecològica, però les temperatures baixes són el factor limitant. De fet, de tots els seus congèneres espanyols és el més termòfil. Es distribueix a la regió mediterrània, principalment a la mediterrània occidental (Figura 1.1). És abundant a la zona sud i est de la península Ibèrica. Concretament als Països Catalans es troba des de la zona litoral fins als contraforts dels Pirineus (Figura 1.1). Pot ser dominant a l'estrat arbustiu de les següents comunitats: *Quercetum cocciferae* Br.-Bl. 1924, *Quercu-Lentiscetum* (Br.-Bl. et al.) A. et O. de Bolòs 1950, *Rhamno-Quercetum cocciferae* Br.-Bl. et O. de Bolòs (1954) 1957. Viu en terrenys secs i pedregosos, preferentment calcaris. El garric es considera un supervivent de les èpoques càlides neògenes i se'n troben de fòssils des del Miocè.

#### L'alzina (*Q. ilex*)

A Catalunya es poden trobar les dues subespècies: l'alzina (ssp. *ilex*) i la carrasca (ssp. *ballota*). La carrasca es distribueix per les zones mediterrànies continentals o subcontinentals i es distingeix de l'alzina, bàsicament, pel nombre de nervis laterals de les fulles i per tenir les glans més dolces. En aquest estudi s'ha treballat amb l'alzina, per això només s'inclou la descripció d'aquesta subespècie.

<sup>1</sup>Informació de les espècies extreta de: Ceballos i Ruiz de la Torre, 1979; Folch, 1981; Bolòs i Vigo, 1990; Castroviejo *et al.*, 1990.



**FIGURA 1.1.** Mapes de distribució de les quatre espècies estudiades. L'ordre de a dalt a baix és el següent: *Q. coccifera*, *Q. ilex*, *Q. suber* i *Q. humilis*. Modificat de Bolòs i Vigo (1990).



L'alzina és un arbre perennifoli corpulent que pot assolir alçades de 27 m, tot i que en el seu límit altitudinal superior només sol presentar forma arbustiva. La capçada és densa, de forma ovoide o arrodonida; sovint, però, el seu port es veu modificat per l'home. L'escorça sol ser molt fosca i rugosa i a diferència de *Q. suber*, no està suberitzada. Les fulles són oblongoovades o lanceolades, amb l'anvers verd fosc i el revers grisenc i tomentós. Els pèls de la cara inferior tenen una longitud de 0.18-0.21 mm. El nombre de nervis laterals oscil·la de 7 a 11 parells i les estípules són densament piloses. La forma de les glans sol ser oblongoovoïdal i les esquames de la cúpula són curtes i aplicades. La gla, de 15-35 x 8-18 mm, és de coloració castany negrosa en la maduració. La floració té lloc els mesos d'abril i maig i la maduració de les glans es dona d'octubre a novembre.

L'alzina es troba a la regió mediterrània, principalment en zones litorals i prelitorals de clima mediterrani temperat i lleugerament humit (Figura 1.1). A la península Ibèrica es distribueix a la zona nord, des d'Astúries a Catalunya i rarament es troba a Llevant i a Andalusia oriental. Als Països Catalans es troba a les comarques del nord-est (Figura 1.1). És dominant a l'estrat arbori de les comunitats *Quercetum ilicis* Br.-Bl., *Asplenio-Quercetum ilicis*, *Cyclamini-Quercetum ilicis* (O. de Bolòs et R. Mol.) O. de Bolòs 1965. Pot viure sobre qualsevol tipus de substrat, encara que prefereix sòls lleugerament bàsics.

#### L'alzina surera (*Q. suber*)

L'alzina surera és un arbre de 10 a 15 m d'alçada, amb capçada lleugerament irregular. El tronc i les branques estan recobertes de suro. Les fulles són ovadolanceolades o lanceolades, amb l'anvers verd fosc i glabrescent i el revers densament tomentós. Les glans són ovoïdooblongues i les esquames de la cúpula són desiguals. La gla és de color castany rogenc i sol ser bastant gran (20-45 x 10-18 mm). La floració es produeix des de la primavera fins a l'estiu i la maduració del fruit té lloc des de finals de setembre fins al desembre gener. Es distingeixen tres pics de maduració: les glans primerenques, les martiniques i les tardanes. Aquesta

espècie té una gran importància econòmica per a l'extracció de suro i per a l'alimentació de bestiar a partir de les glans.

Es distribueix exclusivament a la conca Mediterrània occidental (Figura 1.1). Abundant a la zona sud-oest de la península Ibèrica, a Catalunya i a Castelló. Als Països Catalans es localitza majoritàriament a les zones silícies del nord-est (Figura 1.1). És l'espècie arbòria dominant de les comunitats: *Quercetum galloprovinciale suberosum* Br.-Bl. (1915) 1936, *Cistion mediterraneum* Br.-Bl. (1931) 1952. La sureda forma un bosc poc dens i en el sotabosc hi predominen sobretot arbusts silicícies.

#### El roure martinenc (*Q. humilis*)

El roure martinenc és un arbre caducifoli de 20 a 25 m d'alçada, amb una capçada irregular. L'escorça és molt clivellada i de color castany o grisenc i, amb l'edat, pot prendre una coloració més fosca. Les fulles són irregularment lobulades, glabres a l'anvers i pubescents al revers, cobertes per pèls relativament llargs. La gla, de grandària 10-35 x 8-15 (20) mm, és sèssil o subsèssil de color castany clar i amb la cúpula tomentosa. La floració es dona d'abril a maig i la maduració dels aquenis té lloc durant els mesos d'octubre a novembre del mateix any.

Les rouredes són boscos típics del paisatge de muntanya mitjana, centreeuropeus o submediterranis. Es distribueix al centre i sud d'Europa i al sud-oest d'Àsia (Figura 1.1). Es troba a la zona nord-est de la península Ibèrica, principalment als Pirineus i a les comarques del nord-est dels Països Catalans (Figura 1.1). *Q. humilis* és una espècie més termòfila, xeròfila i heliòfila que el roure pènol (*Q. robur*) i el roure de fulla gran (*Q. petraea*), també presents als Països Catalans. Domina en rouredes amb boix (*Buxo-Quercetum pubescentis* Br.-Bl. (1915) 1932) i en rouredes seques (>*Quercion pubescenti-petraeae* Br.-Bl. 1931, però descendeix fins al domini del *Quercetum ilicis galloprovincialeae* Br.-Bl. (1915) 1936). És indiferent al substrat.

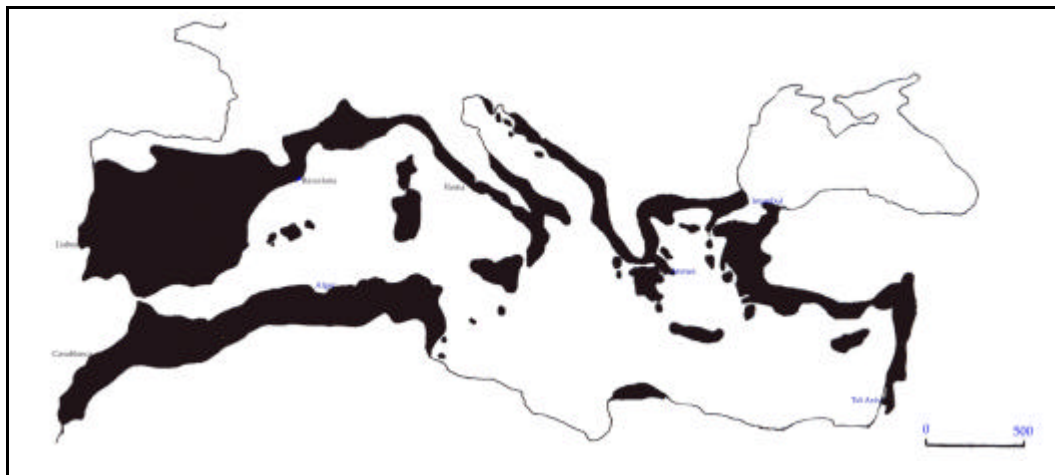
## 2. Característiques dels ecosistemes mediterranis

### 2.1. La conca mediterrània

Els ecosistemes mediterranis estan distribuïts en cinc regions del món i representen l'1.2% de la superfície terrestre, és a dir, una extensió d'1.8 milions de Km<sup>2</sup>. Aquestes regions estan situades entre els 30-40° de latitud d'ambdós hemisferis. Concretament, a l'hemisferi Nord es troben: la conca Mediterrània i gran part de Califòrnia, i a l'hemisferi Sud, la part central de Xile, el sud-oest d' Austràlia i el sud-oest de Sud-àfrica. Les condicions climàtiques que caracteritzen aquestes regions són: els estius càlids i secs, els hiverns lleugerament freds i les precipitacions irregulars (entre 275-900 mm per any) (Archibold, 1995). Un altre tret rellevant del clima mediterrani és la coincidència de l'estació seca amb la càlida, la qual cosa sotmet a les plantes a unes severes condicions d'estrès hídric. Aquestes condicions ambientals similars a les cinc regions mediterrànies han ocasionat una convergència morfològica en la vegetació (Mooney i Dunn, 1970; Archibold, 1995), és a dir, existeixen espècies de grups taxonòmics diferents que presenten certes similituds en la morfologia (Terradas, 1996). Així, la vegetació d'aquestes zones té una fisiognomia similar caracteritzada per formacions denses de vegetació dominades per espècies esclerofil·les (Mooney i Dunn, 1970).

La conca Mediterrània representa el 60% del total del bioma mediterrani i ocupa una estreta i variable franja al voltant de la mar Mediterrània i s'estén des de Portugal fins a Israel (N-S 1700 Km i E-W 5000 Km) (Camarasa *et al.*, 1993) (Esquema 2.1). En aquesta regió es troben diverses formacions esclerofil·les en funció de les condicions climàtiques i edàfiques. Quan la precipitació supera els 400 mm anuals abunden les comunitats arbòries, mentre que quan les pluges són inferiors a aquest valor proliferen les formacions arbustives (Camarasa *et al.*, 1993). Generalment, l'estrat arbori està dominat per diverses espècies perennifòlies del gènere *Quercus* (*Q. ilex* i *Q. suber*), si bé quan l'eixutesa estival és menor i les temperatures de l'hivern més baixes es troben espècies caducifòlies, sovint de fulla marcescent (*Q. canariensis*, *Q. faginea*, *Q. humilis*, *Q. pyrenaica*). Ara bé, en algunes ocasions també es

**ESQUEMA 2.1.** Mapa de la conca Mediterrània.



troben boscos mixtos d'espècies perennifòlies i caducifòlies. Pel que fa a les comunitats arbustives, aquestes són bastant heterogènies i es distingeixen: les màquies, les garrigues, les brolles i les timonedes. Actualment, a la Mediterrània del sud la comunitat de garriga (espècie dominant, el garric *Q. coccifera*) ocupa grans extensions, ja que ha colonitzat zones que han patit un cert grau de degradació substituint la vegetació inicial.

## **2.2. Les perturbacions a la conca Mediterrània**

Diversos tipus de perturbacions (condicions climàtiques adverses, defoliacions, herbivoria, incendis forestals, tala) poden malmetre totalment o parcial la biomassa aèria o fins i tot posar en perill la vida de la planta (Iwasa i Kubo, 1997). Algunes d'aquestes perturbacions són ocasionades per l'home, com la tala, la pastura i el foc, i en moltes zones de la conca Mediterrània han jugat un paper primordial en l'evolució del paisatge. Per exemple la vegetació actual de la península del cap de Creus (Girona, NE-Espanya) és el resultat de la forta activitat agrícola dels dos últims segles, juntament amb cremes controlades realitzades per eliminar la vegetació existent i obtenir brots joves per al bestiar (Franquesa, 1995). Aquesta intensa activitat humana ha comportat una degradació de les formacions forestals, i

ha donat pas a l'actual vegetació d'aquest indret, formada bàsicament per brolles silícioles.

La tala era una pràctica habitual, per a obtenir carbó, però actualment es realitza, per a l'extracció de fusta o bé per a tasques de gestió forestal encarades a disminuir el risc d'incendis (Riba, 1987). Quan es tala la vegetació d'una zona es creen, d'una banda, unes condicions diferents, en haver-hi més entrada de llum en el sistema i de l'altra, s'estableixen unes relacions de competència noves entre els individus. Tanmateix, les condicions químiques del sòl no canvien, ja que la virosta i les substàncies al·lelopàtiques d'aquest es mantenen intactes. Malgrat que la tala és una pertorbació important, les conseqüències que té sobre les diferents espècies es coneixen poc. En aquest sentit destaquen els treballs per valorar l'efecte de la tala en la capacitat d'emissió de rebrots (per *Q. ilex* Retana *et al.*, 1992, per *Arbutus unedo* i *Erica arborea* Canadell i López-Soria, 1998; per *E. arborea* Riba, 1998 ) i per estudiar la competència pels recursos que s'estableix entre els diferents individus (per *Arbutus unedo* Vilà *et al.*, 1994; per *E. multiflora* Vilà i Terradas, 1995b).

Els incendis forestals a les zones de clima mediterrani són afavorits per l'eixutesa estival, les elevades temperatures i la baixa humitat relativa (Terradas, 1996). A banda, però, d'aquest component ambiental, l'home també ha exercit i exerceix un paper rellevant en la intensitat i periodicitat dels incendis forestals (Folch, 1996). La conca Mediterrània, amb una forta pressió humana, és una de les regions més castigades pel foc (Trabaud, 1981; Moreno i Oechel, 1994). De fet, es té constància que l'home del neolític (6000 anys aC) ja utilitzava el foc per conquerir noves zones de conreu i pastura (Le Hourérou, 1981). L'elevada freqüència d'incendis a la conca Mediterrània ha motivat la realització de nombrosos treballs per estudiar la resposta de les espècies vegetals i les comunitats després d'aquesta pertorbació (Canadell *et al.*, 1991; Lloret i López-Soria, 1993; Trabaud, 1994; Fleck *et al.*, 1998; Pausas *et al.*, 1999, entre altres).

El foc és una pertorbació més virulenta, en comparació a la tala, ja que, a part de la destrucció de la part aèria, comporta, també, una disminució de la fertilitat del sòl. Aquesta pèrdua de fertilitat és deguda, bàsicament a la volatilització de diverses substàncies durant el foc, juntament amb el greuge de l'erosió que poden comportar les posteriors pluges (Riba, 1987; Mesléard i Lepart, 1991; Serrasolsas, 1994). En aquest sentit, alguns autors consideren el foc com la principal força selectiva en les regions mediterrànies (Naveh, 1975). No obstant això, possiblement altres pertorbacions, com l'herbivoria i la sequera, haurien també actuat en la vegetació (Mesléard i Lepart, 1989; López-Soria i Castell, 1992; Atwell *et al.*, 1999; Lloret *et al.*, 1999b). Per exemple, Lloret *et al.* (1999b) van constatar que algunes espècies mexicanes amb similituds morfològiques, florístiques i estructurals respecte a les espècies mediterrànies, rebrotaven intensament després d'eliminar la biomassa aèria, si bé, a la zona d'estudi no hi havia constància d'incendis forestals.

### **2.3. Degradació dels ecosistemes mediterranis i mesures de restauració**

En les darreres dècades l'activitat humana està ocasionant un greu deteriorament ambiental de moltes zones, incloses les de clima mediterrani. Per una banda s'està produint un abandonament de moltes terres agrícoles, sobretot de les zones muntanyoses, juntament amb una desaparició dels usos tradicionals del territori que comporten un augment de la massa forestal i en conseqüència un increment del nombre i la intensitat dels incendis forestals. Per altra banda, el possible augment de la temperatura planetària arran dels efectes ocasionats pel canvi climàtic, pot suscitar en els ecosistemes mediterranis un augment dels incendis forestals i comportar una degradació de la vegetació i del sòl (Peñuelas, 1996; Cramer, 2001). Per exemple, el risc d'erosió dels sòls pot incrementar-se, ja que els incendis forestals deixen els sòls desprotegits de vegetació, amb l'agreujant que les pluges torrencials poden emportar-se'ls més fàcilment (Vallejo *et al.*, 1996). Aquesta degradació dels sòls pot comportar un augment de la desertificació d'algunes regions, juntament amb una pèrdua de biodiversitat. En aquest sentit, les Nacions Unides han catalogat les zones semiàrides, àrides i humides com a zones

susceptibles d'esdevenir desèrtiques. Concretament, moltes zones de les regions de clima mediterrani poden patir desertització, per exemple, les del sud i sud-est de la península Ibèrica. El manteniment de la biodiversitat, el replantejament de la gestió dels espais naturals i la recuperació de les zones degradades són alguns dels objectius proposats per aturar la degradació dels ecosistemes mediterranis.

Quan la degradació d'una zona és molt intensa i la regeneració natural no és possible, l'única opció vàlida és la restauració ecològica (Vallejo *et al.*, 1999). La restauració permet d'introduir artificialment aquelles espècies autòctones pertanyents a la vegetació climàtica i/o a la d'algunes etapes de substitució, per tal que l'ecosistema retorni a les seves condicions originals i preservar, així, el sòl (Vallejo, 1997).

En les restauracions de zones mediterrànies es proposa l'ús d'espècies natives i, alhora, rebrotadores, per mantenir la biodiversitat i tenir una elevada capacitat de resposta davant de les pertorbacions que malmeten totalment o parcial la part aèria de la planta (Vallejo i Alloza, 1998; Vallejo *et al.*, 1999). Freqüentment s'utilitzen diverses espècies del gènere *Quercus* en les repoblacions, perquè augmenten la resiliència de l'ecosistema davant de condicions adverses (Vallejo *et al.*, 1999). D'altra banda, també es considera important l'ús d'espècies amb un sistema radicular ben desenvolupat, ja que la supervivència de la plàntula en zones mediterrànies dependrà bàsicament de la seva capacitat per a superar l'estrès hídric dels períodes estivals (Mesón i Montoya (1993) a Seva *et al.*, 2000; Moreno i Vallejo, 1999; Retana *et al.*, 1999). Per exemple, en certes espècies de *Quercus* s'ha constatat un major percentatge de mortalitat en plàntules quan la relació arrel/tija era baixa o bé quan l'arrel patia alguna mal formació (Vallejo *et al.*, 2000).

### 3. Mecanismes de regeneració de la vegetació

#### 3.1. Espècies germinadores i espècies rebrotadores

En base als processos de recuperació de les diferents espècies vegetals després d'una pertorbació es distingeixen dos tipus d'espècies: les germinadores i les rebrotadores (Gill, 1981; Cucó, 1987; Bell i Ojeda, 1999).

Les espècies germinadores després d'una pertorbació que impliqui la pèrdua de la biomassa aèria es regeneren per germinació de les llavors preexistents en el sòl o en la mateixa capçada (banc de llavors). La germinació sovint es veu afavorida directament o indirecta per la pertorbació. Així, per exemple després d'una estassada o d'una defoliació incrementa la disponibilitat de llum i d'aigua, i en el cas d'un incendi augmenta l'aport de nutrients en el sòl i la temperatura que afavoreix en determinades espècies l'alliberament i la dispersió de les seves llavors (Sabaté i Gracia, 1996). La majoria d'espècies germinadores són colonitzadores o pioneres i es troben en els primers estadis de la successió (Cucó, 1987). Algunes de les espècies germinadores presents a la conca mediterrània són les estepes (*Cistus* spp), el romaní (*Rosmarinus officinalis*) i la gatosa (*Ulex parviflorus*).

Les espècies rebrotadores, en canvi, es regeneren per emissió de nous brots a partir de la tija, la soca o l'arrel o bé a partir d'òrgans especialitzats com els rizomes, les rabasses o els lignotúbers. En la majoria dels casos, els rebrots s'originen a partir de gemmes en estat de dormició i gràcies a la mobilització de substàncies de reserva (James, 1984). Les espècies rebrotadores són organismes modulars, on els rebrots són individus funcionals que provenen d'un mateix zigot i són idèntics al seu progenitor (Midgley, 1996).

La dominància d'espècies rebrotadores o germinadores ve determinada pel règim i la freqüència de la pertorbació (Bellingham, 2000). Les espècies rebrotadores tenen un avantatge competitiu sobre les germinadores perquè inicialment els rebrots creixen més ràpid que les plàntules procedents de llavor (Trabaud, 1987a i b; Oliva



*et al.*, 1989; Kozłowski *et al.*, 1991). Ara bé, quan la freqüència d'incendis forestals és elevada (períodes inferiors a 10 anys) s'afavoreix la presència d'espècies germinadores, ja que aquestes tenen temps de completar el cicle reproductiu. En canvi, les espècies rebrotadores dominaran quan el temps de recurrència dels incendis sigui entre 10 i 100 anys, perquè ja s'hauran recuperat i tindran suficients substàncies de reserva per respondre a noves pertorbacions (Sabaté i Gràcia, 1996).

### **3.2. Factors implicats en la rebrotada: gemmes i nutrients**

En la rebrotada les noves tiges i/o arrels es formen a partir de la part de la planta (tija, arrel, corona radicular, lignotúber) que persisteix després d'una pertorbació (Kozłowski *et al.*, 1991). Els nous òrgans s'originen bàsicament a partir de gemmes i nutrients presents en els teixits preexistents (James, 1984).

En moltes espècies rebrotadores les gemmes es desenvolupen abans de la pertorbació i romanen en estat de dormició fins que s'activen per eliminació de la part aèria. Ara bé, en d'altres espècies les gemmes es formen posteriorment a la pertorbació (Cucó, 1987) i en zones de la tija, o també de l'arrel, que no tenen cap connexió amb els meristemes apicals. Aquestes gemmes s'originen a partir de teixits meristemàtics interns o bé situats més perifèricament i s'anomenen gemmes adventícies (Kozłowski *et al.*, 1991).

La gemmes en estat de dormició poden estar situades en diferents zones de la planta o fins i tot localitzar-se en òrgans especialitzats en la rebrotada. Per exemple, es poden situar en gran quantitat en el sistema hipogeu: en les soques (*Betula pubescens*, Kauppi *et al.*, 1988), en rizomes (*Q. coccifera*, Cañellas, 1993) o en lignotúbers (*Eucalyptus* spp. Carrodus i Blake, 1970; *Q. suber* Molinas i Verdaguer, 1993a i b). De tota manera, però, també és freqüent trobar aquestes gemmes latents en la part aèria, com per exemple en *Q. petraea* (Fontaine *et al.*, 1998 i 1999) i *Q. suber* (Camarasa *et al.*, 1983).

Les gemmes poden quedar protegides per teixits de la pròpia planta, *Q. suber* (Trabaud, 1987b) o *Banksia menziesii* i *B. serrata* (Mibus i Sedgley, 2000), o bé pel mateix sòl quan aquestes estan localitzades en el sistema hipogeu. Aquesta protecció evita que les gemmes quedin malmeses o siguin eliminades després d'una pertorbació. No obstant això, l'èxit de la rebrotada no tan sols depèn del potencial meristemàtic de la part restant de l'individu, sinó també de les reserves emmagatzemades per la pròpia planta (López-Soria i Castell, 1992).

Els recursos de la planta es destinen, a part de l'emmagatzematge, a d'altres funcions bàsiques com el manteniment, el creixement, la reproducció i la defensa (Chapin *et al.*, 1990). Des del punt de vista funcional, es pot interpretar que les diverses funcions de la planta competeixen pels recursos. Així doncs, per tal que la planta tingui un correcte desenvolupament hi ha d'haver un balanç entre els recursos assignats a cada funció, però, a més, dependrà de les necessitats de cada espècie (Suzuki i Stuefer, 1999; Terradas, 2001). Per exemple, la inversió de recursos per a emmagatzematge i manteniment és especialment important en les espècies rebrotadores, ja que estan sotmeses a freqüents pertorbacions (Ojeda, 2001). En aquest sentit, en estudis realitzats al sud-oest d' Austràlia s'ha descrit una major acumulació de midó en els òrgans subterranis d'espècies rebrotadores que d'espècies germinadores (Pate *et al.*, 1990; Bell *et al.*, 1996).

Els recursos emmagatzemats són utilitzats per la planta per a reconstruir alguna part malmesa o bé per a la síntesi de nous òrgans (Terradas, 2001). En les espècies rebrotadores, les substàncies de reserva poden ser mobilitzades per factors externs (condicions ambientals, pertorbacions) i/o per factors interns (dormició estacional) (Suzuki i Stuefer, 1999; Terradas, 2001).

Un dels principals carbohidrats de reserva en les plantes és el midó (Chapin *et al.*, 1990). S'acumula principalment a les cèl·lules parenquimàtiques dels radis xilemàtics. Aquestes cèl·lules són vives, la qual cosa suposa per a la planta una despesa energètica important per al seu manteniment (Verdaguer i Ojeda, 2002). Després d'una pertorbació, el midó és mobilitzat i utilitzat per la síntesi de nous

materials (Canadell i López-Soria, 1998), per tant, la supervivència de la planta estarà lligada, a més del teixit meristemàtic, a la quantitat de midó (Canham *et al.*, 1999). Juntament amb el midó, també són importants el nitrogen i el fòsfor. Les plantes requereixen quantitats relativament importants d'aquests elements, per això s'han catalogat com a macronutrients. Tanmateix, en els ecosistemes terrestres tant el nitrogen com el fòsfor es consideren dos dels elements limitants per al creixement de les plantes (Aerts i Chapin, 2000). Tot i que els carbohidrats són la principal reserva de la planta, qualitativament el nitrogen pot ser igualment important (Tromp, 1983). En aquest sentit, Chapin *et al.* (1990) consideren que els nutrients poden esdevenir el factor limitant per a la rebrotada.

### **3.3. La regeneració en el gènere *Quercus*: *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*.**

Les espècies del gènere *Quercus* fructifiquen anualment o biennal (Ceballos i Ruiz de la Torre, 1979) i, en general, deixen un abundant nombre de llavors. Les glans presenten una baixa capacitat dispersiva i una elevada capacitat germinativa (Vallejo i Alloza, 2000). Tot i així, en algunes espècies la regeneració a partir de llavor és difícil, ja que un percentatge elevat de plàntules moren poc després de germinar (Montoya, 1993). La supervivència de les plàntules es veu minvada, principalment, per les condicions ambientals adverses que han de superar en els primers estadis del seu desenvolupament, sobretot la disponibilitat d'aigua (Retana *et al.*, 1999). Malgrat la poca regeneració natural a partir de llavor, aquestes espècies presenten una elevada capacitat per a regenerar-se vegetativament que els permet de sobreviure després de malmetre's la biomassa aèria (Abrams, 1992).

El garric (*Q. coccifera*) és una espècie molt resistent a les pertorbacions (Cañellas, 1993; Papió, 1994) i ha estat, sobretot, a causa de l'acció de l'home (tales i nous usos del sòl) que s'ha estès en detriment de l'alzina (Folch, 1981; Papió, 1994). El garric emet nombrosos rebrots a partir principalment del complex sistema rizomes que presenta (Cañellas i San Miguel, 2000). Així, per exemple, en una garriga, quinze dies després d'un foc, els individus cremats van començar a emetre rebrots que van

assolir uns 50 cm d'alçada al cap de dos mesos. Un any i mig després de la pertorbació aquests garrics encara rebrotaven vigorosament. Malgrat aquesta elevada capacitat de rebrotada en aquesta espècie, els treballs realitzats estan relacionats, bàsicament, amb la resposta dels individus adults als incendis (Malanson i Trabaud, 1988; Cañellas, 1993; Papió, 1994; Trabaud, 1994).

L'alzina rebrota vigorosament de tija, de soca o bé d'arrel (Ceballos i Ruiz de la Torre, 1979; Cucó, 1987). En algun cas s'ha descrit que pot arribar a treure uns 167 rebrots per peu després d'una estassada per usos comercials, un nombre molt elevat si es compara amb d'altres espècies també utilitzades per als mateixos propòsits (Retana *et al.*, 1992).

Tot i que la bibliografia existent sobre *Q. ilex* i *Q. coccifera* és extensa, la majoria de treballs estan realitzats des d'un punt de vista ecològic i/o fisiològic (Ducrey i Turrel, 1992; Castell, 1997; Fuente *et al.*, 1997; Fleck *et al.*, 1998) amb l'objectiu de determinar l'efecte de les pertorbacions en la planta adulta. Ara bé, actualment la informació sobre la capacitat de resposta davant d'altres pertorbacions diferents del foc a nivell de plàntula és bastant escassa.

L'alzina surera (*Q. suber*) rebrota fàcilment a partir del tronc i també del sistema hipogeu. Aquesta espècie presenta una escorça gruixuda de teixit suberós, el suro, que revesteix branques i troncs. En cas d'incendi aquesta peculiar escorça constitueix un bon aïllant tèrmic, evitant així que els teixits interns es malmetin i permet una ràpida rebrotada a partir del tronc (Verdaguer, 1990; Pausas, 1997). Així mateix, també té una elevada capacitat per a rebrotar a partir del sistema hipogeu, concretament de les arrels superficials (Molinas *et al.*, 1992) o bé de la corona radicular (Natividade, 1991). D'altra banda, no tan sols els individus adults presenten capacitat per emetre nous brots, sinó que també les plàntules poden rebrotar a partir de la regió cotiledonar o també anomenat lignotúber (Molinas i Verdaguer, 1993a i b).

El roure martinenc (*Q. humilis*) rebrota, en cas de lesió de la part aèria, de soca (Trabaud, 1987b) o bé d'arrel (Sabaté i Gracia, 1996). Els estudis sobre la rebrotada en aquesta espècie són molt escassos, destaca només el treball Di Pasquale i Garfi (1998) on s'examina l'efecte de l'herbivoria en individus adults. Possiblement, aquesta manca d'estudis sigui deguda a la baixa incidència dels incendis forestals en les comunitats de roureda i al poc interès econòmic d'aquesta espècie, a diferència de l'alzina i l'alzina surera. A més, la majoria de treballs que s'han realitzat normalment en comunitats típicament mediterrànies no inclouen el poblament d'alzines amb roures.

## 1. INTRODUCCIÓ

La regeneració natural a partir de llavor en algunes espècies del gènere *Quercus* és baixa (Crow, 1988; Crow *et al.*, 1994; Borchert *et al.*, 1989; Rice *et al.*, 1993; McCreary, 2000). Per exemple, és pràcticament absent en algunes comunitats de garriga (Cañellas, 1993), sureda (Sánchez, 2001) i alzinar de la península Ibèrica (Espelta *et al.*, 1995; Leiva i Fernández-Alés, 2001). Per contra, la regeneració vegetativa a partir de rebrots es dona freqüentment en la majoria d'espècies del gènere *Quercus*, incloent les estudiades en aquest treball: *Q. coccifera* (Malanson i Trabaud, 1988), *Q. humilis* (Di Pasquale i Garfi, 1998), *Q. ilex* (Retana *et al.*, 1992) i *Q. suber* (Natividade, 1991). Ara bé, s'ha comprovat que la regeneració bàsicament per rebrotada porta cap a una progressiva senescència de l'individu zigòtic i perden, a la llarga, la capacitat de rebrotar (Ducrey i Turrel, 1992; Retana *et al.*, 1999). Aquest fet s'ha posat de manifest en alguns alzinars que s'han gestionat com a boscos de rebrot per a extreure fusta i, antigament, per a l'obtenció de carbó (Castell, 1997; De Simón i Bocio, 1999).

Tanmateix, en els boscos amb poca regeneració sexual encara que el nombre de plàntules procedents de llavor sigui baix, la seva existència és important per mantenir la plasticitat fenotípica i la variabilitat genètica (Rice *et al.*, 1993; Retana *et al.*, 1999). De fet, en les repoblacions de zones degradades cada vegada es posa més atenció en la biodiversitat del material vegetal i la utilització d'espècies autòctones (Boira, 1996). En la conca Mediterrània, per exemple, la repoblació amb espècies del gènere *Quercus* a partir de gla o plançó és una pràctica habitual en aquestes darreres dècades (Montoya, 1993). L'ús de glans amb una elevada diversitat genètica afavoreix l'obtenció de plàntules que poden superar millor les condicions ambientals adverses pròpies de les zones de clima mediterrani (Montoya, 1996a).

Així doncs, per augmentar l'èxit de la reforestació amb espècies del gènere *Quercus* esdevé primordial seleccionar les glans destinades a la sembra o a l'obtenció de

plàntula (Kormanik *et al.*, 1998). En aquest sentit, s'ha constatat que la grandària de la llavor és un dels trets fenotípics més important per afavorir la supervivència i el creixement de la plàntula (Westoby *et al.*, 1992; Leishman i Westoby, 1994; Leishman *et al.*, 1995; Lloret *et al.*, 1999a), especialment en condicions ambientals adverses (Aizen i Woodcock, 1996). En les espècies del gènere *Quercus* estudiades els treballs sobre llavors s'han centrat principalment en: la conservació en relació a la viabilitat (Merouani *et al.*, 2001a), la producció i el percentatge de germinació (Bran *et al.*, 1990 i Li i Romane, 1997 per a *Q. humilis* i *Q. ilex*; Broncano *et al.*, 1998 i Pulido *et al.*, 1999 per a *Q. ilex*; i Celestino *et al.*, 2000; i Sobrino *et al.*, 2001 per a *Q. suber*). Així mateix, també s'han realitzat estudis sobre la predació i dispersió de les glans i l'emergència de les plàntules per a avaluar el seu impacte en la regeneració natural i en la reforestació (Herrera, 1995 *Q. suber*; Santos i Tellería, 1997 *Q. ilex*). Malgrat aquesta extensa bibliografia relacionada amb les espècies objecte d'estudi, però, no existeixen treballs en què es descriguin els paràmetres biomètrics de les glans ni tampoc la relació que s'estableix entre aquests i la capacitat de germinar. En aquest sentit, Sobrino *et al.* (2001) van trobar que a partir de certs paràmetres de la gla de *Q. suber*, com humitat, densitat, pH cotilèdons, es podia estimar la seva capacitat germinativa. Amb tot, creiem que és interessant avaluar els trets biomètrics de les glans per a caracteritzar cada una de les espècies com també determinar la capacitat germinativa en relació al pes de la gla.

D'altra banda, també ens hem proposat d'estudiar a nivell histològic els embrions de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* per determinar el seu grau de desenvolupament, ja que el creixement de la planta en els estadis inicials pot dependre d'aquest. En aquest sentit, estudis histològics d'embrions de *Q. suber* han estat prèviament realitzats pel nostre grup de recerca (Molinas i Verdagner, 1993a).

# 1. MATERIAL I MÈTODES

## 1.1. ANÀLISIS MORFOMÈTRIQUES

### 1.1.1. Procedència i recol·lecció de les glans

A la tardor de 1999, es van recollir glans de diferents peus (mínim 10 peus) de garric, alzina, roure martinenc i alzina surera situats en garrigues i boscos de la província de Girona (nord-est Espanya). La recol·lecció es va fer sempre en zones on l'espècie d'interès fos dominant, per evitar, així, la presència d'individus híbridats amb altres espècies del mateix gènere. Les glans de garric es van recollir al massís del Montgrí (Torroella de Montgrí – Girona) i a Castell d'Empordà (la Bisbal d'Empordà – Girona), les de roure martinenc i d'alzina surera a Castell d'Empordà (la Bisbal d'Empordà) i als boscos de Palau (Girona), i les d'alzina al massís de les Gavarres a les rodalies de Juià, St. Climent de Peralta i Romanyà (Girona). Les glans es van collir per arreu, independentment de la seva grandària, tan sols es descartaren aquelles que van presentar algun tipus de deformació o infecció que es pogués detectar visualment.

### 1.1.2. Mesures morfomètriques i conservació de les glans

De cada gla, un cop retirada la cúpula, es van mesurar el pes fresc (g) (incloent-hi la coberta), la longitud (cm) i el diàmetre màxim (cm). Es van analitzar 294 glans de *Quercus coccifera*, 387 de *Q. humilis*, 387 de *Q. ilex* i 315 de *Q. suber*. Aquestes es guardaren a 4°C en bosses de plàstic i amb una certa humitat fins a la sembra (Verdaguer, 1995). Per a determinar el pes sec de les glans s'escolliren 50 glans de cada espècie. De cada gla es retirava la coberta i es mesurava el pes fresc. Tot seguit per a obtenir-ne el pes sec, es col·locava cada gla a l'estufa a 70°C durant 48 hores fins a pesada constant.



## 1.2. ANÀLISIS ESTADÍSTIQUES

L'efecte de l'espècie (factor efectes fixos) en la longitud, el diàmetre i la biomassa de la gla es van analitzar estadísticament mitjançant anàlisi de variància (simple). Alhora, també es van realitzar diverses anàlisis de covariància (simple) per avaluar l'efecte de l'espècie en el diàmetre i el pes fresc de la gla, utilitzant com a covariables la longitud i el diàmetre de la gla, aquesta última només pel pes fresc. Per altra banda, a partir de les dades de biometria de la gla i mitjançant anàlisi de funció discriminant es va calcular una equació que permet de discernir entre les quatre espècies. L'anàlisi de regressió múltiple es va utilitzar per a interpretar el grau de relació del pes fresc amb la longitud i el diàmetre de la gla per a cada espècie. Finalment, l'efecte de l'espècie en el pes fresc de la gla, amb el diàmetre i la longitud de la gla es va calcular per mitjà d'una ANCOVA factorial. Per predir l'efecte del pes fresc de la gla i de l'espècie en la probabilitat de germinació de la gla (variable categòrica dicotòmica) es va portar a terme un anàlisi de regressió logística.

Les dades dels paràmetres de biometria es van transformar logarítmicament per a complir els supòsits de normalitat, i homogeneïtat de variàncies i linealitat (Sokal i Rohlf, 1995). Els tests estadístics s'han realitzat amb el programa SPSS versió 7.5 per a Windows. (El nivell de significació utilitzat en totes les anàlisis va ser de 0.05).

## 1.3. ANÀLISIS HISTOLÒGIQUES

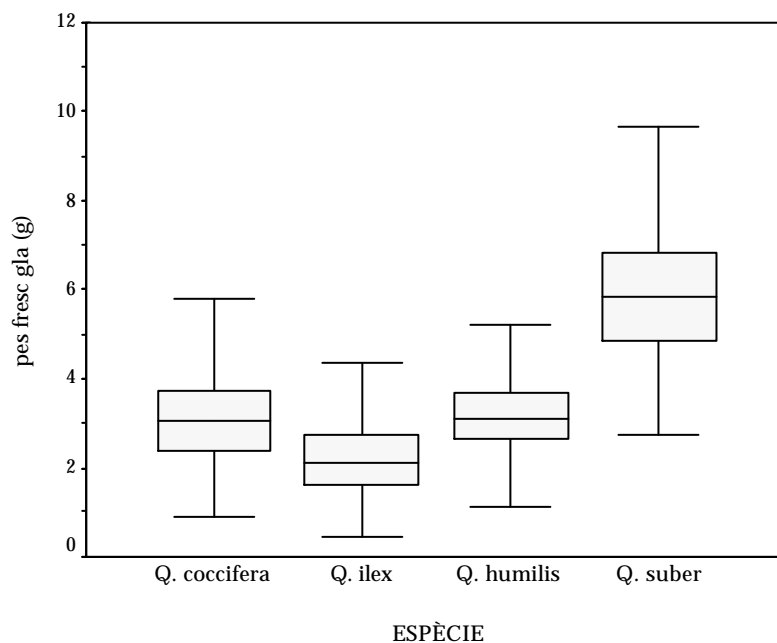
Els embrions de *Q. coccifera*, *Q. humilisi* i *Q. ilex* es van obtenir mitjançant la dissecció de 15-20 glans de cada espècie. Els embrions es van fixar amb formaldehid al 4% en PBS o bé formol 4% amb CaCO<sub>3</sub>. Per a l'anàlisi histològica de les mostres es va utilitzar la tècnica del glicol metacrilat, els blocs es seccionaren en un micròtom (Autocut Reichert-Jung) i els talls es tenyiren amb blau de toluidina i PA-Schiff o bé PA-Schiff (vegeu Capítol III per a una descripció més detallada de la metodologia utilitzada).

## 1. RESULTATS

### 1.1. BIOMETRIA DE LES GLANS

La mitjana del percentatge de matèria seca de les glans de les quatre espècies va ser:  $57.24\% \pm 0.75$  per a *Quercus coccifera*,  $59\% \pm 0.45$  per a *Q. humilis*,  $63\% \pm 0.26$  per a *Q. ilex* i  $57\% \pm 0.58$  per a *Q. suber*. Alhora, les glans van mostrar una elevada correlació entre el pes fresc i el pes sec ( $r^2 = 0.92$  per a *Q. coccifera*;  $r^2 = 0.95$  per a *Q. humilis*;  $r^2 = 0.93$  per a *Q. ilex*;  $r^2 = 0.91$  per a *Q. suber*) de manera que vam utilitzar directament el pes fresc de la gla en relació al creixement de la planta (vegeu Capítol II).

Els diagrames de caixa per a les variables pes fresc, longitud i diàmetre de la gla van mostrar que les glans de *Q. suber* presentaven un pes fresc més elevat, eren més llargues i tenien un diàmetre més gran respecte a les llavors de les altres tres espècies de *Quercus* (Fig. 1.1.1, Fig. 1.1.2). Les glans de *Q. ilex* varen presentar els valors més baixos de pes fresc i diàmetre. El pes fresc per a *Q. suber* i la longitud per a *Q. humilis* van ser les variables que presentaren una major dispersió. Per les espècies estudiades, els valors obtinguts pel diàmetre i la longitud de la gla coincideixen amb els citats a Flora Ibèrica (Castroviejo *et al.*, 1990).



**FIGURA 1.1.1.** Diagrama de caixa del pes fresc de la gla per a cada espècie

El 50% de les glans de *Q. suber* tenien un pes fresc comprès entre 5 i 7 g, i el 50% de les de *Q. humilis* tenien una longitud compresa entre 2.5 i 3.5 cm. En el cas del diàmetre de la gla, la dispersió per les diferents espècies va ser bastant similar (Fig. 1.1.2b).

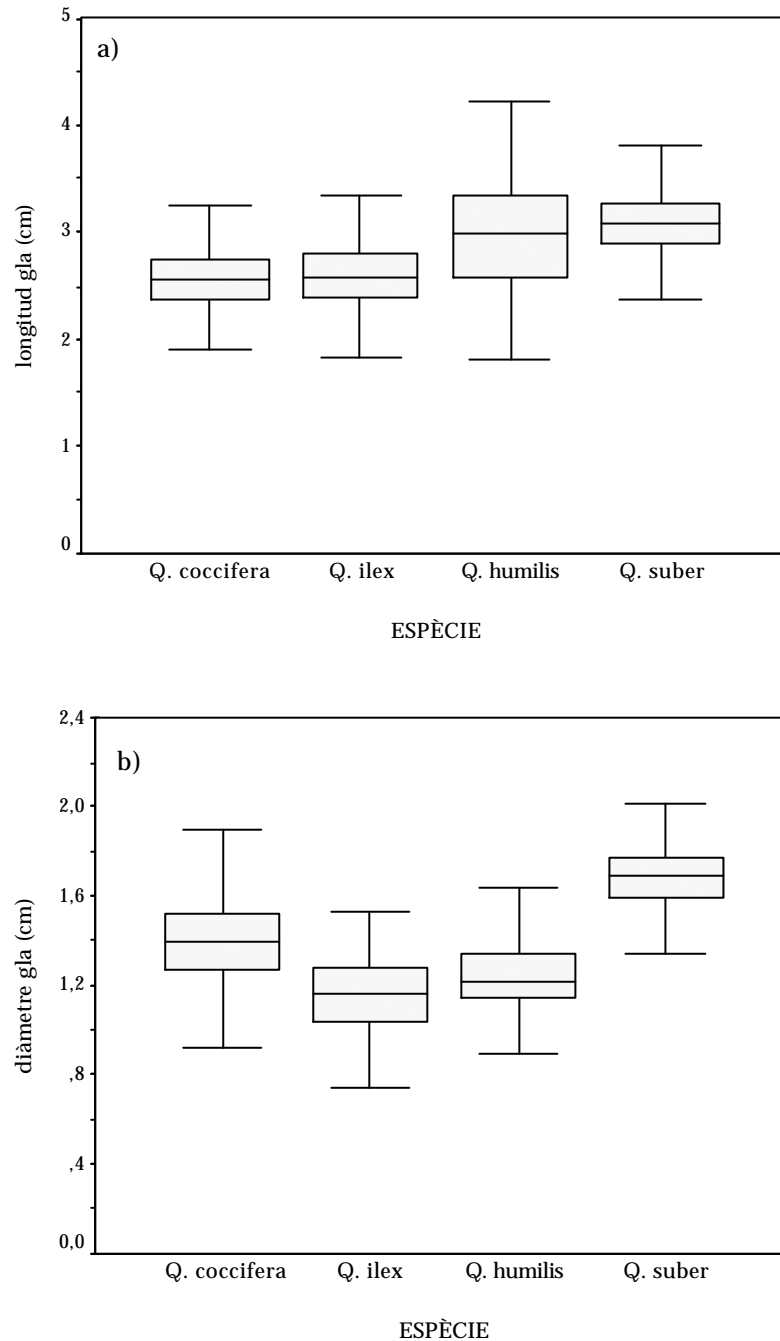


FIGURA 1.1.2. Diagrames de caixa de la longitud (a) i del diàmetre (b) de la gla per a cada espècie

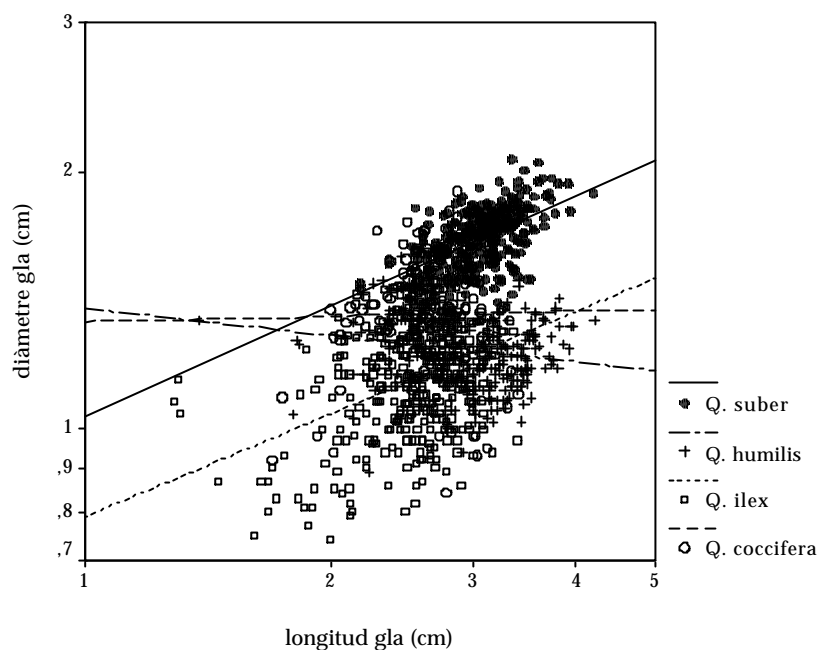
Les anàlisis de variància realitzades per a cadascuna de les variables: pes, longitud i diàmetre de la gla, van mostrar, en tots els casos, diferències significatives entre les espècies (Taula 1.1.1).

**TAULA 1.1.1.** Resultats de les anàlisis de variància de les variables pes, longitud i diàmetre de la gla segons l'espècie.

Font de variació	pes			longitud		diàmetre		
	g.l.	F	<i>p</i>	F	<i>p</i>	g.l.	F	<i>p</i>
Espècie	3, 1251	553.9	< 0.0005	166.3	< 0.0005	3, 1089	555.9	< 0.0005

A més de les anàlisis de variància es van comparar les mitjanes de cada variable entre espècies, a partir del test de Tukey, per trobar les diferències específiques. Les mitjanes del diàmetre de la gla ( $p < 0.0005$  test de Tukey) van diferir significativament per a les quatre espècies, essent les glans de *Q. humilis* i *Q. ilex* les que presentaren la diferència més petita. Segons el diàmetre de la gla, les espècies s'ordenen, de major a menor diàmetre, de la següent manera: *Q. suber*, *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*. *Q. humilis* i *Q. coccifera* no diferien quant al pes, mentre que les altres dues espècies eren clarament diferents ( $p < 0.0005$  test de Tukey). Les glans de *Q. suber* tenien el major pes, en segon lloc es trobarien les de *Q. humilis* i *Q. coccifera* i per últim les de *Q. ilex*. Pel que fa a la longitud de la gla, les mitjanes eren iguals per *Q. coccifera* i *Q. ilex* i menors que la resta d'espècies ( $p < 0.0005$  test de Tukey). Les glans més llargues van ser les de *Q. suber*.

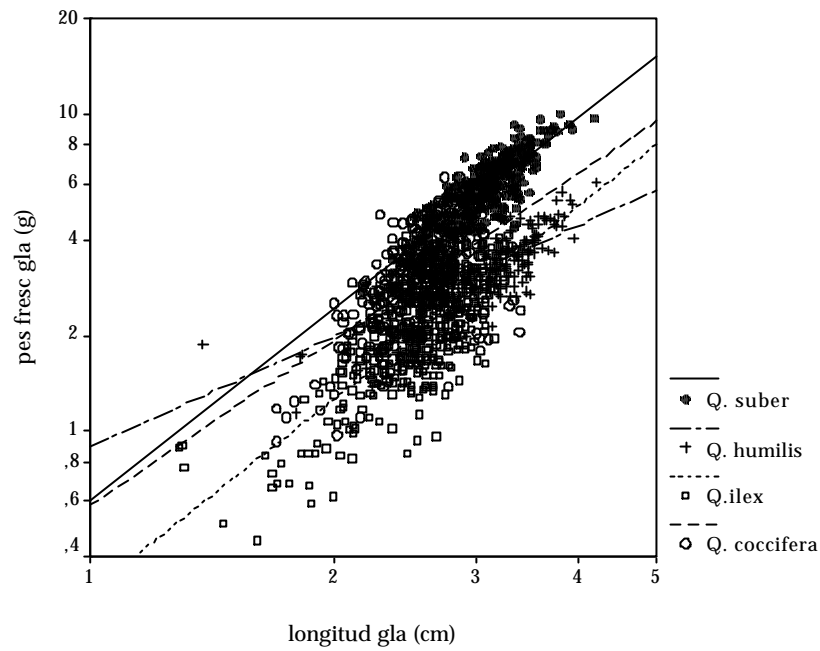
L'anàlisi de covariància (ANCOVA) de la variable diàmetre respecte la longitud de la gla, com a covariable, va ser estadísticament significativa ( $F_{1, 1085} = 37.4$ ;  $p < 0.0005$ ), de manera que l'efecte de la longitud de la gla sobre el diàmetre depenia de cada espècie (Fig. 1.1.3). La interacció de la covariable longitud i l'espècie va ser significativa, per tant els pendents no eren homogenis ( $p < 0.0005$ ). La relació lineal entre longitud i diàmetre de la gla en el cas de *Q. ilex* i *Q. suber* era baixa i no n'hi havia per *Q. coccifera* i *Q. humilis*. Per a una mateixa longitud, les glans de *Q. suber* tenien un diàmetre més gran que les de *Q. ilex*.



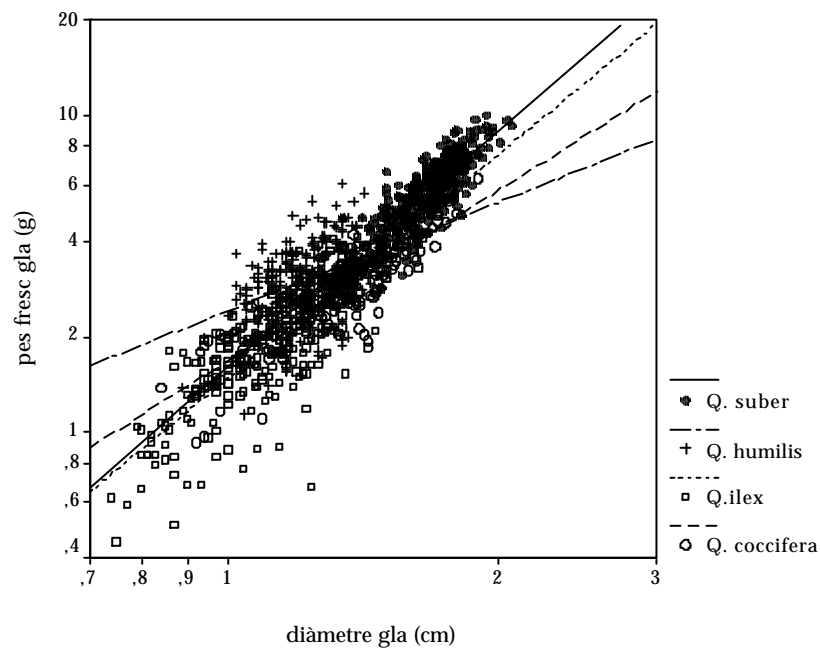
**FIGURA 1.1.3.** Relació per a cada espècie entre la longitud i el diàmetre de la gla (transformades logarítmicament, *Q. suber*  $R^2 = 0.27$ , *Q. humilis*  $R^2 = 0.02$ , *Q. ilex*  $R^2 = 0.16$  i *Q. coccifera*  $R^2 = 0.00$ )

L'ANCOVA del pes fresc de la gla respecte a les diferents espècies i la longitud de la gla com a covariable va ser, també, significativa ( $F_{1, 1250} = 1056.2$ ;  $p < 0.0005$ ). Els pendents de les rectes de regressió no eren homogenis a causa de la interacció del factor espècie amb la covariable longitud de la gla ( $p < 0.0005$ ). La relació lineal entre el pes fresc i la longitud de la gla va ser elevada per *Q. suber* i més baixa per *Q. coccifera*. Per a una mateixa longitud de gla *Q. suber* i *Q. coccifera* tenien un pes fresc més gran que les altres dues espècies (Fig. 1.1.4).

Els resultats de l'ANCOVA del pes fresc de la gla amb el diàmetre de la gla com a covariable van ser significatius ( $F_{1, 1085} = 1217.7$ ;  $p < 0.0005$ ) i es va donar també interacció entre la covariable i l'espècie ( $p < 0.0005$ ). Per a un mateix valor de diàmetre *Q. suber* i *Q. humilis* presentaven glans amb un pes fresc més gran en comparació amb les altres dues espècies. La relació lineal del pes fresc amb el diàmetre va ser força elevada, superior al 68%, en les diferents espècies, exceptuant *Q. humilis* (Fig. 1.1.5).



**FIGURA 1.1.4.** Relació per a cada espècie entre la longitud i el pes fresc de la gla (transformades logarítmicament, *Q. suber*  $R^2 = 0.66$ , *Q. humilis*  $R^2 = 0.47$ , *Q. ilex*  $R^2 = 0.53$  i *Q. coccifera*  $R^2 = 0.31$ )



**FIGURA 1.1.5.** Relació per a cada espècie entre el diàmetre i el pes fresc de la gla (transformades logarítmicament, *Q. suber*  $R^2 = 0.69$ , *Q. humilis*  $R^2 = 0.21$ , *Q. ilex*  $R^2 = 0.71$  i *Q. coccifera*  $R^2 = 0.71$ )

A partir de l'anàlisi de la funció discriminant de les tres variables mesurades (longitud, diàmetre i pes fresc) de la gla es classificaven correctament un 68.7% de les glans per a cada espècie, rang entre el 53% per a *Q. coccifera* i el 91% per a *Q. suber*. Els coeficients de la Taula 1.1.2 ens permeten de predir, a partir de conèixer les diferents variables de la gla a quina espècie pertany una certa gla.

**TAULA 1.1.2.** Coeficients de la funció de classificació de les glans de les quatre espècies segons l'anàlisi discriminant.

	<i>Q. coccifera</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>Q. humilis</i>	<i>Q. suber</i>
logaritme pes gla	-121.37	-125.53	-109.73	-102.12
logaritme longitud gla	270.55	277.49	272.14	259.81
logaritme diàmetre gla	226.92	208.65	189.42	220.26
Constant	-44.81	-44.29	-46.80	-50.56

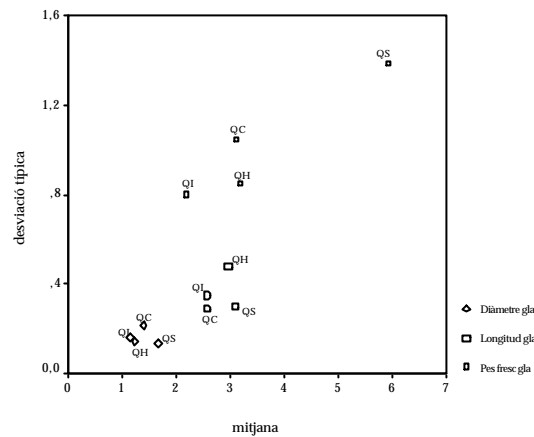
En la Taula 1.1.3 es mostra un exemple d'una gla amb els resultats obtinguts a partir dels coeficients de la funció. El valor més elevat de la funció era per *Q. suber*, així en aquest cas la gla correspondria en aquesta espècie amb un 91% de fiabilitat.

**TAULA 1.1.3.** Càlculs realitzats a partir de la funció discriminant, d'una gla de pes = 6 g, longitud = 3.5 cm i diàmetre = 1.8 cm per a predir l'espècie a què correspon.

<i>Q. coccifera</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>Q. humilis</i>	<i>Q. suber</i>
582.32	549.31	588.25	642.54

Per altra banda, tenint en compte els coeficients de variació (CV), la variable pes va mostrar el grau de variació més gran (23-36%) respecte a les altres dues variables, longitud (10-16%) i diàmetre (8-16%). Per a les tres variables analitzades les glans de *Q. suber* presentaren proporcionalment menys grau de variació respecte a les altres espècies (Fig. 1.1.6).

Per exemple la longitud i el diàmetre de la gla en el cas de *Q. suber* era superior que a les altres espècies, si bé la desviació típica era menor. En el cas del pes fresc, les glans de *Q. suber* pesaven més i també la desviació típica va ser més elevada, però en aquesta espècie, proporcionalment, el pes fresc era menys variable respecte a les altres espècies (Fig. 1.1.6).



**FIGURA 1.1.6.** Relació entre les mitjanes del pes, longitud i diàmetre gla i les corresponents desviacions típiques per a cada espècie (QC = *Q. coccifera*, QH = *Q. humilis*, QI = *Q. ilex* i QS = *Q. suber*)

Les anàlisis de regressió múltiple del pes com a variable dependent segons la longitud i el diàmetre de la gla van mostrar diferències significatives per a les quatre espècies (Taula 1.1.4). A partir d'aquests resultats podem deduir que en el pes de les glans influïa més el diàmetre que la longitud en *Q. coccifera* i *Q. ilex*, que les dues variables contribuïen aproximadament igual en el pes en les de *Q. suber* i que la longitud tenia més influència que no pas el diàmetre en les de *Q. humilis* (Taula 1.1.4).

**TAULA 1.1.4.** Regressions múltiples obtingudes pel pes per a cada espècie segons les variables longitud i diàmetre de la gla.

espècie	constant	variable	$\beta$
<i>Q. coccifera</i>	-0.25	longitud	0.43*
		diàmetre	0.83*
<i>Q. humilis</i>	-0.25	longitud	0.79*
		diàmetre	0.58*
<i>Q. ilex</i>	-0.32	longitud	0.46*
		diàmetre	0.66*
<i>Q. suber</i>	-0.24	longitud	0.53*
		diàmetre	0.56*

\*Totes les regressions són significatives  $p < 0.0005$

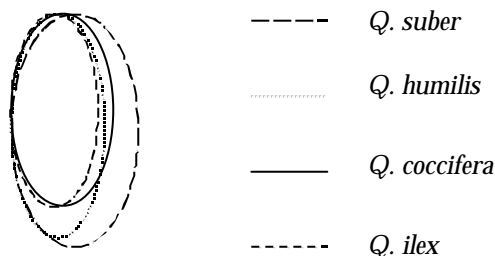


Els resultats de l'ANCOVA del pes de la gla respecte la longitud i el diàmetre (covariables) també van ser significatius, és a dir, el pes depenia de l'espècie (Taula 1.1.5). Per a una mateixa longitud i diàmetre de gla les espècies s'ordenen segons el pes, de major a menor valor, així: *Q. suber*, *Q. humilis*, *Q. coccifera* i *Q. ilex*.

**TAULA 1.1.5.** Resultats de l'ANCOVA de la variable pes i les covariables longitud i diàmetre de la gla segons l'espècie.

Font de variació	g.l.	F	p
longitud	1	2516.87	< 0.0005
diàmetre	1	3598.05	< 0.0005
espècie	3	46.43	< 0.0005
error	1087		< 0.0005

L'esquema 1.1.1 reflexa la forma de les glans, a escala real, per a cada espècie. Les glans de *Q. suber* pesaven més i les de *Q. ilex* menys. Les glans de *Q. humilis* i *Q. ilex* eren més allargades, i les de *Q. suber* i *Q. coccifera* més arrodonides.



**ESQUEMA 1.1.1.** Representació gràfica de la gla per a cada espècie. Els dos diàmetres de l'el·lipse són la mitjana de la longitud i del diàmetre de la gla ( $x_1$ ).

## 1.2. PERCENTATGE I CAPACITAT DE GERMINACIÓ

El percentatge de germinació de *Q. humilis* i *Q. suber* va ser superior que el de *Q. ilex* i *Q. coccifera*, si bé en totes les espècies es va superar el 50% (Taula 1.2.1).

TAULA 1.2.1. Percentatge de llavors germinades segons l'espècie.

<i>Q. coccifera</i>	<i>Q. humilis</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>Q. suber</i>
57	92	53	84

Vam valorar si el pes fresc de la gla influïa en la germinació. Els resultats de la regressió logística van mostrar un clar efecte del pes de la gla i de l'espècie en la germinació (Taula 1.2.2). Les glans de *Q. coccifera* i *Q. ilex* amb un baix pes no germinaven mentre que en el cas de *Q. humilis* i *Q. suber* la germinació es va donar independentment del pes (Figura 1.2.1).

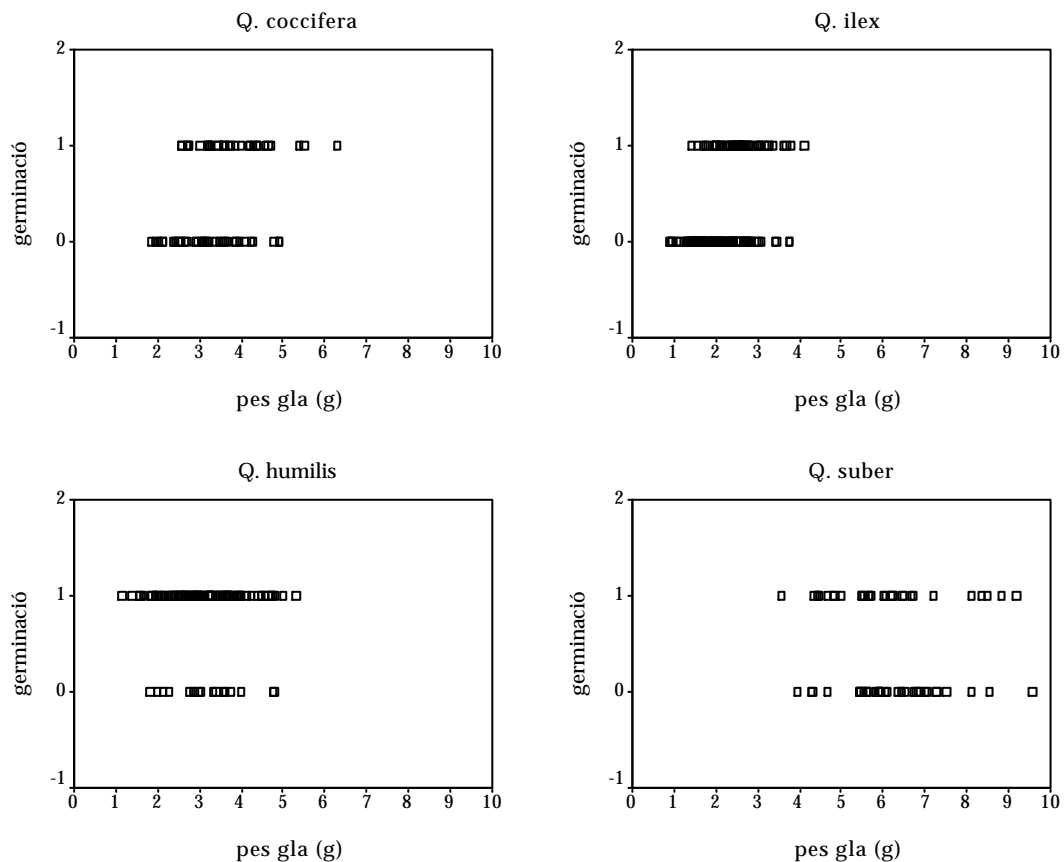


FIGURA 1.2.1. Germinació de les glans de cada espècie en funció del pes fresc (eix ordenada 0 = no germinació i 1 = germinació)

**TAULA 1.2.2.** Resultats de regressió logística del pes fresc de la gla amb la capacitat de germinació segons l'espècie.

Variable	g.l	Wald	<i>p</i>
espècie	3	56.81	< 0.0005
pes	1	15.92	0.0001
constant	1	15.83	0.0001

### 1.3. ANATOMIA DELS EMBRIONS DE *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*

Paral·lelament a les anàlisis biomètriques de les glans madures es va realitzar una anàlisi anatòmica dels embrions per determinar el seu estat de desenvolupament. Els embrions de *Q. suber* no es van incloure a l'anàlisi anatòmica, ja que s'havien descrit prèviament per membres del nostre grup.

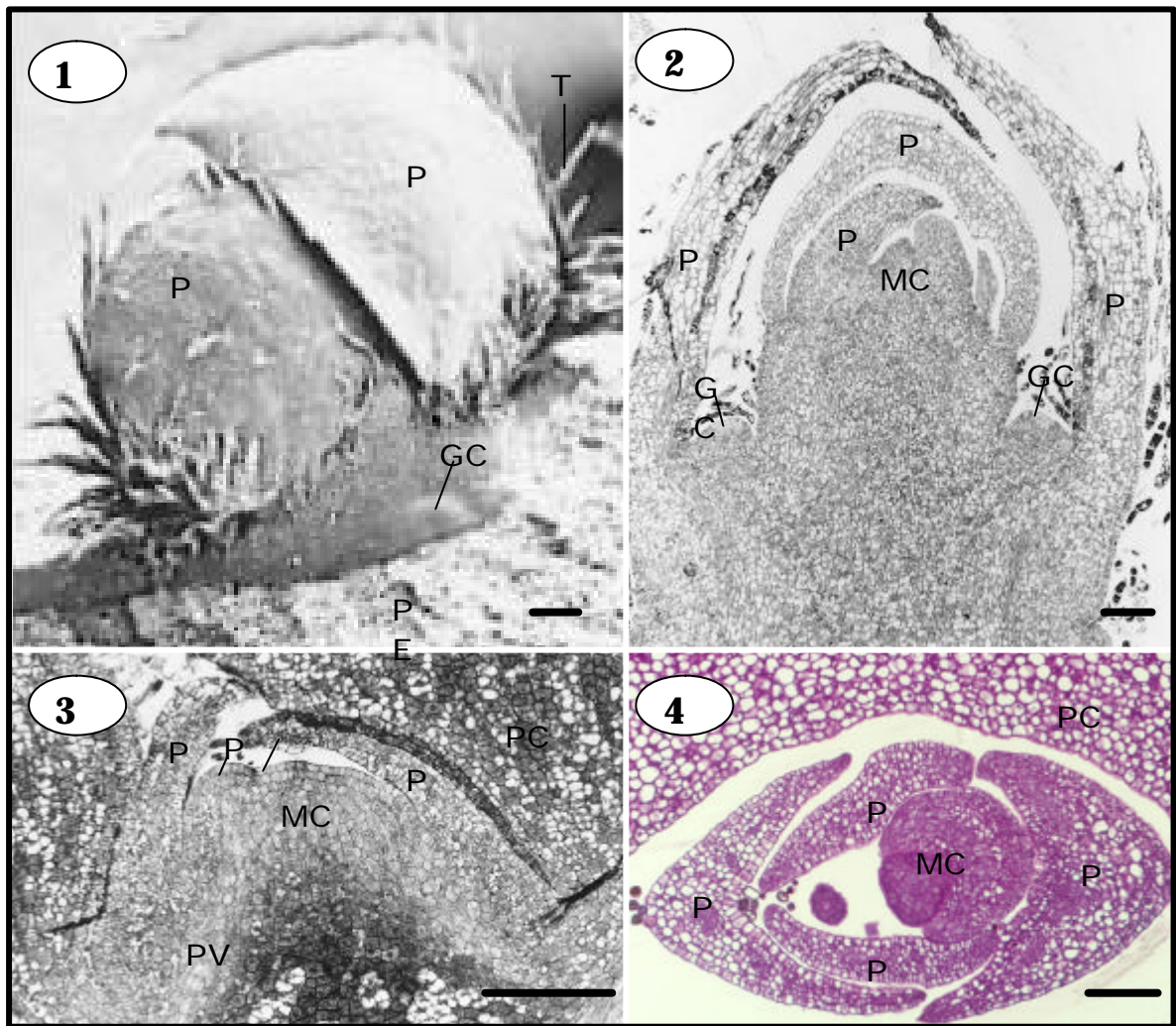
L'embrió s'ubica a l'extrem de la gla oposat al pecíol i queda totalment protegit pels dos cotilèdons. Els embrions són bipolars i presenten simetria bilateral en relació als cotilèdons.

Els embrions de *Q. humilis* tenien una longitud superior i estaven més desenvolupats que els de *Q. coccifera* i *Q. ilex*. Els embrions de *Q. humilis* mesuraven uns 4.5 mm de longitud mentre que els de *Q. coccifera* i *Q. ilex* uns 3.5 mm. Els embrions de *Q. humilis* presentaven un meristema caulinar cònic, de secció el·líptica a la base, amb dos o tres parells de primordis foliars superposats i arquejats per sobre de l'àpex caulinar (Làmina I, fig. 1-4). Aquests tenien nombrosos tricomes als marges i a la superfície abaxial. En seccions transversals els primordis presentaven simetria dorsiventral (Làmina I, fig. 4). En canvi, els embrions de *Q. coccifera* i *Q. ilex* tenien un meristema caulinar pla o en forma de dom amb dues protuberàncies en posició decussada respecte als cotilèdons, que corresponien al primer parell de primordis foliars (Làmina II, fig. 5-8). Aquests primordis tenien simetria dorsiventral a la base i circular a la zona més apical (Làmina II, fig. 6 i 9). D'altra banda, només en els embrions de *Q. humilis* es va observar un parell de gemmes a les axil·les dels pecíols cotiledonars (Làmina I, fig. 1-2) (per a més informació sobre les gemmes cotiledonars vegeu capítol III).

Seccions longitudinals, quasi medials, del meristema caulinar de les tres espècies van permetre de distingir la túnica del cos. La túnica presentava d'una a dues capes de cèl·lules que es dividien predominantment en sentit anticlinal, mentre que el cos estava format per cèl·lules no estratificades que es dividien en diferents plans

(Làmina I, fig. 3 i Làmina II, fig. 8). Les cèl·lules del meristema caulinar eren petites, quasi isodiamètriques i amb una paret cel·lular bastant prima. Aquestes presentaven un nucli molt conspicu que ocupava pràcticament tot el volum cel·lular, relegant el citoplasma a una posició parietal. En els marges del meristema caulinar, just on es formaven els primordis foliars, es feia més difícil discernir entre la túnica i el cos (Làmina I, fig. 3 i Làmina II, fig. 8).

***Làmina I***



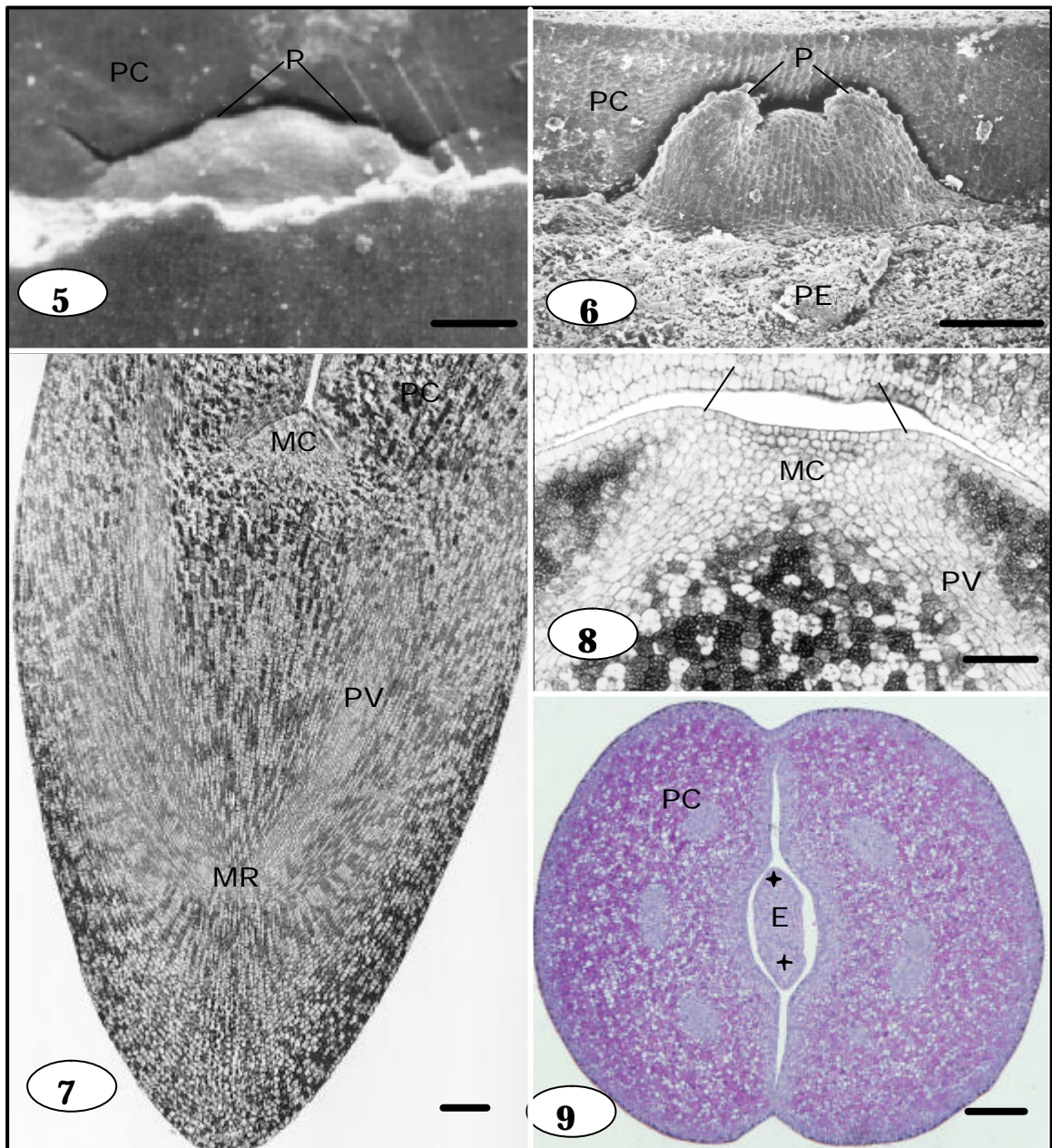
**LÀMINA I.** Figs. 1-4. Embrions de glans madures de *Q. humilis*. **1.** Imatge al SEM de l'epicòtil d'un embrió, on s'observen un parell de primordis foliars embolcallant completament el meristema caulinar. A l'axil·la del pecíol cotiledonar es distingeix una protuberància que correspon a la gemma cotiledonar (fletxa). **2.** Secció longitudinal cotiledonar de l'epicòtil. El meristema caulinar està protegit per diversos primordis foliars. A axil·la del primer parell de primordis foliars es distingeix una gemma cotiledonar (fletxes). **3.** Secció longitudinal intercotiledonar del meristema caulinar n es distingeix la túnica i el cos. A la túnica s'observen dues capes de cèl·lules (fletxa). **4.** Secció transversal del meristema caulinar, on s'evidencien sis primordis foliars. El primer parell de primordis foliars presenta simetria dorsiventral. Les cèl·lules del meristema caulinar són quasi isodiamètriques i amb un nucli conspicu. Figs. 2 i 3 PA-Schiff amb blau de toluídina i la Fig. 4 PA-Schiff. Barra=100 µm.

**Abreviatures:**

E, epicòtil; GC, gemma cotiledonar; MC, meristema caulinar; P, primordi foliar; PC, pecíol cotiledonar; PE, la resta del pecíol cotiledonar enretirat; PV, teixit provascular; SEM, microscopi electrònic de rastreig.

***Làmina II***





**LÀMINA II.** Figs. 5-9. Embrions obtinguts de glans madures. **5.** Imatge al SEM d'un epicòtil de *Q. ilex*. L'epicòtil presenta forma de dom i s'observen dos primordis foliaris incipients en posició decussada respecte als pecíols cotiledonars (fletxes). **6.** Epicòtil de *Q. coccifera* al SEM. Meristema caulinar en forma de dom, en què es distingeix el primer parell de primordis foliaris (fletxes). **7.** Secció longitudinal cotiledonar d'un embrió de *Q. ilex*. Observeu les cèl·lules del procàmbium allargades i estretes. **8.** Secció longitudinal intercotiledonar de l'epicòtil d'un embrió de *Q. ilex*. Observeu el procàmbium pròxim al meristema caulinar. La túnica està formada per dues capes de cèl·lules. **9.** Secció transversal d'un embrió de *Q. coccifera* a nivell de l'epicòtil. A l'epicòtil es distingeixen els primordis foliaris que presenten simetria dorsiventral (estrelles). Figs. 7-9 PASchiff amb blau de toluïdina. Figs. 6 i 8 barra=100 µm; Figs. 5, 7 i 9 barra=200 µm.

**Abreviatures:**

E, epicòtil; MC, meristema caulinar; MR, meristema radicular; P, primordi foliar; PC, pecíol cotiledonar; PE, la resta del pecíol cotiledonar enretirat; PV, teixit provascular; SEM, microscopi electrònic de rastreig.

## 1. DISCUSSIÓ

En les quatre espècies de *Quercus* estudiades s'estableix una relació entre les variables longitud, diàmetre i pes fresc de la gla i s'ha demostrat que aquest últim està determinat per la longitud i el diàmetre, si bé no es pot descartar l'efecte intrínsec de l'espècie. Així, s'ha trobat que, per a un mateix diàmetre, les glans de *Q. humilis* i de *Q. suber* pesen més ja que tenen, també, la longitud major. Quan es fixa la longitud, el pes fresc de les llavors de *Q. suber* i de *Q. coccifera* és superior al de les altres dues espècies perquè el diàmetre és més gran. De fet, de les quatre espècies, *Q. suber* té les llavors amb el diàmetre i la longitud més elevats, per això presenten, alhora, el pes fresc superior. En aquest sentit, s'ha constatat que el 50% de les glans d'aquesta espècie superen els 4 g, igual que les procedents d'una sureda de Portugal (Merouani *et al.*, 2001b). Per a *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, tanmateix, no es disposa d'informació en relació al pes fresc, si bé quan els nostres resultats es comparen amb els obtinguts per altres *Quercus* es pot considerar que el pes fresc de les glans d'aquestes tres espècies, en general per sobre els 2 g, es troba en un rang intermig. En canvi, les glans de les espècies mexicanes, *Q. rugosa* i *Q. laurina* (Bonfil, 1998), i de les japoneses, *Q. myrsinaefolia*, *Q. serrata* i *Q. phillyraeoides* (Matsuda *et al.*, 1989), que no assoleixen els 2 g de mitjana, es trobarien en un rang inferior.

D'altra banda, a partir de les dades de longitud, diàmetre i pes fresc obtingudes s'ha calculat la funció discriminant. Aquesta funció permet de predir amb un percentatge del 68.7% d'encert a quina espècie pertany una gla de la qual només es coneix la longitud, el diàmetre i el pes. El coneixement de la funció discriminant podria ser, també, d'interès per a estudis sistemàtics pel fet de facilitar la classificació de les espècies a partir de les dades biomètriques de les llavors.

Quant a la capacitat germinativa, les llavors de *Q. humilis* i de *Q. suber* presenten el percentatge de germinació més elevat (80-90%). Aquests valors es corresponen amb els descrits per a *Q. suber* en condicions d'hivernacle (Catalán, 1991). Pel que fa a *Q. coccifera* i a *Q. ilex* la capacitat germinativa ha estat baixa (50-60%). Es van trobar

resultats semblants per glans de *Q. ilex* ssp. *ballota* (45%) (Pulido *et al.*, 1999) i les de *Q. coccifera* (60%) (Cañellas, 1993). Així mateix, en estudis realitzats en condicions naturals, Bran *et al.* (1990) van constatar que el percentatge de germinació (25%) de *Q. ilex* també era molt baix. De tota manera, convé assenyalar que en el treball anterior la recol·lecció de les glans es va dur a terme el mes de març quan normalment s'ha d'efectuar entre els mesos d'octubre i novembre, això podria haver contribuït a la pèrdua de viabilitat d'una part de les glans. Per a *Q. humilis*, fins al moment, no s'ha trobat informació sobre la capacitat germinativa.

En el cas de *Q. coccifera* i de *Q. ilex* la capacitat germinativa està determinada pel pes fresc de la gla, per aquest motiu les glans més petites, en general, no germinen. Per tant, en aquestes espècies s'aconsellaria seleccionar aquelles glans que assolissin un cert pes fresc per a afavorir, així, la seva germinació. En aquest sentit, també s'ha apuntat que les llavors més grans confereixen un avantatge per a la planta en sòls pobres en nutrients (Milber *et al.*, 1998) i permeten de germinar en un ampli ventall de condicions ambientals (Ahston i Larson, 1996). D'altra banda, segons Montoya (1996a) és convenient a l'hora de recol·lectar les glans per a les repoblacions, el fet de considerar un rang ampli d'individus i tenir en compte els diversos pics de maduració per a afavorir la diversitat genètica.

Les glans de *Quercus* són recalcitrants, és a dir, quan perden un cert contingut d'aigua deixen de ser viables. Per tant el grau d'humitat és un factor crucial per a la capacitat germinativa de les glans (Montoya, 1993; Bonner, 1996). Així mateix, diversos estudis indiquen que la disponibilitat d'aigua és més important per la germinació que la llum (Bran *et al.*, 1990; Espelta *et al.*, 1995). Concretament, Zulueta i Montoto (1992) van comprovar que quan les glans de *Q. ilex* perdien un 15% d'humitat, la germinació disminuïa considerablement i aquesta era nul·la quan la pèrdua superava el 20%. De fet, en el nostre treball tot i que les glans de *Q. ilex* es van collir durant el mateix període i conservar en les mateixes condicions d'humitat i temperatura que la resta d'espècies, el grau de deshidratació va ser major i possiblement per això van germinar menys. En altres treballs també s'ha constatat que les glans de *Q. ilex* en comparació a

les de *Q. suber* (Zulueta i Montoto, 1992) i de *Q. humilis* (Li i Romane, 1997) toleren menys la dessecació. Fins i tot, s'ha observat que l'aridesa del sòl acaba comportant una elevada mortalitat de les glans de *Q. ilex* (Macchia *et al.*, 1995). Per tant creiem que la bona conservació de les glans és primordial, especialment, en aquesta espècie. D'altra banda, en condicions naturals el fet de poder mantenir unes condicions d'humitat adequades, possiblement facilitaria la germinació de les glans de les quatre espècies. Així, molt probablement, el requeriment d'ombra per a germinar d'algunes espècies de *Quercus* estigui lligat a les necessitats hídriques (Mesléard i Lepart, 1991; Ashton i Larson, 1996).

Els embrions madurs de *Q. coccifera* i de *Q. ilex* són morfològicament molt similars, però a diferència dels embrions de *Q. humilis* i, també, dels de *Q. suber* (Molinas i Verdaguer, 1993a) el seu grau de maduració és menor, i només poden observar-se a partir de l'estat de desenvolupament dels primordis foliars de l'àpex caulinar. Sutton i Mogensen (1970) van concloure, estudiant els embrions madurs d'espècies americanes de *Quercus*, que existia una correlació entre la presència o absència de primordis foliars en els embrions i els diferents subgèneres americans de *Quercus*. En els subgèneres europeus de *Quercus*, aquesta correlació no sembla existir, ja que tots els embrions analitzats de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* presenten almenys un parell de primordis foliars independentment del subgènere a què pertanyen. La diferència entre els subgèneres europeus bàsicament rau en el nombre de primordis i en el seu grau de desenvolupament. En *Q. coccifera* i *Q. ilex*, del subgènere *Sclerophyllodrys*, l'embrió madur presenta un àpex caulinar en forma de dom on es distingeixen com a màxim un parell de primordis foliars molt poc desenvolupats. En canvi, en embrions de *Q. humilis*, del subgènere *Quercus*, el nombre de primordis és superior i se n'hi distingeixen de dos a tres parells ben desenvolupats i disposats un sobre l'altre embolcallant totalment l'àpex. Els subgèneres *Sclerophyllodrys* i *Quercus* i, també el *Cerris* (*Q. suber*; Molinas i Verdaguer, 1993a, Verdaguer, 1995) serien comparables, per la presència de primordis, al subgènere *Lepidobalanus* d'origen americà (Mogensen, 1965; Sutton i Mogensen, 1970), ja que en presenten almenys un parell.

## 2. INTRODUCCIÓ

Els primers estadis del desenvolupament de la planta són un dels períodes més vulnerables per a les espècies llenyoses, ja que poden estar exposades a diverses condicions adverses (Hammond i Brown, 1995; Leiva i Fernández-Alés, 1998). En el cas de les espècies del gènere *Quercus* la reforestació amb plàntula és, en general, difícil, a causa sobretot de les extremes condicions climàtiques i edàfiques a què estan subjectes en les primeres etapes de post-plantació (Montoya, 1996b; Vallejo, 2001).

La qualitat de la plàntula esdevé un factor clau per assegurar l'èxit de les reforestacions. Per avaluar l'estat de la plàntula s'utilitzen criteris genètics, sanitaris, morfològics i fisiològics (Villar, 2001). En referència als trets morfològics, en les zones de clima mediterrani es considera que un major desenvolupament del sistema radicular més que de la part aèria afavoreix la superació de l'estrès hídric dels primers períodes estivals després de la plantació (Montoya, 1996b; Leiva i Fernández-Alés, 1998; Green *et al.*, 1999; Pardos *et al.*, 2001). Tanmateix, en algunes espècies s'ha trobat que una baixa relació de la biomassa aèria respecte la biomassa radicular no millora la supervivència de la planta (Villar, 2001). De fet, en les espècies objecte d'estudi la informació existent és bastant escassa. En *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* els estudis realitzats a nivell de plàntula han estat encaminats a valorar l'efecte de l'aplicació de diversos tractaments (fertirrigació, irrigació, llum, substrat) en el desenvolupament i grau de supervivència de les plàntules de viver (Leiva i Fernández-Alés, 1998; Valdecantos *et al.*, 2000; Sanchis *et al.*, 2001; Valladares *et al.*, 2001; Villar-Salvador *et al.*, 2001). Per aquest motiu, creiem que conèixer el patró de desenvolupament i la taxa de creixement de les plàntules en condicions similars a les de viver pot ser d'interès per establir criteris de selecció. A més, aquest estudi s'ha inclòs una anàlisi histològica de les plàntules que descriu, sobretot, la formació dels teixits secundaris.

D'altra banda, possiblement la grandària de la gla afecta al creixement inicial de la plàntula. Així per exemple, en diverses espècies del gènere *Quercus* s'ha trobat una correlació positiva entre ambdós factors (Thipathi i Khan, 1990 per a *Q. dealbata* i *Q. griffithii* (Índia); Tecklin i McCreary, 1991 per a *Q. douglasii* (Califòrnia); Sonesson, 1994 per a *Q. robur* (Suècia); Bonfil, 1998 per a *Q. rugosa* i *Q. laurina* (Mèxic); Ke i Werger, 1999 per a *Q. aliena* (Xina). En les espècies de *Quercus* estudiades només s'ha trobat informació sobre la relació entre la grandària de la gla i el creixement de la plàntula en *Q. ilex* i *Q. suber* (Leiva i Fernández-Alés, 1998 i Merouani *et al.*, 2001a, respectivament). En aquestes espècies s'ha descrit que les plàntules procedents de glans més grans presenten una major taxa de creixement que les de glans més petites. Ara bé no s'ha estudiat fins quan les reserves de la gla són importants pel creixement de la planta. Per aquests motius vam considerar oportú determinar la importància de la mida de la gla en el creixement de la planta en les quatre espècies.

Actualment, en els projectes de restauració s'utilitzen espècies autòctones, procurant també que aquestes, en l'estadi de plàntula, tinguin una elevada capacitat de resposta a les pertorbacions (Vallejo *et al.*, 1996). En aquest sentit, el nostre grup va portar a terme un estudi enfocat a determinar el paper del nus cotiledonar en la rebrotada en plàntules de *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* (Verdaguer *et al.*, 2001). Tanmateix, en aquell treball no es va incloure una anàlisi exhaustiva sobre el desenvolupament de les noves tiges d'aquestes espècies, ni tampoc es va estudiar *Q. coccifera*. Així hem considerat interessant descriure en detall els trets biomètrics de la part aèria i radicular de *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* i, també, de *Q. coccifera* en condicions normals. A més també hem avaluat el potencial de resposta d'aquestes plàntules després de l'eliminació total de la part aèria. Per tant, en aquest capítol ens proposem de: a) valorar l'efecte de la grandària de les llavors en relació al creixement de les plàntules, b) estudiar el creixement de les plàntules de les quatre espècies i c) estudiar la capacitat de rebrotada i el vigor de la resposta de les plàntules després de l'eliminació mecànica de la biomassa aèria.

## 2. MATERIAL I MÈTODES

### 2.1. ANÀLISIS MORFOMÈTRIQÜES

#### 2.1.1. Obtenció de plàntules i condicions de creixement

A principis de gener de l'any 2000, aproximadament unes 150-200 glans de *Quercus humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* i unes 80 de *Q. coccifera* se sembraren en cubetes de plàstic de 19 cm de profunditat (1.2 l de capacitat, Arnabat s.a, Molins de Rei, Espanya) (Fig. 2.1.1). S'assignà un número a cada llavor per fer el seu seguiment al llarg de l'experiment. El substrat utilitzat va ser una barreja de 75% de torba (*Sphagnum* spp) i 25% de perlita i de vermiculita (Prodeasa, Vilablareix, Girona), per facilitar-ne l'aireig del sòl.

Les plàntules van créixer en un hivernacle amb control de temperatura (mínim 14°C) i de reg. Les plàntules es van començar a regar quinze dies després de germinar, dues vegades per setmana, amb solució nutritiva fins que drenava el sistema (Fig. 2.1.1). La solució nutritiva es preparava a partir d'un compost de N, P, K en proporció 15:10:15 (Nitrofoska top15, BASF, Alemanya) i micronutrients (Micronutrients-Luqsa, Lleida Unión Química, Lleida, Espanya). La quantitat de fertilitzant aplicada per cada reg va ser de 0.5 g/l d'aigua pels macronutrients i 0.5 ml/l d'aigua pels micronutrients.

Per als macronutrients les concentracions concretes de cada element foren: 15% nitrogen total (6.8% nítric, 8.2% amoniacal); 10% anhídrid fosfòric (PO<sub>5</sub>) soluble en aigua; 15% òxid de potassi (K<sub>2</sub>O) soluble en aigua; 2% òxid de magnesi (MgO) i 15% anhídrid sulfúric (SO<sub>3</sub>) soluble en aigua. Per als micronutrients la composició va ser: 0.40% p/p (0.50% p/v) de bor (B), en forma mineral; 0.15% p/p (0.18% p/v) de coure (Cu), en forma de quelats d'EDTA i HEDTA; 1.50% p/p (1.80% p/v) de ferro (Fe) en forma de quelats d'EDTA i HEDTA; 1.00 p/p (1.22% p/v) de manganès (Mn), en forma de quelats d'EDTA i HEDTA; 0.05% p/p (0.06% p/v) de molibdè (Mo), en forma mineral i 0.25% p/p (0.30% p/v) de zinc (Zn).

La mala conservació de les glans de *Q. coccifera* i la seva baixa germinació juntament amb les de *Q. ilex*, van obligar a emprar plàntules d'un mes d'edat procedents de viver (Bioriza, Cornellà de Terri, Girona).



**FIGURA 2.1.1.** Plàntules de roure (a l'esquerra) i d'alzina surera (a la dreta) crescudes en condicions d'hivernacle

### **2.1.2. Tractaments i recollida de mostres**

Els tractaments es van començar tres mesos després de germinar les llavors. Es van portar a terme dos tractaments: el de tala, que consistia en eliminar la biomassa aèria per sobre de la inserció dels cotilèdons, i el de control, que eren plàntules sense tallar. A més, per a estudiar l'efecte de tals successives (intervenció), la biomassa aèria es va eliminar dues vegades consecutives.

Es van recollir plàntules en quatre ocasions. La primera recollida va ser al mes de maig (primavera 2000), la segona a l'agost (estiu 2000), la tercera al desembre (hivern 2000) i la quarta al març de l'any següent (primavera 2001). A la primavera de 2000 es van recollir plàntules control de cada espècie i es va realitzar la primera tala. A l'estiu, al cap d'uns tres mesos, es van tornar a agafar plàntules control, i de les plàntules rebrotades se'n van recollir la meitat per analitzar i la resta es van



tornar a tallar. A l'hivern es van recollir de nou plàntules control i totes les plàntules talades que havien sobreviscut. Finalment, a la primavera següent es van agafar plàntules control (Taula 2.1.1).

**TAULA 2.1.1.** Nombre de plàntules control i talades de cada espècie en cada estació i les recollides per a cada espècie, cada tractament i cada estació.

Estació	Tractament	<i>Q. coccifera</i>	<i>Q. humilis</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>Q. suber</i>
Primavera 2000	control	36	30	34	10
	1a tala	62	66	60	21
Estiu 2000	control	30	27	26	10
	2a tala	21	30	13	6
	recollida 1a tala	15	27	12	10
Hivern 2000	control	24	24	24	13
	recollida 2a tala	14	20	4	3
Primavera 2001	control	17	15	16	11

### 2.1.3. Mesures de morfometria

Per a estudiar el creixement de les plàntules es van prendre tota una sèrie de mesures de biomassa i morfometria. Per a les plàntules control es mesurava el sistema radicular i la part aèria. Per a les plàntules talades es mesurava tan sols la part aèria, si bé quan es recollia tot l'individu, també es mesurava el sistema radicular.

A continuació, es detallen les mesures preses per a cada plàntula:

#### **PART AÈRIA**

##### Plàntules control:

Tija principal: longitud (cm), diàmetre (cm) (a 2 cm per sobre el nus cotiledonar), nombre de brots laterals, pes sec (g), pes sec dels brots laterals (g).

Fulles: nombre de fulles de la tija principal i dels brots laterals, pes sec de les fulles de la tija principal i dels brots laterals (g).

Plàntules talades:

Nombre de rebrots; pes sec dels rebrots (g).

Rebrot més llarg: longitud (cm), diàmetre (cm) (a 2 cm per sobre de la zona d'inserció del rebrot amb la tija).

Fulles: nombre de fulles dels rebrots, pes sec de les fulles dels rebrots (g).

**PART SUBTERRÀNIA**

Plàntules control i talades:

El sistema radicular de les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* es va dividir en tres porcions: el nus cotiledonar, els 11 primers cm de l'arrel i la resta de l'arrel. Les plàntules de *Q. suber*, en correspondre el nus cotiledonar aproximadament als primers 11 cm de l'arrel, es van dividir només en dos fragments: nus cotiledonar i resta de l'arrel.

Els paràmetres analitzats van ser els següents:

Diàmetre de l'arrel (cm) (a 2 cm per sota de la zona d'inserció dels cotilèdons), pes sec del nus cotiledonar (g) (en l'alzina surera correspon a uns 11 cm a partir de la zona d'inserció dels cotilèdons i, en *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, a uns 5 mm de longitud), pes sec dels 11 primers cm de l'arrel a partir dels 5 mm corresponents al nus cotiledonar (g) (en el cas de l'alzina surera aquesta part correspon al nus cotiledonar) i pes sec de la resta d'arrel (g).

La fondària de la cubeta determinava la longitud de l'arrel, per això es va creure oportú no tenir en compte aquest paràmetre.

**2.1.4. Determinació del pes sec**

Les mostres es van col·locar a l'estufa a 70-80°C durant 48 h fins a pesada constant.

A partir de les dades de pes sec es van calcular les següents equacions:

$$\text{Biomassa aèria plàntules control} = \text{pes sec tija principal} + \text{pes sec fulles tija principal} + \text{pes sec fulles brots laterals}$$

$$\text{Biomassa aèria plàntules talades} = \text{pes sec rebrots} + \text{pes sec fulles rebrots}$$

$$\text{Biomassa foliar plàntules control} = \text{pes sec fulles tija} + \text{pes sec fulles brots laterals}$$

$$\text{Biomassa arrel} = \text{pes sec nus cotiledonar} + \text{pes sec 11 cm} + \text{pes sec de la resta d'arrel}$$

## 2.2. ANÀLISIS ESTADÍSTIQUES

Per a avaluar en les diferents espècies la longitud de la tija en relació al seu diàmetre i la biomassa aèria en relació a la biomassa radicular es van realitzar anàlisis de covariància, on les covariables van ser diàmetre de tija i biomassa radicular respectivament. En aquest cas, es va utilitzar l'anàlisi de covariància en comptes de la relació: longitud/diàmetre tija i, biomassa aèria/biomassa radicular i el seu posterior anàlisi mitjançant ANOVAs, per tal de no esbiaixar els resultats (García-Berthou, 2001). La taxa de creixement de les plàntules per cada espècie es va calcular mitjançant regressió lineal de cadascun dels paràmetres de creixement analitzats (longitud, diàmetre i biomassa de la tija, biomassa foliar, diàmetre i biomassa arrel i biomassa total) respecte al temps. Per altra banda, es va avaluar mitjançant anàlisis de variància de dos factors l'efecte del tractament (control, 1a tala i 2a tala) i l'espècie per als diferents paràmetres mesurats de la part aèria. Per a la part subterrània, també es van realitzar anàlisis de variància considerant els factors tractament (control i tala), intervenció (1a i 2a tala) i espècie. Per a analitzar l'efecte de la mida de la gla en el creixement de la plàntula es van realitzar diverses ANCOVAs on la covariable va ser el pes fresc de la gla. Les dades de variables contínues es van transformar logarítmicament i les dades discretes es transformaren calculant l'arrel quadrada. El programa estadístic utilitzat va ser l'SPSS versió 7.5 per a Windows. (El nivell de significació va ser <0.05 per totes les anàlisis emprades.)

### 2.3. ANÀLISIS HISTOLÒGIQUES

Les plàntules es van obtenir sembrant glans de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* en safates, a temperatura de 18-25°C i reg setmanal. El material vegetal es va recollir una setmana i un mes després de germinar. Concretament, es van agafar cinc plàntules d'una setmana i deu d'un mes per a cada espècie. Per a l'observació al microscopi òptic, les mostres es van fixar en formaldehid al 4% en PBS a pH= 7. De les plàntules d'una setmana es va recollir tot el brot i fragments d'arrel (1 cm per sota el nus cotiledonar) i de les d'un mes es van recollir fragments de la tija (1 cm per sobre el nus cotiledonar) i de l'arrel (1 cm per sota el nus cotiledonar). Després de fixar les mostres, es va procedir a la seva inclusió en glicol metacrilat (GMA), seguint el protocol detallat a l'apartat de material i mètodes del capítol III. Les mostres incloses en GMA es tallaren en un micròtom Autocut i les seccions obtingues es van tenyir amb PA-Schiff i/o blau de toluïdina (vegeu Capítol III).

D'altra banda, també es van realitzar talls a mà alçada de material fresc de tija i arrel d'un mes d'edat i s'hi va aplicar la tinció de floroglucinol per a detectar lignina.

La tinció de floroglucinol – HCl es va preparar de la següent manera:

Reactius: Floroglucinol (Merck 1324339) a 0.1% en etanol al 95% i HCl al 25%.

Protocol:

1- cobrir el tall amb floroglucinol durant 15 minuts; 2- rentar amb HCl uns 30 segons tot observant el canvi de coloració de la mostra.

Resultats: Parets cel·lulars lignificades de color rosat.

Les observacions es van realitzar mitjançant un microscopi òptic VANOX (Olympus) equipat amb epifluorescència i per a la fotografia, es van utilitzar pel·lícules Elite II (llum de dia) i Kodak T MAX 100 ASA.

## 2. RESULTATS

### 2.1. PLÀNTULES CONTROL

#### 2.1.1. Part aèria

Les plàntules de *Quercus suber* presentaren els valors més elevats de longitud de tija durant els dotze mesos que va durar l'experiència (Fig. 2.1.1a). De fet, en *Q. suber* la tija ja superava els 20 cm als tres mesos de germinar les glans. Al principi la longitud de les tiges de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* era semblant (aprox. 14.5 cm), però després de nou mesos, la de *Q. ilex* va ser molt superior a la de les altres dues

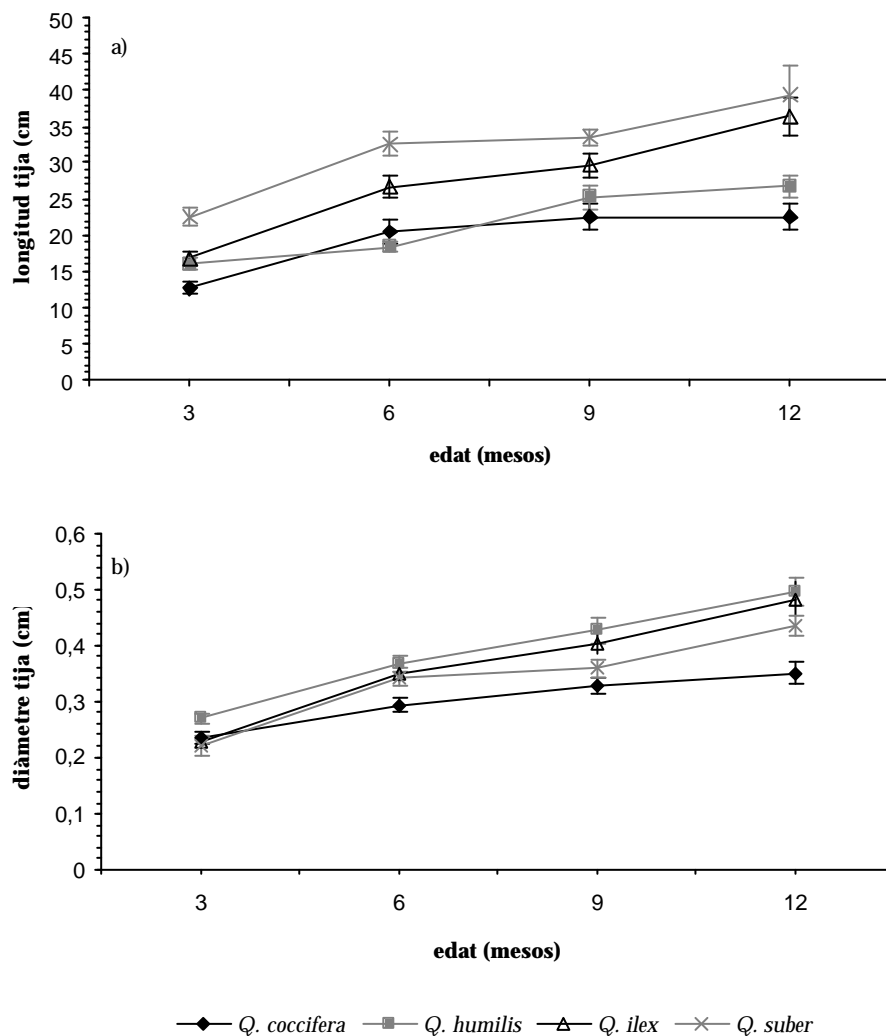


FIGURA 2.1.1. Longitud (a) i diàmetre de la tija principal (b) per a cada espècie i edat (3 mesos: maig, 6 mesos: agost, 9 mesos: desembre, 12 mesos: març) (mitjana ± error estàndard)

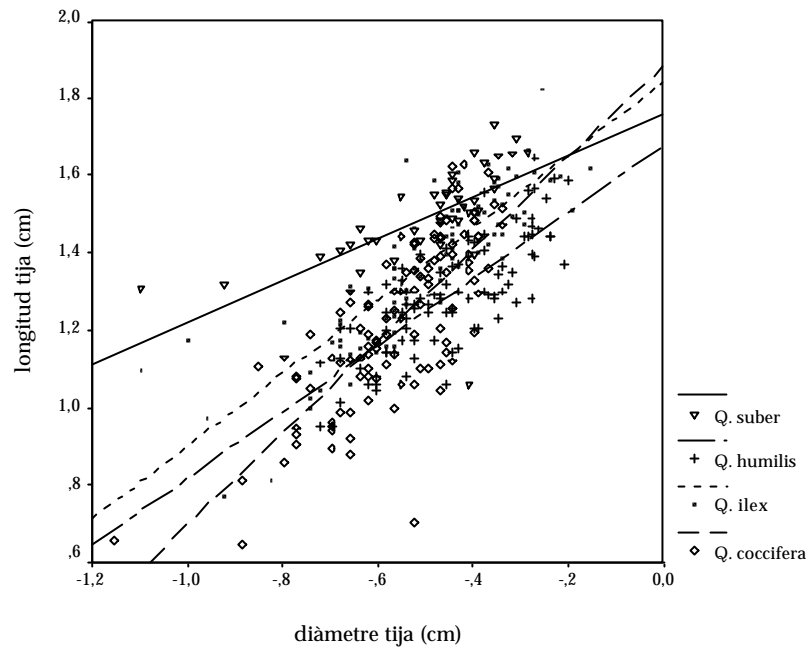
espècies. *Q. coccifera* i *Q. humilis* presentaren els valors més baixos i semblants entre si (aprox. 24 cm) (Fig. 2.1.1a). En el cas de *Q. suber* el desenvolupament apical va ser més intens entre els tres i els sis mesos (maig i agost) que no pas entre els sis i els nou mesos (agost i desembre) en què pràcticament no hi va haver creixement. En canvi, per a *Q. humilis* el creixement en longitud va ser baix entre els tres i els sis mesos i els nou i els dotze mesos, i més important entre els sis i els nou mesos (Fig. 2.1.1a).

El diàmetre de la tija va ser més gran en les plàntules de *Q. humilis* que en les de les altres espècies tres mesos després de germinar (0.27 cm i 0.22 cm respectivament) (Fig.2.1.1b). Al llarg de l'any, el diàmetre va augmentar progressivament en totes les espècies. Les plàntules de *Q. humilis* i de *Q. ilex* presentaven els valors més alts (aprox. 0.48 cm) i les de *Q. coccifera* els més baixos (0.34 cm). Només en *Q. suber* es va observar, entre els sis i els nou mesos, un cert alentiment del creixement en gruix (Fig. 2.1.1b).

L'ANCOVA demostra que hi ha relació entre la longitud de la tija i la covariable diàmetre de la tija (Taula 2.1.1). La longitud de la tija, si se'n fixava el diàmetre de la tija, diferia significativament segons l'espècie. Així, per exemple, per a un mateix diàmetre, *Q. suber* presentava la tija més llarga i *Q. humilis* la més curta, mentre que en els casos de *Q. coccifera* i de *Q. ilex* la longitud de la tija era bastant similar (Fig. 2.1.2).

**TAULA 2.1.1.** Resultats de l'ANCOVA de la longitud de la tija respecte la covariable diàmetre de la tija segons l'espècie i l'edat.

Font de variació	g.l.	F	p
Espècie	3	55.41	< 0.0005
Edat	3	0.50	0.685
Diàmetre tija	1	128.19	< 0.0005
Espècie x edat	9	3.29	0.001
Error	324		



**FIGURA 2.1.2.** Relació entre la longitud i el diàmetre de la tija principal per a cada espècie (dades transformades logàritmicament) (*Q. suber*  $R^2=0.42$ , *Q. humilis*  $R^2=0.61$ , *Q. ilex*  $R^2=0.73$  i *Q. coccifera*  $R^2=0.60$ )

Pel que fa a l'edat no hi havia diferències significatives, si bé es va presentar interacció entre l'espècie i l'edat.

En relació a la ramificació de la tija principal, *Q. suber* va presentar el nombre més elevat de brots laterals (Fig. 2.1.3a). A partir dels sis mesos, en aquesta espècie es va observar una intensa activació de les gemmes axil·lars, que va accentuar-se molt a partir dels nou mesos. En les altres tres espècies es va mantenir pràcticament la dominància apical fins als nou mesos, llavors va augmentar el nombre de brots, però en molt menys intensitat que en *Q. suber* (Fig. 2.1.3a).

El nombre de fulles total va augmentar paral·lelament al nombre de brots laterals (Fig. 2.1.3b). Tres mesos després de germinar, les quatre espècies presentaven entre 20 i 40 fulles, si bé va ser a partir dels nou mesos quan es va produir un fort increment del nombre de fulles total. L'augment més rellevant es va detectar per a *Q. suber* i *Q. coccifera* en les quals el nombre de fulles va incrementar-se en més de 70.

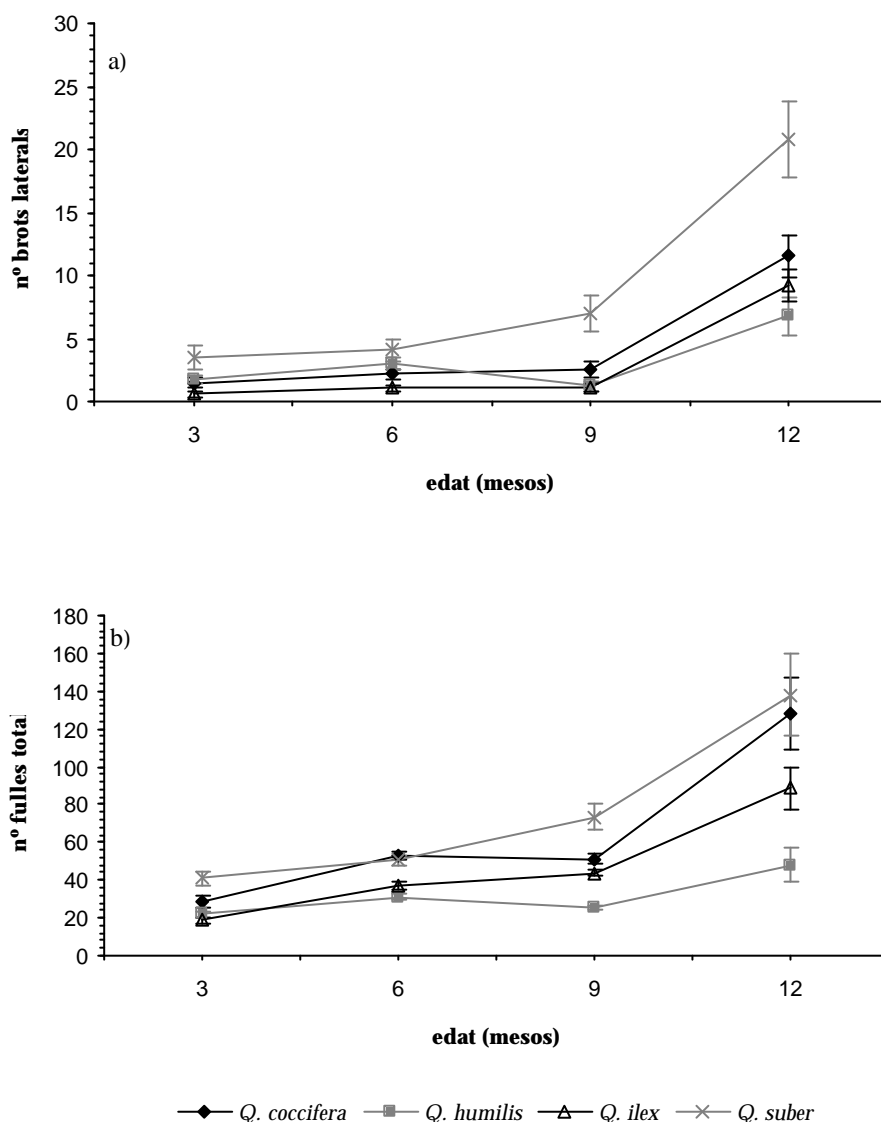


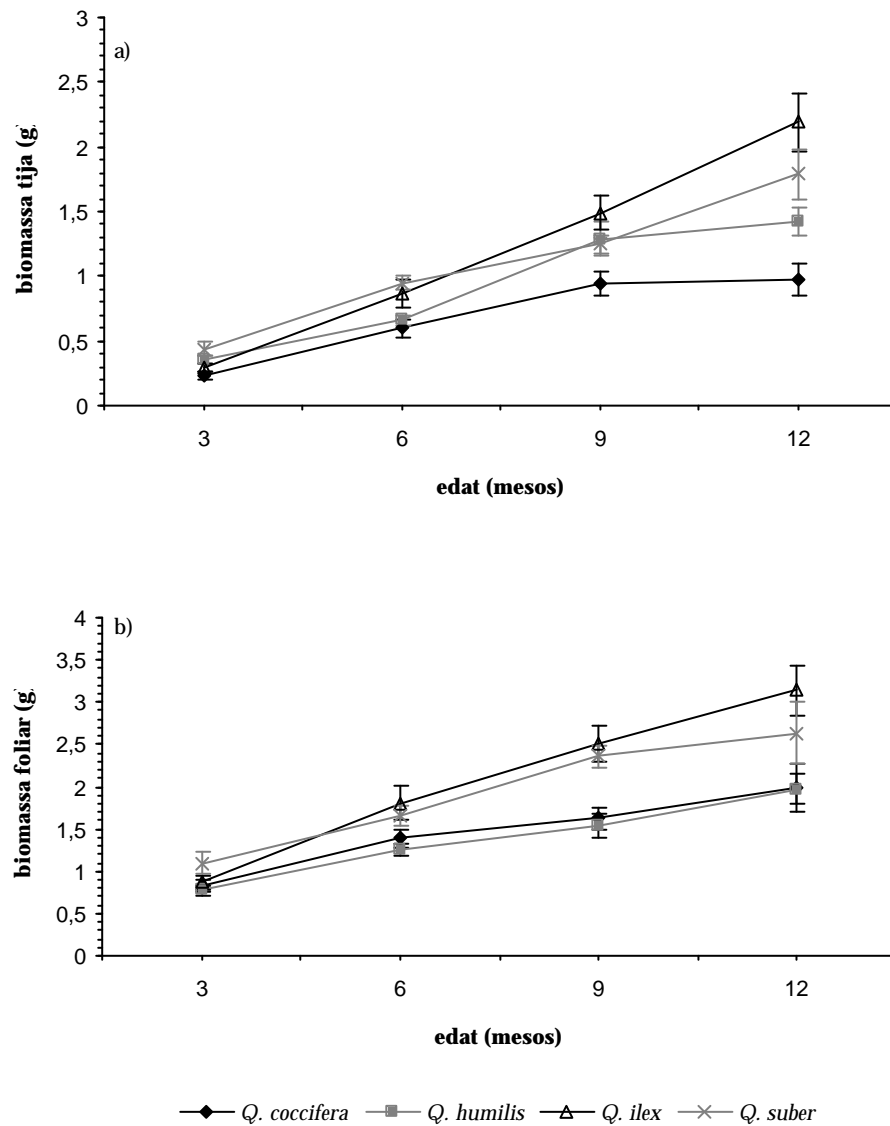
FIGURA 2.1.3. Nombre de brots laterals (a) i nombre de fulles total (b) per a cada espècie i edat (mitjana  $\pm$  error estàndard)

*Q. humilis* va ser l'espècie en què va augmentar menys aproximadament 18 (Fig. 2.1.3b).

La biomassa de la tija i brots laterals va ser semblant en les quatre espècies als tres mesos de germinar (aprox. 0.35 g), si bé, als dotze mesos *Q. ilex* i *Q. suber* van presentar els valors més elevats (2.2 i 1.75 g, respectivament), i *Q. humilis* i *Q. coccifera* els més baixos (1.3 i 1 g, respectivament) (Fig. 2.1.4a).



La biomassa foliar va augmentar en totes les espècies però aquest increment no es va correspondre amb el del nombre de fulles total (Fig. 2.1.4.b). Així, en *Q. coccifera* i *Q. suber* la biomassa foliar tan sols va augmentar en 1.1 g i 1.4 g, respectivament, tot i que van ser les espècies en què el nombre de fulles va incrementar més. En canvi, en el cas de *Q. ilex* en què l'increment de la biomassa foliar havia estat el més elevat (2.2 g) el nombre de fulles només va augmentar en 70 (Fig. 2.1.4b).



**FIGURA 2.1.4.** Biomassa de la tija i dels brots laterals (a) i biomassa foliar (b) per a cada espècie i edat (mitjana ± error estàndard)

### 2.1.2. Part radicular

Al cap de tres mesos de germinar, el diàmetre de l'arrel a 2 cm del nus cotiledonar era semblant en totes les espècies (aprox. 0.44 cm) (Fig. 2.1.5). Als dotze mesos, però, mentre que per a *Q. coccifera* pràcticament no va variar (0.1 cm), per a *Q. humilis* va augmentar 1.6 vegades (0.3 cm). Per a *Q. suber* i *Q. ilex* l'increment va ser similar (aprox. 0.25 cm). Curiosament en el cas de *Q. ilex*, les plàntules de sis mesos van presentar els valors més baixos, fins i tot menors que les de tres mesos (Fig. 2.1.5).

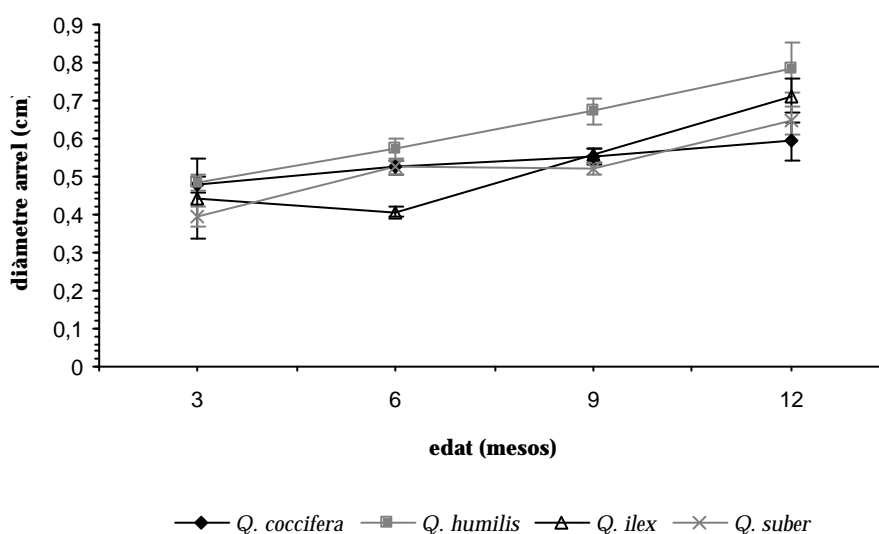


FIGURA 2.1.5. Diàmetre de l'arrel per a cada espècie i edat (mitjana  $\pm$  error estàndard)

Pel que fa a la biomassa radicular, les plàntules que tenien els valors més elevats van ser les de *Q. humilis* (Fig. 2.1.6). Tot i així, mentre que en aquesta espècie la biomassa va augmentar quatre vegades respecte de la inicial, les de *Q. ilex* van augmentar nou vegades, assolint, al cap de dotze mesos, valors intermitjos entre *Q. coccifera* i *Q. humilis* (Fig. 2.1.6).

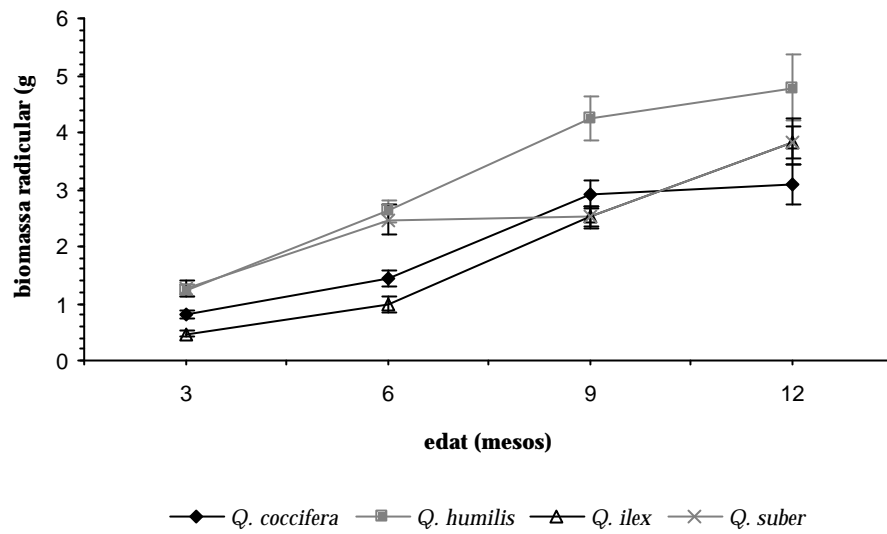


FIGURA 2.1.6. Biomassa radicular per a cada espècie i edat (mitjana  $\pm$  error estàndard)

*Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* van mostrar un fort increment de la biomassa radicular dels tres als nou mesos, però mentre que per a *Q. coccifera* i *Q. humilis* va minvar a partir dels nou mesos, per a *Q. ilex* continuà augmentant. En *Q. suber* l'augment de biomassa es va alentir entre els sis i els nou mesos, si bé es va recuperar posteriorment, assolint valors semblants als de *Q. ilex* (Fig. 2.1.6).

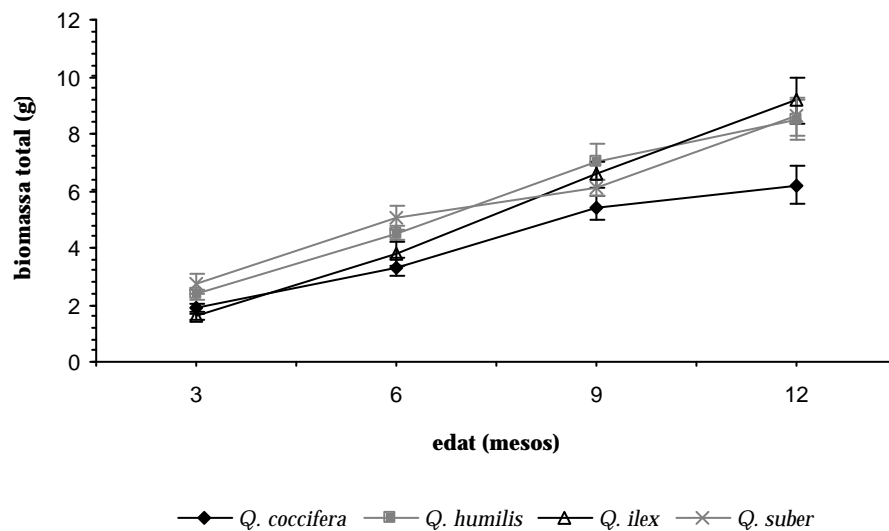


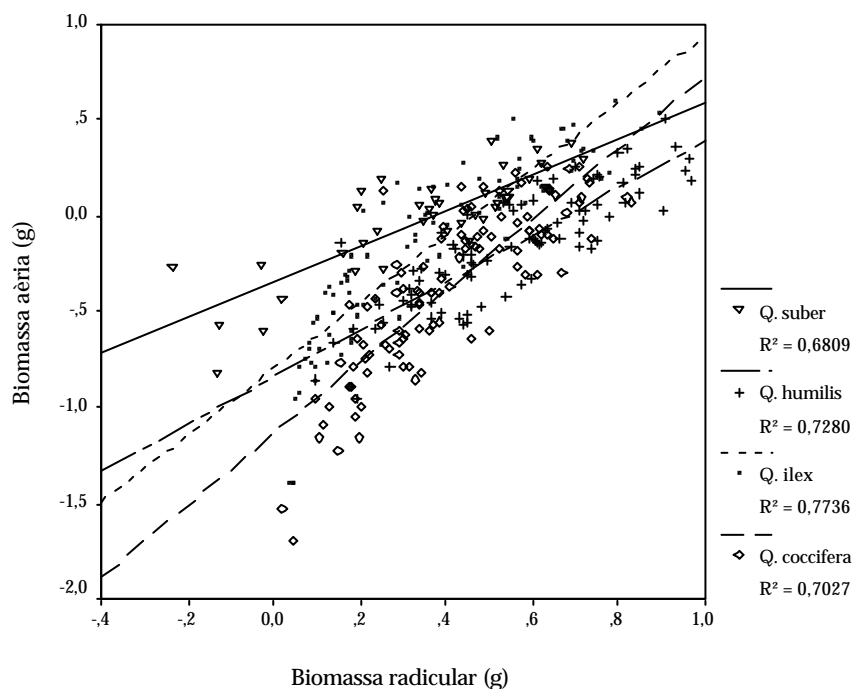
FIGURA 2.1.7. Biomassa total per a cada espècie i edat (mitjana  $\pm$  error estàndard)

La biomassa total va ser semblant en les quatre espècies, i va anar augmentant progressivament al llarg dels dotze mesos. Tot i així, destaca el fet que al final de l'experiència les plàntules de *Q. coccifera* van presentar el menor pes sec total (Fig. 2.1.7).

L'ANCOVA mostra que la relació entre la biomassa aèria i la biomassa radicular era significativa, si bé els pendents no eren homogenis, és a dir, que aquesta relació no va tenir el mateix comportament en les quatre espècies (Taula 2.1.2).

**TAULA 2.1.2.** Resultats de l'ANCOVA de la relació biomassa de l'arrel respecte a la variable biomassa aèria (dades transformades logarítmicament).

Font de variació	g.l	F	p
Espècie	3	31.77	<0.0005
Biomassa arrel	1	497.77	<0.0005
Espècie x biomassa arrel	3	7.68	<0.0005
Error	421		



**FIGURA 2.1.8.** Relació de la biomassa radicular i de la biomassa aèria per a cada espècie (dades transformades logarítmicament)

A partir de la figura 2.1.8 s'observa que per a un mateix valor de biomassa radicular les plàntules de *Q. ilex* i de *Q. suber* presentaven més biomassa aèria que les de *Q. coccifera* i *Q. humilis*.

D'altra banda si es valora la mitjana de la proporció entre la biomassa aèria i la biomassa radicular (BA/BR), la relació per a *Q. coccifera* i *Q. humilis* es va mantenir força constant al llarg de les diferents edats i en ambdues espècies la biomassa radicular va ser el triple que la biomassa aèria (Taula 2.1.3). Per a *Q. ilex* i *Q. suber*, en canvi, la proporció no va ser tan constant al llarg del temps. En les plàntules de *Q. ilex* la relació entre BA/BR va ser molt elevada, i fins i tot en plàntules de sis mesos va ser del 50% (Taula 2.1.3).

**TAULA 2.1.3.** Proporció entre la biomassa aèria (g) i la biomassa radicular (g) per a cada edat i espècie (mitjana error ± estàndard).

Biomassa aèria/biomassa radicular				
Edat	<i>Q. coccifera</i>	<i>Q. humilis</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>Q. suber</i>
3 mesos	0.30 ± 0.02	0.32 ± 0.02	0.66 ± 0.04	0.37 ± 0.04
6 mesos	0.39 ± 0.03	0.32 ± 0.06	1.00 ± 0.07	0.44 ± 0.06
9 mesos	0.39 ± 0.07	0.31 ± 0.02	0.61 ± 0.04	0.53 ± 0.05
12 mesos	0.34 ± 0.03	0.34 ± 0.03	0.64 ± 0.06	0.45 ± 0.05

## 2.2. TAXA DE CREIXEMENT

En el període d'estudi, el creixement (longitud i diàmetre de la tija, biomassa de la tija i biomassa foliar, diàmetre de l'arrel, biomassa radicular i biomassa total) era proporcional al temps i presentava una relació significativa per a les diferents variables (Taula 2.2.1).

**TAULA 2.2.1.** Regressions lineals de diverses variables de creixement de la plàntula respecte el temps i per a cada espècie.

\*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.005$ ; \*\*\*  $p < 0.0005$

Variable	Espècie	n	Constant	B
Longitud tija (cm)	<i>Q. coccifera</i>	107	12.58	$3.75 \cdot 10^{-2}$ ***
	<i>Q. ilex</i>	100	15.86	$6.09 \cdot 10^{-2}$ ***
	<i>Q. humilis</i>	92	15.07	$3.80 \cdot 10^{-2}$ ***
	<i>Q. suber</i>	43	24.27	$4.58 \cdot 10^{-2}$ ***
Diàmetre tija (cm)	<i>Q. coccifera</i>	107	0.22	$4.21 \cdot 10^{-4}$ ***
	<i>Q. ilex</i>	99	0.21	$7.89 \cdot 10^{-4}$ ***
	<i>Q. humilis</i>	92	0.27	$6.95 \cdot 10^{-4}$ ***
	<i>Q. suber</i>	43	0.22	$6.53 \cdot 10^{-4}$ ***
Biomassa tija (g)	<i>Q. coccifera</i>	105	0.14	$2.92 \cdot 10^{-3}$ ***
	<i>Q. ilex</i>	97	$6.56 \cdot 10^{-2}$	$6.07 \cdot 10^{-3}$ ***
	<i>Q. humilis</i>	90	0.29	$3.78 \cdot 10^{-3}$ ***
	<i>Q. suber</i>	41	0.44	$3.95 \cdot 10^{-3}$ ***
Biomassa foliar (g)	<i>Q. coccifera</i>	104	0.70	$3.99 \cdot 10^{-3}$ ***
	<i>Q. ilex</i>	100	0.69	$7.42 \cdot 10^{-3}$ ***
	<i>Q. humilis</i>	91	0.77	$3.53 \cdot 10^{-3}$ ***
	<i>Q. suber</i>	40	1.10	$5.00 \cdot 10^{-3}$ ***
Diàmetre arrel (cm)	<i>Q. coccifera</i>	106	0.46	$3.98 \cdot 10^{-4}$ **
	<i>Q. ilex</i>	100	0.28	$1.21 \cdot 10^{-3}$ ***
	<i>Q. humilis</i>	92	0.47	$9.35 \cdot 10^{-4}$ ***
	<i>Q. suber</i>	43	0.41	$6.80 \cdot 10^{-4}$ ***
Biomassa arrel (g)	<i>Q. coccifera</i>	105	0.33	$9.29 \cdot 10^{-3}$ ***
	<i>Q. ilex</i>	98	$-8.33 \cdot 10^{-2}$	$1.08 \cdot 10^{-3}$ ***
	<i>Q. humilis</i>	91	1.19	$1.20 \cdot 10^{-2}$ ***
	<i>Q. suber</i>	43	1.32	$6.98 \cdot 10^{-3}$ ***
Biomassa total (g)	<i>Q. coccifera</i>	103	1.14	$1.65 \cdot 10^{-2}$ ***
	<i>Q. ilex</i>	96	0.70	$2.43 \cdot 10^{-2}$ ***
	<i>Q. humilis</i>	89	2.16	$2.02 \cdot 10^{-2}$ ***
	<i>Q. suber</i>	39	2.70	$1.72 \cdot 10^{-2}$ ***

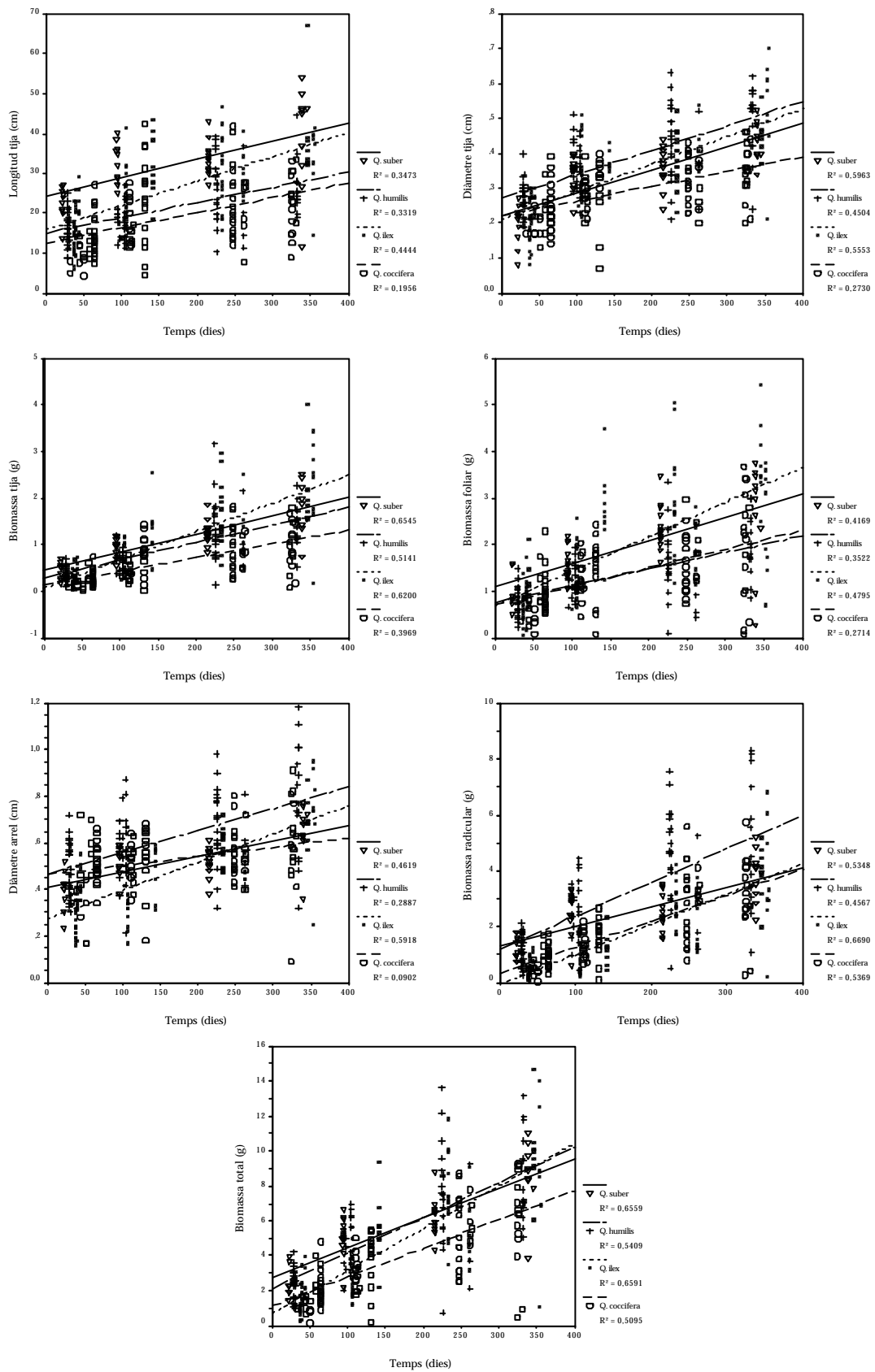


FIGURA 2.2.1. Relació del temps i diversos paràmetres de creixement aeri i subterrani per a cada espècie

Les plàntules de *Q. ilex* tenien la taxa de creixement més elevada per a totes les variables, excepte per a la biomassa radicular (Taula 2.2.1 i Fig. 2.2.1). Per aquesta variable, les plàntules de *Q. humilis* van presentar el major creixement i les de *Q. coccifera* el menor. A més, *Q. coccifera* va mostrar, per a totes les variables, una major dispersió dels valors per això els valors de  $r$  eren més baixos (Fig. 2.2.1).



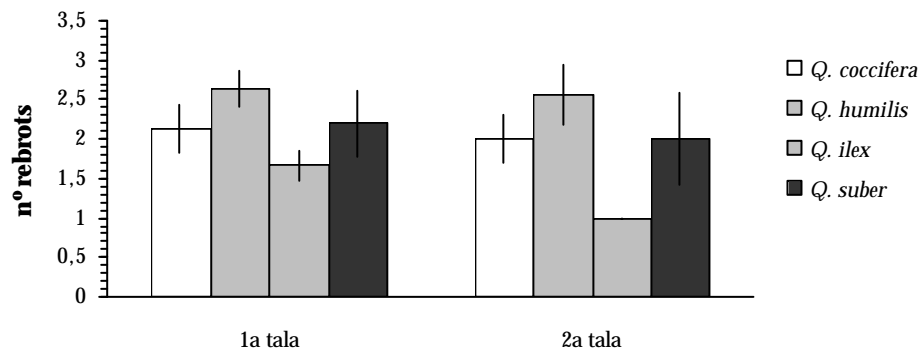
## 2.3. TALA

### 2.3.1. Rebrotada

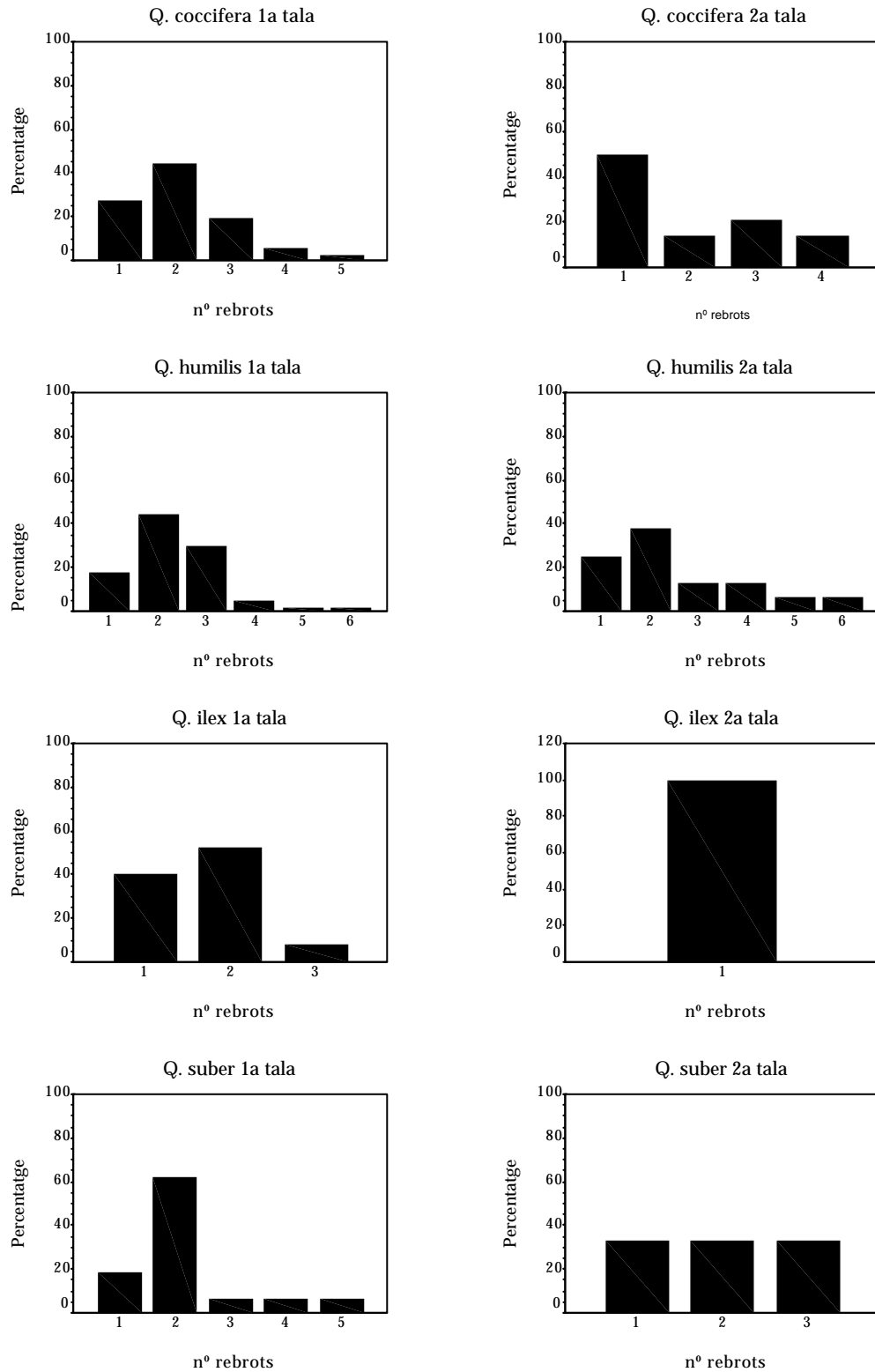
La supervivència de les plàntules talades una i dues vegades de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. suber* va ser superior al 50%, mentre que la de *Q. ilex* va ser inferior (Taula 2.3.1). Quan s'eliminà una vegada la biomassa aèria, les plàntules de *Q. humilis* i *Q. suber* van mostrar la capacitat de resposta més elevada amb un alt percentatge de rebrotada (95 i 80%, respectivament). En canvi, a la segona tala en *Q. humilis* i *Q. suber* el nombre de plàntules rebrotades va disminuir aproximadament 35%, mentre que en *Q. coccifera* va ser similar a la primera tala. En *Q. ilex* destacava l'elevada mortalitat enregistrada tant en la primera com en la segona tala (58 i 70%, respectivament) (Taula 2.3.1).

**TAULA 2.3.1.** Percentatge de plàntules que van rebrotar després d'eliminar la part aèria una i dues vegades per a cada espècie.

espècie	1a tala	2a tala
	% rebrotada	% rebrotada
<i>Q. coccifera</i>	60	66
<i>Q. humilis</i>	95	59
<i>Q. ilex</i>	42	30
<i>Q. suber</i>	80	50



**FIGURA 2.3.1.** Nombre de rebrots de les plàntules talades una i dues vegades per a cada espècie (mitjana ± error estàndard)



**FIGURA 2.3.2.** Distribució de freqüències (en percentatge) del nombre de rebrots emesos en la primera i segona tala per a cada espècie.

El nombre mitjà de rebrots que van emetre les plàntules després de tallar-les una o dues vegades va ser entre un i tres (Fig. 2.3.1). De tota manera, algunes plàntules de

*Q. humilis* van desenvolupar fins i tot sis rebrots (Fig. 2.3.2). Les plàntules de *Q. ilex* tenien menys rebrots, sobretot en la segona tala en què totes en van emetre només un (Fig. 2.3.2). En la làmina I s'observa la vigorositat dels rebrots tres mesos després de talar les plàntules per primera vegada (Làmina I, fig. 1-4).

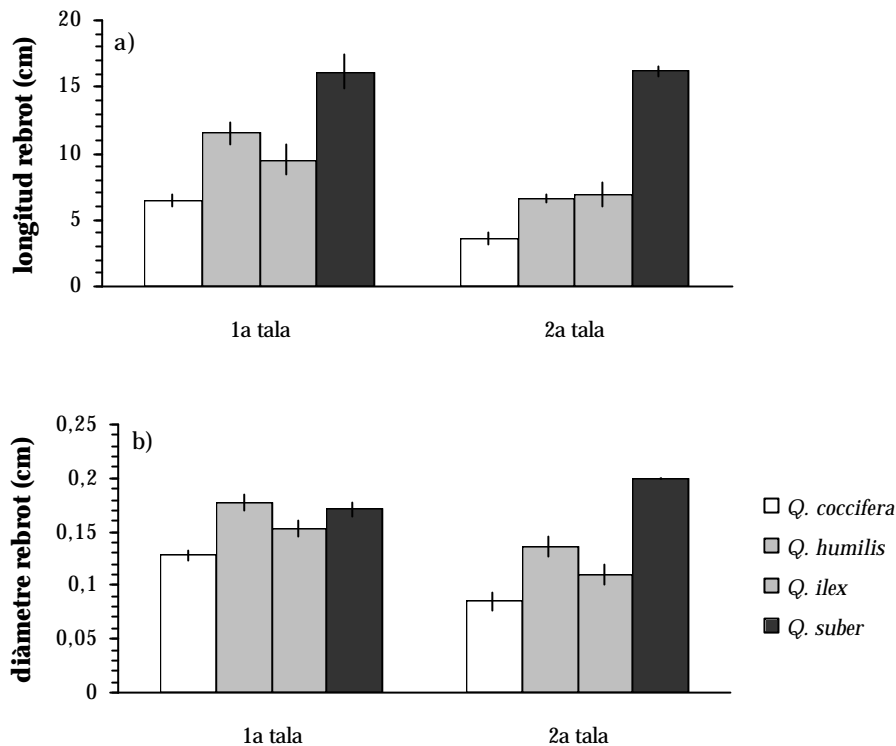
### 2.3.2. Part aèria

La longitud del rebrot més llarg va ser estadísticament diferent segons l'espècie i la intervenció (Taula 2.3.2). Per la intervenció (1a tala i 2a tala), el valor de  $p$  pot explicar-se perquè la mitjana de la longitud dels rebrots en les plàntules de *Q. suber* talades dues vegades era igual a les talades una vegada (Fig. 2.3.3a). En canvi, la de les altres espècies va ser entre 5 i 9 cm inferior. En el cas de *Q. suber*, després de talar-les tant una com dues vegades, les plàntules van créixer intensament i presentaven els rebrots més llargs que les altres tres espècies. En aquesta espècie el creixement en longitud del rebrot més llarg va ser semblant al de la tija principal de les plàntules control recollides tres mesos després de germinar. En *Q. humilis* i *Q. ilex*, la longitud del rebrot era bastant semblant, tant si es tractava d'una com de dues tals, i superior a la de *Q. coccifera* (Fig. 2.3.3a).

**TAULA 2.3.2.** Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie i de la intervenció en la longitud i el diàmetre del rebrot més llarg.

Font de variació	Longitud rebrot			Diàmetre rebrot		
	g.l	F	$p$	g.l	F	$p$
Espècie	3	20.92	<0.0005	3	15.42	<0.0005
Intervenció	1	6.23	0.014	1	6.61	0.011
Espècie x intervenció	3	1.14	0.34	3	2.21	0.089
Error	162			161		

El diàmetre del rebrot més llarg va ser estadísticament diferent per l'espècie i la intervenció (Taula 2.3.2). Les plàntules de *Q. coccifera* van presentar els rebrots amb el diàmetre més petit (0.13-0.08 cm, 1a i 2a tala respectivament), mentre que les de



**FIGURA 2.3.3.** Longitud (a) i diàmetre (b) del rebrot més llarg de plàntules talades una i dues vegades per a cada espècie (mitjana  $\pm$  error estàndard)

*Q. humilis* i *Q. suber* tenien el diàmetre més gran (0.18-0.14 cm i 0.17-0.20 cm, respectivament) (Fig. 2.3.3b).

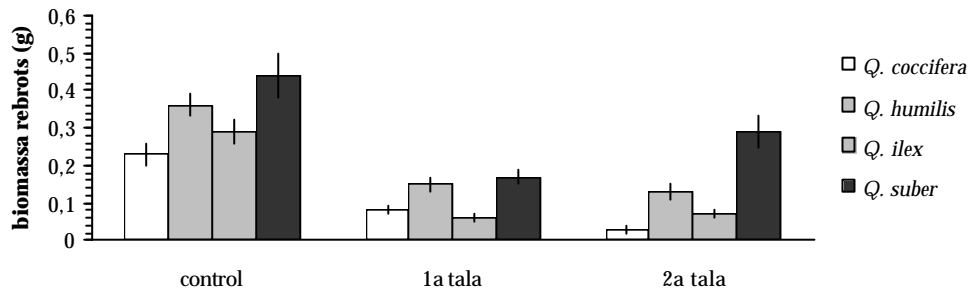
Pel que fa a la intervenció, el diàmetre del rebrot era, en general, més gran a la primera tala que a la segona. Per exemple, en la segona tala el diàmetre va disminuir respecte a la primera tala entre 0.04 i 0.06 cm en *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, si bé va augmentar 0.03 cm en *Q. suber* (Fig. 2.3.3b).

Els resultats de l'ANOVA demostren que el tractament i l'espècie influeixen en el pes sec dels rebrots (tija per les plàntules control) i que hi havia interacció entre els dos factors (Taula 2.3.3). Després de tallar una o dues vegades, la biomassa dels rebrots era inferior a la biomassa de la tija de les plàntules control (Fig. 2.3.4). De fet el pes sec dels rebrots estava comprès entre 0.03 i 0.17 g mentre que les tiges de les plàntules control mesuraven, com a mínim, 0.2 g. Només els rebrots de *Q. suber* van pesar 0.29 g a la segona tala (Fig. 2.3.4).

**TAULA 2.3.3.** Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie i del tractament en la biomassa dels rebrots.

Font de variació	gl	F	p
Espècie	3	27.87	< 0.0005
Tractament	2	35.98	< 0.0005
Espècie x Tractament	6	2.72	0.015
Error	252		

La interacció entre espècie i tractament s'explicaria perquè per a *Q. suber* el pes sec dels rebrots de la segona tala era superior al dels rebrots de la primera tala, en canvi per a *Q. coccifera* el pes sec va disminuir i per a *Q. humilis* i *Q. ilex* es va mantenir molt semblant (Fig. 2.3.4).

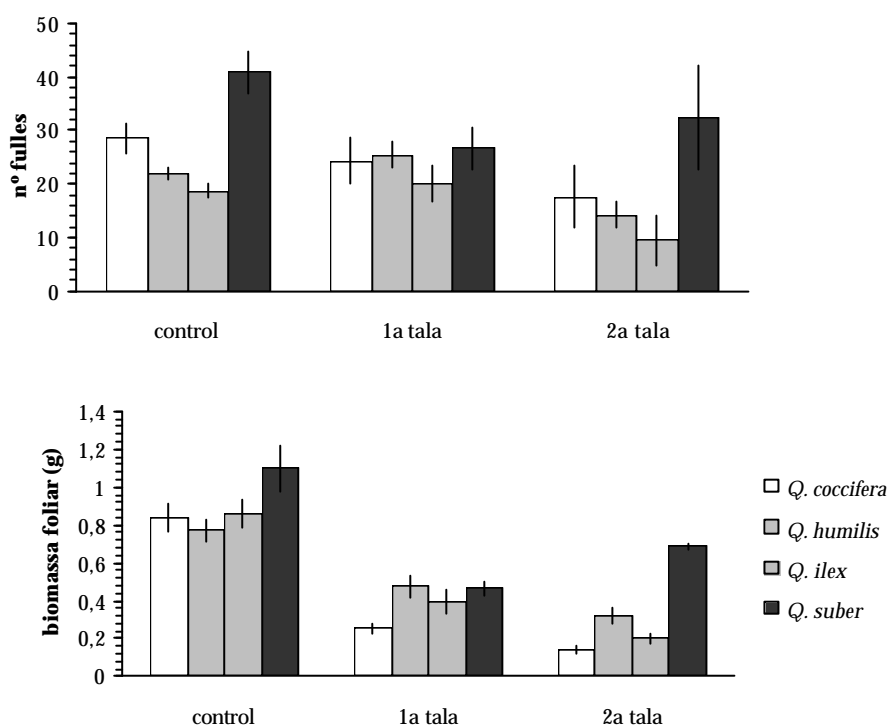


**FIGURA 2.3.4.** Biomassa del total de rebrots en plàntules talades una i dues vegades. El control fa referència a la biomassa tija principal més brots laterals (mitjana ± error estàndard)

El nombre de fulles va ser significativament diferent segons l'espècie i el tractament (Taula 2.3.4). *Q. suber* va presentar el major nombre de fulles i la diferència era més gran respecte a les altres tres espècies en el control i la segona tala (Fig. 2.3.5a). Les plàntules de *Q. ilex* tenien menys nombre de fulles que la resta d'espècies, mentre que *Q. coccifera* i *Q. humilis* van presentar valors força semblants. En el cas del tractament, els valors en la primera tala van ser força similars als obtinguts en les plàntules control de tres mesos d'edat (Fig. 2.3.5a). Després de la segona tala s'observà que per a *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* el nombre va disminuir entre 7 i 11, en canvi per a *Q. suber* augmentà en 5 (Fig. 2.3.5a).

**TAULA 2.3.4.** Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie i de la intervenció en el n° de fulles total i la biomassa foliar.

Font de variació	N° fulles total			Biomassa foliar		
	g.l	F	p	g.l	F	p
Espècie	3	9.22	<0.0005	3	5.89	0.001
Tractament	2	6.86	0.001	2	29.52	<0.0005
Espècie x tractament	6	2.12	0.052	6	1.50	0.178
Error	252			252		



**FIGURA 2.3.5.** Número de fulles total (a) i biomassa foliar (b) de plàntules control i talades una i dues vegades de cada espècie (mitjana ± error estàndard)

La biomassa foliar va ser estadísticament diferent per l'espècie i el tractament (Taula 2.3.4). *Q. suber* va presentar el major pes sec foliar tant pel que fa a les plàntules control com per a les talades (Fig.2.3.5b). Els valors van ser bastant semblants entre *Q. humilis* i *Q. ilex* i lleugerament superiors als de les plàntules tractades de *Q. coccifera*. Pel que fa al tractament, la biomassa foliar de les plàntules tractades era molt inferior al de les control, i no s'assolia, amb el mateix període de temps, la mateixa biomassa foliar (Fig. 2.3.5b). En tallar per segona vegada la part aèria, el pes sec de les fulles va disminuir per a *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, si bé per a *Q. suber* va augmentar (Fig. 2.3.5b).

### 2.3.3. Part radicular

L'espècie, el tractament i la intervenció van afectar significativament el diàmetre de l'arrel. A més, la interacció entre l'espècie i la intervenció també va ser significativa (Taula 2.3.5). Aquesta interacció s'explica perquè el diàmetre de l'arrel de *Q. coccifera* disminuïa, el de *Q. ilex* es mantenia i el de *Q. humilis* i *Q. suber* augmentava amb la intervenció (entre la 1a tala i la 2a tala havien passat tres mesos) (Fig. 2.3.6a). Quant a la tala, el diàmetre de l'arrel era inferior al de les plàntules control (Fig. 2.3.6a).

**TAULA 2.3.5.** Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie, la intervenció i el tractament en el diàmetre de l'arrel.

Font de variació	g.l	F	p
Espècie	3	9.72	< 0.0005
Intervenció	1	5.26	0.023
Tractament	1	11.97	0.001
Espècie x tractament	3	2.31	0.077
Tractament x intervenció	1	2.77	0.097
Edat x espècie	3	3.92	0.009
Esp x interv. x tractament	3	1.75	0.16
Error	262		

Els resultats de l'anàlisi de variància mostren que la biomassa radicular era significativament diferent per l'espècie, la intervenció i el tractament, i hi havia interacció dels tres factors (Taula 2.3.6).

**TAULA 2.3.6.** Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie, de la intervenció i del tractament en la biomassa radicular.

Font de variació	g.l	F	p
Espècie	3	30.07	< 0.0005
Intervenció	1	54.01	< 0.0005
Tractament	1	92.84	< 0.0005
Espècie x tractament	3	1.79	0.15
Tractament x intervenció	1	0.541	0.46
Intervenció x espècie	3	0.58	0.63
Esp x interv. x tractament	3	5.15	0.002
Error	257		

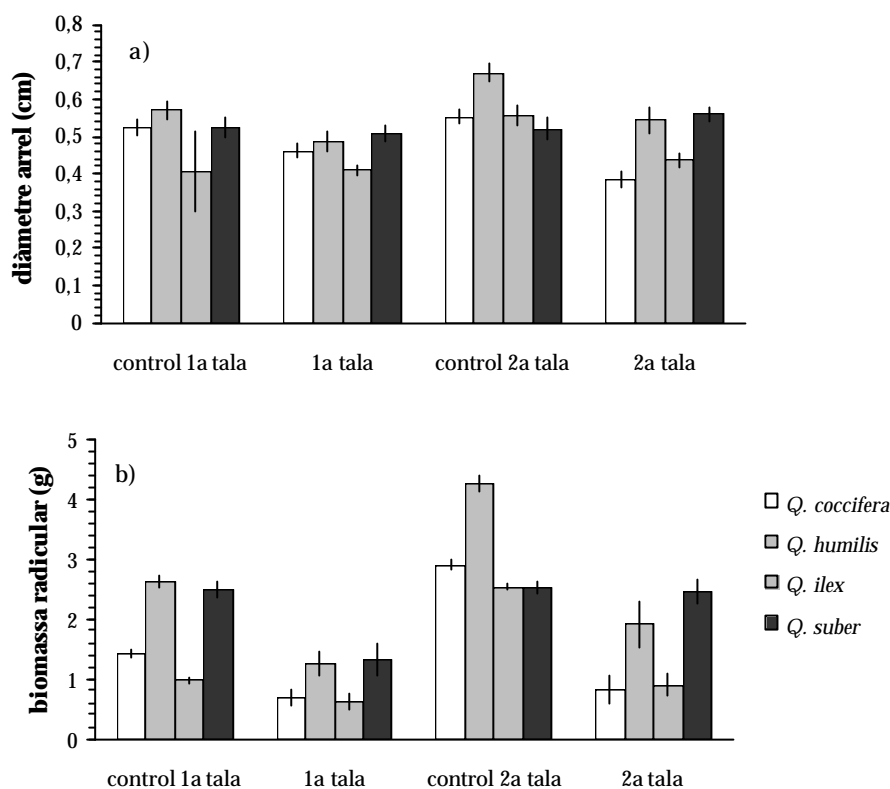


FIGURA 2.3.6. Diàmetre de l'arrel (a) i biomassa radicular (b) en plàntules talades una i dues vegades amb els respectius controls per a cada espècie (mitjana  $\pm$  error estàndard)

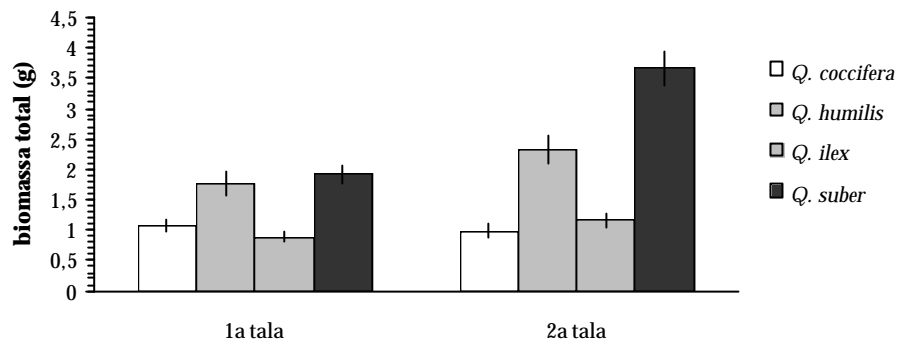
Amb la primera intervenció, es produïa una disminució de la biomassa radicular respecte a les plàntules control, essent les plàntules de *Q. humilis* i *Q. suber* les més afectades (Fig. 2.3.6b). En la segona intervenció, curiosament, la biomassa radicular de les plàntules de *Q. suber* va ser similar a la de les plàntules control.

La biomassa total de la plàntula va ser estadísticament diferent segons l'espècie i la intervenció (Taula 2.3.7). Les plàntules de *Q. humilis* i *Q. suber* tenien una biomassa total més elevada que les de *Q. coccifera* i *Q. ilex* (Fig. 2.3.7). Quant a la intervenció, la biomassa total augmentà en la segona tala en *Q. humilis* i *Q. suber*, mentre que en *Q. coccifera* i *Q. ilex* van presentar uns valors bastant similars a la primera tala. Convé destacar que la biomassa en les plàntules de *Q. suber* talades dues vegades era considerablement superior en comparació amb la de les altres espècies (Fig. 2.3.7). Aquest fet explicaria el valor de *p* entre l'espècie i la intervenció (Taula 2.3.7).



**TAULA 2.3.7.** Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie i de la intervenció en la biomassa total.

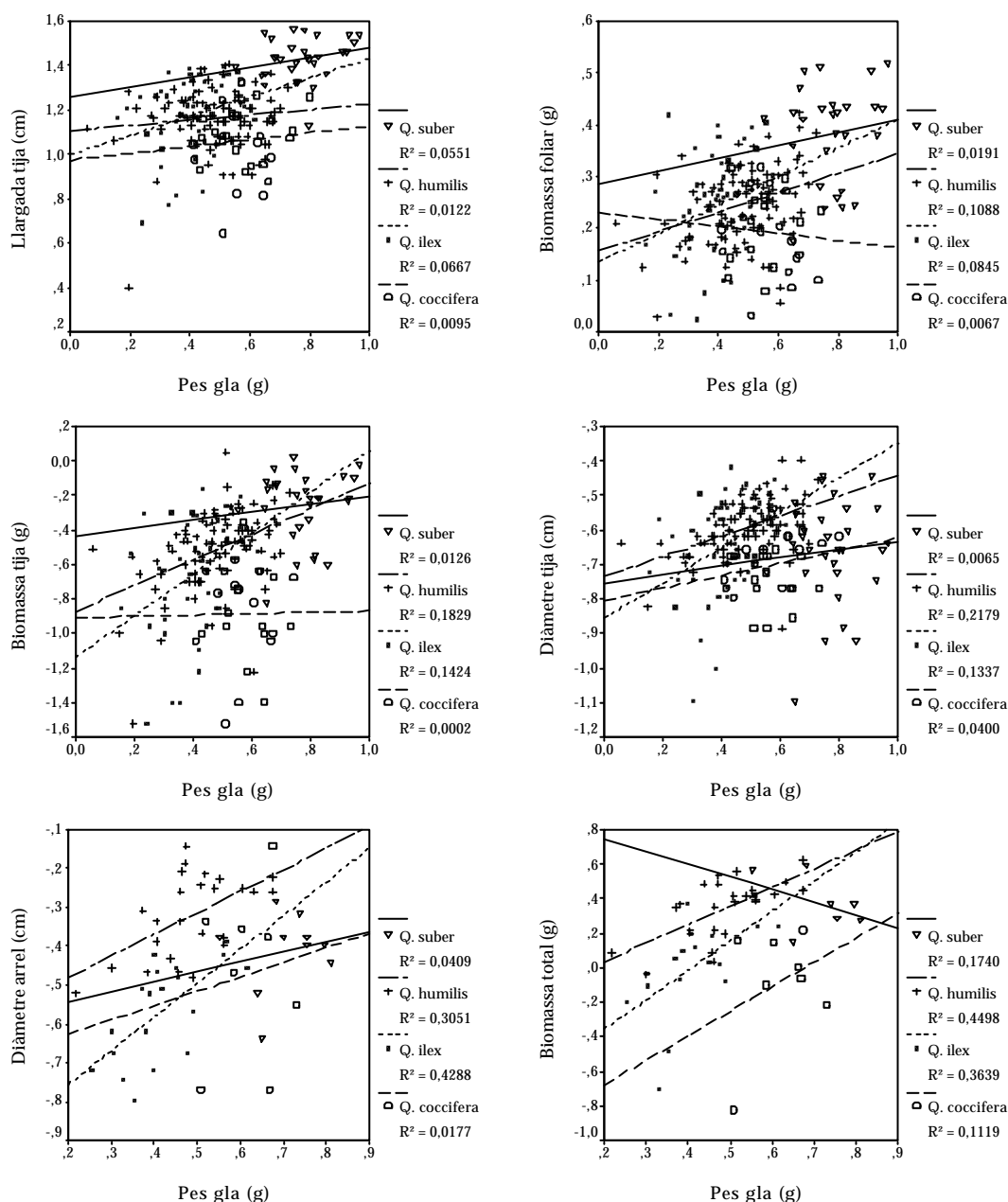
Font de variació	g.l	F	p
Espècie	3	16.51	<0.0005
Intervenció	1	6.36	0.013
Espècie x intervenció	3	2.37	0.076
Error	89		



**FIGURA 2.3.7.** Biomassa total (g) en plàntules talades una i dues vegades per a cada espècie (mitjana  $\pm$  error estàndard)

## 2.4. EFECTE DE LA MIDA DE LA GLA EN EL CREIXEMENT DE LA PLÀNTULA

El pes de la gla tenia un clar efecte en el creixement inicial de la planta, sobretot en el de la part aèria (Taula 2.4.1).



**FIGURA 2.4.1.** Relació entre el pes fresc de la gla i les variables longitud de la tija, biomassa foliar, biomassa de la tija, diàmetre de la tija, diàmetre de l'arrel i biomassa total en plàntules de tres mesos per a cada espècie (Dades transformades logàritmicament)

En les plàntules de tres mesos de les quatre espècies, es va observar que un increment del pes de la gla repercutia en un major augment de la biomassa, longitud i diàmetre de la tija i de la biomassa foliar (Taula 2.4.1 i Fig. 2.4.1).

En canvi, per la part subterrània només es va trobar correlació entre el pes de la gla i el diàmetre de l'arrel (Taula 2.4.1). Les ANCOVAs també van mostrar diferències significatives entre les espècies i els paràmetres analitzats (longitud, biomassa i diàmetre tija, biomassa foliar i diàmetre arrel) (Taula 2.4.1 i 2.4.3).

**TAULA 2.4.1.** Resultats de les ANCOVAs de les variables de creixement de les plàntules de tres mesos d'edat respecte el pes fresc de la gla com a covariable i segons l'espècie.

	Longitud tija	Diàmetre tija	Biomassa tija	Biomassa foliar	Diàmetre arrel	Biomassa total
pes gla	F <sub>1, 193</sub> =4,63*	F <sub>1, 192</sub> =20,27***	F <sub>1, 183</sub> =20,73***	F <sub>1, 188</sub> =11,49**	F <sub>1, 57</sub> =14,09**	F <sub>1, 57</sub> =15,82***
espècie	F <sub>3, 193</sub> =22,86***	F <sub>3, 192</sub> =15,22***	F <sub>3, 183</sub> =23,61***	F <sub>3, 188</sub> =14,64***	F <sub>3, 57</sub> =15,57***	F <sub>3, 57</sub> =15,73***

\* p< 0.05; \*\* p< 0.005; \*\*\* p< 0.0005

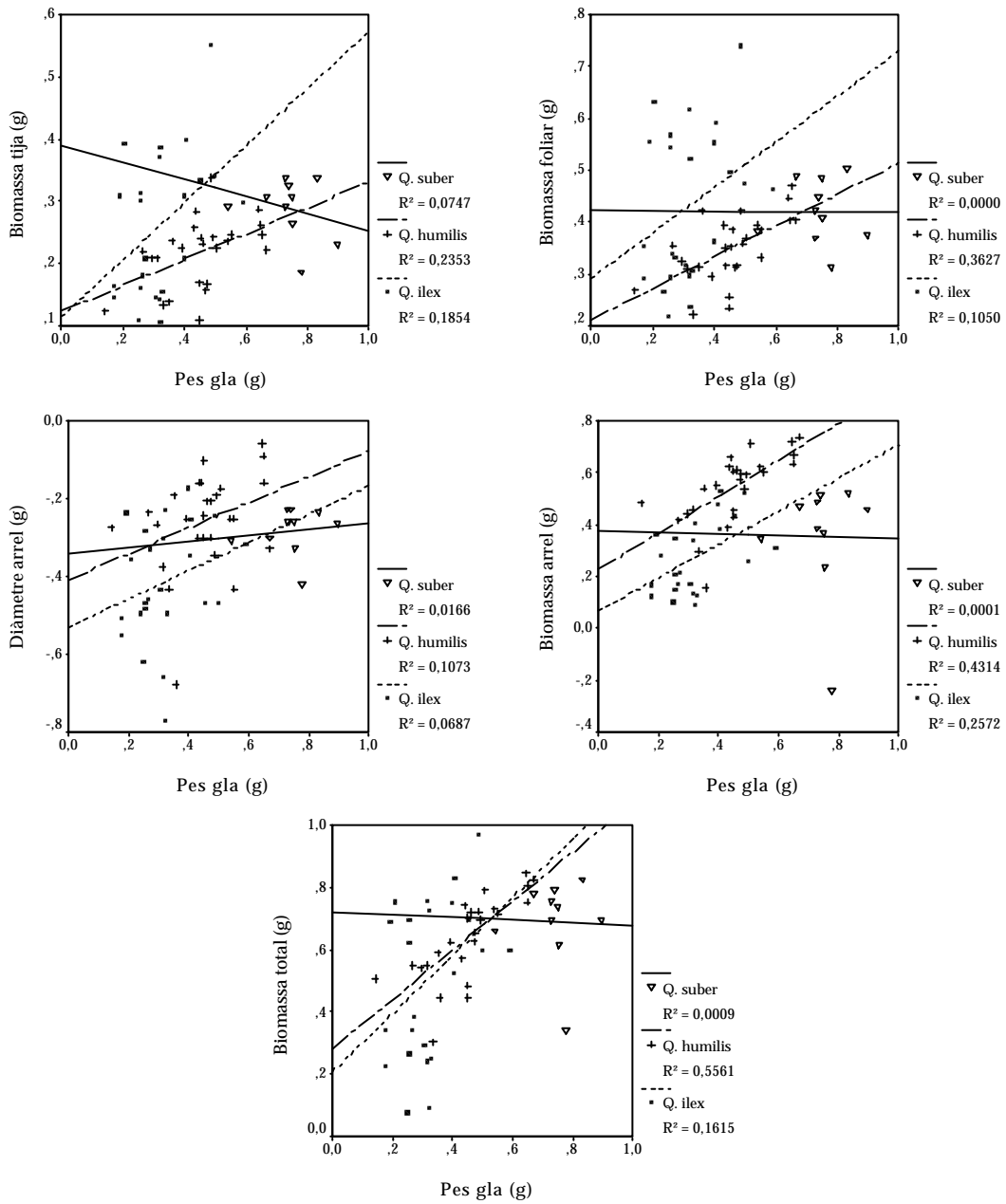
En les plàntules de mig any d'edat de *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* (per falta d'exemplars no es va comprovar en *Q. coccifera*) encara era evident un cert efecte del pes fresc de la gla en el creixement de la planta, que es reflectia en la biomassa foliar, la biomassa de la tija, el diàmetre i la biomassa de l'arrel i la biomassa total (Taula 2.4.2 i 2.4.4). Destaquem que, a diferència de les plàntules de tres mesos, hi havia correlació entre el pes fresc de la gla i la biomassa de l'arrel, mentre que aquesta ja no s'observava amb les variables longitud i diàmetre de la tija.

**TAULA 2.4.2.** Resultats de les ANCOVAs de les variables de creixement de les plàntules de sis mesos d'edat respecte el pes fresc de la gla com a covariable i segons l'espècie.

	Biomassa foliar	Biomassa tija	Biomassa arrel	Diàmetre arrel	Biomassa total
pes gla	F <sub>1, 57</sub> =7,90*	F <sub>1, 54</sub> =8,54**	F <sub>1, 55</sub> =13,86***	F <sub>1, 57</sub> =4,84*	F <sub>1, 54</sub> =13,87***
espècie	F <sub>2, 57</sub> =7,92**	F <sub>2, 54</sub> =3,53*	F <sub>2, 55</sub> =24,17***	F <sub>2, 57</sub> =6,33**	F <sub>2, 54</sub> =2,04***

\* p< 0.05; \*\* p< 0.005; \*\*\* p< 0.0005

En les plàntules de nou mesos d'edat no es va trobar correlació entre cap de les variables de creixement analitzades en les quatre espècies.



**FIGURA 2.4.2.** Relació entre el pes fresc de la gla i les variables biomassa de la tija, biomassa foliar, diàmetre de l'arrel, biomassa de l'arrel i biomassa total en plàntules de sis mesos per a cada espècie (Dades transformades logarítmicament)

**TAULA 2.4.3.** Relació (en percentatge) entre les variables de creixement i el pes fresc de la gla segons l'espècie en plàntules de tres mesos.

<b>Variable</b>	<b><i>Q. coccifera</i></b>	<b><i>Q. humilis</i></b>	<b><i>Q. ilex</i></b>	<b><i>Q. suber</i></b>
Longitud tija	1%	1%	7%	5%
Diàmetre tija	4%	22%	13%	1%
Biomassa tija	-	18%	14%	1%
Biomassa foliar	1%	11%	8%	2%
Diàmetre arrel	2%	30%	43%	4%
Biomassa total	11%	45%	36%	pendent negatiu

**TAULA 2.4.4.** Relació (en percentatge) entre les variables de creixement amb el pes fresc de la gla segons l'espècie en plàntules de sis mesos.

<b>Variable</b>	<b><i>Q. humilis</i></b>	<b><i>Q. ilex</i></b>	<b><i>Q. suber</i></b>
Biomassa tija	24%	18%	-
Biomassa foliar	36%	10%	-
Biomassa arrel	43%	26%	-
Diàmetre arrel	11%	6%	1%
Biomassa total	56%	16%	-

## 2.5. GERMINACIÓ I DESENVOLUPAMENT DE LES PLÀNTULES

En aquest treball s'ha inclòs una breu descripció histològica de les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* durant la germinació i, aproximadament, una setmana i un mes després de germinar, on es vol destacar el desenvolupament dels teixits secundaris: cambium i fel·logen. Aquest estudi complementa els treballs biomètrics i permet de tenir una aproximació de l'estat en què la plàntula passa de créixer principalment en longitud a créixer també en gruix, amb la diferenciació dels meristemes secundaris.

En les espècies estudiades les llavors no presenten dormició i germinen, un cop madures, poc temps després de sembrar-les. En individus de *Q. coccifera*, fins i tot, es va observar que algunes glans germinaven a la mateixa planta. La germinació és de tipus hipogea i les glans resten en el sòl (Làmina II, fig. 1, 4-6). En la germinació, a causa de l'allargament dels pecíols cotiledonars, la radícula emergia i s'endinsava ràpidament en el sòl. La pressió exercida per la radícula ocasionava sovint que la coberta de les glans s'esbardellés i, fins i tot, en algunes ocasions els cotilèdons quedaven desprotegits (Làmina II, fig. 1-2 i 4-6).

Una setmana després de la germinació el brot encara no era visible externament però l'activitat del meristema caulinar era intensa i, en les tres espècies, el nombre de primordis foliars va augmentar (Làmina III, fig. 7-9). En el cas de *Q. coccifera*, a nivell d'epicòtil s'observaven les primeres fulles amb clara simetria bilateral que envoltaven 2-3 parells de primordis foliars (Làmina III, fig. 7). Pel que fa a *Q. ilex*, en les primeres fulles de l'epicòtil es feia palesa l'organització dels futurs feixos vasculars (Làmina III, fig. 8). En *Q. humilis* els dos primers parells de fulles se situaven en posició oposada envoltant el meristema caulinar i a la seva base es distingia una gemma axil·lar (Làmina III, fig. 12).

Quinze dies després de germinar, quan el brot ja era visible externament, es començaven a entreveure les primeres fulles (Làmina II, fig. 3 i 5-6). En les plàntules

de *Q. coccifera* les primeres fulles i la tija tenien una coloració vermellova, que en desenvolupar-se passaven a presentar un color verd (Làmina II, fig. 3-4). En les plàntules de *Q. humilis* les primeres fulles sorgien en forma de roseta (Làmina II, fig. 5). En aquest estadi del desenvolupament, en seccions transversals realitzades a uns 700 µm del meristema caulinar, es distingia en el cilindre vascular la diferenciació de les primeres cèl·lules cambials, situades entre els feixos de xilema primari (en posició interna) i els de floema primari (en posició externa) (Làmina III, fig.10). En el cilindre vascular també destacava la presència d'una medul·la conspícua de cèl·lules parenquimàtiques (Làmina III, fig.10-11). En algunes ocasions aquestes cèl·lules contenien grànuls de midó (Làmina III, fig.11).

Un mes després de germinar, la tija s'havia allargat uns 5 cm i el cambium i el fel·logen ja es distingien clarament. Així, en seccions transversals a nivell de la base de la tija s'observava el sistema vascular de forma estrellada o el·líptica amb un cambium ben desenvolupat i una medul·la de cèl·lules vacuolitzades i amb grànuls de midó (Làmina IV, fig.13-15). El cambium estava format per cèl·lules allargades i estretes i formava xilema secundari cap a l'interior i floema secundari cap a l'exterior. En les tres espècies, el xilema secundari estava format per 6-10 capes de cèl·lules amb vasos majoritàriament aïllats. També es distingien traqueïdes, fibres i cèl·lules del parènquima axial i radial. Els radis xilemàtics eren uniseriats i continus fins al floema. Les cèl·lules radials contenien majoritàriament tanins, però algunes presentaven grànuls de midó. En el floema secundari s'observaven bandes d'esclereïdes disposades en sentit tangencial (Làmina III fig. 13-15). En aquest nivell, en les tres espècies, el fel·logen també destacava en el còrtex. En *Q. humilis* i *Q. coccifera* el fel·logen es va formar a partir de les cèl·lules corticals més externes, a nivell subepidèrmic, mentre que en *Q. ilex* es diferenciava a nivell del còrtex mig (Làmina III, fig. 14). En *Q. ilex*, la peridermis estava formada per unes tres capes de cèl·lules.

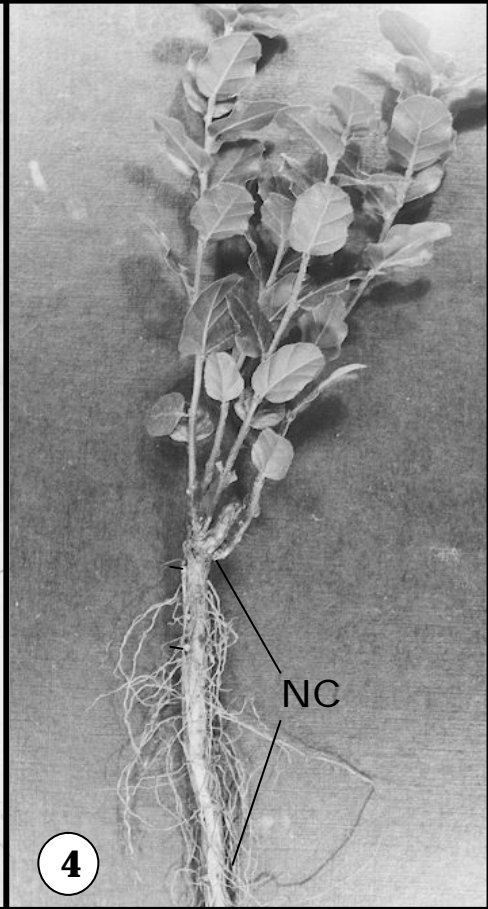
Respecte a l'arrel, una setmana després de la germinació, en seccions transversals proximals ja s'observava un anell cambial ben diferenciat i continu (Làmina IV, fig. 16). Ara bé, l'organització del teixit vascular primari encara era palès en aquest

nivell. Així per exemple, en el cas de *Q. ilex* s'observaven els feixos de xilema primari disposats de forma alterna amb els de floema (Làmina IV, fig. 17). En totes les espècies, era visible a l'interior del cilindre vascular una medul·la. Envoltant el cilindre vascular es distingia clarament l'endodermis amb les cèl·lules suberinitzades i el còrtex, en què les cèl·lules parenquimàtiques presentaven nombrosos espais intercel·lulars i algunes tenien tanins en el seu interior (Làmina IV, fig. 16-17). En moltes seccions es van observar nombrosos grànuls de midó tant en les cèl·lules del còrtex com de la medul·la.

Un mes després de germinar, l'arrel primària mesurava de 10 a 15 cm, si bé en algunes plàntules, l'arrel primària era absent i en el seu lloc apareixien diverses arrels secundàries de gruix considerable.

En les plàntules estudiades, igual que en la tija, el càmbium i el fel·logen ja s'havia diferenciat (Làmina IV, fig. 18-20). El cilindre vascular tenia forma estrellada o cilíndrica i deixava en el seu interior una medul·la conspícua. En el cas de *Q. coccifera* les cèl·lules de la medul·la contenien nombrosos grànuls de midó (Làmina IV, fig. 18). A partir del càmbium es diferenciava internament el xilema secundari i externament el floema secundari (Làmina IV, fig. 18-20). Destacava el pericicle pluriestratificat de *Q. coccifera* format per 9-12 capes de cèl·lules de tipus parenquimàtic molt riques en midó. El còrtex, en canvi, estava format per cèl·lules molt vacuolitzades i pràcticament sense midó (Làmina IV, fig. 18). Pel que fa al fel·logen, en les tres espècies es va formar a partir de les capes corticals internes a l'endodermis (Làmina IV, fig. 19).





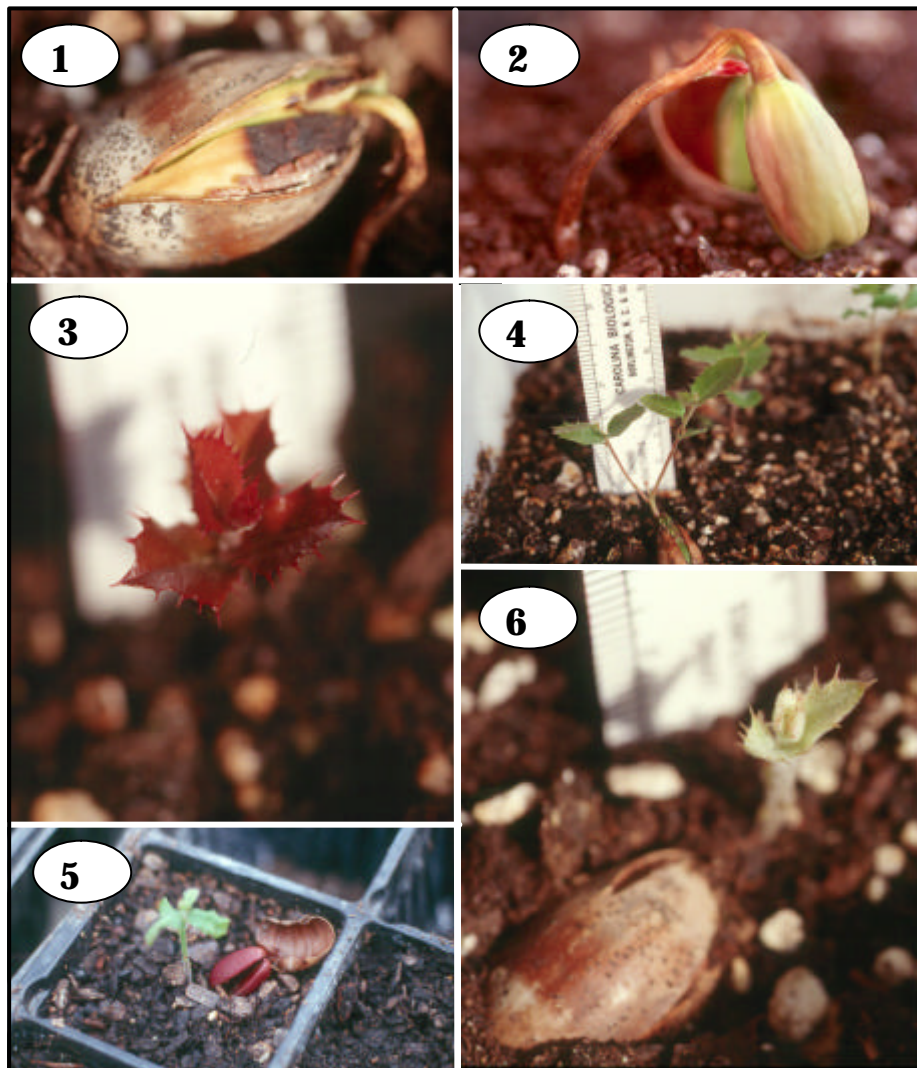
**LAMINA I.** Figs. 1-4 Plàntules tres mesos després de realitzar la primera tala. **1.** *Q. ilex*. **2.** *Q. coccifera* **3.** *Q. humilis*. **4.** *Q. suber*. En el nus cotiledonar s'observen algunes gemmes cotiledonars (caps de fletxa). Figs. 1, 2 i 4 (x 1), Fig. 3 (x 1.6).

**Abreviatures:**

NC, nus cotiledonar

***Làmina II***

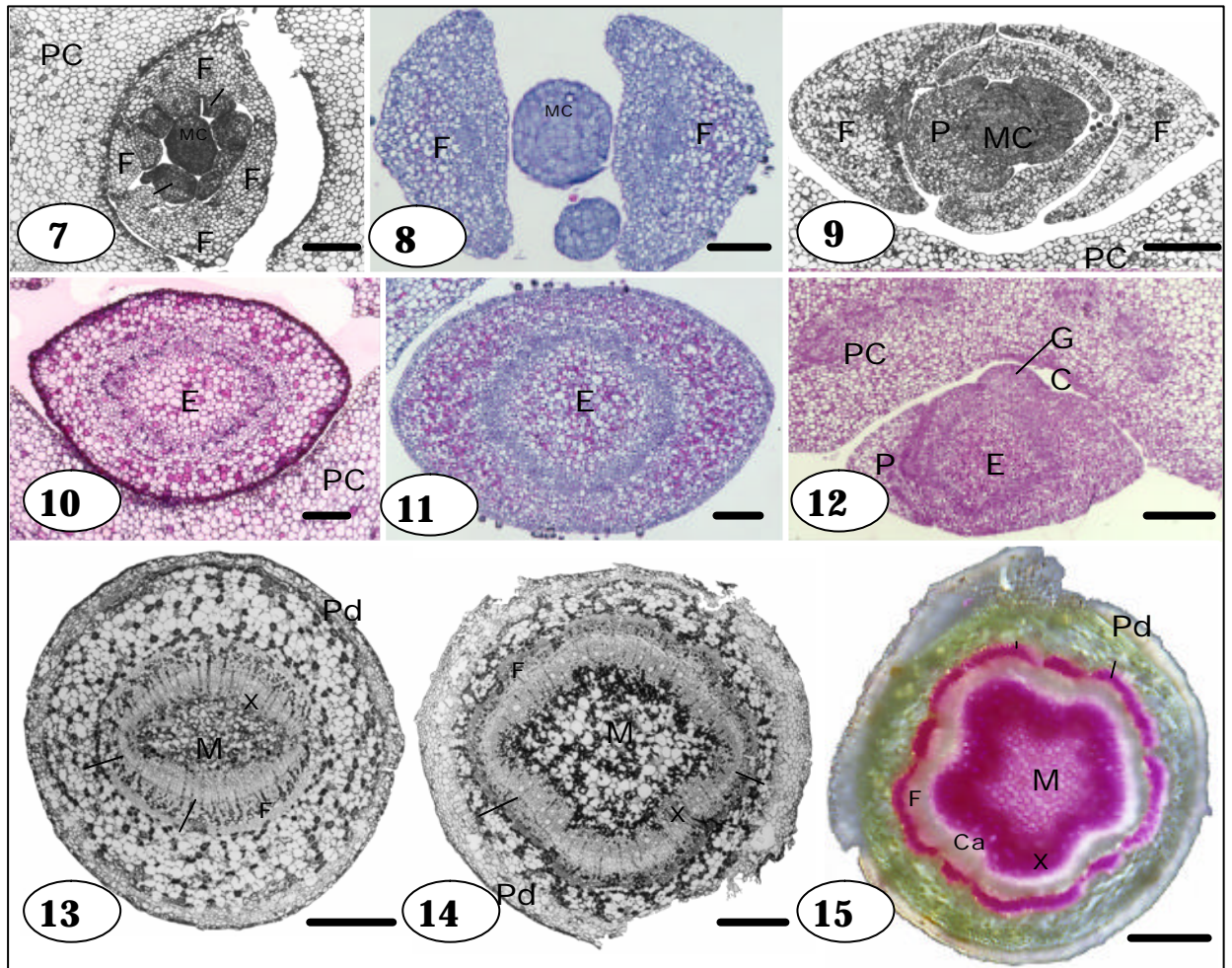




**LÀMINA II.** Figs. 1-6 Plàntules pocs dies després de germinar. **1.** *Q. ilex*. El brot encara no és visible. La gla està en posició horitzontal respecte al sòl. S'observen els dos cotilèdons a causa de la ruptura d'una part de la coberta (x 1.6). **2.** *Q. coccifera*. El brot s'entreveu entre els peciols cotiledonars. La gla ha perdut totalment la coberta (x 0.8). **3.** *Q. coccifera*. Plàntula d'un mes on s'observen cinc fulles amb coloració vermellosa i amb els marges dentats (x 2). **4.** *Q. coccifera*. Plàntula de dos mesos. Observeu les fulles de color verd. **5.** *Q. humilis*. Les primeres fulles en forma de roseta ja són aparents (x 0.23). **6.** *Q. ilex*. S'entreveuen les primeres fulles amb els marges dentats i tomentoses.

***Làmina III***





**LÀMINA III.** Figs. 7-15. Seccions transversals a nivell del brot. **7.** *Q. coccifera*. Plàntula d'una setmana. Secció a nivell de meristema caular, on s'observen les primeres fulles amb simetria dorsiventral. Diversos primordis foliars (fletxes) envolten el meristema caular. **8.** *Q. ilex*. Plàntula d'una setmana. A nivell de meristema caular ja s'han desenvolupat les dues primeres fulles on s'entreveuen els futurs feixos vasculars. **9.** *Q. humilis*. Plàntula d'una setmana. A nivell de meristema caular es distingeixen les dues parelles de fulles amb simetria dorsiventral. **10.** *Q. coccifera*. Plàntula d'una setmana. En una secció propera al nus cotiledonar s'observa l'anell de cèl·lules cambials. **11.** *Q. ilex*. Plàntula d'una setmana. Secció propera al nus cotiledonar, a l'epicòtil es distingeix l'anell de teixit procambial. Les cèl·lules de la medul·la i del còrtex contenen nombrosos grànuls de midó. **12.** *Q. humilis*. Plàntula d'una setmana. Secció propera al nus cotiledonar, on l'epicòtil encara no presenta creixement secundari. A l'axil·la del pecíol cotiledonar es distingeix una gemma cotiledonar. **13.** *Q. coccifera*. Plàntula d'un mes. Secció a 1 cm per sobre del nus cotiledonar. El sistema vascular presenta forma el·líptica, deixant en la part interior una medul·la conspícua. En la part més exterior del còrtex es distingeix la peridermis. **14.** *Q. ilex*. Plàntula d'un mes. Secció a la base de la tija. El cilindre vascular presenta forma cilíndric. El fel·logen es forma a partir de cèl·lules del còrtex mig. **15.** *Q. humilis*. Plàntula d'un mes. Secció a la base de la tija. El cilindre vascular presenta forma estrellada. Observeu les fibres d'esclerènquima del floema (caps de fletxa). Figs. 7-11 i 13-14 PA-Schiff amb blau de toluidina.; Fig. 12 PA-Schiff i Fig. 15 floroglucinol. Figs. 7, 8, 10 i 11 barra=100 µm; Figs. 9 i 12 barra=200 µm; Figs. 13-15 barra=300 µm.

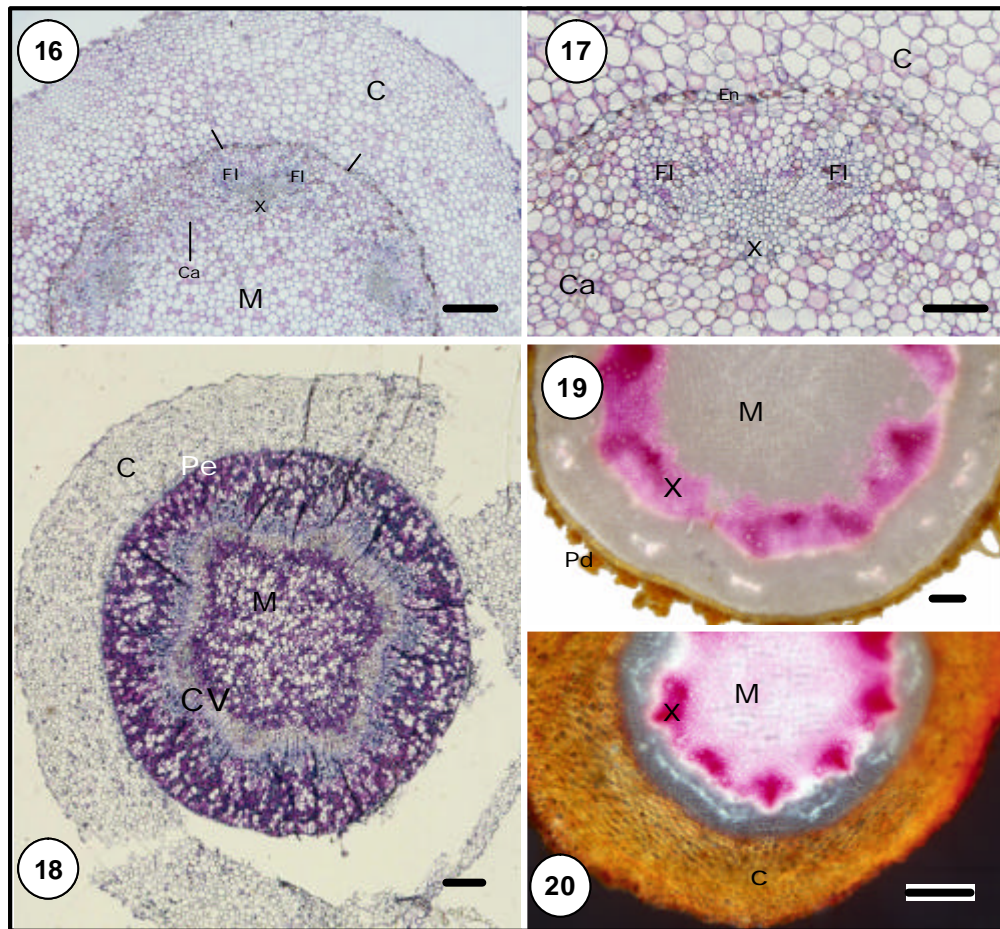
**Abreviatures:**

Ca, cambium; E, epicòtil; F, fulla; Fl, floema; GC, gemma cotiledonar; M, medul·la; MC, meristema caular; P, primordi foliar; PC, pecíol cotiledonar; Pd, peridermis; X, xilema.



***Làmina IV***





**LÀMINA IV.** Figs. 16-20. Seccions transversals a nivell de la base de l'arrel. **16.** *Q. ilex*. Plàntula d'una setmana on s'observa l'anell de cambial. Vegeu, també, l'endodermis envoltant el cilindre vascular. **17.** *Q. ilex*. Detall de la figura anterior. Cada feix de xilema està associat a dos feixos de floema. **18.** *Q. coccifera*. Plàntula d'un mes. El cilindre vascular presenta forma estrellada. Observeu el pericicle amb 9-12 capes de cèl·lules parenquimàtiques amb nombrosos grànuls de midó, igual que la medul·la. **19.** *Q. humilis*. Plàntula d'un mes. Vegeu el teixit secundari desenvolupat. En aquest estadi, la peridermis presenta de 4 a 5 capes de fel·lema. **20.** *Q. ilex*. Plàntula d'un mes. El cilindre vascular té forma estrellada. El còrtex encara no s'ha després de l'arrel. Figs. 16-18 PA-Schiff amb blau de toluïdina i Fig. 19-20 floroglucinol. Figs. 16, 18-20 barra=200 µm; Fig. 17 barra=100 µm.

**Abreviatures:**

C, còrtex; Ca, cambium; CV, cilindre vascular; En, endodermis; Fl, floema; M, medul·la; Pd, peridermis; Pe, pericicle; X, xilema.

## 2. DISCUSSIÓ

Els nostres resultats demostren que en les espècies estudiades el pes de la gla afecta positivament al creixement de la planta en els estadis inicials del desenvolupament. Així, s'ha constatat que les plàntules procedents de glans amb un pes més gran presenten un creixement més acusat, sobretot de la part aèria. A més, aquesta relació es manté fins als sis mesos d'edat per a *Quercus humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* i fins als tres mesos per a *Q. coccifera* (no s'ha pogut comprovar en plàntules de sis mesos). Ara bé, l'efecte de la gla en la mida de la plàntula disminueix, o bé es perd totalment, a mesura que aquestes es van desenvolupant (Westoby *et al.*, 1992). Així, la mida de les plàntules de nou mesos d'edat de les espècies de *Quercus* estudiades ja és independent del pes de la gla. Aquest fet també es va descriure en plàntules de diverses espècies americanes de *Quercus* d'un i dos anys d'edat (Long i Jones, 1996).

El pes fresc de la llavor és un indicador de les reserves que conté, és a dir, les llavors més grans contenen més nutrients i carbohidrats de reserva (Bonfil, 1998; Milberg *et al.*, 1998). Per tant, probablement la relació positiva que s'estableix entre el pes de la gla i el creixement de les plàntules de *Quercus* fins als sis mesos d'edat sigui deguda a un major subministrament de carbohidrats i nutrients cap a la planta. La manca de relació en les plàntules de nou mesos possiblement s'explicaria per un esgotament de les reserves de la llavor i pel fet que les plàntules han esdevingut autosuficients. De fet, als sis mesos, els cotilèdons de les plàntules presentaven un aspecte senescent, eren de color marronós i havien perdut pràcticament tota l'aigua. En algunes espècies s'ha apuntat que les glans perden aproximadament un 70% del pes fresc durant el primer període de creixement (Long i Jones, 1996). De tota manera, malgrat la relació entre el pes de la gla i el creixement de les plàntules en les espècies estudiades fins als tres o als sis mesos d'edat, no es pot descartar que aquestes ja siguin autosuficients en estadis més inicials del seu desenvolupament, com s'ha descrit per a *Q. petraea* (Jarvis, 1963 a Sonesson, 1994). Així mateix, també es va determinar que les plàntules de *Q. robur* eren autosuficients poc després de

germinar, ja que l'eliminació dels cotilèdons no afectava la seva supervivència, tot i que aquestes encara no havien estès les fulles i la tija tan sols mesurava de 5 a 10 cm (Sonesson, 1994).

Les plàntules de *Q. ilex* van presentar la major taxa de creixement per tots els paràmetres de la part aèria mesurats i, també, pel diàmetre de l'arrel. Aquesta taxa de creixement més elevada s'explica perquè en els tres i els sis mesos la major part dels valors dels paràmetres mesurats eren inferiors als de la resta d'espècies, mentre que als nou i als dotze mesos els valors s'havien recuperat o, fins i tot, superaven els obtinguts per les altres espècies. Creiem que seria interessant comprovar si aquesta taxa de creixement més elevada que la resta d'espècies es manté en condicions de camp. El fet de presentar una taxa de creixement elevada en els estadis inicials, en condicions de camp, pot ser favorable per competir pels recursos com l'aigua, la llum i/o els nutrients, que sovint són limitants.

D'altra banda, *Q. coccifera* va presentar la taxa de creixement menor, paral·lelament a un menor desenvolupament, tant de la part aèria com de la radicular. Els valors obtinguts per la longitud, el diàmetre i la biomassa de la tija principal van ser inferiors als de les altres espècies. En canvi, es va observar un intens increment del nombre de brots laterals, en concordança amb el nombre de fulles, des dels nou als dotze mesos d'edat. Aquest patró de creixement podria associar-se al fet que *Q. coccifera* és una espècie arbustiva. Els arbusts mostren basitonía (activació gemmes basals), mentre que els arbres, generalment, presenten acrotonía, és a dir, dominància de la gemma apical (Mesléard i Lepart, 1989). D'altra banda, també, s'ha descrit que, amb la rebrotada, en les espècies arbòries s'activen, majoritàriament, les gemmes axil·lars més pròximes a l'àpex, en canvi en les arbustives, són les basals (Steeves i Sussex, 1989). En aquest sentit, i tenint en compte que en l'alzina surera el nombre de brots laterals supera el del garric, seria interessant comprovar si es dona aquesta activació diferent de les gemmes segons la seva posició en la tija.

A les zones amb una marcada estacionalitat, el creixement dels arbres és discontinu al llarg de l'any (Kozłowski, 1971). Concretament, a les regions de clima mediterrani a l'hivern i a l'estiu les plantes sovint veuen limitat el seu creixement i la seva producció a conseqüència de l'estrès hídric i de les temperatures (Rodà *et al.*, 1999). De tota manera, en els ecosistemes mediterranis es considera que el principal factor que influeix en l'activitat de la planta és l'aigua (Castell, 1997; Vilagrosa *et al.*, 1998). En aquest treball, tot i que es va observar, a principis de primavera, una brotada important de les plàntules, amb el consegüent augment del nombre de brots laterals i de fulles, no es va evidenciar una interrupció acusada del creixement al llarg de l'experiència. Possiblement les plàntules van créixer durant tot l'any, perquè es va evitar que estiguessin sotmeses a estrès hídric (condicions controlades de reg). La temperatura mínima també es va regular (mínima > 8°C) i, a més, a l'interior de l'hivernacle la temperatura era lleugerament més elevada que a l'exterior, això podria explicar el lleuger avançament de l'activació de les gemmes. De fet, s'ha descrit que al camp si les condicions hídriques i la temperatura són adequades moltes espècies poden presentar una segona brotada a finals d'estiu o fins i tot a la tardor (per a *Q. suber*, Molinas *et al.*, 1989; per a *Q. ilex*, Gratani, 1996).

La biomassa total de les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* era semblant, si bé presentaven una distribució desigual de la biomassa destinada a la part aèria o a la subterrània. Així, *Q. suber* i *Q. ilex* inverteixen més en biomassa aèria que *Q. coccifera* i *Q. humilis*. Segons Lloret *et al.* (1999a) una baixa relació de biomassa aèria/radicular en espècies mediterrànies pot atribuir-se a una adaptació a la sequera estival. En aquest sentit, s'ha trobat que les espècies xeromòrfiques de *Quercus* tenen una relació BA/BS més baixa que les higromòrfiques (Matsuda *et al.*, 1989). Aquest fet també s'ha evidenciat en individus d'una mateixa espècie que segons les condicions xèriques o mèsiques presenten un sistema radicular més o menys desenvolupat en relació a la part aèria. Així, doncs, el sistema radicular presenta una gran plasticitat davant de les condicions ambientals. Per a *Q. coccifera*, espècie que es localitza en llocs especialment àrids i que està ben adaptada a l'estrès

hídric (Vilagrosa *et al.*, 1998), els valors obtinguts de la relació BA/BS es corresponen amb els descrits en individus adults (Cañellas i San Miguel, 2000). Aquests autors assenyalen que els valors trobats per a *Q. coccifera* són fins i tot més baixos que en d'altres espècies mediterrànies, per això conclouen que és una espècie molt ben adaptada a la sequera extrema. Pel que fa a *Q. ilex* i *Q. suber*, tot i que la relació BA/BR és superior a la trobada per a *Q. coccifera*, la biomassa radicular també és elevada, aproximadament d'1.5 a 2.5 vegades a la part aèria, possiblement perquè es tracta d'espècies esclerofil·les. Ara bé, mentre que els nostres valors de *Q. ilex* es corresponen amb els descrits amb planta adulta per a Canadell i Rodà (1991), els resultats de *Q. suber* difereixen amb els de Caritat *et al.* (1992) en què van trobar que la biomassa radicular era quasi tres vegades inferior a la biomassa aèria. Aquesta diferència tan acusada podria ser deguda al mètode indirecte que utilitzaren per estimar la biomassa radicular o bé que la proporció BA/BS no sigui constant al llarg dels diferents estadis de desenvolupament i, per tant, aquesta augmenti de l'estadi de plàntula a l'estadi adult. En el cas de *Q. humilis*, espècie que pot viure en llocs lleugerament més humits i que d'entrada presenta menys adaptacions a la sequera que *Q. ilex* i *Q. suber*, la relació BA/BS ha estat, curiosament, més baixa que en aquestes últimes.

Les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* van rebrotar a partir de les gemmes cotiledonars en resposta a l'eliminació mecànica de la part aèria, si bé la supervivència va ser inferior a l'esperada. La supervivència de les plàntules de *Q. ilex*, en les dues tala, va ser inferior al 45% i, per les altres espècies, a excepció de la primera tala, va ser d'un 70%. En canvi, en estudis previs realitzats pel nostre grup s'havien trobat valors superiors al 95% per a *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* (Verdaguer *et al.*, 2001). Si es considera que l'edat de les plàntules, les condicions de creixement i el tractament a què van estar sotmeses van ser equivalents per les dues experiències, la mortalitat detectada es podria atribuir a les característiques particulars de les glans. La formació de les llavors i posterior creixement de la nova planta està influenciada per les condicions a què ha estat sotmesa la planta mare (Mayer i

Poljakoff-Mayber, 1989). Per tant, seria interessant valorar si van haver-hi diferències significatives entre les condicions climatològiques dels dos anys en què es van recollir les glans (1996 i 1999) que poguessin haver afectat la qualitat d'aquestes i transcendit en la capacitat de resposta de les plàntules. D'altra banda, aquest treball difereix també de l'estudi de Verdaguer *et al.* (2001), ja que la mortalitat de les plàntules augmenta segons la intervenció en totes les espècies menys en *Q. coccifera*. L'increment de la mortalitat quan es repeteix la intervenció estaria en concordança amb els resultats descrits en altres espècies mediterrànies com *Erica multiflora* L., en què la mortalitat va ser del 80% en tallar per segona vegada les plantes (Vilà i Terradas, 1995a).

Els resultats obtinguts en la primera i en la segona tala van ser similars per a *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, excepte per a *Q. suber*. En aquesta espècie els valors de les variables de la part aèria obtinguts a la segona tala eren sempre més elevats que els de la primera. En nombroses espècies, l'eliminació successiva de la part aèria repercuteix negativament en el vigor (biomassa) dels rebrots, com en el cas de *Q. coccifera* (Papatheodorou *et al.*, 1993). Tanmateix, en *Q. suber* no s'ha observat una disminució del vigor. Verdaguer *et al.* (2001) van descriure resultats semblants i ho atribuïren al fet que és l'única espècie, a diferència de les altres estudiades, que presenta, en l'estadi de plàntula, lignotúber (Molinas i Verdaguer, 1993a i b; vegeu Capítol III). Independentment de la intervenció, els rebrots menys vigorosos corresponen als de les plàntules de *Q. coccifera* i *Q. ilex* i els més vigorosos als de les de *Q. suber*. Si es considera que la mida del sistema hipogeu és significativa pel nombre i la biomassa dels rebrots emesos (Canadell *et al.*, 1991) i la biomassa aèria també esdevé important per la rebrotada (Lloret i López-Soria, 1993) aquest poc vigor dels rebrots es podria atribuir a un menor desenvolupament de les plàntules de garric i d'alzina abans de tallar (valors de biomassa aèria i radicular més baixos). Així mateix, la major potència de la rebrotada observada en les plàntules de *Q. suber* es podria correspondre, d'entrada, amb una biomassa aèria i radicular superior de les seves plàntules.



Les plàntules de *Q. suber* tot i presentar en el nus cotiledonar més gemmes que les altres espècies (vegeu Capítol III) (Pascual *et al.*, 2002), el nombre de rebrots emesos no superava als d'aquestes. Possiblement el nombre de rebrots no era més elevat perquè, igual que succeeix en les tiges primàries de les espècies arbòries, l'activació de les gemmes apicals comporta la inhibició total o parcial de les que estan situades més basalment (Iglesia, 1992). A més s'ha de tenir en compte que la maduració de les gemmes es dona en sentit basípeta, és a dir, les gemmes més properes al sòl són les que presenten un major desenvolupament (Verdaguer *et al.*, 2001). Per tant davant d'una pertorbació rebrotaran les gemmes localitzades a prop del sòl. En individus adults d'*Arbutus unedo* es va constatar que no s'activen totes les gemmes del lignotúber i es va relacionar amb la presència d'algun factor de regulació intern (Vilà *et al.*, 1994). En aquest sentit, també s'ha descrit en individus *Q. coccifera* fenòmens de competència pels recursos entre els rebrots (Papatheodorou *et al.*, 1993). Possiblement en les plàntules de *Q. suber* també es doni aquest tipus de fenòmens de competència en un mateix individu i per tant a la planta li interessa que només rebrotin un cert nombre de gemmes. Tot plegat explicaria perquè tan sols s'activen algunes de les gemmes del nus cotiledonar i, amb preferència, les localitzades més superficialment.

### 3. INTRODUCCIÓ

Al nord-est de la península Ibèrica, les espècies esclerofil·les mediterrànies *Quercus coccifera*, *Q. ilex* i *Q. suber* i la caducifòlia submediterrània, *Q. humilis* es troben àmpliament distribuïdes i formen grans extensions forestals. A la conca Mediterrània aquestes espècies sovint s'utilitzen per a reforestar zones degradades. Els individus madurs d'aquestes espècies responen favorablement a les pertorbacions més freqüents de les zones de clima mediterrani (el foc, la tala i l'herbivoria), mostrant una elevada capacitat de rebrotada a partir del sistema hipogeu (Di Pasquale i Garfi, 1998 per *Q. humilis*; Gratini i Amadori, 1991; Ducrey i Turrel, 1992; López-Soria i Castell, 1992; Retana *et al.*, 1992; i Fuente *et al.*, 1997 per *Q. ilex*; Pausas, 1997 per *Q. suber*; Trabaud, 1987b per *Q. ilex* i *Q. suber*; i Malanson i Trabaud, 1988 per *Q. coccifera*, entre altres).

Malgrat que aquestes espècies són clarament rebrotadores en l'estadi adult, en els ecosistemes amb freqüents pertorbacions una de les principals limitacions de la reforestació i el recobriment natural és l'establiment de la plàntula (Kozłowski *et al.*, 1991; Weltzin *et al.*, 1998; Retana *et al.*, 1999). Així per exemple, en els alzinars del nord-est de la península Ibèrica les dues principals pertorbacions que afecten al creixement de la plàntula són la tala i el foc (Retana *et al.*, 1999). A més, convé destacar que els processos que intervenen durant la formació de la llavor, la plàntula i les fases juvenils són importants per entendre els patrons de dinàmica i successió de les comunitats vegetals (Grime i Hillier, 1992).

Atesa la falta d'informació sobre el desenvolupament dels individus joves d'aquestes espècies, vam creure interessant estudiar els trets morfològics que els permeten, en l'estadi de plàntula, la regeneració sota condicions adverses. Aquests estudis poden afavorir el desenvolupament d'estratègies en silvicultura i en conseqüència repercutir en la millora de la reforestació.

Per a *Q. suber* Molinas i Verdaguer (1993a i b) van descriure l'ontogènia de la regió cotiledonar o zona de transició tija-arrel. Les plàntules de surera presenten plaques de gemmes cotiledonars al llarg de la zona de transició que, en desenvolupar-se, queda enterrada al sòl, i on, a més, s'hi acumula midó, per això es va considerar aquesta regió com un veritable lignotúber. També es va estudiar el paper del nus cotiledonar en la producció de noves tiges després d'una pertorbació en plàntules de *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* (Verdaguer *et al.*, 2001). En eliminar la biomassa aèria per sobre dels cotilèdons, totes tres espècies rebrotaven, però quan es talava per sota d'aquests només sobreviuen les plàntules de *Q. suber*. Basat en aquestes observacions i considerant la importància atribuïda al nus cotiledonar en la formació d'estructures anatòmiques relacionades amb la rebrotada (Kauppi *et al.*, 1987; Del Tredici, 1992; Graham *et al.*, 1998; Mibus i Sedgley, 2000), es va decidir d'estudiar el desenvolupament del nus cotiledonar de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* i identificar l'origen dels rebrots en aquestes espècies.

Així, en aquest treball s'examina l'anatomia del nus cotiledonar de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* des de l'embrió fins a plàntules de sis mesos d'edat, dedicant especial atenció a l'estudi del desenvolupament de les gemmes situades en les axil·les dels cotilèdons i en la seva connexió vascular. Els resultats es discutiran comparant-los amb l'embrió i la plàntula de *Q. suber*. Creiem que aquest estudi contribuirà a establir una base per a posteriors treballs sobre la reproducció vegetativa d'espècies del gènere *Quercus*.

### **3. MATERIAL I MÈTODES**

#### **3.1. MATERIAL BIOLÒGIC**

##### **3.1.1. Glans**

Les glans de *Quercus coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* procedien de garrigues, rouredes i alzinars, respectivament, ubicats a la comarca del Baix Empordà (Girona, NE Espanya). Es van escollir zones on les espècies motiu d'estudi fossin dominants ja que el gènere *Quercus* presenta una elevada freqüència d'hibridació. Les glans de garric es van recol·lectar al massís del Montgrí, i les d'alzina i de roure martinenc a la zona de Castell d'Empordà dins el terme municipal de la Bisbal d'Empordà.

La recol·lecció es va portar a terme des de finals d'octubre fins a principis de novembre dels anys 1996 i 1997. Es discriminaren aquelles glans que presentaven alguna alteració física aparent.

Per tal de disposar de glans viables durant tot l'any, es conservaren a la cambra frigorífica a 4°C, amb una humitat elevada i una bona ventilació.

##### **3.1.2. Plàntules**

Les plàntules de garric, alzina i roure martinenc de menys d'un any d'edat es van obtenir sembrant glans en safates de 29x24x17 cm i en testos de 23.5 cm de diàmetre i 30 cm de profunditat. El substrat utilitzat va ser un preparat universal per a jardineria ric en matèria orgànica. Les glans se sembraren horitzontalment respecte la línia del sòl, lleugerament enterrades (Làmina I fig. 2). Les plàntules crescudes en safates es van mantenir en el laboratori, a una temperatura de 19-25°C i amb irrigació controlada (reg setmanal durant l'hivern i la tardor i dues vegades per setmana durant la primavera i l'estiu).

Les plàntules que creixien en testos (Làmina I fig. 4) es van mantenir a l'exterior, a temperatura ambient i amb reg controlat (quinzenal durant l'hivern i la tardor i setmanal durant l'estiu i la primavera).

Algunes plantes de mig any foren cedides per l'empresa Bioriza (Cornellà de Terri) (Làmina I fig. 3). Aquestes es van mantenir a l'exterior a temperatura ambient i amb irrigació controlada (quatre vegades per setmana en estar plantades en recipients de poca capacitat).

## **3.2. MICROSCÒPIA ÒPTICA**

### **3.2.1. Obtenció de les mostres**

#### **EMBRIONS**

Per a l'obtenció d'embrions de garric, alzina i roure martinenc, es van dissecionar glans utilitzant una lupa binocular (Wild M420).

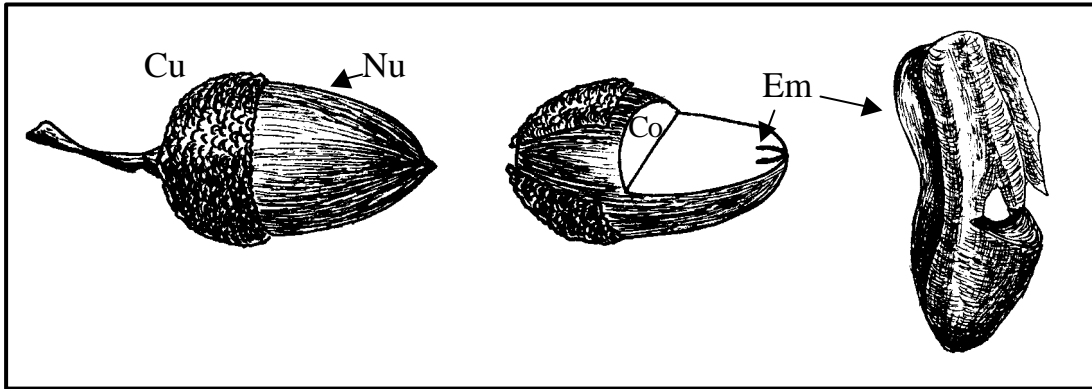
La dissecció es va realitzar de la següent manera: primer es treia la cúpula i la núcula, de manera que els cotilèdons quedaven al descobert (Esquema 3.2.1). Després, amb un bisturí se seccionava transversalment la llavor. La meitat de la gla amb l'embrió es van fer seccions fins a observar els pecíols cotiledonars i l'altra meitat es va llençar. Posteriorment amb unes pinces es van separar els pecíols cotiledonars dels cotilèdons, a fi d'obtenir l'embrió (Esquema 3.2.1 i Làmina I fig. 1). Tot seguit, l'embrió es fixava per evitar-ne l'oxidació i el deteriorament dels teixits (Vegeu apartat 3.2.2).

#### **PLÀNTULES**

Per a estudiar la regió cotiledonar de plàntules en diferents estadis de desenvolupament es van utilitzar exemplars d'una setmana, de cinc a sis setmanes i de sis mesos de creixement. D'aquests exemplars es van obtenir, amb l'ajuda de la

lupa binocular i d'un bisturí, fragments de la regió cotiledonar, de l'arrel i de la tija d'uns 18-40 mm<sup>3</sup> de volum. Les mostres es van conservar en solució fixadora.

**ESQUEMA 3.2.1.** Esquema d'una gla madura i d'una gla seccionada on es distingeixen els dos cotilèdons i l'embrió. Co: Cotiledó; Cu: Cúpula; Em: Embrió; Nu: Núcula. (Il·lustracions Mònica Marull).



### 3.2.2. Fixació

Per fixar les mostres d'embrions i seccions de plàntules es va utilitzar formaldehid al 4% en PBS a pH 7.5, o bé, formol al 4% tamponat amb CaCO<sub>3</sub> (formol creta) a pH 7. La fixació es va dur a terme a temperatura ambient i les mostres es van mantenir en solució fixadora un mínim de 48 hores. Per tal de facilitar l'intercanvi de líquids i afavorir la penetració del fixador en els teixits, les mostres se sotmeteren a un buit suau.

### 3.2.3. Deshidratació

Les mostres es van deshidratar segons la següent sèrie isopropílica fins a butanol:

- 1- Alcohol isopropílic 70% (24 hores)
- 2- Alcohol isopropílic 80% (12 hores)
- 3- Alcohol isopropílic 96% (3 canvis de 2 hores)
- 4- Alcohol isopropílic 100% (4 canvis de 30 minuts)
- 5- 2/3 Alcohol isopropílic i 1/3 butanol (12 hores)

6- 1/2 Alcohol isopropílic i 1/2 butanol (2 hores)

7- Butanol 100% (1 hora)

Les mostres es van mantenir dins la campana de buit a un buit suau.

### **3.3.4. Inclusió en glicol metacrilat (GMA)**

Es va utilitzar la tècnica del glicol metacrilat (GMA) (Bonet i Molinas, 1983) perquè permet d'aconseguir talls molt fins, a l'entorn de 2 µm, es poden processar peces grans i, gràcies a la hidrofília del GMA, es poden aplicar directament colorants en solució aquosa sense desplastificar ni rehidratar.

La inclusió en GMA es pot realitzar de dues maneres: inclusió per polimerització a 60°C o inclusió per polimerització en fred. En aquest treball es va optar per a aquesta darrera via, ja que és més ràpida.

#### **Inclusió per polimerització en fred**

Solucions:

1.-Solució infiltradora

2-hidroxietil metacrilat (GMA) -monòmer-, 80 ml

2-butoxietanol -regulador-, 8 ml

benzoil peròxid -polimeritzador-, 0.5 g

2.-Solució promotora

polietilenglicol 400 -plastificant-, 8 ml

N,N-dimetil anilina -accelerador-, 1 ml

Protocol:

1- Les mostres deshidratades es van transferir en la solució infiltradora, fent dos canvis de 12 hores cadascun a temperatura ambient.

2- Es va barrejar la solució infiltradora amb la promotora en una proporció de 42 a 1, en un bany de gel durant uns 20 minuts. Aquesta proporció és variable, en funció del tipus de polimerització. Una proporció de 50 a 1 implica una polimerització més lenta i serà l'adequada per blocs durs. Per contra, en blocs més tous la proporció més apropiada serà de 50 a 1.5, perquè la polimerització es produeix més ràpidament. S'ha d'evitar el contacte de la barreja amb l'oxigen, ja que aquest impedeix una bona polimerització.

3- Tot seguit es disposaren les mostres en recipients de plàstic d'1 ml de volum i de fons pla (polietilè, TAAB) -orientant-les segons el pla en què es volien tallar- i s'hi va injectar la barreja anterior.

La polimerització es va fer a 4°C, col·locant els recipients a la nevera. La inclusió finalitzava aproximadament al cap d'unes 5 hores.

### **3.2.5. Microtomia**

Els blocs de GMA es van seccionar en un micròtom Autocut 1150 Reichert-Jung. Els talls tenien de 3 a 5 µm de gruix.

### **3.2.6. Tincions**

L'aplicació de colorants per a les seccions obtingudes al micròtom es va realitzar en solució aquosa.

Les tincions utilitzades van ser les següents:

Tinció metacromàtica:

**Blau de toluïdina:**

Reactius: Blau de toluïdina (CI No. 52040) al 0.5% en aigua destil·lada.



Protocol:

1- tenyir amb blau de toluïdina uns 10 segons; 2- rentar amb aigua destil·lada abundant; 3- assecar i muntar la mostra.

Resultats: Nucli -blau intens; Lignina -verd; Citoplasma -blau verdós; Cel·lulosa -blau; àcids pèctics -vermell.

Tinció histoquímica:

**PA-Schiff:**

Reactius: Àcid periòdic ( $\text{HIO}_4$ ) a l'1% en aigua destil·lada amb una gota d'àcid nítric ( $\text{HNO}_3$ ) i reactiu de Schiff (Merck 9033).

Protocol:

1- oxidar amb àcid periòdic durant 10 minuts; 2- rentar amb aigua destil·lada; 3- tenyir amb reactiu de Schiff 15 minuts; 4- rentar amb aigua abundant; 5- assecar i muntar la mostra.

Resultats: Polisacàrids -vermell porpra

**PA-Schiff amb blau de toluïdina:**

Reactius: Àcid periòdic a l'1% en aigua destil·lada amb una gota d'àcid nítric ( $\text{HNO}_3$ ), reactiu de Schiff i blau de toluïdina al 0.5% en aigua destil·lada.

Protocol:

1- oxidar amb àcid periòdic durant 10 minuts; 2- rentar amb aigua destil·lada; 3- tenyir amb reactiu de Schiff 15 minuts; 4- rentar amb aigua abundant; 5- tenyir amb blau de toluïdina uns 10 segons; 6- rentar amb aigua destil·lada abundant; 7- assecar i muntar la mostra.

Resultats: Paret cel·lular i grànuls de midó –vermell porpra; Nucli -blau intens;  
Resta d'estructures –blau.

### **3.2.7. Observació i fotografia**

Les mostres es van observar en un microscopi òptic VANOX (Olympus). Per a la fotografia en color es va utilitzar un filtre LBD, pel·lícules Elite II (llum de dia) i Ektachrome 160T (tungstè) i per a la fotografia en blanc i negre, un filtre verd IF 550 i pel·lícules Kodak T MAX 100 ASA.

## **3.3. MICROSCÒPIA ELECTRÒNICA DE RASTREIG**

### **3.3.1. Fixació**

Les mostres es van fixar en formaldehid al 4% en PBS a pH 7 o bé en formol al 4% tamponat amb  $\text{CaCO}_3$  a pH 7 (formol creta). És recomanable utilitzar el formaldehid en PBS perquè amb el formol creta poden quedar cristalls de carbonat càlcic a la superfície de la mostra.

### **3.3.2. Deshidratació**

Les mostres es van deshidratar segons la següent sèrie etanòlica:

- 1- Etanol 30% (2 canvis de 2 hores)
- 2- Etanol 50% (2 canvis de 3 hores)
- 3- Etanol 70% (2 canvis de 6 hores)
- 4- Etanol 90% (2 canvis de 30 minuts)
- 5- Etanol 96% (2 canvis de 30 minuts)
- 6- Etanol absolut ( 3 canvis de 15 minuts)

Les mostres es van mantenir sempre dins la campana de buit, amb un buit suau.

### **3.3.3. Assecament per punt crític i recobriment**

Les mostres es van assecar en un assecador de punt crític de CO<sub>2</sub> (Emitech K850). Aquestes es van recobrir en or seguint el mètode Sputtering Emitech K550 i muntar en portamostres amb plata coloidal (Acheson 1415 Electrodag).

### **3.3.4. Observació i fotografia**

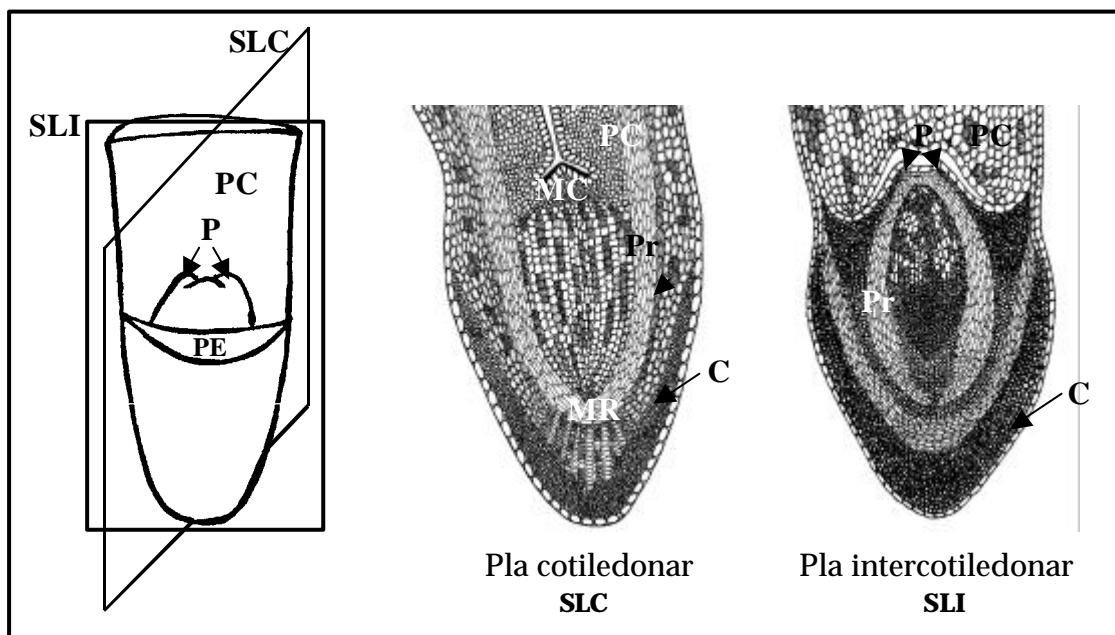
Les observacions es van realitzar en un microscopi electrònic de rastreig Zeiss DSM 960A del Servei de Microscòpia de la Universitat de Girona.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Embrions madurs

En els embrions es distingeixen un pla transversal i dos plans longitudinals (Esquema 3.1): el pla intercotiledonar corresponent al pla longitudinal que passa a través de l'embrió i entre els dos cotilèdons, i el pla cotiledonar que és el pla longitudinal perpendicular a l'anterior (Hayden, 1988).

**ESQUEMA 3.1.** Dibuixos d'un embrió madur on es distingeixen els dos plans longitudinals, el pla cotiledonar i el pla intercotiledonar (Il·lustracions Cèlia Izquierdo). **C:** Caliptra; **MC:** Meristema caulinar; **MR:** Meristema radicular; **P:** Pecíol cotiledonar; **PE:** Restes de teixit del pecíol cotiledonar; **Pr:** Procàmbium; **SLC:** Secció longitudinal cotiledonar; **SLI:** Secció longitudinal intercotiledonar.



En els embrions madurs de *Quercus humilis* s'evidenciaven un parell de gemmes incipients a les axil·les dels cotilèdons (Làmina II, fig. 1, 2). Les seccions longitudinals a través dels cotilèdons, pla cotiledonar, van mostrar que l'àpex caulinar tenia un parell de primordis foliars ben desenvolupats i una gemma a cada axil·la cotiledonar. Aquestes eren d'origen exogen, ja que es formaven a partir de les capes externes de l'eix embrionari a la base de l'epicòtil (Làmina II, fig. 2). En

seccions transversals, aquestes gemmes presentaven forma ovalada, com s'observa a la Làmina II (fig. 3).

Els embrions de glans madures de *Q. ilex* i *Q. coccifera* estaven menys desenvolupats i, en ambdues espècies, presentaven un meristema caulinar pla o en forma de dom amb dos primordis foliars incipients (Làmina II, fig. 4-8). Les gemmes axil·lars cotiledonars no estaven encara desenvolupades (Làmina II, fig. 4-7).

Quant al teixit provascular de l'embrió, les tres espècies de *Quercus* mostraven un patró de desenvolupament similar. En les seccions longitudinals cotiledonars, els feixos procambials eren continus des del meristema radicular fins als pecíols cotiledonars (Làmina II, fig. 2, 6, 7). En les seccions longitudinals realitzades entre els cotilèdons (pla intercotiledonar) els feixos procambials eren continus entre els dos meristemes, el caulinar i el radicular (Làmina II, fig. 8, 9). Encara que el patró vascular de l'embrió era semblant en les tres espècies, les seccions transversals revelaven una diferència en els feixos dels pecíols cotiledonars. El nombre de feixos cotiledonars, tant els laterals com els medians, diferia en les tres espècies i, fins i tot, en una mateixa espècie. Els feixos laterals s'originaven a partir de dos feixos situats en el pla intercotiledonar i els feixos medians a partir d'un feix situat en el pla cotiledonar i es ramificaven només una vegada o bé cap (Làmina III, fig. 10-21). Els feixos cotiledonars maduraven abans que la diferenciació del teixit vascular de l'eix de l'embrió tingués lloc.

Per sobre la zona d'inserció dels pecíols cotiledonars, l'epicòtil quedava situat entre els dos pecíols i en aquest s'observava el cilindre provascular buit. Just per sota, els feixos dels pecíols es començaven a fusionar amb el teixit provascular de l'eix embrionari (Làmina III, fig. 13). Sota la zona d'inserció dels pecíols el teixit d'aquests es fusionava amb el de l'eix embrionari i el cilindre provascular de l'eix s'interrompia per la presència dels feixos cotiledonars laterals i medians (Làmina III, fig. 16-18). Uns 0.3-0.5 mm per sota la zona d'inserció el teixit vascular hipocòtil-arrel formava un cilindre provascular buit (Làmina III, fig. 19-21) que esdevenia més compacte en seccions properes al meristema radicular.

## 3.2. Plàntules

### 3.2.1. Germinació i plàntules d'una setmana d'edat

La germinació s'iniciava amb la protrusió de la radícula en elongar-se els peciols cotiledonars. La radícula creixia i penetrava en el sòl. En les glans germinades de les tres espècies els peciols cotiledonars mesuraven uns 8.5 mm de longitud i la radícula uns 8 mm. L'hipocòtil quasi no s'allargava i l'epicòtil restava protegit pels peciols cotiledonars. L'epicòtil mostrava diferències en el desenvolupament dels primordis foliars segons l'espècie (Làmina IV, fig. 22-24). Les gemmes cotiledonars encara no s'observaven en cap de les glans germinades de *Q. coccifera* ni de *Q. ilex* (Làmina IV, fig. 23, 24).

Una setmana després de la germinació, les plàntules havien desenvolupat una arrel de 3 cm de longitud i l'epicòtil encara estava protegit pels peciols cotiledonars. L'epicòtil de *Q. humilis* mesurava uns 2.5 mm de longitud i estava format per tres o més primordis foliars, un meristema caulinar i una tija curta amb alguns tricomes (Làmina IV, fig. 25, 26). Les gemmes cotiledonars tenien d'un a dos parells de primordis foliars i diversos tricomes (Làmina IV, fig. 25, 27). Seccions transversals seriades mostraven una incipient connexió vascular entre la gemma cotiledonar i el cilindre provascular axial (Làmina IV, fig. 28). L'epicòtil de *Q. coccifera* i *Q. ilex* tenia 1 mm de llargària i presentava dos primordis foliars incipients amb simetria dorsiventral. A la base de l'epicòtil, les gemmes cotiledonars eren visibles per primera vegada (Làmina IV, fig. 29-31) i es presentaven com una protuberància de cèl·lules indiferenciades i tenyides densament. Aquestes s'originaven exògenament com en el cas de *Q. humilis* (Làmina IV, fig. 31). En algunes plàntules de *Q. coccifera* i *Q. ilex*, les gemmes axil·lars dels cotilèdons es desenvolupaven a partir de les capes més externes del teixit cotiledonar en lloc de fer-ho a partir del teixit de l'eix embrionari (Làmina IV, fig. 30). Aquestes gemmes les vam anomenar adventícies per diferenciar-les de les gemmes cotiledonars.

### 3.2.2. Plàntules de 5-6 setmanes d'edat

Després de 5 o 6 setmanes de la germinació, les plàntules presentaven una arrel d'uns 19 cm de longitud i una tija d'uns 5 cm. La zona del nus cotiledonar mesurava a l'entorn d'1 mm de longitud en el cas de *Q. ilex* i de *Q. coccifera* i uns 4 mm en el de *Q. humilis*. La regió cotiledonar de *Q. humilis* era ben visible, ja que els dos pecíols formaven un anell blanquinós que envoltava la base de la tija (Làmina V, fig. 32).

Les gemmes cotiledonars de les tres espècies continuaven desenvolupant-se donant lloc a una gemma principal amb dos o tres primordis foliars i amb dos o tres esquames protectores riques en tanins (Làmina V, fig. 33-36). A cada costat de la base de la gemma principal es desenvolupaven, a partir del teixit cortical, una o més gemmes accessòries formant plaques (Làmina V, fig. 33, 35, 36).

Les gemmes adventícies originades a partir del teixit cotiledonar de *Q. coccifera* i *Q. ilex* s'assemblaven a les formades a partir del teixit embrionari i mostraven un meristema ben desenvolupat (Làmina V, fig. 37).

A mesura que el desenvolupament de la plàntula avançava, la regió cotiledonar o zona de transició tija-arrel es tornava més llenyosa, perquè tenia lloc el creixement secundari: primer la formació del cambium i després del fel·logen (Làmina V, fig. 33, 35-37).

### 3.2.3. Plàntules de 6 mesos d'edat

Les plàntules tenien una arrel de 40-70 cm i una tija de 15-20 cm de longitud. La regió cotiledonar de *Q. humilis* era més gruixuda, a diferència de *Q. coccifera* i *Q. ilex*, que la tija i l'arrel.

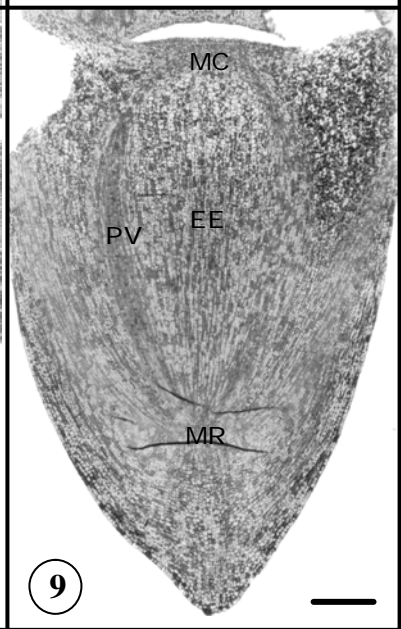
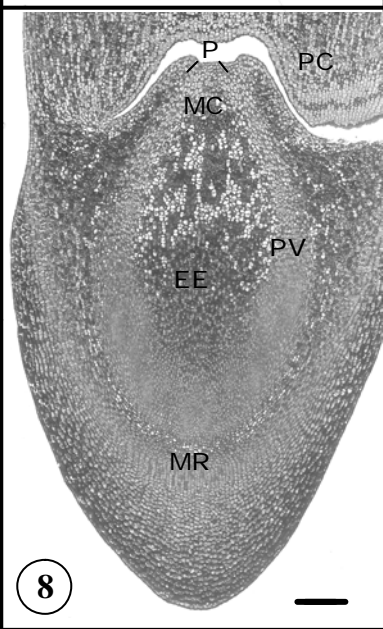
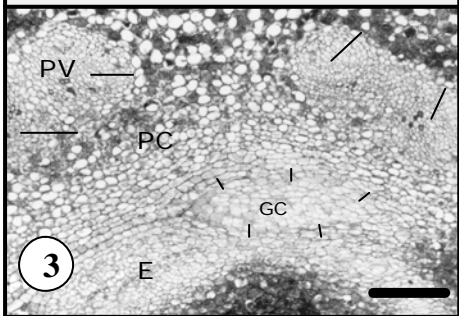
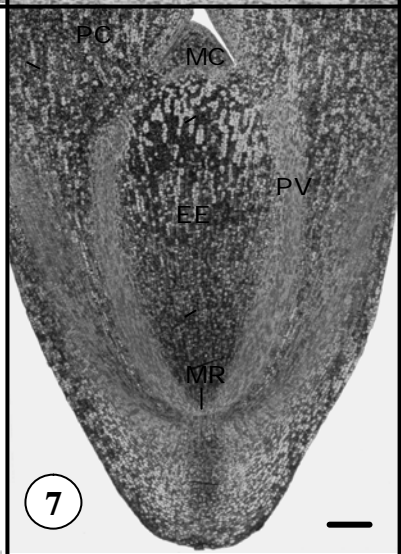
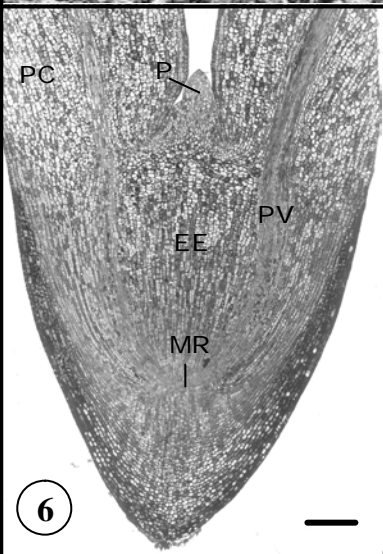
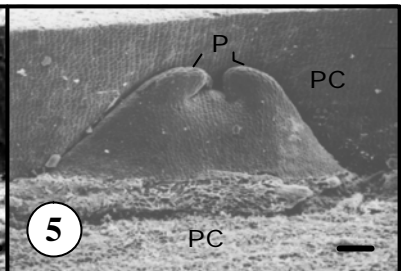
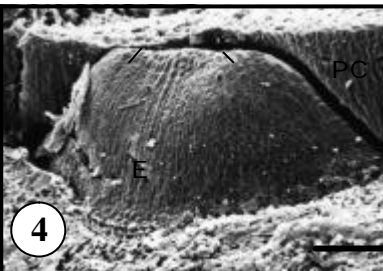
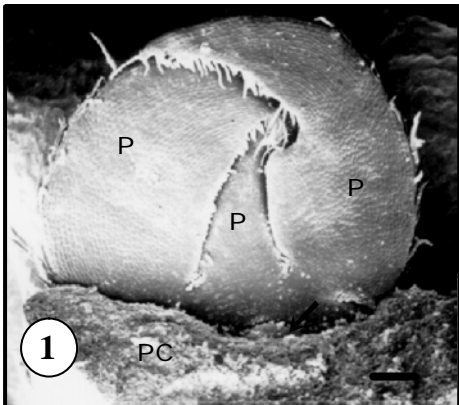
En les tres espècies la proliferació exògena de gemmes cotiledonars produïa plaques de més de tres gemmes formades per la gemma cotiledonar principal o primària i diverses gemmes accessòries en diferents estats de desenvolupament (Làmina VI, fig. 38-42). Aquestes plaques estaven, sovint, protegides pels peciols cotiledonars (Làmina VI, fig. 41), no quedaven mai englobades ni pel teixit parenquimàtic ni per la peridermis (Làmina VI, fig. 38-42). Les gemmes accessòries tenien de dos a tres parells de primordis foliars i algunes esquames atrofiades (Làmina VI, fig. 38, 39-42). Les esquames eren riques en tanins i presentaven alguns tricomes. En aquest estadi, la connexió del teixit vascular de les gemmes amb el cilindre vascular central estava completament establerta (Làmina VI, fig. 40) i era possible distingir alguns elements madurs del xilema i del floema. La connexió vascular secundària s'establia posteriorment a conseqüència de l'activitat de les cèl·lules cambials. En les tres espècies, les cèl·lules de la medul·la, del xilema parenquimàtic i dels radis uniseriats contenien grànuls de midó.

Les observacions dutes a terme en individus crescuts al camp i en arbres de 2 a 3 anys d'edat de *Q. coccifera* i *Q. ilex* no ens van permetre de distingir cap protuberància a la base de la tija o a la part superior de l'arrel, ni la producció d'abundants plaques de gemmes. Només en *Q. humilis* el primer entrenús era lleugerament més gruixut que la tija i s'hi observava la formació d'algunes gemmes epicotiledonars i arrels adventícies (Làmina VI, fig. 43).





**LÀMINA I.** Figs. 1-4. Embrió de *Q. ilex* i plàntules de *Q. coccifera*. **1.** Embrió de *Q. ilex*. Després d'entetirar un pecíol cotiledonar, es pot observar l'epicòtil amb els dos primordis foliars. **2.** Plàntules de *Q. coccifera* crescudes en una safata a condicions controlades de temperatura i de reg. **3.** Plàntula de *Q. coccifera* de mig any d'edat crescuda en condicions d'hivernacle a l'empresa Bioriza. **4.** Plàntula de *Q. coccifera* crescuda en una cubeta a condicions naturals.



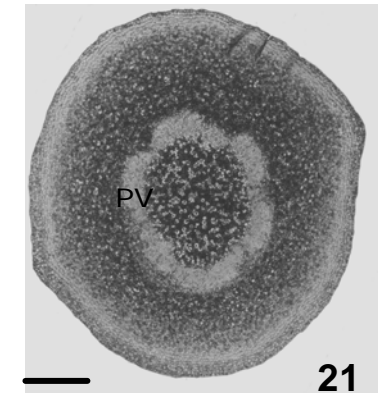
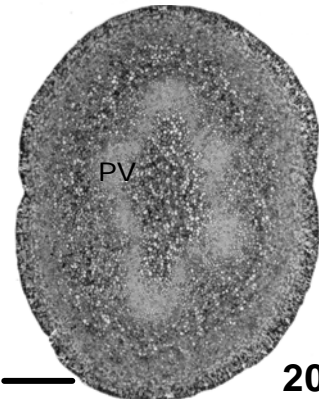
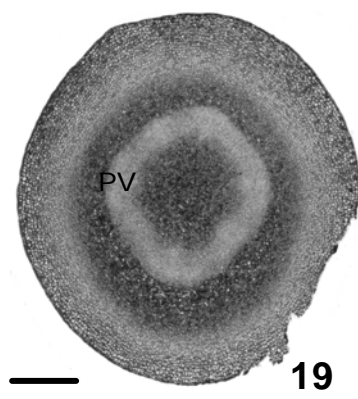
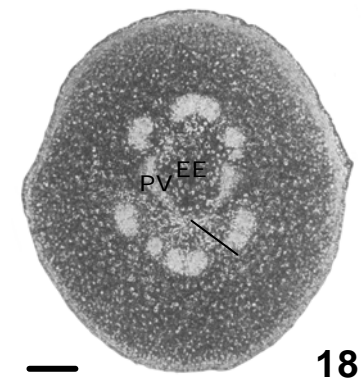
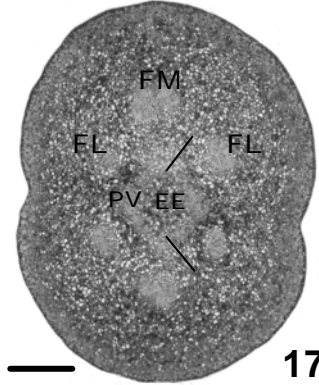
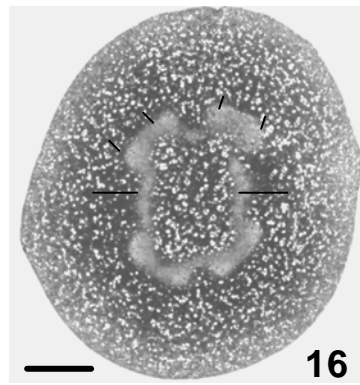
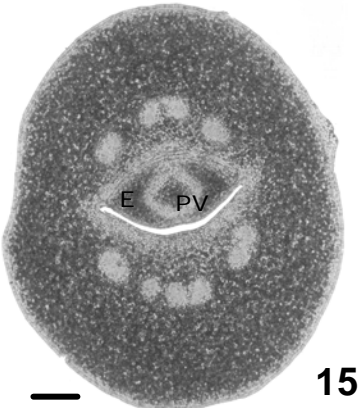
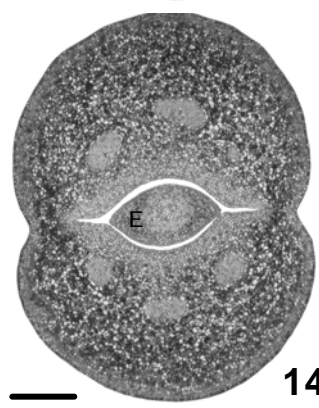
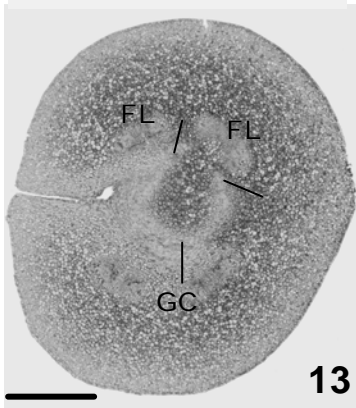
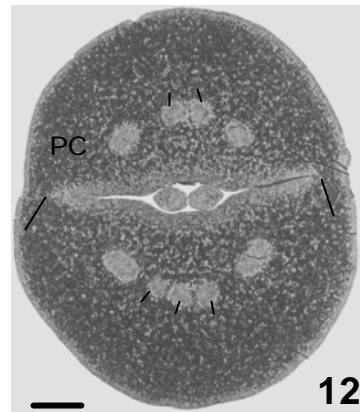
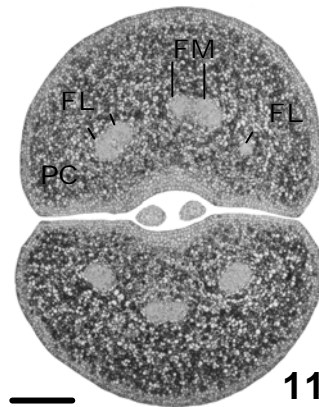
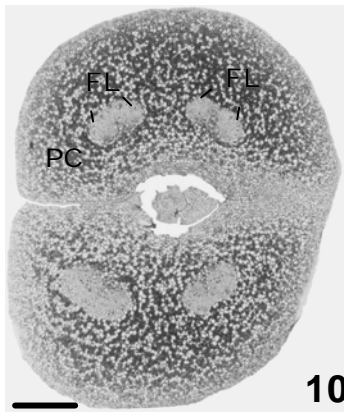
***Làmina II***

**LÀMINA II.** Figs. 1-9. Embrions madurs. Figs. 1, 2, 3 *Quercus humilis* Figs. 4, 6, 8. *Q. coccifera*. Figs. 5, 7, 9. *Q. ilex*. Les Figs. 2, 6, 7 corresponen a seccions longitudinals cotiledonars quasi medials i les Figs. 8-9 seccions longitudinals intercotiledonars quasi medials. **1.** Imatge al SEM de l'epicòtil on s'observen tres primordis foliars. A l'axil·la dels pecíols cotiledonars es veu una petita protuberància que correspon a la gemma cotiledonar (fletxa). **2.** Secció longitudinal quasi medial on en cada axil·la dels pecíols cotiledonars es presenta una gemma en desenvolupament (cap de fletxa). Els feixos cotiledonars provasculars són continus des del meristema radicular fins als pecíols cotiledonars. **3.** Secció transversal de la gemma cotiledonar. El primordi de la gemma es distingeix com un grup, de forma ovalada, de cèl·lules amb un dens citoplasma (caps de fletxa). En el pecíol cotiledonar situat a sobre de la gemma són visibles quatre feixos laterals. **4.** Imatge al SEM on s'observa l'epicòtil amb un meristema caulinar en forma de dom i amb dues suaus protuberàncies corresponents al primer parell de primordis foliars (caps de fletxa). **5.** Imatge al SEM dels primers primordis foliars arquejats sobre l'àpex. **6.** L'epicòtil presenta un primordi foliar. El teixit procambial és continu des del meristema radicular fins als pecíols cotiledonars. Observeu els grànuls de midó en les cèl·lules de l'eix embrionari i del teixit cotiledonar. **7.** L'epicòtil mostra un meristema caulinar en forma de dom. Als pecíols cotiledonars i a les cèl·lules parenquimàtiques de l'eix embrionari, pròximes al meristema radicular, es distingeixen grànuls de midó (caps de fletxa). **8.** Els primers primordis foliars estan arquejats sobre l'àpex. El teixit provascular forma un cilindre que connecta ambdós meristemes apicals. **9.** La superfície del meristema caulinar és pràcticament plana. Figs. 2-3, 6, 8, 9. PA-Schiff amb blau de toluídina i la Fig. 7 PA-Schiff. Barra=100 µm en Figs. 3-5, Barra=200 µm en Figs. 1, 2 i Barra=250 µm en Figs. 6-9.

**Abreviatures:**

E, epicòtil; EE, eix embrionari; GC, gemma cotiledonar; MC, meristema caulinar; MR, meristema radicular; P, primordi foliar; PC, pecíol cotiledonar; PV, teixit provascular; SEM, microscopi electrònic de rastreig.





***Làmina III***

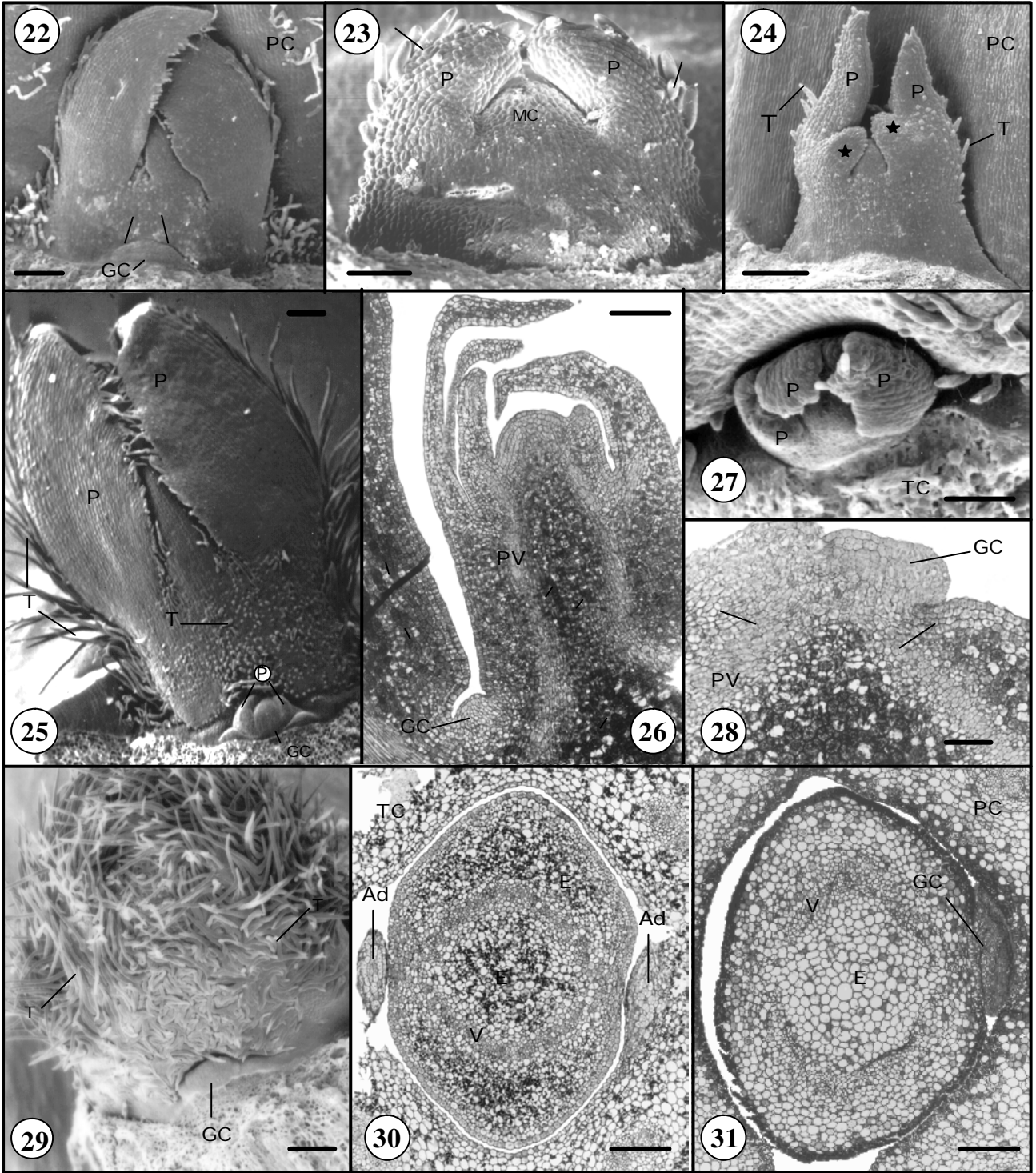
**LÀMINA III.** Figs. 10-21. Seccions transversals realitzades a diferents nivells dels embrions tenyides amb PA-Schiff i blau de toluïdina. Figs. 10, 13, 16, 19 *Q. humilis*. Figs. 11, 14, 17, 20. *Q. coccifera*. Figs. 12, 15, 18, 21. *Q. ilex*. Figs. 10-12. Seccions a través dels primordis foliars. Figs. 13-15. Seccions a nivell de l'epicòtil. Figs. 16-18. Seccions pròximes a la meitat de l'eix embrionari. Figs. 19-21. Seccions quasi a nivell del meristema radicular. **10.** Observeu els dos pecíols cotiledonars quasi fusionats. Cada pecíol cotiledonar presenta quatre feixos laterals disposats dos a dos, i cap feix cotiledonar. **11.** A cada pecíol es distingeixen dos o tres feixos laterals i dos feixos cotiledonars medians. **12.** Els dos pecíols cotiledonars estan pràcticament fusionats (fletxes). Observeu els tres feixos cotiledonars medians d'un pecíol i només els dos de l'altre. **13.** Els feixos cotiledonars es comencen a fusionar amb el teixit vascular de l'eix embrionari. Vegeu un grup de cèl·lules amb un dens citoplasma que correspon a la gemma cotiledonar. **14.** Es pot distingir el cilindre vascular continu de l'eix embrionari. **15.** Igual que la Fig. 14. **16.** El teixit cotiledonar està completament fusionat amb el teixit vascular de l'eix embrionari. Els feixos cotiledonars laterals estan semifusionats amb el teixit vascular de l'eix embrionari (fletxes). **17.** Els feixos cotiledonars encara no estan fusionats amb el teixit procambial de l'eix embrionari. El cilindre vascular de l'eix embrionari és discontinu pel pla cotiledonar (fletxes). **18.** Igual que la Fig. 17. **19.** Secció on es veu el cilindre provascular. **20.** El mateix que la Fig. 19. **21.** Igual que la Fig. 19. Barra= 300 µm.

**Abreviatures:**

E, epicòtil; EE, eix embrionari; GC, gemma cotiledonar; FL, feixos cotiledonars laterals; FM, feixos cotiledonars medians; PC, pecíol cotiledonar; PV, teixit provascular.





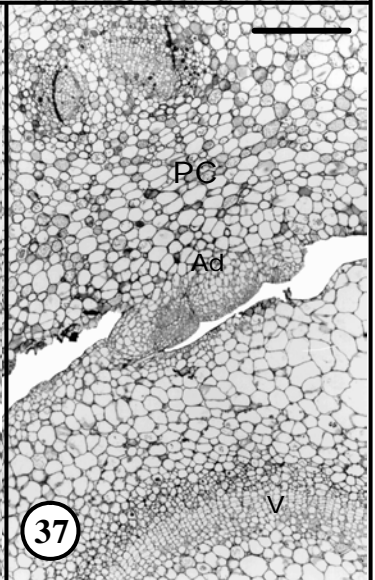
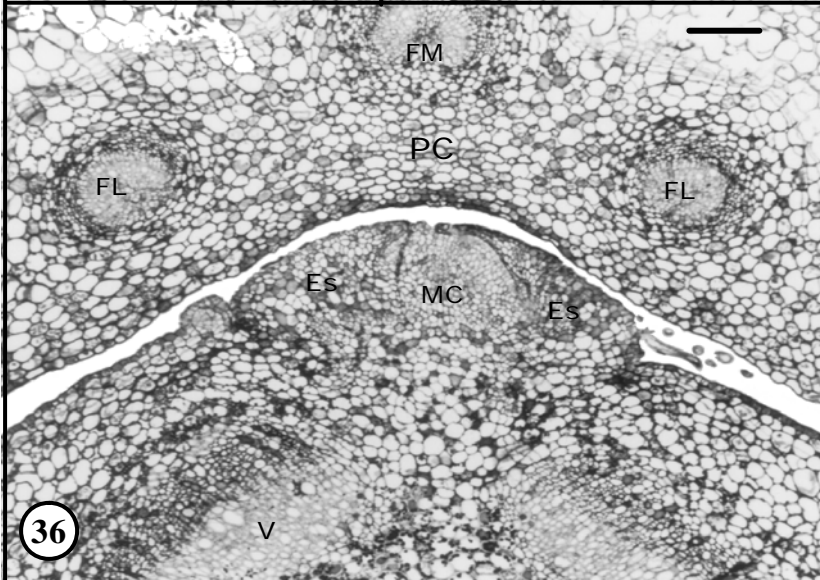
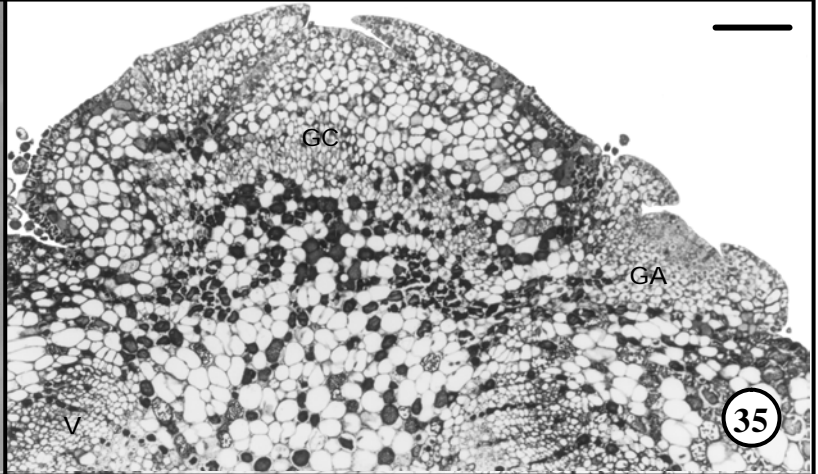
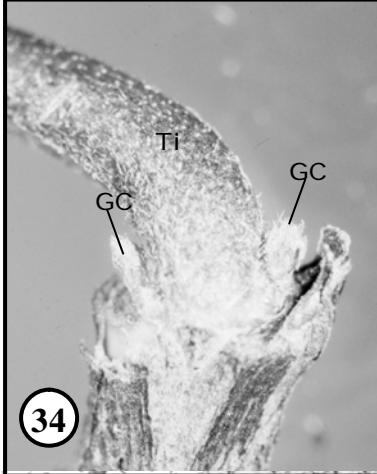
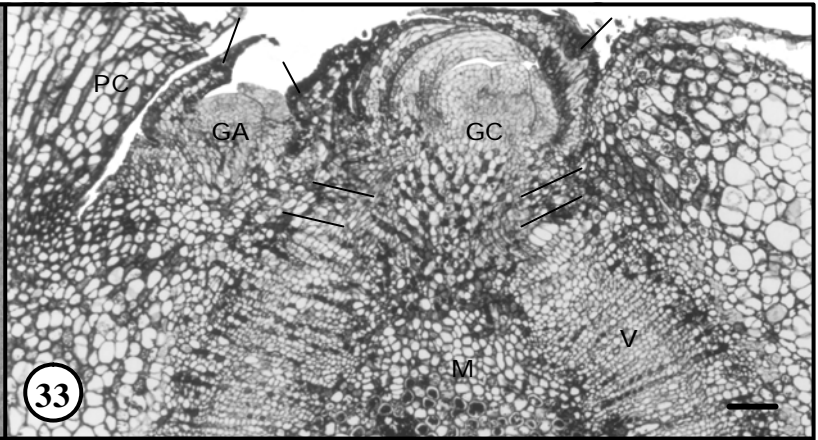
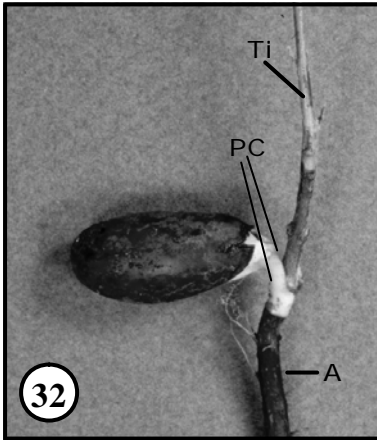


***Làmina IV***

**LÀMINA IV.** Figs. 22-31. Epicòtils i gemmes cotiledonars en desenvolupament. Figs. 22-24. Epicòtils de glans germinades. Figs. 25-31. Plàntules d'una setmana d'edat. Figs. 22, 25-28. *Q. humilis*. Fig. 24, 29, 31. *Q. coccifera*. Figs. 23, 30. *Q. ilex*. **22.** Imatge al SEM on s'observa la gemma cotiledonar amb dues protuberàncies suaus que corresponen als primers primordis foliars situats a la base de l'epicòtil. **23.** Imatge al SEM on es distingeixen els primers primordis foliars amb simetria radial i arquejats sobre l'àpex, i amb alguns tricomes marginals. **24.** Imatge al SEM on es mostra el meristema caulinar amb dos primordis foliars amb simetria bilateral i amb les seves corresponents estípules (estrelles). Vegeu alguns tricomes desenvolupats. **25.** Observeu a la gemma cotiledonar el primer parell de primordis foliars. Es distingeixen abundants tricomes en els primordis foliars i a la superfície de l'epicòtil. **26.** Seccions cotiledonars longitudinals que mostren la gemma cotiledonar a la base de l'epicòtil i a l'axil·la dels cotilèdons. Observeu una gran quantitat de grànuls de midó a les cèl·lules parenquimàtiques de l'epicòtil i dels pecíols cotiledonars (cap de fletxa). **27.** Detall de la gemma cotiledonar amb tres primordis foliars. **28.** Secció transversal a través del nus cotiledonar. La connexió vascular comença a establir-se entre la gemma i el cilindre provascular (fletxes). **29.** Imatge al SEM. El meristema caulinar presenta simetria dorsiventral i abundants tricomes. Vegeu a la base de l'epicòtil una protuberància que correspon a la gemma cotiledonar. **30.** Secció transversal a través del nus cotiledonar que mostra dues gemmes adventícies originades a partir del teixit cotiledonar. **31.** Secció transversal a través del nus cotiledonar. La gemma cotiledonar en desenvolupament es troba formada per cèl·lules petites i densament tenyides. Figs. 26, 28, 30, 31 tenyides amb PA-Schiff i blau de toluïdina. Barra=100 µm a les Figs. 22, 26-28, 31 i Barra=200 µm a les Figs. 23-25, 29, 30.

**Abreviatures:** Ad, gemma adventícia; E, epicòtil; GC, gemma cotiledonar; MC, meristema caulinar; P, primordi foliar; PC, pecíol cotiledonar; PV, teixit provascular; SEM, microscopi electrònic de rastreig; T, tricomes; TC, teixit cotiledonar; V, teixit vascular.





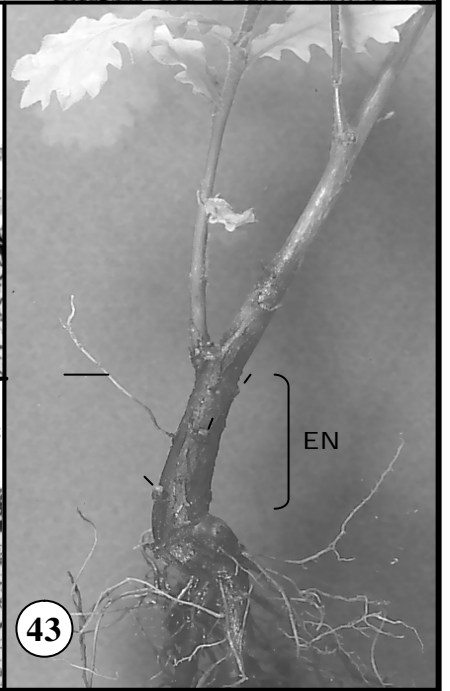
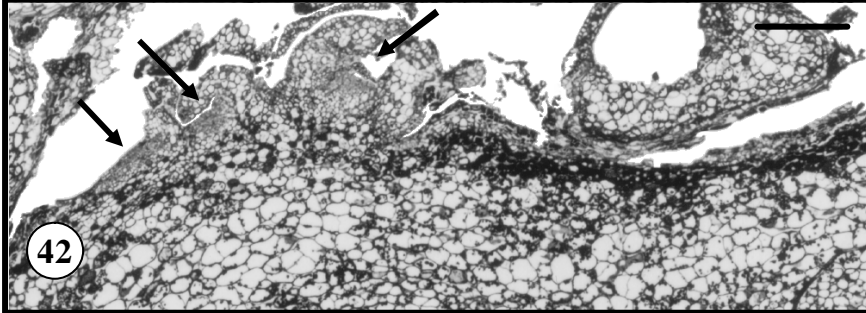
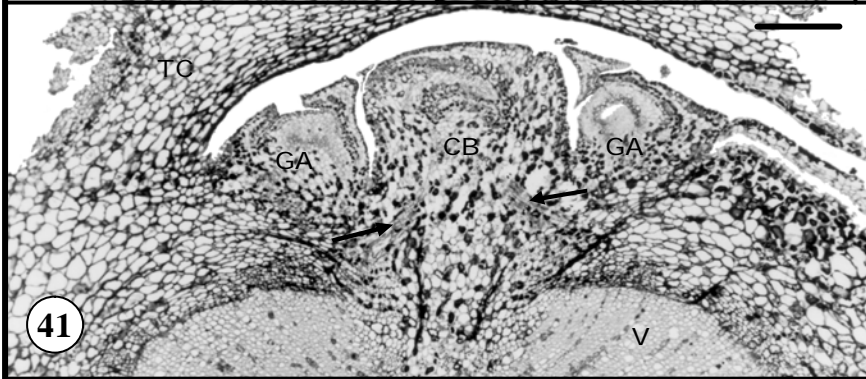
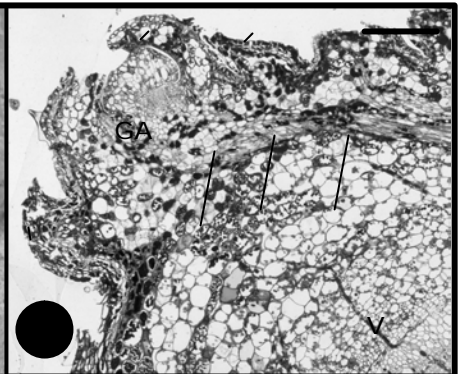
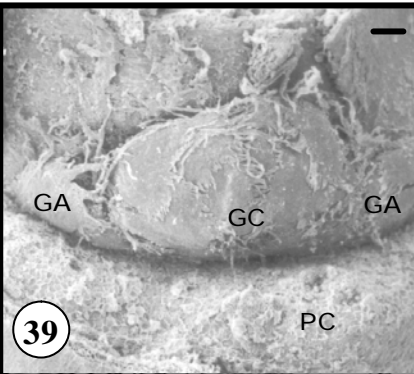
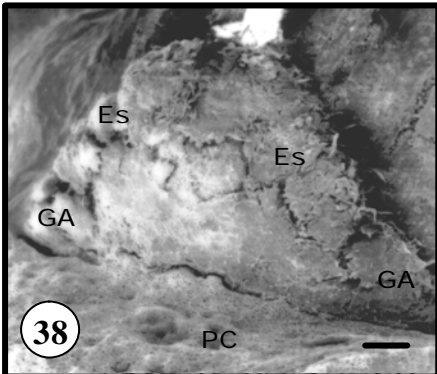
***Làmina V***

**LÀMINA V.** Figs. 32-37. Detall de la regió cotiledonar de plàntules de 5-6 setmanes d'edat. Figs. 33, 35-37. Seccions transversals a través del nus cotiledonar. Figs. 32, 33 *Q. humilis*. Figs. 34, 35. *Q. coccifera*. Figs. 36, 37 *Q. ilex*. **32.** Observeu com la fusió dels dos pecíols cotiledonars dona lloc a un teixit blanc d'uns 4 mm de longitud que envolta la part superior de l'eix hipocòtil-arrel (x 1). **33.** Al costat esquerra de la gemma cotiledonar principal s'observa una gemma accessòria. Vegeu les esquames atrofiades riques en tanins de la gemma cotiledonar i l'accessòria (fletxes curtes). Noteu la connexió vascular secundària entre la gemma i el cilindre vascular axial (fletxes llargues). **34.** Nus cotiledonar amb dues gemmes cotiledonars principals. El nus cotiledonar mesura aproximadament 0.5-1.5 mm (x 12). **35.** Observeu al costat dret de la fotografia una gemma accessòria que s'assembla a la gemma cotiledonar principal. **36.** La gemma cotiledonar principal presenta algunes esquames arquejades sobre el meristema caulinar. Observeu el pecíol cotiledonar que cobreix la gemma cotiledonar. **37.** Vegeu una gemma adventícia originada a partir del teixit superficial del pecíol cotiledonar. En aquesta imatge es comprova que encara no hi ha connexió vascular entre la gemma i els feixos cotiledonars. Figs. 33, 35-37 tenyides amb PA-Schiff i blau de toluidina. Barra=100 µm a les Figs. 33, 35, 36 i Barra=50 µm a la Fig. 37.

**Abreviatures:** A, arrel; Ad, gemma adventícia; FL, feixos cotiledonars laterals; FM, feixos cotiledonars medians; GA, gemma accessòria; GC, gemma cotiledonar; M, medul·la; MC, meristema caulinar; PC, pecíol cotiledonar; Ti, tija; Es, esquama; V, teixit vascular.







***Làmina VI***

**LÀMINA VI.** Figs. 38-43. Regió cotiledonar de plàntules de 6 mesos. Figs. 38, 40, 42. *Q. coccifera*. Fig. 39. *Q. ilex*. Figs. 41, 43. *Q. humilis*. **38.** Imatge al SEM. Placa de gemmes a l'axil·la dels cotilèdons. Observeu algunes esquames atrofiades que protegeixen la gemma cotiledonar principal. **39.** Imatge al SEM que mostra una gemma accessòria a cada costat de la gemma cotiledonar principal. Vegeu algunes de les esquames laminars que les protegeixen. **40.** Seccions transversals mostrant la connexió vascular entre el teixit vascular axial i el d'una gemma accessòria (fletxes). Observeu la presència d'elements connectors del xilema. Vegeu les esquames riques en tanins que protegeixen les gemmes cotiledonars (caps de fletxa). **41.** Secció transversal que mostra una placa de gemmes encara protegida pel teixit cotiledonar. La connexió vascular secundària entre la gemma cotiledonar principal i el teixit vascular axial es fa palesa (fletxes). **42.** Secció transversal on s'observa una placa de gemmes amb tres gemmes accessòries en diferents estadis de desenvolupament originades a partir de meristemes superficials (fletxes buides). **43.** Noteu en el primer entrenús, just per sobre del nus cotiledonar, la presència de diverses gemmes (caps de fletxa) i una arrel adventícia (fletxa) (x 1). Figs. 40-42 Seccions tenyides amb PA-Schiff i blau de toluïdina. Barra=200 µm a les Figs. 38-42.

**Abreviatures:** EN, primer entrenús; Es, esquama; GC, gemma cotiledonar; GA, gemma accessòria; PC, pecíol cotiledonar; SEM, microscopi electrònic de rastreig; TC, teixit cotiledonar; V, teixit vascular.



### 3. DISCUSSIÓ

Els resultats mostren diferències en l'anatomia de l'embrió i de les plàntules de *Quercus coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* en els seus primers estadis de desenvolupament, en comparació als resultats descrits prèviament per *Q. suber* (Molinas i Verdagner, 1993a, 1993b). Aquest estudi morfològic confirma la presència de plaques de gemmes en estat de dormició en el nus cotiledonar de *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. coccifera* que els permet de rebrotar des de la base de la tija. Tanmateix, en aquestes espècies, a diferència de *Q. suber*, no s'ha observat un òrgan de regeneració vegetativa especialitzat o un lignotúber.

La presència de gemmes a les axil·les dels cotilèdons de l'embrió madur sembla estar relacionada amb el nombre de primordis foliars i el seu grau de desenvolupament. Segons Esau (1985) les gemmes axil·lars s'originen una mica més tard que el primordi foliar situat a la axil·la següent, i en general, durant el segon plastocron. Així, suggerim que en els embrions madurs de *Q. coccifera* i *Q. ilex* les gemmes cotiledonars no estan formades perquè els primordis foliars del segon nus encara no s'han desenvolupat (s'ha considerat els cotilèdons com al primer parell de fulles). Mentre que en els embrions de *Q. humilis* i *Q. suber* (Molinas i Verdagner, 1993a), les gemmes cotiledonars ja s'haurien desenvolupat perquè el meristema caulinar presenta dos parells de primordis foliars. En altres espècies com *Ginkgo biloba* (Del Tredici, 1992), *Betula pubescens* (Kauppi *et al.*, 1987) i *Eucalyptus cinerea* (Graham *et al.*, 1998), les gemmes cotiledonars es desenvolupen després de la germinació si bé la falta de treballs més detallats sobre el desenvolupament dels primordis foliars en l'embrió no permeten acabar de corroborar aquesta teoria.

L'anatomia del nus cotiledonar és semblant per les tres espècies estudiades, però difereix de la descrita per a *Q. suber* (Molinas i Verdagner, 1993a). En embrions de *Q. humilis*, *Q. coccifera* i *Q. ilex* els peciols cotiledonars es fusionen totalment amb el teixit de l'eix embrionari i només en el cas de *Q. humilis* s'observen un parell de

gemmes cotiledonars. En aquestes espècies el nus cotiledonar pràcticament no s'allarga. En canvi, en embrions de *Q. suber* els pecíols cotiledonars no estan completament fusionats amb el teixit de l'eix embrionari, i les seccions en el pla cotiledonar ens mostren una capa epidèrmica que s'estén des del meristema caulinar fins al punt inferior d'inserció dels pecíols cotiledonars (Molinas i Verdagner, 1993a). A més, en embrions de *Q. suber* es desenvolupen de cinc a set parelles de gemmes laterals al llarg del nus cotiledonar, el qual amb la germinació s'allarga uns 12 cm i queda enterrat al sòl, deixant la majoria de gemmes sota terra.

L'existència de plaques de gemmes a les axil·les dels cotilèdons en les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. ilex* i *Q. humilis* confereix una elevada capacitat de regeneració quan la tija es talla per sobre els cotilèdons. Tanmateix, no presenten capacitat per rebrotar quan la massa aèria és eliminada per sota els cotilèdons a causa de l'absència de gemmes localitzades sota terra (Verdagner *et al.*, 2001). Així, el present estudi demostra l'absència d'un lignotúber en plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* semblant al descrit per a *Q. suber*. En les tres espècies estudiades, les gemmes estan limitades estrictament a les axil·les dels cotilèdons i a partir de talls histològics no s'han pogut observar diferències en la quantitat de midó de les cèl·lules parenquimàtiques del nus cotiledonar en comparació amb la resta de l'arrel i de la tija.

La proliferació de gemmes cotiledonars formant plaques de tres o més gemmes en plàntules és una característica comuna a les espècies de *Quercus* estudiades en aquest treball i, també, a *Q. suber* (Molinas i Verdagner, 1993b). Aquestes gemmes accessòries tenen un origen exogen i s'originen a partir de cèl·lules de la base de les gemmes cotiledonars que ja estan parcialment o totalment diferenciades. Ara bé, en el cas de *Q. coccifera* i *Q. ilex* algunes gemmes es van formar a partir de cèl·lules dels pecíols cotiledonars, indicant que aquest teixit també és capaç de generar gemmes adventícies. L'elevat potencial meristemàtic del nus cotiledonar, també, ha estat descrit en la formació d'altres estructures implicades en la rebrotada com la rabassa

(“burl”) en *B. pubescens* (Kauppi *et al.*, 1987), el lignotúber en algunes espècies d’eucaliptus (Kerr, 1925; Jacobs, 1955; Bamber i Mullette, 1978; Graham *et al.*, 1998) i en *Banksia menziesii* i *B. serrata* (Mibus i Sedgley, 2000) o l’anomenat “basal chichi” en *G. biloba* (Del Tredici, 1992). A més, el teixit del nus cotiledonar s’utilitza sovint com a explant en programes de regeneració clonal en espècies herbàcies, si bé el seu ús també s’ha descrit en algunes espècies llenyoses (Distabanjong i Geneve, 1996; Tyagi i Kothari, 1997; Pradhan *et al.*, 1998).

En les espècies citades anteriorment l’origen de les gemmes accessòries és exogen, tot i que en d’altres espècies com *Eucalyptus* i *Banksia* algunes gemmes s’originen endògenament. A excepció de *Quercus* spp. i *Betula pubescens*, les gemmes cotiledonars queden englobades per la peridermis i el seu desenvolupament es produeix sota la superfície de l’escorça. Les gemmes cotiledonars amagades tendeixen a afavorir la supervivència en comparació amb d’altres espècies que no presenten les gemmes protegides. Per a *Q. coccifera*, per exemple, Malanson i Trabaud (1988) van mostrar que quan s’incrementa la intensitat del foc es redueix significativament l’emissió de rebrots, suggerint un efecte negatiu del foc en la viabilitat de les gemmes. En els ecosistemes de clima mediterrani, on el foc, entre d’altres pertorbacions, té un paper important en el seu funcionament seria interessant d’analitzar les característiques anatòmiques i morfològiques implicades en la capacitat de rebrotada de les espècies clau del sistema i determinar com poden influir en la seva estructura i composició.

James (1984) va definir el terme lignotúber com aquella estructura produïda ontogènicament a la base de la tija que presentava gemmes i era rica en carbohidrats. Canadell i Zedler (1995) van assenyalar que el terme lignotúber s’hauria d’utilitzar per identificar les estructures que tenen un origen ontogènic. Actualment, però, poques espècies amb lignotúber han estat estudiades histològicament i la majoria pertanyen al gènere *Eucalyptus* (Carr *et al.*, 1984 i Graham *et al.*, 1998). Altres espècies que s’han estudiat són: *Banksia* (Mibus i



Sedgley, 2000); *Cryptocarya alba*, *Colliguaya odorifera* i *Lithraea caustica* (Montenegro *et al.*, 1982), *Q. suber* (Molinas i Verdaguier, 1993a i b) i *Sequoia sempervirens* (Del Tredici, 1998). En totes elles la formació del lignotúber s'inicia amb el desenvolupament de la plàntula. A més, en espècies en les quals el lignotúber és un òrgan transitori, és característic de formes joves (Chattaway, 1958). En el cas de *Q. ilex*, no es distingeix cap òrgan subterrani especialitzat en plàntules de 27 setmanes o fins i tot de dos a tres anys d'edat (observació personal), encara que en alguns arbres madurs s'han observat unes protuberàncies llenyoses a la part superior de l'arrel o corona radicular. Tot i que alguns autors es refereixen a aquestes estructures com a lignotúber, per l'abundància de nutrients i carbohidrats (Canadell i Rodà, 1991), pensem que la corona radicular de *Q. ilex* és una estructura amb un origen ontogènic diferent al descrit per les estructures classificades com a lignotúber. La mida i les característiques del lignotúber depenen de l'edat de la planta, de les condicions ambientals i edàfiques i de les pertorbacions (Canadell *et al.*, 1999). Així, és probable que les plàntules de *Q. ilex* produeixin noves tiges a partir de gemmes axil·lars i, en les plantes adultes, el creixement secundari de la base de la tija doni lloc a la fusió de la tija principal i dels rebrots. A més, les gemmes axil·lars a la base dels rebrots podrien ser englobades per la peridermis en desenvolupament. Això explicaria la presència a la base de la tija d'una regió llenyosa i gruixuda, però, fins ara, no hi ha informació sobre la presència de gemmes axil·lars a la corona radicular d'arbres madurs de *Q. ilex*. També s'han descrit estructures lignotuberoses en arbusts madurs de *Q. coccifera* (Kummerow *et al.*, 1990), encara que no són presents en plàntules. Tal com succeeix en *Q. ilex*, aquestes estructures no tindrien el mateix origen que els veritables lignotúbbers. Així doncs, considerem més apropiat anomenar corona radicular enlloc de lignotúber a les bases de la tija de *Q. ilex* i *Q. coccifera*.

El primer entrenús per sobre dels cotilèdons presenta una elevada capacitat meristemàtica en plàntules de *Q. humilis* més grans de 6 mesos, ja que s'hi observen algunes gemmes adventícies i arrels. Aquesta característica podria afavorir la

supervivència de les plàntules enfront a certes condicions adverses i també conduir a la formació d'una estructura especialitzada en la rebrotada en plantes adultes. No obstant això, fins ara, no es disposa de dades sobre la presència d'una corona radicular, rabassa o lignotúber per a aquesta espècie. Serien necessaris altres treballs en plantes adultes de *Q. humilis* per a clarificar el destí de les gemmes cotiledonars i el desenvolupament de la regió de transició tija-arrel.

## 4. INTRODUCCIÓ

Per a les plantes, el fet d'emmagatzemar substàncies de reserva representa incrementar els recursos que, en un futur, seran disponibles per a la síntesi de nous materials destinats al creixement o a altres funcions. No obstant això, les espècies amb aquesta estratègia presenten, alhora, unes taxes de creixement baixes, ja que una bona part dels recursos són destinats a l'emmagatzematge, en detriment d'un creixement immediat. Per tant, suposa un avantatge per les plantes, sempre i quan, es desenvolupin en ambients on els recursos són limitats i les pertorbacions que comprometen la biomassa aèria freqüents (Chapin *et al.*, 1990). Així, l'emmagatzematge es pot interpretar com una mesura de prevenció de les plantes enfront de les pertorbacions imprevisibles (Iwasa i Kubo, 1997). En aquest sentit, el coneixement de la distribució i la mobilització de les substàncies de reserva és de gran interès per entendre el patró de desenvolupament de la planta i la seva dinàmica en l'ecosistema.

La rebrotada és una estratègia reproductiva comuna de les espècies vegetals que viuen en ecosistemes pertorbats, com són els mediterranis, on els incendis i la tala són freqüents (James, 1984; Castell, 1997). En les espècies rebrotadores, després de malmetre's la biomassa aèria, les substàncies de reserva emmagatzemades en el sistema hipogeu són mobilitzades per a la formació de les noves tiges (Chapin *et al.*, 1990; Bowen i Pate, 1993; Hodgkinson, 1998). El midó és el carbohidrat de reserva més important en espècies llenyoses i, sovint, s'utilitza com a indicador de la presència de carbohidrats de la planta (Kozlowski i Pallardy, 1997). En estudis realitzats al sud-oest d'Austràlia s'ha demostrat que les espècies rebrotadores tenen quantitats considerablement més elevades de midó en l'arrel que les germinadores (Pate *et al.*, 1990; Bowen i Pate, 1993; Bell *et al.*, 1996; Atwell *et al.*, 1999). Així mateix, en dues espècies d'*Erica* del Sud-àfrica, cadascuna amb dues varietats, una germinadora i una rebrotadora, s'ha trobat una major acumulació de midó en la porció hipogea de les varietats rebrotadores (Verdaguer i Ojeda, 2002). D'altra

banda, un ampli ventall d'espècies rebrotadores tenen òrgans subterranis com rizomes, rabasses i lignotúbers especialitzats en la formació de nous teixits fotosintètics gràcies a la mobilització de les substàncies de reserva, principalment midó (James, 1984; Trabaud, 1987a, Lloret *et al.*, 1996).

En espècies del gènere *Quercus* s'han realitzat diversos estudis sobre el contingut, distribució i mobilització del midó o bé dels carbohidrats totals no estructurals en el sistema hipogeu. No obstant això, aquests treballs s'han dut a terme exclusivament amb individus adults i bàsicament en espècies americanes de *Quercus*, com *Q. gambelii* (Harrington, 1989); *Q. robur* (Alaoui-sosse *et al.*, 1994), *Q. agrifolia* (Mooney i Hays, 1973), *Q. laevis* i *Q. incana* (Woods *et al.*, 1959), *Q. coccinea* i *Q. velutina* (Dunn *et al.*, 1990) i *Q. alba* i *Q. rubra* (Wargo, 1976); també cal esmentar el treball sobre *Q. serrata* dels autors japonesos (Sakai *et al.*, 1997). En aquests estudis es conclou que la capacitat de rebrotada i la producció de biomassa està en relació amb l'estat dels carbohidrats de reserva del sistema hipogeu. Per a les espècies de *Quercus* presents a la conca Mediterrània com *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* es disposa de poca informació sobre el paper del sistema hipogeu com a òrgan de reserva. Només en exemplars madurs de *Q. coccifera* s'ha analitzat quantitativament la distribució del midó en el sistema radicular (Kummerow *et al.*, 1990), si bé convé destacar el treball de Larcher i Thomaser-Thin (1988) que estudien el midó en *Q. ilex* a partir d'anàlisi histoquímica. En *Q. ilex* i *Q. suber* s'ha descrit la distribució i mobilització dels carbohidrats no estructurals i/o dels nutrients en òrgans aeris: tija, fulles i , també, fruits en el cas de *Q. suber* (Canadell i Vilà, 1992; Oliveira, *et al.*, 1996; Cherbuy *et al.*, 2001). Pel que fa a la part radicular, El Omari (2002) ha quantificat els carbohidrats no estructurals i el nitrogen en exemplars de *Q. ilex* de tres anys d'edat, avaluant-ne, també, la mobilització en cas de tala.

Ara bé, per aquestes quatre espècies en estadi de plàntula no s'ha portat a terme cap anàlisi de les substàncies de midó, malgrat que la qualitat i el vigor de la plàntula sigui fonamental per a l'èxit de les reforestacions (Villar, 2001). En les reforestacions la supervivència de les plàntules és una de les principals limitacions. Així doncs, ens

proposem d'estudiar la distribució i la mobilització del midó després de tallar la tija en plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*. Aquest estudi ens permetrà d'aprofundir en el coneixement de la resposta de les plàntules enfront d'una pertorbació que impliqui la pèrdua total de la biomassa aèria.

En diverses espècies s'ha descrit una relació directa entre la disminució de la concentració de midó i la reducció de la capacitat de rebrotada, és el cas d'*Arbutus unedo* i *Erica arborea* (Canadell i López-Soria, 1998), de *Miconia albicans* i *Clidemia sericea* (Miyaniishi i Kellman, 1986) i de *Glicicidia sepium* i *Leucaena leucocephala* (Latt *et al.*, 2000). Tanmateix, Chapin *et al.* (1990) assenyalen que, en algunes ocasions, les plantes després de ser talades, malgrat contenir suficients carbohidrats de reserva, no rebroten i ho associen amb l'esgotament de les reserves de nitrogen i fòsfor. En la majoria d'ecosistemes terrestres, aquests són precisament els principals nutrients limitants del creixement de les plantes (Aerts i Chapin, 2000), i de fet, els ecosistemes mediterranis no en són cap excepció. La planta necessita quantitats relativament elevades de nitrogen i fòsfor per créixer, si bé, comparant els requeriments d'ambdós nutrients, es considera que la planta creix equilibradament quan aquesta absorbeix deu vegades més nitrogen que fòsfor (Aerts i Chapin, 2000). Les plantes obtenen el nitrogen del sòl en forma de nitrat o d'amoni (Hopkins, 1995), si bé la principal font d'absorció per les arrels és en la forma oxidada (Barceló *et al.*, 1980). En sòls ben airejats (Azcón-Bieto i Talón, 2000) o en sòls postincendi el nitrogen és present en forma de nitrat (Stewart *et al.*, 1993), amb l'agreujant que aquest és fàcilment lixiviat i esdevé amb facilitat un factor limitant per al creixement.

Per tant, la capacitat de rebrotada d'una espècie sembla estar controlada no tan sols per les reserves de midó, sinó també per les de nutrients com el nitrogen que poden esdevenir factors limitants de la rebrotada. Per aquest motiu en aquest treball hem considerat també interessant analitzar el contingut de nitrogen a nivell de plàntula i determinar la seva redistribució després d'eliminar la part aèria de les plàntules.

El lignotúber és un òrgan especialitzat en la rebrotada present en diverses espècies pròpies dels ecosistemes mediterranis, com per exemple en espècies del gènere *Eucalyptus* (Kerr, 1925, Jacobs, 1955, Carrodous i Blake, 1970). Tanmateix, com s'ha comentat en el capítol III, l'ús del terme lignotúber pot crear una certa confusió perquè algunes vegades s'utilitza com a sinònim de rabassa, corona radicular i "rootstocks" (arrels que poden rebrotar, Sutton i Tinus, 1983), estructures amb funció ecològica semblant, però que difereixen en la morfologia i l'ontogènia (James, 1984). Segons aquesta autora aquest terme defineix aquelles estructures llenyoses, ontogènicament determinades, amb nombroses gemmes i substàncies de reserva. Atès que alguns autors han citat en individus adults de *Q. coccifera* i *Q. ilex* la presència d'un lignotúber, creiem que, a més d'estudiar l'ontogènia del nus cotiledonar (vegeu capítol III), l'avaluació en l'estadi de plàntula de les reserves de midó i nitrogen de la porció hipogea ens ajudarà a determinar si el nus cotiledonar d'aquestes espècies es pot considerar un òrgan especialitzat en la rebrotada.

## 4. MATERIAL I MÈTODES

### 4.1. MATERIAL VEGETAL PER A LES ANÀLISIS DE MIDÓ I DE NITROGEN

Per a l'anàlisi de midó i nitrogen es van utilitzar plàntules de *Quercus coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* de 3, 6 i 9 mesos d'edat crescudes en hivernacle i en condicions controlades de reg. En el capítol II es troba una descripció acurada d'aquestes plàntules, així com de les condicions de cultiu. Per a estudiar la distribució i la mobilització del midó i nitrogen una part de les plàntules es van sotmetre a un tractament de tala mentre que les restants no es van tallar (plàntules control). El tractament de tala consistia en eliminar la biomassa aèria i, al cap de tres mesos, es recollien una part de les plàntules rebrotades, mentre que l'altra meitat es tornaven a tallar (vegeu capítol II). Les plàntules es van recol·lectar a la primavera (maig 2000), a l'estiu (agost 2000) i a principis d'hivern (desembre 2000). A la primavera es van recollir plàntules control de cada espècie i, també, es va tallar la part aèria d'una part de les plantes. A l'estiu, altra vegada es van recol·lectar plàntules control i, a més, es van recollir la meitat de les plàntules que havien rebrotat (1a tala). L'altra meitat de les plàntules rebrotades, es va tornar a eliminar la part aèria. Finalment a principis d'hivern, es van recollir les plàntules control i les plàntules rebrotades després d'haver estat talades dues vegades (2a tala).

Les plàntules recollides de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* es fraccionaven en quatre parts: tija, nus cotiledonar, 11 primers cm de l'arrel i resta de l'arrel. En canvi, les plàntules de *Q. suber* només es van fraccionar en tres parts: tija, nus cotiledonar i resta de l'arrel, atès que en aquesta espècie el nus cotiledonar correspon als 11 primers cm d'arrel. No es va analitzar el contingut de midó i de nitrogen de les fulles per a cap de les quatre espècies. Seguidament les fraccions s'assecaven a l'estufa a 60°C, es pesaven, i es polvoritzaven en un molí de boles (Pulverisette P 7 – Fristch-) a 700 rpm durant 5-10 minuts. Per aconseguir, almenys, 0.1 g de mostra mòlta de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, es van haver de moldre juntament els nusos

cotiledonars de tres plàntules de cada espècie. La resta de fraccions es molien individualment.

Quant al midó, per cada estació i tractament es van analitzar un mínim de 9 plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* i 5 de *Q. suber*, exceptuant a l'hivern ja que només van sobreviure a la segona tala 3 individus de *Q. suber* i 4 de *Q. ilex*. En conseqüència, a l'hivern es van moldre els nusos cotiledonars de l'alzina de dos en dos.

Pel nitrogen, es van examinar mostres control i talades recol·lectades a l'estiu i a l'hivern i s'analitzaren tres exemplars de cada espècie.

## **4.2. ANÀLISI DE MIDÓ**

Per quantificar el midó s'utilitzà un mètode colorimètric, que es basa en obtenir un producte final acolorit que absorbeix en l'espectre del visible i que es quantifica a l'espectrofotòmetre. El mètode emprat consisteix en solubilitzar el midó de la mostra amb àcid perclòric, precipitar-lo amb iodat potassi i tornar-lo a dissoldre amb àcid perclòric diluït (Pucher *et al.*, 1948). La solució de perclòric amb el midó solubilitzat es fa reaccionar amb una barreja d'àcid sulfúric i fenol per tal d'hidrolitzar-lo fins a glucosa, produint-se un producte de color ataronjat que es quantifica mesurant l'absorbància a l'espectrofotòmetre (Spectronic 20 Genesys, USA) a  $\lambda=490$  nm (Dubois *et al.*, 1956; Bell i Ojeda, 1999). Finalment, la quantitat de midó de les mostres es determina en referència a una recta patró realitzada amb midó de patata (Sigma chemical company, USA).

## **4.3. ANÀLISI DE NITROGEN**

El nitrogen total es va determinar mitjançant un analitzador elemental de la casa ThermoQuest Instruments (model 1110 CHNS -O, Itàlia) del Servei de Microscòpia de la Universitat de Girona. La determinació de l'element en l'analitzador elemental



es fa de la següent manera: La mostra es crema mitjançant injecció d'oxigen d'alta puresa dins d'un tub de quars farcit de coure metàl·lic i òxid de tungstè. Els gasos de la combustió són arrossegats a través del tub a una temperatura de 1015°C. Així s'aconsegueix que els gasos de la combustió es redueixin o s'oxidin, segons el cas, a N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O i SO<sub>2</sub>. Aquesta barreja de gasos passa per una altra columna de gasos farcida amb "poropack", que separarà els components segons la geometria de cada molècula. Les molècules arriben a un detector termoconductimètric que dona una lectura en mV. S'obté una cromatografia amb quatre pics cromatogràfics, on l'àrea de cadascun s'utilitza per avaluar el percentatge de l'element corresponent.

Mitjançant la combustió d'una quantitat coneguda de sulfanilamida (producte estàndard) es determinen els factors de calibració, que ens permetran de saber la quantitat de l'element de la nostra mostra.

#### **4.4. Anàlisis estadístiques**

Per a les anàlisis estadístiques es va considerar cada plàntula com una rèplica. Es van calcular les mitjanes de la concentració de midó i de nitrogen de les diferents parts de la planta en què s'havien agrupat els nusos cotiledonars (*Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*). Les variables estudiades van ser les següents: midó de la tija (mg midó tija/g pes sec), midó del nus cotiledonar (mg midó nus cotiledonar/g pes sec), midó 11 cm de l'arrel (mg midó 11 primers cm de l'arrel/g pes sec), midó de la resta de l'arrel (mg midó arrel/g pes sec), nitrogen de la tija (mg nitrogen tija/g pes sec), nitrogen del nus cotiledonar (mg nitrogen nus cotiledonar/g pes sec), nitrogen 11 cm de l'arrel (mg nitrogen 11 primers cm de l'arrel/g pes sec) i nitrogen de la resta de l'arrel (mg nitrogen arrel/g pes sec). En el cas de *Q. suber* les variables nus cotiledonar i 11cm de l'arrel, tal com s'ha comentat anteriorment, equivalen a la mateixa fracció. Les variables van ser analitzades mitjançant anàlisi de variància (ANOVA) amb els següents factors d'efectes fixos (espècie, estació i tractament). També es va realitzar una anàlisi de covariància per detectar l'efecte de la concentració de midó de l'arrel en la concentració de midó en els 11 primers cm

d'aquesta. Prèviament a les anàlisis estadístiques, les dades originals van ser transformades logarítmicament per tal de complir els supòsits de normalitat, homogeneïtat de variàncies i linealitat (Sokal i Rohlf, 1995). Per a realitzar les anàlisis estadístiques es va utilitzar el programa SPSS versió 7.5 per a Windows. (El nivell de significació emprat va ser 0.05).

## 4. RESULTATS

### MIDÓ

#### 4.1. Abundància i distribució del midó en la planta

En les plàntules control el midó es localitzava majoritàriament a la part subterrània, que contenia més del 90% del midó de tota la planta. Tan sols en les plàntules de *Quercus ilex* recollides a l'estiu els valors varen ser lleugerament inferiors (83.38%) (Taula 4.1.1). A conseqüència dels alts valors trobats a la part hipogea, els percentatges de midó a la tija van ser molt baixos, de 2.18-8.80%. Només les tiges de les plàntules de *Q. ilex* recollides a l'estiu presentaren el 16.62% (Taula 4.1.1). En aquesta espècie, els percentatges de midó s'expliquen perquè la biomassa aèria era semblant a la subterrània, mentre que en les altres tres espècies la biomassa aèria sempre era inferior.

**TAULA 4.1.1.** Percentatge de midó de la tija i del sistema radicular de les plàntules control segons l'espècie i l'estació calculats a partir de la concentració de midó respecte el pes sec de cada òrgan (mg g<sup>-1</sup> PS).

%midó	Primavera		Estiu		Hivern	
	Tija	Sist. radicular	Tija	Sist. radicular	Tija	Sist. radicular
<i>Q. coccifera</i>	2.18	97.82	3.04	96.96	3.57	96.43
<i>Q. ilex</i>	2.94	97.06	16.62	83.38	8.80	91.20
<i>Q. humilis</i>	5.97	94.03	4.44	95.56	8.17	91.83
<i>Q. suber</i>	3.04	96.96	3.21	96.79	5.80	94.20

#### 4.1.1. Abundància i distribució del midó en el sistema radicular

En el sistema hipogeu de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* el percentatge més elevat de midó es trobava en els 11 primers centímetres de l'arrel, concretament oscil·lava entre el 62.45-91.03% del midó total de la planta (Taula 4.1.2). En canvi, el nus cotiledonar contenia només del 0.5 a l'1.5%. De fet, aquesta fracció representa tan sols entre un 2 i 5% de la biomassa total. Per a *Q. suber*, el percentatge de midó en el

nus cotiledonar era molt més elevat (65.02-72.49%) perquè, en aquesta espècie, durant la germinació el nus cotiledonar s'allarga fins a mesurar uns 11 cm. No obstant això, si es compara amb els 11 primers centímetres de l'arrel de les altres tres espècies, *Q. suber* presentava un percentatge de midó lleugerament inferior, només a l'hivern era superior que *Q. coccifera* i *Q. humilis*. A la resta d'arrel, en les quatre espècies, el percentatge de midó era inferior si el comparem amb el dels 11 primers centímetres (o nus cotiledonar en *Q. suber*) (5.44-31.77%). Concretament, les plàntules de *Q. coccifera* i *Q. ilex* recollides a la primavera van presentar uns valors molt baixos, ja que en aquestes la biomassa de la resta de l'arrel també era molt baixa (Taula 4.1.2).

**TAULA 4.1.2.** Percentatge de midó del nus cotiledonar (NC), dels 11 primers centímetres de l'arrel (11 cm) i de la resta de l'arrel (RA) respecte el midó total de la planta de les quatre espècies analitzades i en les diferents estacions.

% midó	Primavera			Estiu			Hivern		
	NC	11 cm	RA	NC	11 cm	RA	NC	11 cm	RA
<i>Q. coccifera</i>	0.67	89.07	8.08	2.12	68.77	26.07	1.45	67.38	27.60
<i>Q. ilex</i>	0.60	91.03	5.44	4.27	68.16	10.95	2.63	74.28	14.29
<i>Q. humilis</i>	2.72	72.57	18.73	3.42	70.34	21.79	3.51	62.45	25.86
<i>Q. suber</i>		72.49	24.47		65.02	31.77		69.29	24.92

\*el nus cotiledonar de *Q. suber* té una longitud d'11 cm, mentre que en les altres tres espècies és de 0.5 cm. Per a *Q. suber* els 11 primers centímetres de l'arrel i el nus cotiledonar es consideren equivalents.

## 4.2. Distribució i mobilització del midó en la part aèria

La concentració de midó de la tija presenta diferències significatives entre espècies, estacions i tractaments, a més d'haver-hi interacció entre espècie i estació (Taula 4.2.1).

Les plàntules de *Q. humilis* van mostrar el contingut de midó més elevat, independentment de l'estació (Fig. 4.2.1). En aquesta espècie la concentració de midó oscil·lava entre 31.73 mg g<sup>-1</sup>PS i 70.82 mg g<sup>-1</sup>PS, mentre que en les altres la concentració va ser inferior a 39 mg g<sup>-1</sup>PS. Respecte a les estacions, *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* van presentar la concentració de midó superior a l'hivern (Fig. 4.2.1).

TAULA 4.2.1. Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie, l'estació i el tractament en la concentració de midó de la tija.

Font de variació	g.l	F	p
Espècie	3	11.215	< 0.0005
Estació	2	10.287	< 0.0005
Tractament	1	4.851	0.031
Espècie x estació	6	2.489	0.03
Espècie x tractament	3	1.831	0.149
Estació x tractament	1	0.432	0.513
Espècie x estació x tractament	3	0.659	0.58
Error	72		

A l'estiu, el comportament va ser diferent. Mentre que per a *Q. coccifera* i *Q. humilis* la concentració va disminuir lleugerament respecte a la primavera, per a *Q. ilex* va augmentar, passant de 4.98 mg g<sup>-1</sup>PS a 17.61 mg g<sup>-1</sup>PS.

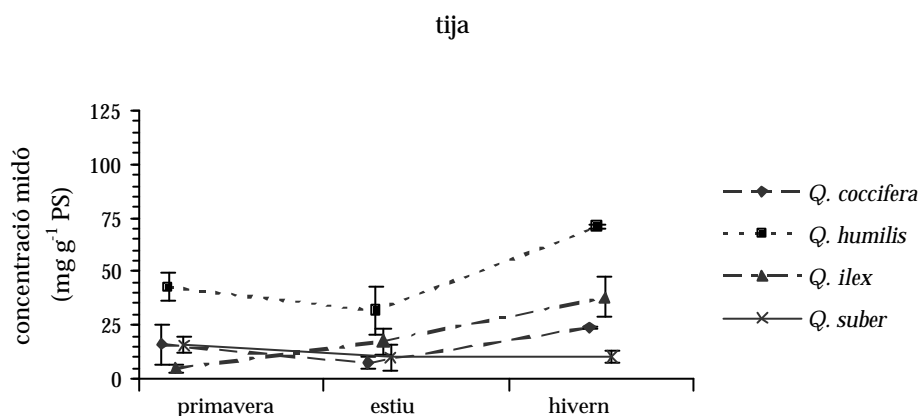


FIGURA 4.2.1. Concentració de midó en la tija de plàntules control de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* en les diferents estacions estudiades (mitjana  $\pm$  error estàndard, n varia de 5 a 15)

La reducció del midó a l'estiu respecte de la primavera va ser d'un 54% en *Q. coccifera* i d'un 26% en *Q. humilis* (Taula 4.2.2). En *Q. suber* el contingut de midó de la tija, va disminuir a l'estiu, i a l'hivern es va mantenir pràcticament igual, amb una reducció d'un 37% a l'estiu i d'un 34% a l'hivern respecte de la primavera (Taula 4.2.2).

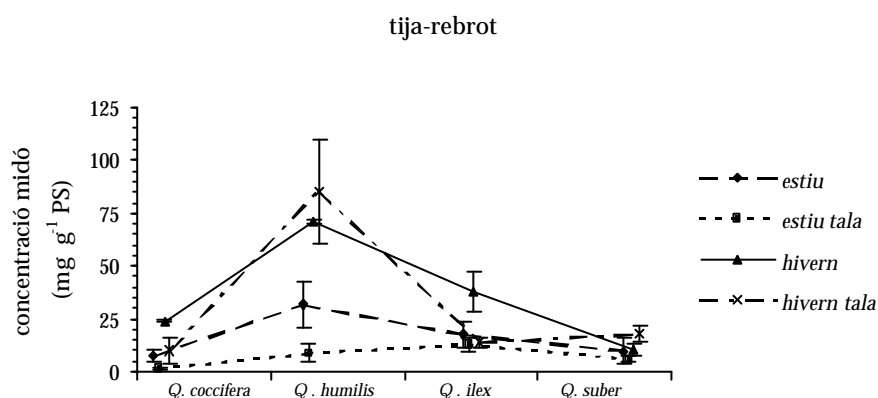
Pel que fa al tractament, el percentatge de midó de la part aèria de les plàntules talades va ser inferior al de les plàntules control (Fig. 4.2.2).

**TAULA 4.2.2.** Percentatge de la reducció de midó a la part aèria de la planta per a les quatre espècies de *Quercus* estudiades. \*

	<i>Q. coccifera</i>	<i>Q. humilis</i>	<i>Q. ilex</i>	<i>Q. suber</i>
<b>Control estiu</b>	54	26	-	37
<b>Tala estiu</b>	81	72	27	40
<b>Control hivern</b>	-	-	-	34
<b>Tala hivern</b>	56	-	63	-

\* La reducció del midó s'ha mesurat comparant el midó de les plàntules control de l'estiu i l'hivern amb el midó de les plàntules control de la primavera i en el cas de la tala el midó de les plàntules tala de l'estiu i l'hivern amb el midó dels respectius controls de cada estació.

Només en les plàntules talades de *Q. humilis* i *Q. suber* la concentració de midó de la part aèria a l'hivern era superior a la de les plàntules control. A l'estiu, en els rebrots de les quatre espècies els valors de midó van ser més baixos que els obtinguts a l'hivern, tot i que les plàntules d'hivern van ser talades dues vegades (Fig. 4.2.2).



**FIGURA 4.2.2.** Concentració de midó de la part aèria de plàntules control i talades de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* recollides a l'estiu i a l'hivern (mitjana  $\pm$  error estàndard, n varia de 3 a 15)

### 4.3. Distribució del midó en el sistema radicular

#### Nus cotiledonar

Els resultats de l'anàlisi de variància indiquen que el contingut de midó del nus cotiledonar difereix significativament entre espècies, tractaments i estacions. A més es dona interacció entre espècie i estació (Taula 4.3.1).

TAULA 4.3.1. Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie, l'estació i el tractament en la concentració de midó del nus cotiledonar, els 11 primers cm d'arrel i la resta d'arrel.

Font de variació	Nus cotiledonar			11 cm			Resta d'arrel		
	g.l	F	p	g.l	F	p	g.l	F	p
Espècie	3	17.32	< 0.0005	3	7.04	< 0.0005	3	5.44	0.002
Estació	2	11.59	< 0.0005	2	5.18	0.008	2	4.75	0.012
Tractament	1	41.85	< 0.0005	1	26.09	< 0.0005	1	10.30	0.002
Espècie x estació	6	4.83	< 0.0005	6	1.22	0.304	6	2.08	0.066
Espècie x tractament	3	2.65	0.055	3	0.67	0.57	3	0.44	0.72
Estació x tractament	1	2.27	0.14	1	1.86	0.18	1	0.06	0.81
Espècie x est. x tract.	3	0.43	0.73	3	1.82	0.15	3	0.31	0.81
Error	71			72			72		

Les plàntules amb la concentració de midó en el nus cotiledonar més elevada van ser les de *Q. suber* a la primavera (203.37 mg g<sup>-1</sup> PS) i les que van presentar la concentració inferior, les de *Q. ilex*, també a la primavera (8.85 mg g<sup>-1</sup> PS) (Fig. 4.3.1).

El contingut de midó en el nus cotiledonar presentava una marcada variació estacional. En *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* la concentració de midó incrementava des de la primavera fins a l'hivern. Tanmateix, en *Q. suber* la situació era a l'inrevés, és a dir, els valors més elevats es detectaren a la primavera i els més baixos a l'hivern (reducció del 32% a l'estiu i del 52% a l'hivern respecte a la primavera) (Taula 4.3.2). A l'estiu la quantitat de midó de *Q. coccifera* i *Q. ilex* era semblant (58.60 i 60.64 mg g<sup>-1</sup> PS respectivament), però menor que en *Q. humilis* i *Q. suber* (112.18 i 137.17 mg g<sup>-1</sup> PS, respectivament) (Fig. 4.3.1).

### Els 11 primers centímetres de l'arrel

La concentració de midó en els 11 primers centímetres de l'arrel diferia significativament segons l'espècie, l'estació i el tractament (Taula 4.3.1).

*Q. humilis*, independentment de l'estació, va presentar la concentració més elevada de midó respecte a les altres tres espècies (Fig. 4.3.1). Quant a les estacions, la tendència que es va observar va ser la següent: la concentració de midó de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* disminuïa a l'estiu, respecte de la primavera, i es

recuperava de nou a l'hivern (Fig. 4.3.1). La concentració de midó de *Q. suber*, en canvi, també va disminuir a l'hivern (97.24 mg g<sup>-1</sup> PS). A la primavera els nivells de midó de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. suber* van ser bastant elevats (244.58, 245.37 i 203.38 mg g<sup>-1</sup> PS, respectivament), mentre que els trobats en el cas de *Q. ilex* van ser els més baixos (132.69 mg g<sup>-1</sup> PS). A l'estiu la concentració de midó dels 11 primers centímetres de l'arrel de les quatre espècies va reduir-se entre un 15 i un 53% (Taula 4.3.2 i 4.3.3). Per a *Q. suber*, la reducció a l'hivern, en relació a la primavera va ser del 52% (Taula 4.3.2).

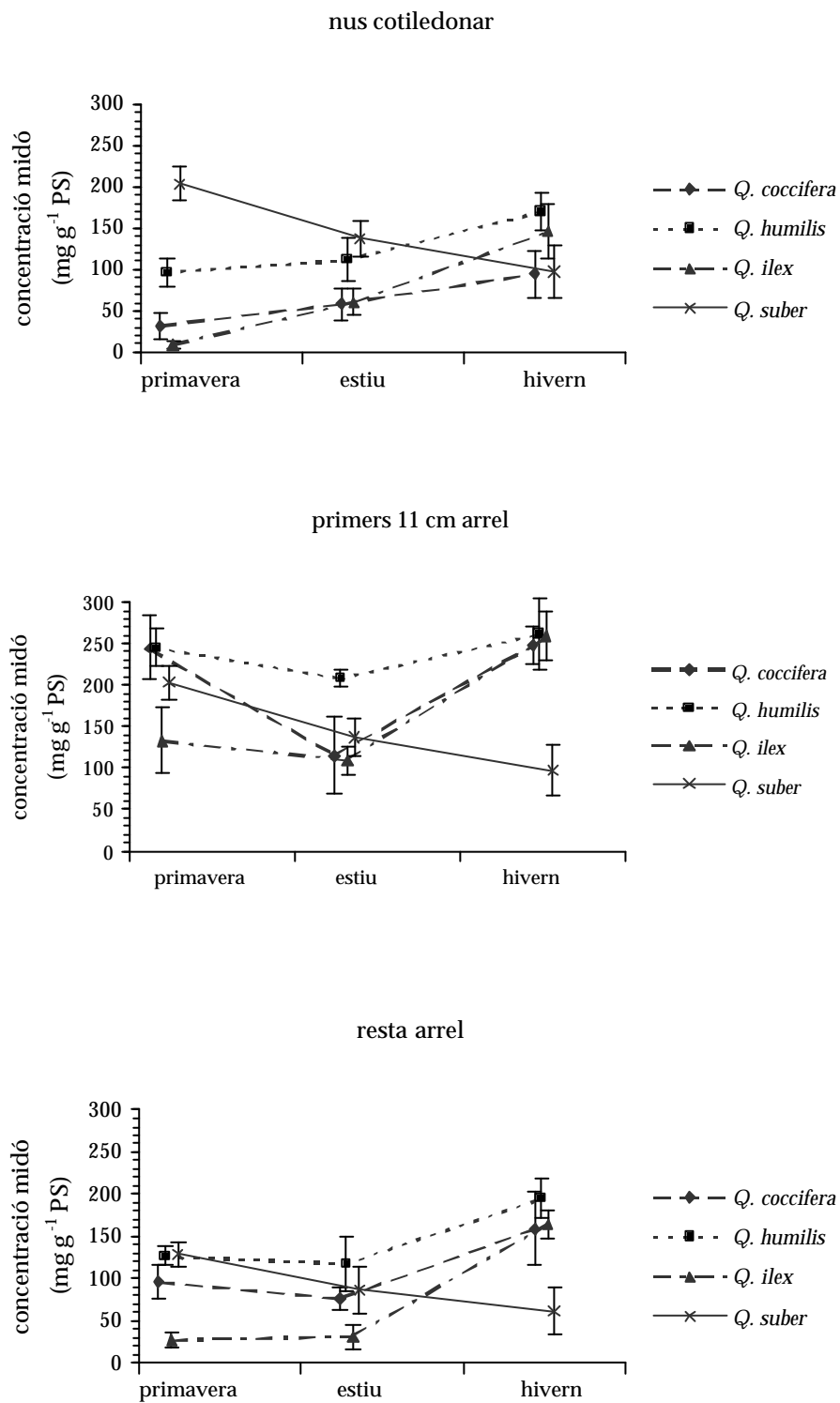
TAULA 4.3.2. Percentatge de la reducció de midó en el nus cotiledonar i a la resta d'arrel en el cas de *Q. suber*.

<b><i>Q. suber</i></b>				
	Control estiu	Tala estiu	Control hivern	Tala hivern
Arrel	33	45	52	13
Nus cotiledonar	32	78	52	41

TAULA 4.3.3. Percentatge de la reducció de midó en el nus cotiledonar, els 11 primers cm de l'arrel i la resta de l'arrel de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*.

		<b><i>Q. coccifera</i></b>	<b><i>Q. humilis</i></b>	<b><i>Q. ilex</i></b>
Control estiu	Arrel	21	7	-
	11 cm arrel	53	15	18
	Nus cotiledonar	-	-	-
Tala estiu	Arrel	64	52	71
	11 cm arrel	59	54	69
	Nus cotiledonar	96	75	87
Tala hivern	Arrel	75	32	81
	11 cm arrel	74	15	66
	Nus cotiledonar	94	43	87





**FIGURA 4.3.1.** Concentració de midó del nus cotiledonar (NC), dels 11 primers cm de l'arrel i de la resta de l'arrel de plàntules control de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* en les diferents estacions estudiades (mitjana  $\pm$  error estàndard, n varia de 3 a 9 NC, de 5 a 12 11 cm i la resta de l'arrel)

## La resta de l'arrel

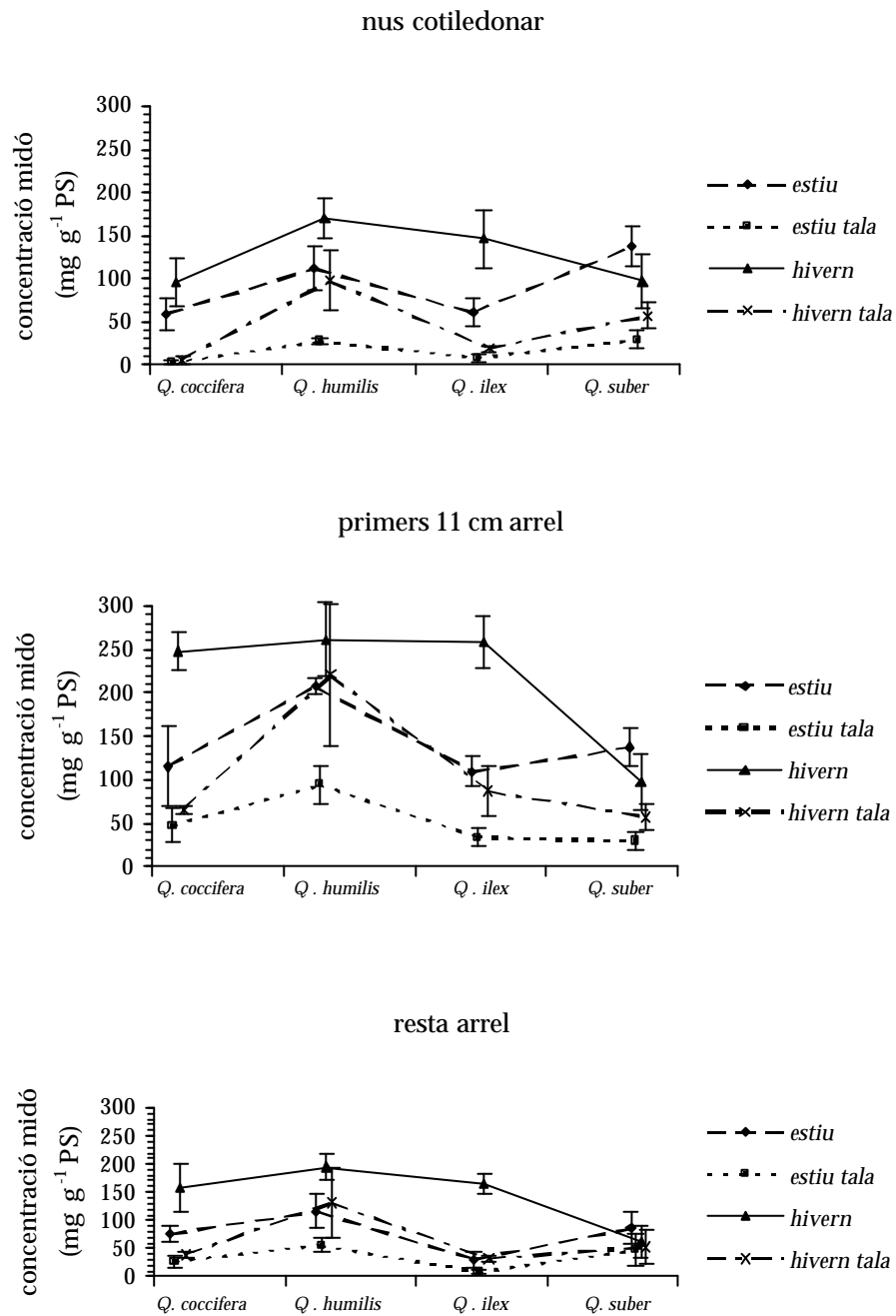
Els nivells de midó en la resta de l'arrel van ser significativament diferents respecte a l'espècie, el tractament i l'estació (Taula 4.3.1).

En general, les plàntules de *Q. humilis* van presentar la màxima concentració de midó, a l'hivern els valors eren de 194.81mg g<sup>-1</sup> PS (Fig. 4.3.1). Per contra, a la primavera i a l'estiu, les plàntules de *Q. ilex* van presentar la concentració de midó més baixa (26.97 i 30.73 mg g<sup>-1</sup> PS respectivament), tot i que a l'estiu la quantitat de midó va incrementar lleugerament, a diferència de *Q. coccifera* i *Q. humilis*, espècies en les quals els nivells de midó disminuïren sensiblement. Per a *Q. suber*, es va observar una disminució del midó al llarg de les estacions: els valors més baixos es van assolir a l'hivern (Fig. 4.3.1).

## 4.4. Mobilització del midó en el sistema radicular

### Nus cotiledonar

La tala va produir una disminució considerable del midó en les quatre espècies; sobretot molt acusada en les plàntules de *Q. coccifera* i *Q. ilex* (Fig. 4.4.1). En el cas de *Q. coccifera* i *Q. ilex* la primera i segona tala va representar una reducció superior al 85% respecte a les plàntules control (Taula 4.3.3). La quantitat de midó de les plàntules de *Q. suber* i *Q. humilis* talades a l'estiu va ser un 78% i 75% més baixa que la de les plàntules control, i a l'hivern la disminució va ser d'un 41% i 43%, respectivament (Taula 4.3.2 i 4.3.3). Curiosament, en les quatre espècies, els valors de midó després de tallar la planta dues vegades successives (hivern) van ser més elevats que els obtinguts en talar només una vegada la planta (estiu). Aquests resultats es manifesten sobretot en *Q. suber* i *Q. humilis* (Fig. 4.4.1).



**FIGURA 4.4.1.** Concentració de midó del nus cotiledonar, dels 11 primers cm de l'arrel i de la resta de l'arrel de plàntules control i talades de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* recollides a l'estiu i a l'hivern (mitjana ± error estàndard, n varia de 2 a 10 NC, n varia de 3 a 15)

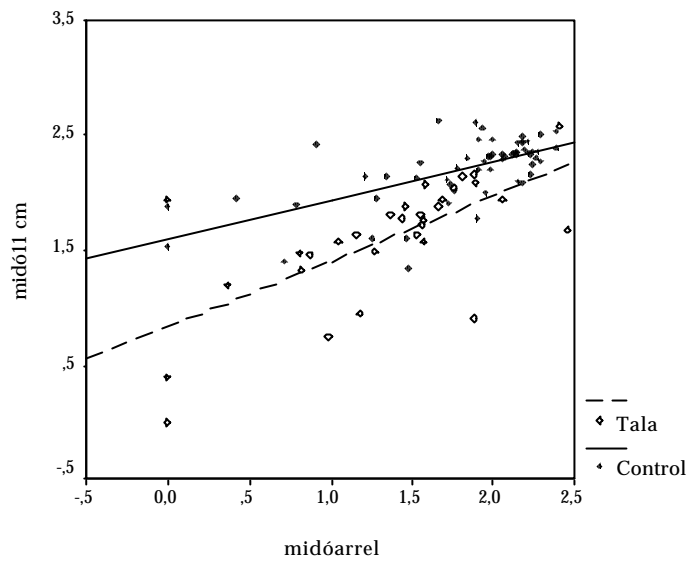
### **Els 11 primers cm de l'arrel**

Amb la tala, aquesta part de la planta va patir una reducció del midó (Fig. 4.4.1). Aquesta disminució va ser particularment important en les plàntules de *Q. suber* (78% a l'estiu) i de *Q. coccifera* (74% a l'hivern) (Taula 4.3.2 i 4.3.3). Tot i la davallada del midó amb la tala, els valors obtinguts en eliminar dues vegades la biomassa aèria van ser més elevats que els obtinguts en talar-la només una vegada. Convé destacar, sobretot, que *Q. suber* va ser l'espècie que va presentar les concentracions de midó més baixes de midó (29.37 mg g<sup>-1</sup> PS a l'estiu i 56.93 mg g<sup>-1</sup> PS a l'hivern). Malgrat la tala successiva, les plàntules de *Q. humilis* a l'hivern es van veure menys afectades pel tractament, ja que els nivells de midó es reduïren només un 15% respecte de les plàntules control (Fig. 4.4.1).

### **La resta de l'arrel**

En les plàntules talades es va produir una davallada de la concentració de midó respecte de les control (Fig. 4.4.1): presentaren una reducció de 45-71% a l'estiu i 13-81% a l'hivern (Taula 4.3.2 i 4.3.3). La concentració més alta de midó es va trobar en les plàntules de *Q. humilis*. Comparant una i dues tales s'observava que els valors de midó a la primera tala sempre eren més baixos que en la segona (Fig. 4.4.1).

L'anàlisi de covariància de la variable midó en els 11 primers centímetres respecte el tractament i la covariable midó en l'arrel va ser significativa ( $F_{1, 71}=24.35; p<0.0005$ ). En la Fig. 4.4.2 s'observa que per una mateixa quantitat de midó en l'arrel hi ha una reducció del midó en els 11 primers cm causada per la tala.



**FIGURA 4.4.2.** Relació entre la concentració de midó de la resta de l'arrel i dels 11 primers cm de l'arrel per a cada tractament,  $R^2=0.44$  tala,  $R^2=0.40$  control (dades transformades logarímicament)

## NITROGEN

### 4.5. Abundància i distribució del nitrogen en la planta

Entre el 70 i el 80% del nitrogen total de la planta (contingut en tiges i arrels) es trobava, en les quatre espècies, en el sistema radicular (Taula 4.5.1). Només *Q. ilex* presentava un percentatge inferior, tot i que els valors superaven el 50%. En la tija, el percentatge era més baix que en el sistema hipogeu, però tot i això representava entre un 18 i 40% del nitrogen total de la planta (Taula 4.5.1).

**TAULA 4.5.1.** Percentatge de nitrogen de la tija i de la part radicular de les plàntules control segons l'espècie i l'estació calculats a partir de la concentració de nitrogen respecte el pes sec de cada part de la planta.

% nitrogen	Estiu		Hivern	
	Tija	Sist. radicular	Tija	Sist. radicular
<i>Q. coccifera</i>	21.72	78.28	21.10	78.90
<i>Q. humilis</i>	17.83	82.17	18.58	81.42
<i>Q. ilex</i>	40.30	59.70	35.66	64.34
<i>Q. suber</i>	18.38	81.62	26.35	73.65

#### 4.5.1. Abundància i distribució del nitrogen en el sistema radicular

Els 11 primers cm de l'arrel van presentar el contingut de nitrogen més elevat, representant per *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. suber* quasi el 50% del nitrogen total (Taula 4.5.2).

**TAULA 4.5.2.** Percentatge de nitrogen del nus cotiledonar (NC), els 11 primers centímetres de l'arrel (11 cm) i la resta de l'arrel (RA) respecte el nitrogen total de la planta de les quatre espècies a l'estiu i a l'hivern.

% nitrogen	Estiu			Hivern		
	NC	11 cm	RA	NC	11 cm	RA
<i>Q. coccifera</i>	4.09	50.75	23.45	3.41	42.99	32.51
<i>Q. humilis</i>	4.58	47.34	30.26	5.63	52.32	23.48
<i>Q. ilex</i>	4.92	28.10	26.68	1.95	49.05	13.34
<i>Q. suber</i>		42.41	39.21		50.06	23.60

Tanmateix, les plàntules de *Q. ilex* recollides a l'estiu tenien un valor bastant més baix, a causa d'un major creixement de la part aèria respecte de la subterrània en comparació amb les altres espècies (Taula 4.5.2).

#### 4.6. Distribució i mobilització del nitrogen en la part aèria

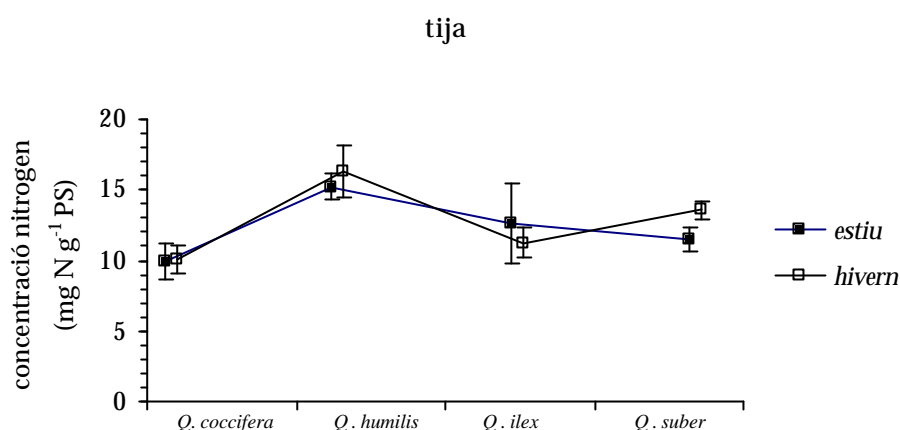
La concentració de nitrogen en la tija diferia significativament segons l'espècie i l'estació (Taula 4.6.1). Comparant les diferents espècies, les plàntules de *Q. humilis* presentaven el contingut més elevat de nitrogen, mentre que les de *Q. coccifera* tenien la concentració més baixa (Fig. 4.6.1).

**TAULA 4.6.1.** Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie, l'estació i el tractament en la concentració de nitrogen de la tija.

Font de variació	g.l	F	P
Espècie	3	9.36	< 0.0005
Estació	1	5.66	0.023
Tractament	1	0.20	0.65
Espècie x estació	3	0.18	0.91
Espècie x tractament	3	2.40	0.09
Estació x tractament	1	2.39	0.13
Espècie x estació x tractament	3	1.05	0.38
Error	32		

L'anàlisi estadística dona diferències significatives segons l'estació, si bé el valor de *p* obtingut (0.023) reflecteix la poca variació en la concentració de nitrogen de la tija a l'estiu en relació a l'hivern: els valors oscil·laven entre 10 i 17 mg g<sup>-1</sup>PS. Tot i així, en les plàntules de *Q. humilis* i de *Q. suber* la quantitat de nitrogen era superior a l'hivern, en canvi en les de *Q. ilex* succeïa a l'inrevés i en les de *Q. coccifera* els nivells es mantenien força similars en ambdues estacions (Fig. 4.6.1).

La tala no va afectar significativament el contingut de nitrogen de la tija, a diferència del sistema radicular (Taula 4.6.1).



**FIGURA 4.6.1.** Concentració de nitrogen de la tija en plàntules control de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* a l'estiu i a l'hivern (mitjana  $\pm$  error estàndard,  $n=3$ )

#### 4.7. Distribució del nitrogen en el sistema radicular

##### Nus cotiledonar, 11 primers centímetres d'arrel i la resta de l'arrel

Els resultats de l'anàlisi de variància ens indiquen que la concentració de nitrogen per les diferents fraccions del sistema radicular va ser significativament diferent segons l'estació i l'espècie, i, a més, va haver-hi interacció per la resta de l'arrel entre espècie i estació (Taula 4.7.1).

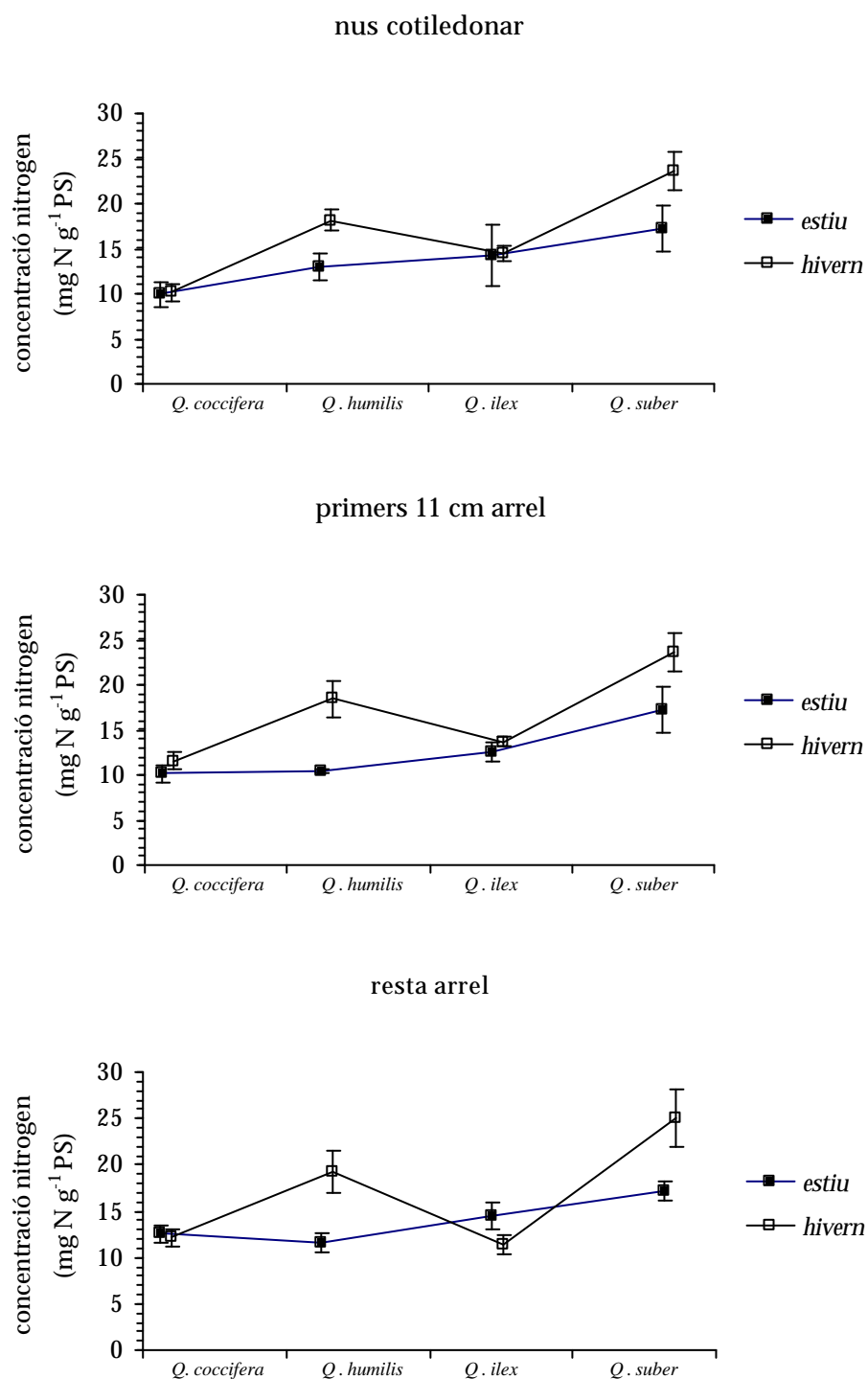
**TAULA 4.7.1.** Resultats de l'ANOVA de l'efecte de l'espècie, l'estació i el tractament en la concentració de nitrogen del nus cotiledonar, 11 primers cm de l'arrel i la resta de l'arrel.

Font de variació	nus cotiledonar			11 primers cm arrel			resta arrel		
	g.l	F	P	g.l	F	P	g.l	F	P
Espècie	3	31.70	< 0.0005	3	26.24	< 0.0005	3	37.62	< 0.0005
Estació	1	16.43	< 0.0005	1	16.20	< 0.0005	1	13.81	0.001
Tractament	1	15.78	< 0.0005	1	0.006	0.94	1	2.27	0.14
Espècie x estació	3	0.53	0.66	3	0.84	0.48	3	3.70	0.02
Espècie x tractament	3	7.44	0.001	3	7.10	0.001	3	4.08	0.01
Estació x tractament	1	0.03	0.87	1	0.57	0.46	1	0.09	0.77
Esp x est x tract	3	1.29	0.29	3	1.08	0.37	3	5.09	0.005
Error	31			35			34		

La concentració de nitrogen del nus cotiledonar, dels 11 primers cm de l'arrel i la resta de l'arrel seguia un patró semblant en les quatre espècies i en les dues



estacions (Fig. 4.7.1). De fet, per a una mateixa espècie la concentració de nitrogen es mantenia molt similar independentment de la part analitzada.



**FIGURA 4.7.1.** Concentració de nitrogen del nus cotiledonar, dels 11 primers centímetres de l'arrel i de la resta de l'arrel de plàntules control de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* a l'estiu i a l'hivern (mitjana  $\pm$  error estàndard,  $n=3$ )

A l'estiu les quatre espècies presentaren valors bastant semblants. *Q. suber* era la que tenia la concentració més elevada en totes les parts de l'arrel analitzades (aprox. 17 mg g<sup>-1</sup>PS) i *Q. coccifera* la més baixa (aprox. 10-12 mg g<sup>-1</sup>PS). En canvi, a l'hivern, en *Q. coccifera* i *Q. ilex* la concentració va ser similar a la de l'estiu, mentre que en *Q. humilis* i *Q. suber* aquesta va augmentar considerablement respecte a la de l'estiu, i *Q. suber* va assolir el contingut més elevat (aprox. 23-25 mg g<sup>-1</sup>PS) (Fig. 4.7.1). A l'estiu, la concentració de nitrogen en els 11 primers centímetres de l'arrel era un 43% (*Q. humilis*) i un 27% (*Q. suber*) menor que a l'hivern.

La interacció entre espècie i estació en la resta de l'arrel s'explicaria per la disminució de la concentració de nitrogen en *Q. ilex* a l'hivern per sota dels valors observats a l'estiu (Fig. 4.7.1).

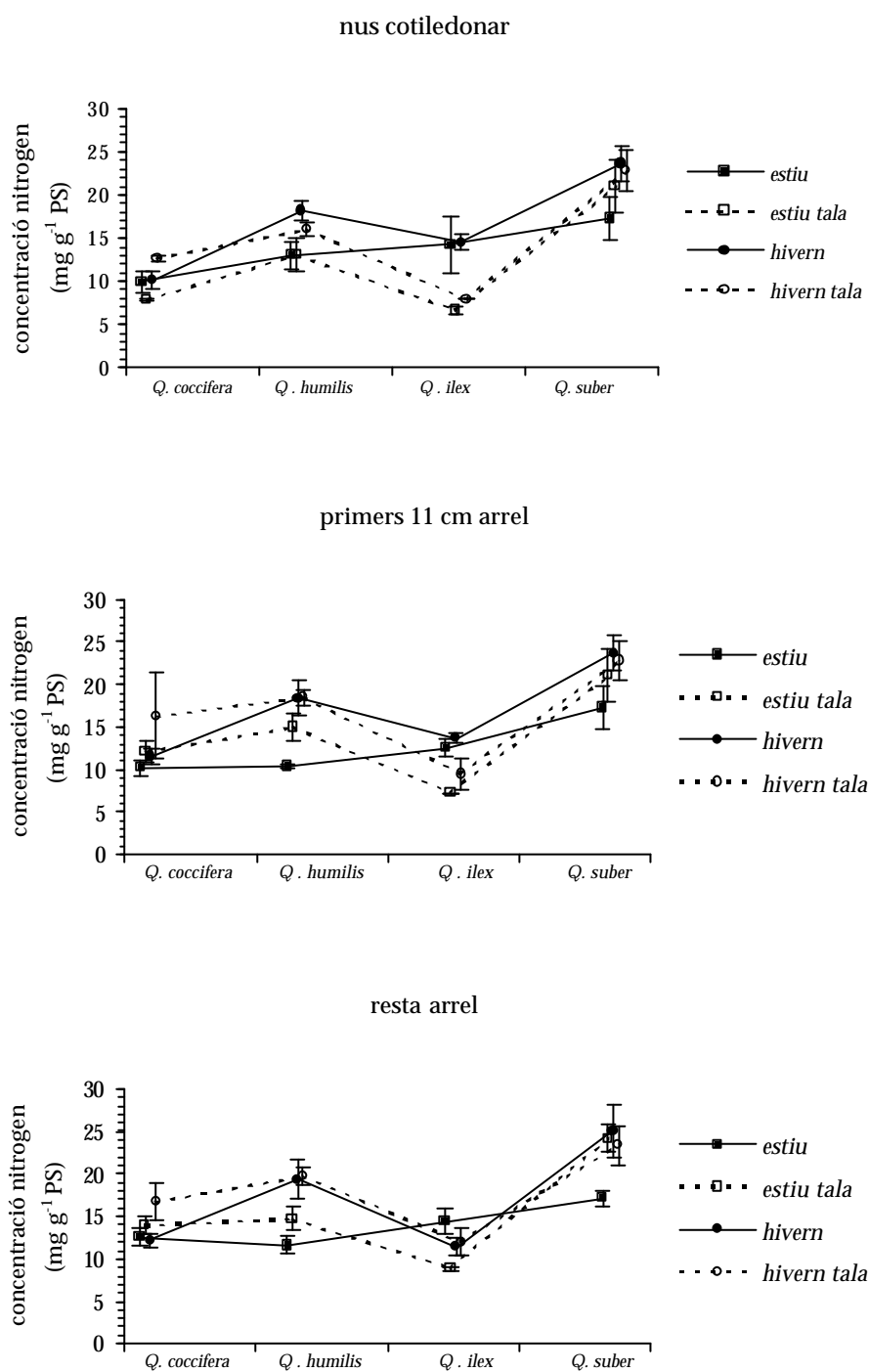
#### **4.8. Mobilització del nitrogen en el sistema radicular**

##### **Nus cotiledonar**

La concentració de nitrogen en les plàntules talades i en les no talades tan sols difereix significativament per al nus cotiledonar (Taula 4.7.1), tot i que existeix interacció entre espècie i tractament per a totes les fraccions analitzades. La concentració de nitrogen en el nus cotiledonar disminueix per efecte del tractament en totes les espècies, a excepció de les plàntules de *Q. suber* talades a l'estiu (talades una vegada) i les de *Q. coccifera* talades a l'hivern (talades dues vegades), que tenien més nitrogen que les respectives del control (Fig. 4.8.1). Aquest comportament explicaria la interacció entre espècie i tractament trobada per al nus cotiledonar.

##### **Els 11 primers centímetres d'arrel i la resta de l'arrel**

Per als 11 primers cm i per a la resta d'arrel, la concentració de nitrogen en les plàntules talades de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. suber* va ser similar o més elevada que la de les control (Fig. 4.8.1). En canvi les plàntules talades de *Q. ilex* sempre



**FIGURA 4.8.1.** Concentració de nitrogen del nus cotiledonar, dels 11 primers cm i de la resta d'arrel de plàntules control i talades de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* a l'estiu i a l'hivern (mitjana  $\pm$  error estàndard,  $n=3$ )

tenien el contingut de nitrogen inferior a les control (reducció 42% i 31% a l'estiu i a l'hivern respectivament). Així mateix, en la resta de l'arrel, el tractament va afectar de manera diferent a les espècies segons l'estació (Taula 4.7.1). A l'hivern en

*Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* la concentració de nitrogen de la resta de l'arrel es va mantenir pràcticament igual en les plàntules talades que en les control, mentre que a l'estiu en *Q. humilis* i *Q. suber* la concentració va augmentar i en *Q. ilex* va disminuir (Fig. 4.8.1). Per a *Q. coccifera*, tant a l'estiu com a l'hivern, els valors de nitrogen de les plàntules talades van ser superiors als valors de les control.

## 4. DISCUSSIÓ

En *Quercus coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* la concentració i el percentatge de midó és superior en el sistema radicular que en la tija. Kummerow *et al.* (1990) van trobar resultats similars en exemplars madurs de *Q. coccifera*. Així mateix, en altres treballs amb espècies del gènere *Quercus*, tot i que no es va analitzar la concentració de midó, també es va constatar una elevada concentració de carbohidrats no estructurals en les arrels, com és el cas de plantes de tres anys de *Q. ilex* (El Omari *et al.*, 2002), d'individus adults de *Q. gambelii* (Harrington, 1989) i de *Q. laevis* i *Q. incana* (Woods *et al.*, 1959). Els nostres resultats també concorden amb els obtinguts per espècies rebrotadores mediterrànies del sud-oest d' Austràlia (Pate *et al.*, 1990; Bell *et al.*, 1996) i de Sud-àfrica (Bell i Ojeda, 1999; Verdaguer i Ojeda, 2002). De fet, es considera que emmagatzemar midó en els òrgans hipogeus és una de les estratègies que presenten les espècies rebrotadores per poder afrontar les perturbacions que impliquen la pèrdua del teixit fotosintètic (Iwasa i Kubo, 1997; Ojeda, 1998; Ojeda, 2001).

A les arrels, el midó s'emmagatzema, principalment, a les cèl·lules parenquimàtiques del xilema (Loescher *et al.*, 1990; Bell i Ojeda, 1999). En aquest sentit, es considera que en les espècies rebrotadores el contingut de teixit parenquimàtic del xilema és més abundant que en les espècies germinadores (Bell i Ojeda, 1999; Verdaguer i Ojeda, 2002). A partir de les anàlisis histològiques realitzades amb les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* (vegeu capítol II) i també de *Q. suber* (Verdaguer, 1995) s'ha observat que la presència de parènquima medul·lar i cortical és considerable. En aquestes espècies la medul·la pot representar fins i tot el 50% de la superfície de la secció i, sovint, les seves cèl·lules contenen abundants amiloplasts. En canvi, en moltes espècies les arrels no presenten parènquima medul·lar (Esau, 1985). Per tant, a l'estadi de plàntula de les espècies estudiades el teixit destinat a l'acumulació de midó seria, principalment, el parènquima medul·lar. Ara bé, amb el desenvolupament del teixit secundari es

forma el parènquima radial, sovint amb radis multiseriats, i també el parènquima axial. Per exemple, en seccions histològiques del sistema radicular de plantes de tres anys de *Q. ilex* (El Omari *et al.*, 2002) i d'arrels fines d'individus adults de *Q. suber* (Verdaguer i Molinas, 1992) s'ha observat, a part de la medul·la, abundant parènquima radial i interradiat. De fet, una de les característiques generals que mostren les arrels de les espècies del gènere *Quercus* és la presència de quantitats considerables de parènquima axial i radial, en què els radis poden arribar a contenir fins a 40 cèl·lules en amplada (Cutler *et al.*, 1987).

En estadi de plàntula, la informació disponible sobre la distribució del midó en el sistema radicular és molt escassa. De fet, aquests són els primers resultats que s'obtenen en plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*. En el sistema radicular de les quatre espècies estudiades, la concentració i el percentatge de midó més elevat es troba en els 11 primers cm de l'arrel. Molt probablement s'acumula més midó en aquesta fracció perquè és la part més madura i superficial de l'arrel i, és la fracció que té més biomassa del sistema radicular en aquestes plàntules. Abod i Webster (1991) van estimar que la major part del midó de les plàntules de *Tilia* es localitzava en l'arrel primària, com en el cas de les espècies estudiades, mentre que el midó a les de *Betula* es trobava en les arrels fines. Així mateix, per individus adults d'*Stirlingia latifolia* s'ha descrit que la major proporció de midó es trobava en els 40 primers cm del sistema radicular que comprenen la corona radicular i les arrels més gruixudes (Bowen i Pate, 1993). En canvi, en *Lythrum salicaria* s'ha apuntat que la concentració de midó era superior en les arrels que en la corona radicular (Katovich *et al.*, 1998). Tanmateix, un cas molt peculiar és el de l'espècie rebrotadora *Euptelea polyandra* en què la major concentració de carbohidrats es troba en la part aèria (Sakai i Sakai, 1998). Per tant, sembla que la distribució del midó en el sistema radicular o, en la planta, podria estar, en gran mesura, determinada per l'espècie.

En el cas de *Q. suber*, la fracció dels 11 primers cm de l'arrel coincideix amb la zona del nus cotiledonar anomenada també lignotúber, ja que s'origina en els estadis

inicials de la maduració de l'embrió i presenta, a més de gemmes latents (Molinas i Verdaguer, 1993a), gran quantitat de substàncies de reserva, tal i com s'ha comprovat en aquest treball. El nus cotiledonar de *Q. suber* conté aproximadament el 70% del midó total del sistema radicular. En *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* el nus cotiledonar té nombroses gemmes cotiledonars responsables de la rebrotada, si bé el midó que s'hi acumula és clarament inferior al del nus cotiledonar de *Q. suber*. Així mateix, El Omari *et al.* (2002) van trobar que les concentracions de carbohidrats no estructurals en el nus cotiledonar (coll de l'arrel) de plantes de tres anys de *Q. ilex* no eren superiors a les d'altres fraccions del sistema radicular i van concloure que aquesta zona no estava especialment implicada en l'emmagatzematge.

El patró estacional de les reserves de carbohidrats en individus adults de nombroses espècies ha estat àmpliament descrit (Bonice *et al.*, 1987; Kozłowski, 1992; Li *et al.*, 1996; Newell *et al.*, 2002) i s'ha relacionat, sovint, amb la fenologia de la planta (Kays i Canham, 1991). A la primavera, en la majoria d'espècies, a causa del ràpid creixement es produeix un consum considerable de les reserves acumulades en el sistema radicular, fet que ocasiona una davallada dels nivells de midó (Kozłowski, 1992; Kozłowski *et al.*, 1991). A la tardor, en les espècies caducifòlies, s'assoleixen els valors màxims, a conseqüència de la reabsorció de nutrients i l'abscisió foliar (Loescher *et al.*, 1990; Kozłowski, 1992; Kobe, 1997). En les espècies perennifòlies el cicle estacional del midó no és tan marcat com en les caducifòlies (Kozłowski *et al.*, 1991). En el nostre treball, les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* presenten variacions estacionals del contingut de midó, que si bé és equivalent tant per al sistema aeri com per al radicular, és més accentuat en aquest últim. A la primavera, els nivells de midó són bastant elevats mentre que a l'estiu disminueixen. Aquesta davallada podria relacionar-se amb les altes temperatures que s'assoliren dins l'hivernacle (per sobre dels 30°C). A temperatures elevades els processos respiratoris incrementen considerablement, fins i tot es pot doblar la taxa respiratòria de les arrels (Bowen, 1991), mentre que la taxa fotosintètica disminueix (Taiz i Zeiger, 1998). Per tant, la producció neta és menor i propicia un major

consum de les reserves (Loescher *et al.*, 1990). En aquest sentit, hagués estat interessant determinar la producció neta de les plàntules al llarg de les diferents estacions.

A principis d'hivern, tant pel que fa a la part aèria com a la subterrània, els nivells de midó es recuperen i són semblants o superiors als trobats a la primavera en totes les espècies, a excepció de *Q. suber*. En *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, probablement, la taxa de respiració decreix a causa de la disminució de la temperatura i augmenta la taxa fotosintètica. Aquest fet comportaria, d'una banda, una menor despesa de reserves en el sistema radicular i, de l'altra, una major formació de fotoassimilats. Per tant es produiria un augment del midó destinat a l'emmagatzematge. Ara bé, sorprenentment, en *Q. suber* la quantitat de midó també disminueix a l'hivern, i és encara més baixa que la trobada a l'estiu. Si s'analitzen els resultats del midó conjuntament amb els del nitrogen es constata que, a l'hivern, *Q. suber* té la concentració de nitrogen del nus cotiledonar més elevada. En algunes espècies s'ha indicat que un menor contingut de carbohidrats no estructurals està relacionat amb un major contingut de nitrogen en les arrels, ja que una major disponibilitat d'aquest element ocasiona un augment del creixement de la part aèria (Mooney *et al.*, 1995; Von Fircks i Sennerby-Forsse, 1998). Així, una deficiència de nitrogen a la planta limita l'assimilació de carboni i acaba comportant un major emmagatzematge en l'arrel (Van der Werf i Nagel, 1996). En *Q. suber* la menor concentració de midó podria explicar-se per un major consum de fotoassimilats destinats al creixement de la part aèria. De tota manera, s'ha de tenir en compte que les quatre espècies estudiades estaven sotmeses a la mateixa concentració de nitrogen, i per tant també implicaria una major eficiència en l'absorció del nitrogen per part de *Q. suber*. D'altra banda, no es pot oblidar que, tot i que el creixement de la part aèria és més accentuat en *Q. suber*, tampoc difereix molt respecte de les altres espècies. Per tant, creiem que aquests resultats són molt interessants i caldria portar a terme més anàlisis per a determinar si en aquesta espècie hi ha una recuperació dels nivells de midó després de l'hivern, i, alhora, avaluar la producció neta de les quatre espècies al llarg de les diferents estacions per relacionar-ho amb el consum de reserves



destinades a l'emmagatzematge. D'altra banda, a l'hivern, *Q. humilis* presenta la major concentració de midó a tota la planta, però, sobretot, aquesta diferència s'evidencia en la tija. Cal tenir present que *Q. humilis*, a diferència de les altres tres espècies, és una espècie caducifòlia, per tant a finals de tardor principis d'hivern les fulles queden senescentes, s'esgrogueeixen i algunes acaben caient. Així doncs, possiblement, aquesta major concentració es deu a la retranslocació de reserves de les fulles cap a les diferents parts llenyoses de la planta (Loescher *et al.*, 1990).

El percentatge de nitrogen és més elevat en el sistema radicular que en la tija, si bé quan es té en compte la concentració, les diferències entre tija i sistema radicular són menors que en el cas del midó. De fet, les quantitats de nitrogen en les tiges velles i en les arrels representen només el 0.3% i l'1-2% del seu pes sec, respectivament (Pate, 1983). A més, en les quatre espècies, les diferents fraccions del sistema radicular presenten una concentració de nitrogen semblant. Aquest fet també s'ha trobat en plantes de tres anys de *Q. ilex* (El Omari, 2002) i en plàntules d'*Eucalyptus marginata* (Dell *et al.*, 1985) en què la concentració de nitrogen en l'arrel i en la corona radicular (lignotúber en el cas d'*E. marginata*) era molt similar. Pel que fa al patró estacional s'ha constatat que en *Q. suber* i *Q. humilis* els nivells de nitrogen de la tija i de l'arrel són més elevats a l'hivern, mentre que en les altres dues espècies són semblants o fins i tot inferiors, tot i que al llarg de l'experiment totes les plàntules han tingut un aport continu de nitrogen. En *Q. humilis* l'augment de nitrogen a l'hivern, igual que succeeix amb el midó, possiblement es degui a la remobilització del nitrogen de les fulles abans de la seva abscisió, tal i com s'ha descrit en les espècies caducifòlies (Rufat i Dejong, 2001). En individus adults de *Q. suber* també s'ha detectat una fluctuació estacional dels nutrients relacionada directament amb la fenologia.

Quant a la resposta després d'una pertorbació, aquest estudi corrobora que en les quatre espècies la tala provoca una disminució important dels nivells de midó, sobretot del sistema radicular. En espècies mediterrànies rebrotadores, com en

*Stirlingia latifolia* (Bowen i Pate, 1993), *Arbutus unedo* i *Erica arborea* (Canadell i López-Soria, 1998) i també en espècies d'altres biomes (Latt *et al.*, 2000) s'ha demostrat aquest fet. En eliminar totalment la part aèria, la producció de fotoassimilats és nul·la, aleshores els carbohidrats acumulats en el sistema radicular són utilitzats per al manteniment de la respiració d'aquest sistema i per a la producció de nous materials que formaran els rebrots (Kozłowski *et al.*, 1991; Trlica i Cook, 1971). D'altra banda, també s'ha trobat que es mobilitza primer el midó dels 11 primers cm (nus cotiledonar en *Q. suber*) i posteriorment el de la resta de l'arrel. Així, aquests resultats demostren una vegada més que el nus cotiledonar o lignotúber per *Q. suber* es pot considerar, també tenint en compte la seva funció, com un òrgan especialitzat en la rebrotada. En les altres espècies, si bé en estadi de plàntula no tenen lignotúber, la presència de nombroses gemmes cotiledonars i de gran quantitat de substàncies de reserva en els 11 primers cm de l'arrel els confereixen igualment una gran capacitat per fer front a diferents perturbacions (vegeu Capítol III) (Pascual *et al.*, 2002), sempre i quan no es malmeti el nus cotiledonar (Verdaguer *et al.*, 2001).

La vigorositat de la rebrotada s'ha relacionat, en general, amb la quantitat de carbohidrats de reserva presents en el sistema radicular (Trlica i Cook, 1971; Canadell i López-Soria, 1998). Segons els resultats del nostre treball s'observa que l'espècie que presenta la concentració i la quantitat més baixa de midó és també, la que presenta la mortalitat més alta i els rebrots més poc robusts. Per tant, aquests resultats estarien en concordança amb el que s'acaba de citar. Ara bé, quan s'analitzen les espècies que presenten la concentració i la quantitat més elevada de midó, llavors es veu que la resposta també depèn de la intervenció i de la concentració de nitrogen present en el sistema radicular. Així, en la primera intervenció (1a tala) les espècies amb més midó en el sistema radicular tenen uns rebrots més vigorosos, en canvi, en la segona intervenció (2a tala), tot i que *Q. humilis* presenta més midó de reserva que les altres, la que té els rebrots més vigorosos és *Q. suber*. Probablement en *Q. suber*, igual com s'ha comentat anteriorment per al control, això es degui, a la major concentració de nitrogen en el

sistema radicular. Per tant, en aquest cas, els resultats no són concloents i seria interessant portar a terme més estudis en aquesta línia per poder determinar si, efectivament, el nitrogen i el midó actuen sinèrgicament en la rebrotada i quin d'ells esdevé el factor limitant.

L'eliminació successiva de la biomassa aèria ocasiona, en general, una disminució dels carbohidrats no estructurals de reserva (Latt *et al.*, 2000), els quals fins i tot, poden arribar a esgotar-se (Canadell i López-Soria, 1998). No obstant això, en el nostre treball, quan s'ha tallat dues vegades la tija, tot i que s'ha produït una reducció del midó en relació a les plàntules control, la concentració obtinguda ha estat més elevada que l'obtinguda en una sola tala. Molt possiblement això s'expliqui per les variacions dels nivells de midó en el sistema radicular a causa del cicle estacional (Kays i Canham, 1991). Així doncs, quan les plàntules es van tallar per primera vegada a la primavera i es van analitzar els resultats a l'estiu, s'observà que la concentració de midó en el sistema radicular era molt més baixa que la trobada quan els rebrots es tallaren a l'estiu i s'analitzaren els resultats a l'hivern, també tres mesos després de la tala. Això voldria dir que tal i com s'ha trobat en les plàntules control, les condicions ambientals lligades a l'estació repercutirien, possiblement, en la resposta de la planta, i en concret en l'emmagatzematge de midó. Així, segurament, les temperatures més elevades de l'estiu hagin privat a les plàntules talades una vegada que poguessin acumular més midó en el sistema radicular, en canvi, després de la segona tala, les temperatures més baixes de principis d'hivern, hagin permès una major acumulació. A més, en la segona intervenció quan el contingut de midó és més elevat que en la primera els rebrots són menys vigorosos excepte per a *Q. suber*. Per tant, possiblement, no és que tinguin més midó en el sistema radicular perquè en produeixin més, sinó perquè en gasten menys. D'altra banda, la concentració de midó a l'hora de tallar la planta sembla que també té un efecte negatiu en la supervivència. Així, en tallar-la dues vegades, la mortalitat va ser més elevada, o semblant en el cas de *Q. coccifera*, que en tallar-la només una vegada. Cruz i Moreno (2001) van descriure variacions en els nivells de midó dels òrgans hipogeus d'*Erica australis* en relació a les estacions.

Aquests autors estudiaven el patró d'acumulació del midó en el lignotúber segons l'estació amb la idea que el contingut de midó hauria de ser més elevat en aquelles estacions en què les plantes presentessin més risc a ser pertorbades. Però, igual com hem pogut constatar en aquest treball van trobar que a l'estiu, quan les pertorbacions més habituals dels ecosistemes mediterranis, com ara el foc, són més freqüents, el contingut de midó era inferior. De tota manera, Cruz i Moreno (2001) van estimar que, tot i que el contingut de midó en el lignotúber era inferior a l'estiu del trobat en la resta d'estacions, en presentarien una quantitat suficient per suportar la rebrotada després de la destrucció de la part aèria. Seria interessant, en les espècies objecte d'estudi, determinar la resistència que presenten en cas de freqüents pertorbacions. Aquests resultats, sens dubte, serien d'interès en les reforestacions. Primer, perquè en les èpoques en què les reserves són més baixes, la planta és més susceptible de ser infectada com s'ha descrit en algunes espècies de *Quercus americanes* (Dunn *et al.*, 1990). I en segon lloc, una baixada de midó a l'estiu podria ser molt significativa, ja que és una estació en què les condicions climatològiques són crítiques per a l'establiment dels plançons en les repoblacions (Valdecantos *et al.*, 2000).

Segons Chapin (1980) el nitrogen i el fòsfor poden ser els factors limitants de la rebrotada. En *Arbutus unedo* s'ha constatat, després de múltiples talls, una disminució considerable de fòsfor (Canadell i López-Soria, 1998). Per contra, altres autors han trobat que s'esgota primer el midó que altres nutrients (Miyaniishi i Kellman, 1986). En el nostre cas, però, la tala no ha ocasionat una disminució de la quantitat de nitrogen de les diferents parts de la planta, possiblement perquè les plantes han rebut contínuament un aport de nitrogen a través de l'aigua de reg. Per tant, pot ser que el factor limitador de la rebrotada estigui en funció de quin sigui el recurs limitant (midó, nitrogen o fòsfor).

## DISCUSSIÓ GENERAL

Aquest treball contribueix a comprendre el desenvolupament de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* en l'estadi de la plàntula i a aprofundir en l'estudi dels òrgans i processos implicats en la capacitat de rebrotada en aquestes espècies.

El pes de les glans esdevé de gran importància en la germinació i en el creixement de les plàntules en els primers estadis del desenvolupament, tal i com s'ha comprovat en d'altres espècies (Westoby *et al.*, 1992; Leishman i Westoby, 1994). Aquests resultats aporten informació que pot ser de gran interès a l'hora de seleccionar les glans destinades a la regeneració de zones degradades. El pes de les glans de les espècies estudiades ve determinat per la longitud i el diàmetre, tot i que no es pot descartar un cert efecte de l'espècie. S'ha constatat que les glans de *Q. suber* pesen més, són més llargues i presenten, alhora, un major diàmetre. En canvi, les de *Q. ilex* són més petites, tant per la longitud com pel diàmetre i, també, pel pes. D'altra banda, també s'ha obtingut una funció que, a partir dels valors de la mida i el pes, permet de determinar, amb un elevat encert, a quina espècie pertany una determinada gla. Pel que fa a la germinació, els resultats mostren que per a *Q. ilex* i *Q. coccifera* la germinació depèn del pes, mentre que és independent per a *Q. humilis* i *Q. suber*. En les primeres les glans amb un pes inferior als 2 g, generalment, no germinen.

D'altra banda, en les quatre espècies s'ha comprovat que el pes de la llavor afecta el creixement de la planta fins als tres o sis mesos. El pes de la llavor reflexa, en gran mesura, les substàncies de reserva acumulades (Bonfil, 1998; Milberg *et al.*, 1998). Amb la germinació, les substàncies de reserva de la llavor són mobilitzades i s'utilitzen per al creixement de la nova plàntula (Kozlowski, 1992). Possiblement un major increment de la quantitat de nutrients i de substàncies de reserva es reflecteix en un major creixement de la planta (Tecklin i Khan, 1990; Ke i Werger, 1999). Així,

les plàntules de *Q. suber* van tenir un major creixement, sobretot de la part aèria, mentre que les de *Q. ilex* van presentar un menor creixement. Ara bé, tot i que les plàntules d'aquesta espècie van ser, a l'inici, les més petites, van presentar la taxa de creixement més elevada, de manera que al final de l'experiència assoliren el mateix creixement que les de *Q. humilis* i *Q. suber*. Molt probablement una taxa de creixement elevada, quan la llavor és petita, suposi un avantatge per competir pels recursos que, sovint, en condicions naturals són limitants. A mesura que augmenta l'edat de la plàntula el creixement esdevé totalment independent del pes de la gla (Westoby *et al.*, 1992). En aquest sentit en les plàntules de nou mesos de les espècies estudiades la relació ja és nul·la. Ara bé, aquest fet no implica que les plàntules esdevinguin autosuficients anteriorment, igual que s'ha trobat en altres espècies (Sonesson, 1994).

S'ha constatat, també, que en les plàntules de les quatre espècies la biomassa radicular era superior a l'aèria. Una relació de BA/BS baixa es podria relacionar amb una major adaptació a la sequera (Lloret *et al.*, 1999a; Cañellas i San Miguel, 2000).

En les plàntules de *Q. coccifera* i *Q. humilis* la relació entre la biomassa aèria i la biomassa radicular era més baixa que en *Q. ilex* i *Q. suber*.

Sorprenentment, *Q. humilis*, tot i ser una espècie habituada a zones més humides, presenta una proporció similar a *Q. coccifera*, espècie que pot viure en zones àrides.

### **Rebrotada**

Els nostres resultats evidencien que *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* tenen, en l'estadi de plàntula, capacitat per rebrotar quan s'elimina la biomassa aèria tant una com dues vegades successives. Ara bé, el grau de supervivència disminueix, en general, amb la tala i difereix entre les espècies. En aquest cas les plàntules de *Q. ilex* presenten una menor supervivència després de la pertorbació. Aquesta elevada mortalitat assolida en aquesta espècie i, també, en *Q. coccifera*, s'atribueix al menor creixement de les plàntules, en comparació amb el de les altres espècies, en el moment de la intervenció. Tanmateix, aquests resultats no deixen de sorprendre ja

que en una experiència anterior realitzada amb plàntules de *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* la supervivència va ser quasi del 100%, tot i que les condicions de creixement eren similars al nostre treball. Així, en el present estudi l'elevada mortalitat detectada es podria atribuir a les característiques particulars de les glans. Possiblement, en els anys que es van recol·lectar les glans les condicions climatològiques a què les plantes mare van estar sotmeses van ser determinants per la qualitat de les glans i de les plàntules i podria haver repercutit en la seva posterior resposta a les pertorbacions (Mayer i Poljakoff-Mayber, 1989).

En les quatre espècies s'ha comprovat que, després de tallar la tija principal per sobre la zona d'inserció dels cotilèdons, els rebrots es formen a partir de les gemmes existents en el nus cotiledonar. Tanmateix, aquest estudi també ha permès de constatar que el patró de desenvolupament del nus cotiledonar de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* difereix del descrit per a *Q. suber* (Molinas i Verdaguer 1993a i b). Així, mentre que en aquesta espècie, durant la germinació, el nus cotiledonar, que presenta de 6 a 7 parelles de gemmes, s'allarga uns 11 cm i queda enterrat en el sòl (Molinas i Verdaguer 1993a i b), en *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* aquest pràcticament no s'allarga i només s'hi localitzen un parell de gemmes just a la l'axil·la dels peciols cotiledonars (Pascual *et al.*, 2002). A les axil·les de les gemmes cotiledonars proliferen noves gemmes i acaben formant plaques, igual que en el cas de *Q. suber*. Aquest diferent desenvolupament del nus cotiledonar explica el comportament d'aquestes espècies davant de l'eliminació de la biomassa aèria. Així quan es talla la part aèria de les plàntules, destruint la zona d'inserció dels cotilèdons, només sobreviuen les plàntules de *Q. suber* (Verdaguer *et al.*, 2001).

El desenvolupament dels rebrots comporta una davallada dels nivells de midó del sistema radicular (Bowen i Pate, 1993; Canadell i López-Soria, 1998). Concretament, en *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* es mobilitza en major proporció el midó present en els 11 primers centímetres (nus cotiledonar en *Q. suber*) que el de la resta de l'arrel. Per tant, amb aquest treball es reafirma que el nus cotiledonar de *Q. suber* és una estructura especialitzada en la rebrotada, ontogènicament programada, amb

nombroses gemmes i abundants substàncies de reserva que es mobilitzen ràpidament davant d'una pertorbació que impliqui la pèrdua de la biomassa aèria. De tota manera, igual que s'ha descrit en d'altres espècies, en *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* no es pot obviar que els primers centímetres del sistema hipogeu contribueixin significativament en la rebrotada, possiblement perquè és la part més madura, amb més biomassa i més superficial del sistema radicular, la qual cosa pot facilitar la mobilització del midó d'aquesta zona. Així, aquest treball també permet de concloure que *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, tot i no presentar una estructura similar a la de *Q. suber*, mostren capacitat per rebrotar en estadi de plàntula, gràcies a la presència de gemmes i de substàncies de reserva.

L'eliminació successiva de la biomassa aèria ocasiona una disminució del vigor dels rebrots en les espècies estudiades, excepte per a *Q. suber*. Els rebrots després de la segona tala són, en general, més curts i prims i amb menys fulles que els emesos a la primera tala. Probablement es degui a la menor concentració de midó present en el sistema radicular a l'estiu, que, de fet, és quan es produeix la segona tala. En aquest sentit, en el cas de *Q. suber*, tot i que la concentració de midó va ser baixa, no es va observar una davallada del vigor dels rebrots. Possiblement, en aquesta espècie, aquest fet s'explicaria perquè la concentració de nitrogen del sistema radicular és més elevada que en les altres. Així, per exemple en plàntules de *Q. ilex*, malgrat que la concentració de carbohidrats no estructurals era elevada, les plàntules no rebrotaven per falta de nitrogen en les arrels (El Omari, 2002). Ara bé, en les plàntules talades dues vegades en *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* la concentració de midó del sistema radicular és superior a la trobada després en les plàntules de la primera tala. Aquest contingut de midó més elevat, podria estar relacionat amb l'estació (Kozłowski, 1992; Li *et al.*, 1996; Newell *et al.*, 2002). A l'estiu, les temperatures elevades ocasionen una disminució de la producció neta a causa d'un increment dels processos respiratoris. En canvi a principis d'hivern, amb temperatures més suaus la producció neta és superior ja que la respiració i fotorrespiració disminueixen (Taiz i Zeiger, 1998). Sens dubte, aquest fet és summament important a tenir en compte en les reforestacions en zones de clima



mediterrani, ja que si els nivells de midó en el sistema radicular de les plàntules són baixos, difícilment podran sobreviure després de l'estrès postplantació o fins i tot d'una pertorbació.

1. El pes fresc de la gla està determinat pel diàmetre i la longitud, però, alhora, hi ha un cert efecte de l'espècie. Les glans de *Q. suber*, en comparació a les de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*, pesen més i són més grans, tant en diàmetre com en longitud.
2. Les glans de *Q. humilis* i *Q. suber* presenten un percentatge de germinació superior a les de *Q. coccifera* i *Q. ilex*. En aquestes dues últimes espècies el pes de la gla influeix en la capacitat germinativa, mentre que en *Q. humilis* i *Q. suber* és independent.
3. Els embrions de glans madures de *Q. coccifera* i *Q. ilex* estan menys desenvolupats que els de *Q. humilis*. Mentre que en els embrions d'aquesta espècie es distingeixen de dos a tres parells de primordis foliars, en *Q. coccifera* i *Q. ilex* tot just s'inicia el desenvolupament del primer parell.
4. La grandària de la gla afecta positivament el creixement de les plàntules de *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* fins als sis mesos d'edat. En *Q. coccifera* només s'ha pogut comprovar fins als tres mesos. Als nous mesos d'edat el creixement de les plàntules és independent del pes de la gla.
5. Les plàntules d'un any de *Q. suber* presenten una longitud de tija i un nombre de fulles totals i de brots laterals superior a les altres espècies, tot i que les plàntules de *Q. ilex* tenen una biomassa de tija principal i foliar més elevada. Les plàntules de *Q. humilis* presenten la major biomassa radicular i el diàmetre d'arrel més gran. En el cas de les plàntules de *Q. coccifera*, en general, presenten els valors més baixos dels paràmetres analitzats de la part aèria i subterrània.
6. Les plàntules de les quatre espècies presenten una relació BA/BR baixa. En les plàntules de *Q. coccifera* i *Q. humilis* la biomassa radicular és més de tres vegades l'aèria, mentre que en les de *Q. ilex* i *Q. suber* és aproximadament dues vegades més gran.

7. Les plàntules de *Q. coccifera* tenen la menor taxa de creixement, mentre que la de les plàntules de *Q. ilex* és la més elevada, malgrat que, en aquesta espècie, els primers mesos la grandària de la planta és inferior a la resta d'espècies.
8. En eliminar la biomassa aèria per sobre la zona d'inserció dels pecíols cotiledonars, les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* rebroten a partir de les gemmes del nus cotiledonar. *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. suber* presenten un major percentatge de supervivència que *Q. ilex*. En aquesta espècie la mortalitat és igual o superior al 50%.
9. La tala successiva afecta negativament la supervivència i el vigor dels rebrots emesos per *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex*. En canvi en *Q. suber* només disminueix la supervivència, mentre que els rebrots emesos després de la segona tala són més robusts que els de la primera tala.
10. En *Q. coccifera* i *Q. ilex* les gemmes cotiledonars es desenvolupen després de germinar, en canvi en *Q. humilis*, igual que *Q. suber* el seu desenvolupament s'inicia en l'embrió. En *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* les gemmes cotiledonars proliferen formant plaques de gemmes en el nus cotiledonar que són visibles externament.
11. El patró de desenvolupament del nus cotiledonar de les espècies de *Quercus* estudiades difereix del descrit per *Q. suber*. El nus cotiledonar no s'allarga i només presenten gemmes a les axil·les dels pecíols cotiledonars.
12. En les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber* el sistema radicular conté un 90% del midó total. A l'estiu, en *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* la concentració de midó de la part aèria i de la subterrània disminueix, si bé es torna a recuperar a l'hivern. En *Q. suber*, en canvi, la concentració de midó disminueix tant a l'estiu com a l'hivern.

13. Amb la tala la concentració de midó del sistema radicular disminueix, ja que és mobilitzat per a la síntesi dels nous brots. A més, es dóna una major mobilització del midó present en els 11 primers centímetres de l'arrel. El patró de distribució i de mobilització del midó en *Q. suber* confirma que el nus cotiledonar d'aquesta espècie és un lignotúber. Per a *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. ilex* no es pot descriure la formació d'un lignotúber ni de cap estructura especialitzada en la rebrotada en l'estadi de plàntula, tot i que la presència de gemmes i de midó en el sistema radicular els confereix igualment una important capacitat per rebrotar.
14. En les plàntules de *Q. coccifera*, *Q. humilis* i *Q. suber* el 70-80% del nitrogen total de la part llenyosa i, en les de *Q. ilex* aproximadament el 50%, es troba en l'arrel. A l'estiu, els nivells de nitrogen en el sistema radicular de plàntules de *Q. humilis* i *Q. suber* són més baixos que els de l'hivern, en canvi en *Q. coccifera* i *Q. ilex* es mantenen semblants. En el cas del nitrogen, la tala afecta significativament la concentració del nitrogen del sistema radicular, si bé les espècies no tenen un mateix comportament.

- ABOD, S.A. i WEBSTER, A.D. 1991. Carbohydrates and their effects on growth and establishment of *Tilia* and *Betula*: I. Seasonal changes in soluble and insoluble carbohydrates. *Journal of Horticultural Science* 66: 235-246.
- ABRAMS, M.D. 1992. Fire and the development of oak forest. *Bioscience* 42: 346-353.
- AERTS, R. i CHAPIN, F.S. 2000. The mineral nutrition of wild plants revisited: A re-evaluation of processes and patterns. *Advances in Ecological Research* 30: 1-67.
- AIZEN, M.A. i WOODCOCK, H. 1996. Effects of acorn size and seedling survival and growth in *Quercus rubra* following simulated spring freeze. *Canadian Journal of Botany* 74: 308-314.
- ALAOUÏ-SOSSE, B., PARMENTIER, C., DIZENGREMEL, P. i BARNOLA, P. 1994. Rhythmic growth and carbon allocation in *Quercus robur*. 1. Starch and sucrose. *Plant Physiology Biochemistry* 32: 331-339.
- ARCHIBOLD, O.W. 1995. *Ecology of world vegetation*. London: Chapman & Hall.
- ASHTON, M.S. i LARSON, B.C. 1996. Germination and seedling growth of *Quercus* (section *Erythrobalanus*) across openings in a mixed-deciduous forest of southern New England, USA. *Forest Ecology and management* 80: 81-94.
- ATWELL, B., KRIEDEMANN, P. i TURNBULL, C. 1999. *Plants in action*. South Yarra: MacMillan Education Australia.
- AZCÓN-BIETO, J. i TALÓN, M. 2000. *Fundamentos de la fisiología vegetal*. Madrid: McGraw-Hill interamericana.
- BAMBER, R.K. i MULLETTE, K.J. 1978. Studies of the lignotubers of *Eucalyptus gummiifera* (Gaertn. and Hochr.). II. Anatomy. *Australian Journal of Botany* 26: 15-22.
- BARCELÓ, J., NICOLÁS, G., SABATER, B. i SÁNCHEZ, R. 1980. *Fisiología vegetal*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- BELL, T.L. i OJEDA, F. 1999. Underground starch storage in *Erica* species of the Cape Floristic Region: differences between seeders and resprouters. *New Phytologist* 144: 143-152.
- BELL, T.L., PATE, J.S. i DIXON, K.W. 1996. Relationships between fire response, morphology, root anatomy and starch distribution in south-west Australian Epacridaceae. *Annals of Botany* 77: 357-364.
- BELLINGHAM, P.J. 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. *Oikos* 89: 408-415.

- BOIRA, H. 1996. Criterios botánicos para la reforestación. A: Ballester-Olmos, F. [ed.], *Producción de plantas forestales*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 41-51.
- BOLÒS DE, O. i VIGO, J. 1990. *Flora dels Països Catalans*. Barcelona: Editorial Barcino.
- BONET, S. i MOLINAS, M. 1983. Utilitat del glicol metacrilat (GMA) en l'obtenció de talls semifins per a histologia. *Annals de la Secció de Ciències del Col·legi Universitari de Girona* 9: 21-29.
- BONFIL, C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 85: 79-87.
- BONICEL, A., HADDAD, G. i GAGNAIRE, J. 1987. Seasonal variations of starch and major soluble sugars in the different organs of young poplars. *Plant Physiology and Biochemistry* 25: 451-459.
- BONNER, F.T. 1996. Responses to drying of recalcitrant seeds of *Quercus nigra* L. *Annals of Botany* 78: 181-187.
- BORCHERT, M.I., DAVIS, F.W., MICHAELSEN, J. i OYLER, L.D. 1989. Interactions of factors affecting seedling recruitment of blue oak (*Quercus douglasii*) in California. *Ecology* 70: 389-404.
- BOWEN, B.J. i PATE, J.S. 1993. The significance of root starch in post-fire shoot recovery of the resprouter *Stirlingia latifolia* R. Br. (Proteaceae). *Annals of Botany* 72: 7-16.
- BOWEN, G.D. 1991. Soil temperature, root growth, and plant function. A: Waisel Y., Eshel A. i Kafkafi U. [eds], *Plant roots. The hidden half*. New York: Marcel Dekker. 309-330.
- BRAN, D., LOBREAUX, O. i MAISTRE, M. 1990. Germination of *Quercus ilex* and *Q. pubescens* in a *Q. ilex* coppice: Long-term consequences. *Vegetatio* 87: 45-50.
- BRONCANO, M.J., RIBA, M. i RETANA, J. 1998. Seed germination and seedling performance of two mediterranean tree species holm oak (*Quercus ilex* L.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.): a multifactor experimental approach. *Plant Ecology* 138: 17-26.
- CAMARASA, J.M., CASTILLO DEL, M., COMELLES, M., DRUCKER, G., FERRÉS, L, FOLCH, R., FRANQUESA, T., JUNYENT, C., MARTINEZ-RICA, J.P., PUIG, A., RUIZ, J., SOSTOA DE, A., VALLEJO, R. i VIGO, M. 1993. Mediterrànies. A: Folch, R. [ed.], *Biosfera*. Vol.5. Barcelona: Enciclopèdia Catalana.

- CANADELL, J., DJEMA, A., LÓPEZ, B., LLORET, F., SABATÉ, S., SISCART, D. i GRACIA, C. A. 1999. Structure and dynamics of the root system. A: Rodà, F., Retana, J., Gracia, C. A. i Bellot, J. [eds], *Ecology of Mediterranean evergreen oak forests*, Ecological studies 137, 47-59. Berlin: Springer-Verlag.
- CANADELL, J., LLORET, F. i LÓPEZ-SORIA, L. 1991. Resprouting vigour of two Mediterranean shrub species after experimental fire treatments. *Vegetatio* 95: 119-126.
- CANADELL, J. i LÓPEZ-SORIA, L. 1998. Lignotuber reserves support regrowth following clipping of two Mediterranean shrubs. *Functional Ecology* 12: 31-38.
- CANADELL, J. i RODÀ, F. 1991. Root biomass of *Quercus ilex* in a montane Mediterranean forest. *Canadian Journal of Forestry Research* 21: 1771-1778.
- CANADELL, J. i VILÀ, M. 1992. Variation in tissue element concentrations in *Quercus ilex* L. over a range of different soils. *Vegetatio* 99-100: 273-282.
- CANADELL, J. i ZEDLER, P.H. 1995. Underground structures of woody plants in the Mediterranean ecosystems of Australia, California and Chile. A: Arroyo, M.T.K, Zedler, P.H. i Fox, M.D. [eds], *Ecology and Biogeography of Mediterranean Ecosystems in Chile, California and Australia*. New York: Springer-Verlag. 177-210.
- CANHAM, C.D., KOBE, R.K., LATTY, E.F. i CHAZDON, E.F. 1999. Interspecific and intraspecific variation in tree seedling survival: effects of allocation to roots versus carbohydrate reserves. *Oecologia* 121: 1-11.
- CAÑELLAS, I. 1993. Ecología características y usos de los coscojares (*Q. coccifera* L.) en España. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Tesi Doctoral.
- CAÑELLAS, I. i SAN MIGUEL, A. 2000. Biomass of root and shoot systems of *Quercus coccifera* shrublands in Eastern Spain. *Annals of Forest Science* 57: 803-810.
- CARITAT, A., OLIVA, M. i MOLINAS, M. 1992. Distribución de la biomasa en dos parcelas de alcornocal. *Scientia gerundensis* 18: 131-142.
- CARR, D.J., JAHNKE, R. i CARR, S.G.M. 1984. Initiation, development and anatomy of lignotubers in some species of *Eucalyptus*. *Australian Journal of Botany* 32: 415-437.
- CARRODOUS, B.B. i BLAKE, T.J. 1970. Studies on the lignotubers of *Eucalyptus obliqua* l'Heri. I. The nature of the lignotuber. *New Phytologist* 69: 1069-1072.

- CASTELL, C. 1997. Ecofisiologia de dues espècies rebrotadores mediterrànies: l'arboç (*Arbutus unedo*) i l'alzina (*Quercus ilex*). Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- CASTROVIEJO, S., LAINZ, M., LÓPEZ GONZÁLEZ, G., MONTSERRAT, P., MUÑOZ GARMENDIA, F., PAIVA, J. i VILLAR, L. 1990. *Flora Ibérica*. Vol. II. *Platanaceae-Plumbaginaceae (Partim)*. Madrid: Real Jardín Botánico. CSIC.
- CATALÁN, G. 1991. *Semillas de árboles i arbustos forestales*. Madrid: ICONA.
- CEBALLOS, M. i RUIZ DE LA TORRE, J. 1979. *Arboles y arbustos*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Sección de Publicaciones.
- CELESTINO, C., PICAZO, M.L. i TORIBIO, M. 2000. Influence of chronic exposure to an electromagnetic field on germination and early growth of *Quercus suber* seeds: Preliminary study. *Electro- and Magnetobiology* 19: 115-120.
- CHAPIN, F.S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11: 233-260.
- CHAPIN, F.S., SCHULZE, E.D. i MOONEY, H.A. 1990. The ecology and economics of storage in plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 423-447.
- CHATTAWAY, M.M. 1958. Bud development and lignotuber formation in *Eucalypts*. *Australian Journal of Botany* 6: 103-115.
- CHERBUY, B., JOFFRE, R., GILLON, D. i RAMBAL, S. 2001. Internal remobilization of carbohydrates, lipids, nitrogen and phosphorus in the mediterranean evergreen oak *Quercus ilex*. *Tree Physiology* 21: 9-17.
- CRAMER, W. 2001. Fire ecology, Mediterranean forests and global change. *Forest Ecology and Management* 147: 1-2.
- CROW, T.R. 1988. Reproductive mode and mechanisms for self-replacement of northern red oak (*Quercus rubra*): a review. *Forest Science* 34: 19-40.
- CROW, T.R., JOHNSON, W.C. i ADKISSON, C.S. 1994. Fire and recruitment of *Quercus* in a postagricultural field. *American Midland Naturalist* 131: 84-97.
- CRUZ, A. i MORENO, J.M. 2001. Seasonal course of total non-structural carbohydrates in the lignotuberous Mediterranean-type shrub *Erica australis*. *Oecologia* 128: 343-350.
- CUCÓ, M.L. 1987. Mecanismes de regeneració. A: Terradas, J. [coord.], *Ecosistemes Terrestres*. Quaderns d'Ecologia Aplicada, 45-62. Barcelona: Diputació de Barcelona.



- CUTLER, D.F., RUDALL, P.J., GASSON, P.E. i GALE R.M.O. 1987. Root identification manual of trees and shrubs. London. Chapman and Hall.
- DE SIMÓN, E. i BOCIO, I. 1999. Modelo de restauración de encinares basado en el tratamiento de roza entre dos tierras del matorral de encinas. *Investigación Agraria Serie Sistemas y Recursos forestales* 1: 249-260.
- DEL TREDICI, P. 1992. Natural regeneration of *Ginkgo biloba* from downward growing cotyledonary buds (Basal Chichi). *American Journal of Botany* 79: 522-530.
- DEL TREDICI, P. 1998. Lignotubers in *Sequoia sempervirens*: development and ecological significance. *Madroño* 45: 255-260.
- DELL, B., JONES, S. i WALLACE, I.M. 1985. Phosphorus accumulation by lignotubers of jarrah (*Eucalyptus marginata* Donn ex Sm.) seedlings grown in a range of soils. *Plant and Soil* 86: 225-232.
- DI PASQUALE, G. i GARFI, G. 1998. Comparative analysis of the regeneration patterns of *Quercus suber* and *Q. pubescens* after grazing exclusion in the forest. *Ecologia-Mediterranea* 24: 15-25.
- DISTABANJONG, K. i GENEVE, R.L. 1996. Multiple shoot formation from cotyledonary node segments of eastern redbud. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 47: 247-254.
- DUBOIS, M., GILLES, K.A., HAMILTON, J.K., REBERS, P.A. i SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination sugars and related substances. *Analytical chemistry* 28: 350-356.
- DUCREY, M. i TURREL, M. 1992. Influence of cutting methods and dates on stump sprouting in holm oak (*Quercus ilex* L.) coppice. *Annals Science Forestry* 49: 449-464.
- DUNN, J.P., POTTER, D.A. i KIMMERER, T.W. 1990. Carbohydrate reserves, radial growth, and mechanisms of resistance of oak trees to phloem-boring insects. *Oecologia* 83: 458-468.
- EL OMARI, B. 2002. Respuestas fisiológicas del rebrote de *Quercus ilex* L. después de un incendio. Universitat de Barcelona. Tesis doctoral.
- EL OMARI, B., FLECK, I., ARANDA, X., VERDAGUER, D. i PASCUAL, G. 2002. Resource remobilisation in *Quercus ilex* L. sprouts. *Plant and soil* (acceptat)
- ESAU, K. 1985. *Anatomía vegetal*. Tercera edició. Barcelona: Edición Omega.

- ESPELTA, J.M., RIBA, M. i RETANA, J. 1995. Patterns of seedling recruitment in west-mediterranean *Quercus ilex* forests influenced by canopy development. *Journal of Vegetation Science* 6: 465-472.
- FLECK, I., HOGAN, K.P., LLORENS, L., ABADÍA, A. i ARANDA, X. 1998. Photosynthesis and photoprotection in *Quercus ilex* resprouts after fire. *Tree Physiology* 18: 607-614.
- FOLCH, R. 1981. *La vegetació dels Països Catalans*. Barcelona: Ketres Editora.
- FOLCH, R. 1996. Socioecologia dels incendis forestals A: J. Terradas [ed.], *Ecologia del foc*. Barcelona: Edicions Proa, 255-261.
- FONTAINE, F., DRUELLE, J.L., CLÉMENT, C., BURRUS, M. i AUDRAN, J.C. 1998. Ontogeny of the proventitious epicormic buds in *Quercus petraea*. I. In the 5 years following initiation. *Trees* 13: 54-62.
- FONTAINE, F., KIEFER, E., CLÉMENT, C., BURRUS, M. i DRUELLE J.L. 1999. Ontogeny of the proventitious epicormic buds in *Quercus petraea*. II. From 6 to 40 years of the tree's life. *Trees* 14: 83-90.
- FRANQUESA, T. 1995. *El paisatge vegetal de la península del Cap de Creus*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- FUENTE DE LA, J., SARDANS, J. i RODÀ, F. 1997. Creixement de rebrots d'alzina en una brolla postincendi en el període entre tres i sis anys després de fertilitzar-los. *Orsis* 12: 117-125.
- GARCIA-BERTHOU, E. 2001. On the misuse of residuals in ecology: testing regression residuals vs. the analysis of covariance. *Journal of Animal Ecology* 70: 708-711.
- GILL, A.M. 1981. Adaptative responses of australian vascular plant species to fires. A: Gill, M., Groves, R.H. i Noble, I.R. [eds.], *Fire and the Australian biota*. Canberra: Australian Academy of Science. 243-271.
- GOVAERTS, R.H.A. i AVISHAI, M. 2000. The conserved type of the name *Quercus pubescens* Willd. (Fagaceae). *Taxon* 49: 537.
- GRAHAM, A.W., WALWORK, M.A. i SEDGLEY, M. 1998. Lignotuber bud development in *Eucalyptus cinerea* (F. Muell. Ex. Benth). *International Journal of Plant Sciences* 159: 979-988.
- GRATINI, L. 1996. Leaf and shoot growth dynamics of *Quercus ilex* L. *Acta Oecologica* 17: 17-27.

- GRATINI, L. i AMADORI, M. 1991. Post-fire resprouting of shrubby species in Mediterranean maquis. *Vegetatio* 96: 137-143.
- GREEN, J.J., VALLEJO, R. i SERRASOLES, I. 1999. <<Restoration of degraded ecosystems in Mediterranean region (REDMED)>>. A: Papanastasis, V.P., Frame, J., Nastis, A.S. [eds.]. Grasslands and woody plants in Europe. *Proceedings of the International Occasional Symposium of the European Grassland Federation* Thessaloniki, Grècia, 281-286.
- GRIME, J.P. i HILLIER, S.H. 1992. The contribution of seedling regeneration to the structure and dynamics of plant communities and larger units of landscape. A: Ferrer, M. [ed.], *Seeds, The ecology of regeneration in plant communities* Wallingford: CAB international, 349-364.
- HAMMOND, D.S. i BROWN V.K. 1995. Seed size of woody plants in relation to disturbance, dispersal, soil type in wet neotropical forests. *Ecology* 76: 2544-2561.
- HARRINGTON, M.G. 1989. Gambel oak root carbohydrate response to spring, summer and fall prescribed burning. *Journal Range Management* 42: 504-507.
- HAYDEN, W.J. 1988. Ontogeny of the cotyledonary region of chamaesyce maculata (Euphorbiaceae). *American journal of botany* 75: 1701-1713.
- HERRERA, J. 1995. Acorn predation and seedling production in a low-density population of cork oak (*Quercus suber* L.). *Forest Ecology and Management* 76: 197-201.
- HODGKINSON, K.C. 1998. Sprouting success of shrubs after fire: height-dependent relationships for different strategies. *Oecologia* 115: 64-72.
- HOPKINS, W.G. 1995. *Introduction to plant physiology*. New York: John Wiley & Sons.
- IGLESIA de la J. 1992. *Arboricultura general*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- IWASA, Y. i KUBO, T. 1997. Optimal size of storage for recovery after unpredictable disturbances. *Evolutionary Ecology* 11: 41-65.
- JACOBS, M.R. 1955. *Growth habits of the Eucalypts*. Canberra; Australia: Commow. Gov. Printer.
- JAMES, S. 1984. Lignotubers and burls. Their structure function and ecological significance in mediterranean ecosystems. *Botanical Review* 50: 225-266.

- KATOVICH, E., BECKER, R., SHEAFFER, C. i HALGERSON J. 1998. Seasonal fluctuations of carbohydrate levels in roots and crowns of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*). *Weed Science* 46: 540-544.
- KAUL, R.B. 1985. Reproductive morphology of *Quercus* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 72: 1962-1977.
- KAUPPI, A., RINNE, P. i FERM, A. 1987. Initiation, structure and sprouting of dormant basal buds in *Betula pubescens*. *Flora* 179: 55-83.
- KAUPPI, A., RINNE, P. i FERM, A. 1988. Sprouting ability and significance for coppicing of dormant buds on *Betula pubescens* Ehrh stumps. *Scandinavian Journal Forest Research* 3: 343-354.
- KAYS, J.S. i CANHAM, C.D. 1991. Effects of time and frequency of cutting on hardwood root reserves and sprout growth. *Forest Science*: 524-529.
- KE, G. i WERGER, M.J.A. 1999. Different responses to shade of evergreen and deciduous oak seedlings and the effect of acorn size. *Acta Oecologica* 6: 579-586.
- KERR, L.R. 1925. The lignotubers of eucalypt seedlings. *Proceedings of Royal Society Victoria* 37: 70-97.
- KOBE, R.K. 1997. Carbohydrate allocation to storage as a basis of interspecific variation in sapling survivorship and growth. *Oikos* 80: 226-233.
- KORMANIK, P.P., SUNG, S.S., SCHLARBAUM, S.E. i ZARNOCH, S.J. 1998. Effect of acorn size on development of northern red oak 10 seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 1805-1813.
- KOZŁOWSKI, T.T. 1971. *Growth and development of trees*. New York, USA: Academic Press. vol. I.
- KOZŁOWSKI, T.T. 1992. Carbohydrate sources and sinks in woody plants. *Botanical Review* 58: 107-222.
- KOZŁOWSKI, T.T., KRAMER, P.J. i PALLARDY, S.G. 1991. *The physiological ecology of woody plants*. California: Academic Press.
- KOZŁOWSKI, T.T. i PALLARDY, S.G. 1997. Accumulation of carbohydrates, *Physiology of woody plants*. San Diego (California): Academic Press, 167-169.
- KUMMEROW, J., KUMMEROW, M. i TRABAUD, L. 1990. Root biomass, root distribution and the fine-root growth dynamics of *Quercus coccifera* L. in the garrigue of southern France. *Vegetatio* 87: 37-44.

- LARCHER, W. i THOMASER-THIN, W. 1988. Seasonal changes in energy content and storage patterns of mediterranean sclerophylls in a northernmost habitat. *Acta Oecologica* 9: 271-283.
- LATT, C.R., NAIR, P.K.R. i KANG, B.T. 2000. Interactions among cutting frequency-reserve carbohydrates and post-cutting biomass production in *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. *Agroforestry Systems* 50: 27-46.
- LE HOUÉROU, H.N. 1981. Impact of man and his animals on mediterranean vegetation. A: Di Castri, F., Goodall, D.W. i Specht, R.L. [eds], *Mediterranean-type shrublands*. Ecosystems of the world, vol. 11. Amsterdam: Elsevier. 479-521.
- LEISHMAN, M.R. i WESTOBY, M. 1994. The role of seed size in seedling establishment in dry soil conditions - experimental evidence from semi-arid species. *Journal of Ecology* 82: 249-258.
- LEISHMAN, M.R., WESTOBY, M. i JURADO, E. 1995. Correlates of seed size variation: a comparison among five temperate floras. *Journal of Ecology* 83: 517-530.
- LEIVA, M.J. i FERNÁNDEZ-ALÉS, R. 1998. Variability in seedling water status during within a *Quercus ilex* subsp. *ballota* population, and its relation to seedling morphology. *Forest Ecology and Management* 111: 147-156.
- LEIVA, M.J. i FERNÁNDEZ-ALÉS, R. 2001. Limitaciones a la autorregeneración de la encina en dehesas y montes de sierra Morena. A: Montes para la sociedad del nuevo milenio. Actes del III Congreso Forestal Español. Granada (25-28 de setembre de 2001). [CD-ROM].
- LI, J. i ROMANE, F.J. 1997. Effects of germination inhibition on the dynamics of *Quercus ilex* stands. *Journal of Vegetation Science* 8: 287-294.
- LI, R., VOLENEC, J.J., LOERN, B.C. i CUNNINGHAM, S.M. 1996. Seasonal changes in nonstructural carbohydrates, protein, and macronutrients in roots of alfalfa, red clover, sweetclover, and birdsfoot trefoil. *Crop Science* 36: 617-623.
- LOESCHER, W.H., MCCAMANT, T., KELLER J.D. 1990. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. *HortScience* 25: 274-281.
- LLORET, F., CASANOVAS, C. i PEÑUELAS, J. 1999a. Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root:shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. *Functional Ecology* 13: 210-216.
- LLORET, F. i LÓPEZ-SORIA, L. 1993. Resprouting of *Erica multiflora* after experimental fire treatments. *Journal of Vegetation Science* 4: 367-374.

- LLORET, F., RETANA, J. i ESPELTA, J.M. 1996. Efectes dels focs i mecanismes de regeneració de les plantes. A: J. Terradas, *Ecologia del foc*. Barcelona: Edicions Proa, 141-156.
- LLORET, F., VERDÚ, M., FLORES-HERNÁNDEZ, N. i VALIENTE-BANUET, A. 1999b. Fire resprouting in Mediterranean ecosystems: insights from external biogeographical region, the mexical shrubland. *American Journal of Botany* 86: 1655-1661.
- LONG, T.J. i JONES, R.H. 1996. Seedling growth strategies and seed size effects in fourteen oak species native to different soil moisture habitats. *Trees* 11: 1-8.
- LÓPEZ-SORIA, L. i CASTELL, C. 1992. Comparative genet survival after fire in woody Mediterranean species. *Oecologia* 91: 493-499.
- MACCHIA, F., CAVALLARO, V. i FORTE, L. 1995. Ontogenesi della plantula di *Quercus ilex* L. in relazione alla temperatura. *Acta Biologica* 69: 97-104.
- MALANSON, G.P. i TRABAUD, L. 1988. Vigour of post-fire resprouting by *Quercus coccifera* L. *Journal of Ecology* 76: 351-365.
- MATSUDA, K., MCBRIDE, J. i KIMURA, M. 1989. Seedling growth form of oaks. *Annals of Botany* 64: 439-446.
- MAYER, A.M. i POLJAKOFF-MAYBER, A. 1989. The germination of seeds. Quarta edició. Oxford, England: Pergamon Press.
- MCCREARY, D.D. 2000. Artificially regeneration native oaks in California. <http://danr.ucop.edu/ihrmp/oak07.htm> (18 de setembre de 2002).
- MEROUANI, H., BRANCO, C., ALMEIDA, M.H. i PEREIRA, J.S. 2001a. Comportement physiologique des glands de chene liège (*Quercus suber* L.) durant leur conservation et variabilité inter-individus producteurs. *Annals of Forest Science* 58: 143-153.
- MEROUANI, H., BRANCO, C., ALMEIDA, M.H. i PEREIRA, J.S. 2001b. Effects of acorn storage duration and parental tree on emergence and physiological status of cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Annals of Forest Science* 58: 543-554.
- MESLÉARD, F. i LEPART, J. 1989. Continuous basal sprouting from a lignotuber: *Arbutus unedo* L. and *Erica arborea* L., as woody Mediterranean examples. *Oecologia* 80: 127-131.
- MESLÉARD, F. i LEPART, J. 1991. Germination and seedling dynamics of *Arbutus unedo* and *Erica arborea* on Corsica. *Journal of Vegetation Science* 2: 155-164.

- MIBUS, R. i SEDGLEY, M. 2000. Early lignotuber formation in *Banksia* - Investigations into the anatomy of the cotyledonary node of two *Banksia* (Proteaceae) species. *Annals of Botany* 86: 575-587.
- MIDGLEY, J.J. 1996. Why the world's vegetation is not totally dominated by resprouting plants; because the resprouters are shorter than reseeders. *Ecography* 19: 92-95.
- MILBERG, P., PÉREZ-HERNÁNDEZ, A. i LAMONT, B.B. 1998. Seedling growth response to added depends on seed size in three woody genera. *Journal of Ecology* 86: 624-632.
- MIYANISHI, K. i KELLMAN, M. 1986. The role of root nutrient reserves in regrowth of two savanna shrubs. *Canadian Journal of Botany* 64: 1244-1248.
- MOGENSEN, H.L. 1965. A contribution to the anatomical development of the acorn in *Quercus* L. *Iowa State Journal of Science* 40: 221-255.
- MOLINAS, M.L., OLIVA, M. i VÁZQUEZ, P. 1989. Organización y variaciones estacionales del ápice vegetativo del alcornoque. *Scientia gerundensis* 15: 39-52.
- MOLINAS, M.L. i VERDAGUER, D. 1993a. Lignotuber ontogeny in the cork-oak (*Quercus suber*; Fagaceae) I. Late embryo. *American Journal of Botany* 80: 172-181.
- MOLINAS, M.L. i VERDAGUER, D. 1993b. Lignotuber ontogeny in the cork-oak (*Quercus suber*; Fagaceae) II. Germination and young seedling. *American Journal of Botany* 80: 182-191.
- MOLINAS, M.L., VERDAGUER, D. i CARITAT, A. 1992. Capacidad de regeneración del sistema radicular del alcornocal. A: Actes del Simposio Mediterráneo sobre regeneración del Monte Alcornocal. Mérida/Montargil/Sevilla.
- MONTENEGRO, G., AVILA, G. i SCHATTE, P. 1982. Presence and development of lignotubers in shrubs of the Chilean matorral. *Canadian Journal of Botany* 61: 1804-1808.
- MONTOYA, J.M. 1993. *Encinas y encinares*. Madrid: Agroguías mundi-prensa.
- MONTOYA, J.M. 1996a. La importancia de la biodiversidad en las repoblaciones con *Quercus* mediterráneos. *Quercus* Febrero 1996: 22-23.
- MONTOYA, J.M. 1996b. *Técnicas de reforestación con encinas, alcornoques y otras especies de Quercus mediterráneos*. Madrid: Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

- MOONEY, H.A. i DUNN, E.L. 1970. Convergent evolution of Mediterranean climate evergreen sclerophyllous shrubs. *Evolution* 24: 292-303.
- MOONEY, H.A., HICHTNER, K. i SCHULZE, E.-D. 1995. Growth, photosynthesis and storage of carbohydrates and nitrogen in *Phaseolus lunatus* in relation to resource availability. *Oecologia* 104: 17-23.
- MOONEY, H.A. i HAYS, R.I. 1973. Carbohydrate storage cycles in two californian Mediterranean-Climate Trees. *Flora Bd.* 162: 295-304.
- MORENO, J.M. i OECHEL, W.C. 1994. *The role of fire in Mediterranean type ecosystems*. New York: Springer-Verlag.
- MORENO, J.M. i VALLEJO, R. 1999. Fire impacts on the ecosystem and restoration: Summary of the main findings from the Delfi-Fire database. *Proceedings of the International Symposium. Forest Fires: needs and innovations*. Atenes, Grècia, 239-261.
- NATIVIDADE, J.V. 1991. *Subericultura*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaria General Técnica.
- NAVEH, Z. 1975. The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. *Vegetatio* 29: 199-208.
- NEWELL, E.A., MULKEY, S.S. i WRIGHT, S.J. 2002. Seasonal patterns of carbohydrate storage in four tropical tree species. *Oecologia* 131: 333-342.
- OJEDA, F. 1998. Biogeography of seeder and resprouter *Erica* species in the Cape Floristic Region: where are the resprouters? *Biological Journal of the Linnean Society* 63: 331-347.
- OJEDA, F. 2001. El fuego como factor clave en la evolución de las plantas mediterráneas. A: Zamora, R. i Puignaire, F.I. [eds.], *Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Asociación Española de Ecología Terrestre. 319-349.
- OLIVA, M., CARITAT, A. i MOLINAS, M. 1989. Estudio preliminar del crecimiento del alcornoque en la fase juvenil. *Scientia Gerundensis* 15: 53-60.
- OLIVEIRA, G., MARTINS-LOUÇAO, M.A., CORREIA, O. i CATARINO, F. 1996. Nutrient dynamics in crown tissues of cork-oak (*Quercus suber* L.). *Trees* 10: 247-254.
- PAPATHEODOROU, E., PANTIS, J.D. i STAMOU, G.P. 1993. The effects of grazing on growth spatial pattern and age structure of *Quercus coccifera*. *Acta Oecologica* 14: 589-602.



- PAPIÓ, C. 1994. *Ecologia del foc i regeneració en garrigues i pinedes mediterrànies*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- PARDOS, M., PARDOS, J.A. i MONTERO, G. 2001. Growth responses of chemically root-pruned cork oak seedlings in the nursery. *Journal of Environmental Horticulture* 19: 69-72.
- PASCUAL, G., MOLINAS, M. i VERDAGUER, D. 2002. Comparative analysis of the cotyledonary region in three Mediterranean Basin *Quercus* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 89: 383-392.
- PATE, J.S. 1983. Patterns of nitrogen metabolism in higher plants and their ecological significance. A: Lee, J.A., McNeill, S. i Rorison I.H. [eds.], *Nitrogen as ecological factor*. The 22nd Symposium of British Ecological Society. Blackwell Scientific Publications. 225-255.
- PATE, J.S., FROEND, R.H., BOWEN, B.J., HANSEN, A. i KUO, J. 1990. Seedling growth and storage characteristics of seeder and resprouter species of Mediterranean-type ecosystems of S. W. Australia. *Annals of Botany* 65: 585-601.
- PAUSAS, J.G. 1997. Resprouting of *Quercus suber* in NE Spain after fire. *Journal of Vegetation Science* 8: 703-706.
- PAUSAS, J.G., CARBÓ, E., CATURLA, R.N., GIL, J.M. i VALLEJO, R. 1999. Post-fire regeneration patterns in the eastern Iberian Peninsula. *Acta Oecologia* 20: 499-508.
- PEÑUELAS, J. 1996. Sobre el canvi climàtic i la manera com pot repercutir en els incendis. A: Terradas, J. [ed.], *Ecologia del foc*, 51-56. Barcelona: Ediciones Proa.
- PRADHAN, C., PATTHAIK, S. i CHAND P.K. 1998. Rapid in vitro propagation of East Indian Rosewood (*Dalbergia latifolia* Roxb.) through high frequency shoot proliferation from cotyledonary nodes. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology* 7: 61-64.
- PUCHER, G.W., LEAVENWORTH, C.S. i VICKERY, H.B. 1948. Determination starch in plant tissue. *Analytical Chemistry* 20: 850-853.
- PULIDO, L., TENDERO, A., GIL, J.A. i ROMERO, F. 1999. Germinación de la bellota del "Parque del Mediterráneo" según algunos tratamientos previos. <<http://www.dipualba.es/iea/Sabuco/Bellota/bellota.htm>> (18 de setembre de 2002)
- RETANA, J., ESPELTA, J.M., GRACIA, M. i RIBA, M. 1999. Seedling recruitment. A: Rodà, F., Retana, J., Gracia, C.A. i Bellot, J. [eds.], *Ecology of Mediterranean evergreen oak forests*, Ecological Studies 137. Berlin: Springer-Verlag, 89-103.

- RETANA, J., RIBA, M., CASTELL, C. i ESPELTA, J.M. 1992. Regeneration by sprouting of holm-oak (*Quercus ilex*) stands exploited by selection thinning. *Vegetatio* 99-100: 355-364.
- RIBA, M. 1987. La resposta a les estassades. A: Terradas, J. [coord.], *Ecosistemes Terrestres. Quaderns d'Ecologia Aplicada* 10. Barcelona: Diputació de Barcelona. 157-179.
- RIBA, M. 1998. Effects of intensity and frequency of crown damage on resprouting of *Erica arborea* L. (Ericaceae). *Acta Oecologica* 19: 9-16.
- RICE, K., GORDON, D.R., HARDISON, J.L. i WELKER, J.M. 1993. Phenotypic variation in seedlings of a "keystone" tree species (*Quercus douglasii*): the interactive effect of acorn source and competitive environment. *Oecologia* 96: 537-547.
- RODÀ, F., MAYOR, X., SABATÉ, S. i DIEGO, V. 1999. Water and nutrient limitations to primary production. A: Rodà, F., Retana, J., Gracia, C. A. i Bellot, J. [eds], *Ecology of Mediterranean evergreen oak forests*, Ecological studies 137. Berlin: Springer-Verlag. 181-194.
- RUFAT, J. i DEJONG, T.M. 2001. Estimating seasonal nitrogen dynamics in peach trees in response to nitrogen availability. *Tree Physiology* 21: 1133-1140.
- SABATÉ, S. i GRACIA, C. 1996. Els ecosistemes mediterranis i la seva susceptibilitat al foc. A: Terradas, J. [ed.], *Ecologia del foc*. Barcelona: Ediciones Proa. 235-252.
- SAKAI, A. i SAKAI, S. 1998. A test for the resource remobilization hypothesis: Tree sprouting using carbohydrates from above-ground parts. *Annals of Botany* 82: 213-216.
- SAKAI, A., SAKAI, S. i AKIYAMA, F. 1997. Do sprouting tree species on erosion-prone sites carry large reserves of resources? *Annals of Botany* 79: 625-630.
- SÁNCHEZ, J.M. 2001. Los alcornocales gaditanos: manejo histórico, estado silvícola y consecuencias para la gestión actual. A: Montes para la sociedad del nuevo milenio. Actes del III Congreso Forestal Español. Granada (25-28 de setembre de 2001). [CD-ROM].
- SANCHIS, E., GARCIA, O., RUANO, R., MONTAVEZ, I. i FOS, M. 2001. Estudio comparativo del desarrollo de *Quercus coccifera* L. y *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp. en sustratos alternativos al empleo de la turba A: Montes para la sociedad del nuevo milenio. Actes del III Congreso Forestal Español. Granada (25-28 de setembre de 2001). [CD-ROM].

- SANTOS, T. i TELLERÍA, J.L. 1997. Vertebrate predation on Holm oak, *Quercus ilex*, acorns in a fragmented habitat: effects on seedling recruitment. *Forest Ecology and Management* 98: 181-187.
- SEVA, J.P., VALDECANTOS, A., VILAGROSA, A., CORTINA, J., BELLOT, J. i VALLEJO, V.R. 2000. Seedling morphology and survival in some mediterranean tree and shrub species. *Proceedings of the International Conference Mediterranean Desertification. Research results and policy implications*. Creta, Grècia, 397-406.
- SERRASOLSAS, I. 1994. Fertilitat dels sòls forestals afectats pel foc. Dinàmica del nitrogen i del fòsfor. Universitat de Barcelona. Tesi doctoral.
- SOBRINO, E., SORIANO, J.M., VIVIANI, A.B., GONZALEZ, A. i MINGOT, D. 2001. Métodos rápidos para evaluar la capacidad germinativa de las semillas de *Quercus suber* L. A: Montes para la sociedad del nuevo milenio. Actes del III Congreso Forestal Español. Granada (25-28 de setembre de 2001). [CD-ROM].
- SOKAL, R.R. i ROHLF, J.F. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. Tercera edició. New York: Freeman.
- SONESSON, L.K. 1994. Growth and survival after cotyledon removal in *Quercus robur* seedlings, grown in different natural soils types. *Oikos* 69: 65-70.
- STEEVES, T.A. i SUSSEX, I.M. 1989. Patterns in plant development. Segona edició. Melbourne, Australia: Cambridge University Press.
- STEWART, G.R., PATE, J.S. i UNKOVICH, M.J. 1993. Characteristics of inorganic nitrogen assimilation of plants in fire-prone Mediterranean type vegetation. *Plant, Cell and Environment* 16: 351-363.
- SUTTON, D.D. i MOGENSEN, H.L. 1970. Systematic implications of leaf primordia in the mature embryo of *Quercus*. *Phytomorphology* 20: 88-91.
- SUTTON, R.F. i TINUS, R.W. 1983. Root and root system terminology. *Forest Science*. Monogr. 24. Society of American Foresters.
- SUZUKI, J.I. i STUEFER, J.F. 1999. On the ecological and evolutionary significance of storage in clonal plants. *Plant Species Biology* 14: 11-17.
- TAIZ, L. i ZEIGER, E. 1998. Plant Physiology. Segona edició. Sunderland, USA: Sinauer Associates.
- TECKLIN, J. i MCCREARY, D.D. 1991. Acorn size as a factor in early seedling growth of blue oaks. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep.* 126: 48-53.

- TERRADAS, J. 1996. Introducció als ecosistemes mediterranis: clima i condicions de vida. A: Terradas, J. [ed.], *Ecologia del foc*. Barcelona: Ediciones Proa. 21-40.
- TERRADAS, J. 2001. *Ecología de la vegetación*. Barcelona: Ediciones Omega.
- THIPATHI, R. i KAHN, M. 1990. Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet forest. *Oikos* 57: 289-296.
- TRABAUD, L. 1981. Man and fire: Impacts on mediterranean vegetation. A: Di Castri, F., Goodall, D.W. i Specht, R.L. [eds], *Mediterranean-type shrublands*. Ecosystems of the world, vol. 11. Amsterdam: Elsevier. 527-537.
- TRABAUD, L. 1987a. Fire and survival traits of plants. A: *The role of fire in ecological systems*. La Haia: SPB Academic Publishing. 65-89.
- TRABAUD, L. 1987b. Natural and prescribed fire: survival strategies of plants and equilibrium in mediterranean ecosystems. A: Tenhunen, J.D. [ed.], *Plant Response to Stress*, vol.15. Berlin: Springer-Verlag, 607-621.
- TRABAUD, L. 1994. The effect of fire on nutrient losses and cycling in a *Quercus coccifera* garrigue (southern France). *Oecologia* 99: 379-386.
- TRILICA, M.J., i COOK, C.W. 1971. Defoliation effects on carbohydrate reserves of desert species. *Journal of Range Management* 24: 418-425.
- TROMP, J. 1983. Nutrient reserves in roots of fruit trees, in particular carbohydrates and nitrogen. *Plant and Soil* 71: 401-413.
- TYAGI, P. i KOTHARI, S.L. 1997. Micropopagation of *Capparis decidua* through in vitro shoot proliferation on nodal explants of mature tree and seedling explants. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology* 6: 19-23.
- VALDECANTOS, A.D., CORTINA, J. i VALLEJO, V.R. 2000. Respuesta de plantones de pino carrasco y encina carrasca a la fertilización. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 10: 63-68.
- VALLADARES, F., BALAGUER, L., MARTINEZ-FERRI, E., PEREZ-CORONA, E. i MANRIQUE, E. 2001. Causas, tendencias e implicaciones para el cultivo en vivero y el éxito de las repoblaciones de la variabilidad fenotípica de las plantas leñosas: el caso de *Quercus ilex* y *Q. coccifera*. A: Montes para la sociedad del nuevo milenio. Actes del III Congreso Forestal Español. Granada (25-28 de setembre de 2001). [CD-ROM].

- VALLEJO, R. 1997. Post-fire restoration in Mediterranean ecosystems. A: Eftichidis, G., Balabanis, P. i Ghazi, A. [eds.], *Grasslands and woody plants in Europe. Proceedings of the Advanced Study Course. Marathon, Grècia, 199-208.*
- VALLEJO, R. 2001. Utilización de leñosas autóctonas en la restauración forestal. Resum Comunicació presentada al Simposi Restauración de ecosistemas en ambientes mediterráneos. Posibilidades y limitaciones. Alcalá de Henares, 20 i 21 de setembre de 2001.
- VALLEJO, R. i ALLOZA, J.A. 1998. The restoration of burned lands: The case of Eastern Spain A: Moreno, J.M. [ed.], *Large forest fires*. The Netherlands: Backburs Publishers. 91-108.
- VALLEJO, R. i ALLOZA, J.A. 2000. Restauración de montes quemados en condiciones mediterráneas. A: Actes Congresso Ibérico Castelo Branco. Escola Superior Agrária Castelo Branco, 17 al 19 de desembre de 2000. 85-93.
- VALLEJO, R., CORTINA, J.A., MARTINS-LOUÇAO, M.A., HATZISTAHIS, A., BAREA, J.M. i HONRUBIA, M. 2000. Restoration of degraded ecosystems in Mediterranean regions (REDMED). EC Environment and Climate RTD Programme 1994-1998, ENV4-Ct97-0682.
- VALLEJO, R., ESCARRÉ, A. i BELLOT, J. 1996. La restauració dels terrenys afectats pels incendis forestals. A: Terradas, J. [ed.], *Ecologia del foc*. Barcelona: Ediciones Proa, 235-252.
- VALLEJO, R., SERRASOLSAS, I., CORTINA, J., SEVA, J.P., VALDECANTOTS, A. i VILAGROSA, A. 1999. Restoration strategies and actions in mediterranean degraded lands. A: Enne, G., Zanolli, CH. i Peter, D. [eds.], *Desertification in Europe: Migration strategies, land use planning*, 221-233.
- VAN DER WERF, A. i NAGEL O.W. 1996. Carbon allocation to shoots and roots in relation to nitrogen supply is mediated by cytokinins and sucrose: opinion. *Plant Soil* 185: 21-32.
- VERDAGUER, D. 1990. La regeneració en espècies forestals mediterrànies. L'alzina surera. *L'Estoig* 2: 25-30.
- VERDAGUER, D. 1995. Sistema radicular de *Quercus suber*. Universitat de Girona. Tesi doctoral.
- VERDAGUER, D., GARCÍA-BERTHOU, E., PASCUAL, G. i PUIGDERRAJOLS, P. 2001. Sprouting of seedlings of three *Quercus* species (*Q. humilis* Miller, *Q. ilex* L., and *Q. suber* L.) in relation to repeated pruning and the cotyledonary node. *Australian Journal of Botany* 49: 67-74.

- VERDAGUER, D. i MOLINAS, M. 1992. Anatomía y caracterización del sistema radicular del alcornoque. *Scientia gerundensis* 18: 39-51.
- VERDAGUER, D. i OJEDA, F. 2002. Root starch storage and allocation patterns in seeder and resprouter seedlings of two cape *Erica* (Ericaceae) species. *American Journal of Botany* 89: 1189-1196.
- VILÀ, M. i TERRADAS, J. 1995. Effects of competition and disturbance on the resprouting performance of Mediterranean shrub *Erica multiflora* L. (Ericaceae). *American Journal of Botany* 82: 1241-1248.
- VILÀ, M. i TERRADAS, J. 1995b. Effects of nutrient availability and neighbours on shoot growth, resprouting and flowering of *Erica multiflora*. *Journal of Vegetation Science* 6: 411-416.
- VILÀ, M., WEINER, J. i TERRADAS, J. 1994. Effect of local competition on resprouting of *Arbustus unedo* after clipping. *Journal of Vegetation Science* 5: 145-152.
- VILAGROSA, A., BELLOT, J. i GIL, E. 1998. Water relations and hydraulic architecture of two Mediterranean shrubs: *Quercus coccifera* and *Pistacia lentiscus*. A: Morrison, J.I.L., Domingo, F. i Allen, S.J. [eds.]. *4th International workshop field techniques for environmental physiology*. Almería, Espanya. 30 març al 5 d'abril 1998. London: SEB, CSIC.
- VILAR, L. 1987. Flora i vegetació de la Selva. Universitat Autònoma de Barcelona. Tesi doctoral.
- VILLAR, P. 2001. Importancia de la calidad de la planta en las labores de revegetación. Resum Comunicació presentada al Simposi Restauración de ecosistemas en ambientes mediterráneos. Posibilidades y limitaciones. Alcalá de Henares, 20 i 21 de setembre de 2001.
- VILLAR-SALVADOR, P., PLANELLES, R., ENRÍQUEZ, E., PEÑUELAS, J. i ZAZO, J. 2001. Influencia de la fertilización y el sombreo en el vivero sobre la calidad de la planta. *Quercus ilex* L. y su desarrollo en el campo. A: Montes para la sociedad del nuevo milenio. Actes del III Congreso Forestal Español. Granada (25-28 de setembre de 2001). [CD-ROM].
- VON FIRCKS, Y. i SENNERBY-FORSSE, L. 1998. Seasonal fluctuations of starch in root and stem tissues of coppiced *Salix viminalis* plants grown under two nitrogen regimes. *Tree Physiology* 18: 243-249.
- WARGO, P.M. 1976. Variation of starch content among and within roots of red and white oak trees. *Forest Science* 22: 468-471.

- WEBER, M. i BRÄNDLE, R. 1994. Dynamics of nitrogen-rich compounds in roots, rhizomes, and leaves of Sweet Flag (*Acorus calamus* L.) at its natural site. *Flora* 189: 63-68.
- WELTZIN, J.F., ARCHER, S.R i HEITSCHMIDT, R.K.1998. Defoliation and woody plant (*Prosopis glandulosa*) seedling regeneration: Potential vs realized herbivory tolerance. *Plant Ecology* 138: 127-135.
- WESTOBY, M., JURADO, E. i LEISHMAN, M. 1992. Comparative evolutionary ecology seed size. *Trends in Ecology and Evolution* 7: 368-372.
- WOODS, F.W., HARRIS, H.C. i CALDWELL, R.E. 1959. Monthly variations of carbohydrates and nitrogen in roots of sandhill oaks and wiregrass. *Ecology* 40: 292-295.
- ZULUETA de, J. i MONTOTO, J.L. 1992. Efectos de la temperatura y humedad en la germinación de bellotas de encina (*Quercus ilex* L.) y alcornoque (*Q. suber* L.). *Investigación Agraria Sistemas y Recursos forestales* 1: 65-71.

**PROTOCOL DETALLAT DE L'ANÀLISI DE MIDÓ:**

- 1- Pesar 0.1 g de mostra mòlta en tubs de plàstic per a centrífuga amb taps de rosca i de 10 ml de volum.
- 2- Posar a cada tub una mica de sorra rentada.
- 3- Pesar 0.01g de midó de patata per a realitzar els estàndards i afegir-hi, també, la sorra.
- 4- Afegir a cada tub 2.7 ml d'aigua destil·lada.
- 5- Cobrir els tubs amb paper d'alumini i deixar-los durant 15 min en un bany amb aigua bullint.
- 6- Agitar exhaustivament en un vòrtex cada un dels tubs, i tot seguit amb una vareta de vidre prémer la sorra amb el material mòlt.
- 7- Posar a cada tub 2 ml d'àcid perclòric al 70%, i repetir el 6è pas. Deixar reposar durant 20 minuts.
- 8- Passats aquests 20 minuts, afegir 2 ml d'aigua destil·lada, tancar cadascun dels tubs i agitar-los enèrgicament en el vòrtex.
- 9- Centrifugar durant 2-3 minuts a 3000 rpm i recollir el sobrenadant en tubs nous.
- 10- Afegir al sobrenadant, 1.25 ml d'aigua destil·lada i 0.95 ml d'àcid perclòric al 70%, agitar vigorosament i centrifugar una altra vegada a 3000 rpm.
- 11- Abocar el sobrenadant en tubs nets i afegir aigua destil·lada fins a arribar a un volum final de 10 ml.
- 12- Agafar la mostra mitjançant una xeringa i filtrar-la amb un filtre de fibra de vidre (Millipore, AP2001300, Irlanda).
- 13- Transferir 5 ml de l'extracte en tubs nets i reservar els tubs amb la resta de l'extracte a la nevera per si s'ha de repetir l'experiment.
- 14- Continuar amb la sèrie de tubs amb 5 ml d'extracte. Afegir 2.5 ml de clorur sòdic al 20% i 1 ml de iodat potassi (I<sub>2</sub>KI). Agitar enèrgicament i deixar reposar l'extracte durant 20 minuts. (es pot deixar l'extracte tota la nit a la nevera).
- 15- Passat aquest temps, centrifugar a 3000 rpm.
- 16- Descartar el sobrenadant i continuar amb el sediment.
- 17- Suspendre el sediment en 2.5 ml de NaCl-alcohòlic, per aturar la reacció de I<sub>2</sub>KI.



- 18- Centrifugar a 3000 rpm i descartar el sobrenadant. Guardar el sediment.
- 19- Afegir acuradament 2 ml de NaOH-alcohòlic en el sediment. Deixar reposar l'extracte a 4° C durant tota la nit. El color blau del sediment ha de perdre el color.
- 20- Centrifugar a 3000 rpm, descartar el sobrenadant i afegir 5 ml de NaCl-alcohòlic en el sediment.
- 21- Centrifugar a 3000 rpm i descartar el sobrenadant. Afegir 3.75 ml d'aigua destil·lada en el sediment i agitar vigorosament.
- 22- Afegir 3.75 ml de HClO<sub>4</sub> 0.1 M i agitar exhaustivament (tapar els tubs per no perdre mostra).
- 23- Treure els taps i cobrir els tubs amb paper d'alumini. Posar els tubs en un bany en aigua bullint de 3 a 5 minuts.
- 24- Tapar els tubs i agitar enèrgicament per dissoldre el midó de la mostra completament.
- 25- Afegir aigua destil·lada fins aconseguir un volum final de 10 ml. Filtrar com s'ha fet en el pas 13.
- 26- Preparar els tubs dels estàndards a partir de l'extracte dels tubs de midó de patata.

Blanc = 1000 µl d'aigua destil·lada en un tub de vidre.

25 µg de midó = 50 µl solució estàndard i 950 µl d'aigua destil·lada.

50 µg de midó = 100 µl solució estàndard i 900 µl d'aigua destil·lada.

100 µg de midó = 200 µl solució estàndard i 800 µl d'aigua destil·lada.

200 µg de midó = 400 µl solució estàndard i 600 µl d'aigua destil·lada.

300 µg de midó = 600 µl solució estàndard i 400 µl d'aigua destil·lada.

- 27- Per a la resta de tubs, afegir 200 µl d'extracte en un tub de vidre i posar 800 µl d'aigua destil·lada.
- 28- Afegir a tots els tubs 1 ml de fenol al 5% i agitar enèrgicament.
- 29- Afegir a cada tub 5 ml d'àcid sulfúric 95-98%. Aquest pas s'ha de fer amb molta cura i precaució, ja que és força perillós.
- 30- Deixar refredar i llegir a l'espectrofotòmetre a  $\lambda=490$  nm.

Solucions per a l'anàlisi de midó:

I<sub>2</sub>KI- Dissoldre 7.5 g de iode i 7.5 g de iodur potàssic en 150 ml d'aigua destil·lada i diluir la solució fins a 250 ml amb aigua destil·lada. Filtrar-la per succió.

NaOH-alcohòlic- Barrejar 350 ml d'etanol absolut amb 50 ml de NaOH 5N i amb 30 ml d'aigua. Diluir fins a 500 ml amb aigua destil·lada.

NaCl-alcohòlic- Barrejar 350 ml d'etanol absolut amb 80 ml d'aigua destil·lada. Afegir 50 ml de clorur sòdic al 20% i diluir la solució fins a 500 ml amb aigua destil·lada.

### **PROCEDIMENT PER A L'ANÀLISI DE NITROGEN:**

- 1- Pesar en una microbalança aproximadament 1 mg de mostra mòlta en una càpsula d'estany (3.2x4.0 mm). En acabar, les dades de la mostra i el pes s'entren a l'ordinador que està connectat amb l'analitzador elemental.
- 2- Afegir a cada càpsula un volum semblant d'additiu KOERBL® (Sigma, USA) per a millorar la combustió de la mostra.
- 3- Tancar la càpsula acuradament, procurant no perdre part de la mostra.
- 4- Col·locar les càpsules tancades a l'analitzador elemental i tot seguit comença la combustió de les mostres.
- 5- Obtenció dels resultats de la combustió.

**TAULA 1.** Dades biomètriques de la gla de *Q. coccifera*, *Q. humilis*, *Q. ilex* i *Q. suber*.

n° gla	<i>Q. coccifera</i>			<i>Q. ilex</i>			<i>Q. humilis</i>			<i>Q. suber</i>		
	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
2	5,37	3,00	1,76	3,73	3,35	1,30	4,42	3,78	1,39	4,76	2,71	1,62
3	3,30	2,93	1,38	2,99	3,25	1,30	4,50	3,75	1,20	5,22	3,03	1,70
4	2,04	2,37	1,42	3,09	3,14	1,33	4,99	3,10	1,64	7,31	3,27	1,81
5	3,64	2,37	1,57	2,40	3,00	1,24	2,34	2,94	1,10	7,02	3,08	1,77
6	4,27	2,73	1,58	2,82	3,16	1,22	5,32	3,78	1,38	4,83	2,82	1,68
7	4,58	2,49	1,75	3,45	3,20	1,36	3,94	3,46	1,24	7,99	3,65	1,73
8	4,71	2,77	1,64	3,68	3,25	1,38	3,36	3,44	1,22	5,22	2,88	1,67
9	3,59	3,05	1,37	4,13	3,29	1,39	3,71	3,49	1,17	7,27	2,90	1,85
10	4,79	2,28	1,71	2,86	2,66	1,33	2,85	3,34	1,12	4,75	2,89	1,53
11	4,01	2,55	1,61	3,00	3,11	1,30	2,65	2,66	1,16	5,41	2,84	1,69
12	4,65	2,61	1,71	2,18	2,87	1,23	1,57	2,20	1,16	8,40	3,49	1,75
13	4,10	2,46	1,65	2,55	3,08	1,20	3,57	3,08	1,18	4,64	2,64	1,52
14	2,39	2,42	1,47	2,61	3,08	1,23	3,50	3,16	1,18	6,69	3,11	1,75
15	3,84	2,57	1,70	2,72	2,82	1,30	2,56	2,82	1,05	5,74	2,95	1,61
16	3,22	2,67	1,59	1,95	2,56	1,08	3,72	3,29	1,16	6,69	3,17	1,70
17	5,50	2,86	1,77	2,14	2,74	1,22	3,91	3,53	1,09	4,66	2,60	1,67
18	4,28	2,89	1,56	1,94	2,81	1,14	3,25	2,97	1,18	6,59	3,02	1,82
19	4,89	2,93	1,64	2,34	2,86	1,24	3,27	3,08	1,20	6,90	3,18	1,78
20	3,66	2,66	1,53	2,00	2,88	1,11	3,15	2,68	1,34	8,88	3,72	1,86
21	2,43	2,35	1,31	2,44	3,00	1,22	3,18	2,72	1,28	6,30	3,31	1,62
22	3,55	2,58	1,61	2,49	2,82	1,21	2,74	3,46	1,14	5,09	3,24	1,49
23	3,59	3,02	1,49	2,51	2,74	1,20	1,55	2,42	1,16	4,69	2,66	1,61
24	4,21	2,54	1,62	2,01	2,83	1,09	4,00	3,46	1,16	7,60	3,30	1,76
25	2,74	2,39	1,46	2,13	2,72	1,15	2,69	3,49	1,18	5,39	2,87	1,62
26	3,23	2,50	1,50	2,49	2,86	1,27	1,74	1,83	1,26	3,17	2,37	1,33
27	3,46	2,54	1,54	1,94	2,53	1,23	4,78	3,64	1,35	8,77	3,77	1,79
28	2,53	2,93	1,39	2,25	3,06	1,18	3,73	3,48	1,29	6,93	3,23	1,80

<i>Q- coccifera</i>				<i>Q- ilex</i>			<i>Q- humilis</i>			<i>Q- suber</i>		
n° gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
29	2,49	2,83	1,40	1,79	2,52	1,13	5,22	3,94	1,32	4,80	2,71	1,59
30	2,11	2,15	1,40	2,09	2,96	1,12	3,11	2,82	1,29	6,66	3,02	1,80
31	2,76	2,27	1,40	2,66	2,80	1,28	2,66	3,30	1,15	5,91	2,82	1,74
32	3,71	2,48	1,58	1,92	2,57	1,15	2,14	2,18	1,30	6,88	3,25	1,75
33	3,08	2,78	1,50	1,61	2,72	1,08	1,84	2,22	1,14	5,52	2,96	1,55
34	3,88	2,68	1,55	1,30	2,74	1,03	3,11	3,18	1,13	5,74	3,15	1,60
35	3,57	2,61	1,51	2,61	2,73	1,37	3,55	2,80	1,38	7,46	3,30	1,82
36	5,24	2,77	1,72	2,13	2,90	1,13	2,87	3,00	1,16	5,37	2,90	1,60
37	3,04	2,62	1,35	2,00	2,89	1,16	3,06	2,99	1,10	6,65	3,14	1,76
38	2,59	2,25	1,40	1,99	2,58	1,24	3,44	3,38	1,11	8,33	3,49	1,83
39	3,55	2,46	1,52	2,04	2,51	1,16	2,74	2,88	1,16	5,81	2,93	1,68
40	4,08	2,86	1,57	1,74	2,52	1,15	2,73	2,62	1,24	4,55	2,63	1,60
41	4,19	3,06	1,38	1,98	2,72	1,17	3,23	2,99	1,16	6,28	2,84	1,75
42	6,29	2,86	1,90	1,66	2,69	0,90	2,97	2,94	1,19	5,22	2,95	1,71
43	3,73	2,70	1,64	1,70	2,66	1,05	2,82	2,99	1,05	4,00	2,55	1,47
44	4,38	2,69	1,61	2,38	3,07	1,18	1,38	2,23	0,89	3,41	2,80	1,43
45	3,19	2,77	1,35	1,43	2,47	1,07	1,81	2,46	1,26	7,27	3,23	1,75
46	1,93	2,35	1,43	1,60	2,48	1,12	2,75	3,01	1,11	6,32	3,16	1,72
47	2,13	2,54	1,29	1,49	2,70	1,03	3,55	3,38	1,22	10,01	3,81	1,94
48	3,46	2,63	1,46	1,55	2,44	1,05	2,55	2,44	1,34	5,25	2,76	1,60
49	2,72	2,36	1,32	1,60	2,78	0,97	3,47	3,34	1,16	7,11	3,13	1,77
50	1,84	2,21	1,43	1,80	2,60	1,12	2,37	2,78	1,01	7,62	3,36	1,75
51	2,56	2,54	1,36	2,07	2,77	1,18	3,26	3,04	1,12	5,51	3,32	1,56
52	3,37	2,51	1,53	2,54	2,84	1,25	3,67	3,48	1,13	8,03	3,50	1,82
53	2,88	2,70	1,32	1,40	2,59	1,07	4,46	3,52	1,31	6,18	3,10	1,73
54	2,14	2,30	1,34	1,83	2,76	1,18	4,70	3,70	1,22	7,99	3,38	1,80
55	2,94	2,79	1,37	1,66	2,61	1,06	3,96	3,55	1,29	6,92	3,15	1,75
56	2,69	2,74	1,22	1,80	2,53	1,14	3,11	2,77	1,12	7,79	3,34	1,78

<i>Q- coccifera</i>				<i>Q- ilex</i>			<i>Q- humilis</i>			<i>Q- suber</i>		
n° gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
57	4,90	2,61	1,71	3,06	2,82	1,31	1,40	2,27	1,11	4,40	2,68	1,43
58	3,47	2,56	1,62	2,74	2,51	1,35	3,76	3,61	1,25	5,30	3,13	1,56
59	4,39	2,60	1,69	3,10	2,67	1,40	2,44	2,68	1,32	5,23	3,03	1,64
60	2,99	2,44	1,47	2,09	2,16	1,28	3,09	2,62	1,39	6,35	2,99	1,71
61	2,66	2,57	1,45	1,49	2,32	1,11	3,82	3,40	1,49	4,73	2,97	1,49
62	3,84	2,92	1,48	2,78	2,49	1,36	1,78	2,40	1,12	6,34	3,07	1,74
63	4,90	2,80	1,80	2,71	2,45	1,37	1,97	2,75	1,34	7,24	3,47	1,65
64	3,23	2,69	1,49	2,62	2,44	1,35	2,46	3,14	1,09	5,15	2,70	1,63
65	3,07	2,57	1,50	3,03	2,61	1,36	4,44	3,82	1,32	5,14	2,94	1,50
66	3,19	2,60	1,40	2,75	2,53	1,33	2,05	2,46	1,12	2,73	2,18	1,46
67	3,12	2,71	1,46	2,39	2,57	1,26	2,70	2,80	1,25	6,78	3,10	1,80
68	4,22	2,56	1,63	2,30	2,36	1,20	2,80	2,97	1,31	6,84	3,27	1,74
69	2,92	2,79	1,32	1,79	2,10	1,29	3,19	3,13	1,22	6,74	3,27	1,72
70	3,89	3,00	1,42	2,26	2,28	1,18	4,38	3,52	1,34	6,70	3,17	1,66
71	2,51	2,00	1,38	2,09	2,53	1,46	4,64	3,64	1,34	5,76	2,89	1,68
72	3,85	2,75	1,46	2,84	2,33	1,46	2,28	2,97	1,11	6,46	3,13	1,68
73	4,81	3,04	1,49	3,54	2,72	1,46	4,48	3,58	1,37	6,00	3,33	1,55
74	3,96	2,53	1,55	2,60	2,56	1,28	2,95	2,80	1,38	6,35	3,10	1,74
75	2,69	2,16	1,44	1,54	2,04	1,21	3,55	3,36	1,25	7,13	3,46	1,70
76	3,13	2,57	1,49	2,17	2,38	1,19	2,23	2,35	1,34	7,29	3,44	1,79
77	3,46	2,53	1,43	2,05	2,30	1,28	4,16	3,57	1,28	8,14	3,65	1,77
78	3,30	2,62	1,63	1,85	2,08	1,22	2,05	2,56	1,31	6,19	3,04	1,75
79	3,24	2,55	1,52	1,39	2,05	1,18	4,61	3,67	1,34	7,01	3,27	1,82
80	3,24	2,86	1,32	1,25	1,84	1,10	2,76	3,13	1,23	3,74	2,73	1,61
81	3,13	2,90	1,33	1,31	1,92	1,11	6,12	4,22	1,34	5,53	3,19	1,55
82	3,03	2,59	1,35	1,95	2,38	1,25	2,76	3,12	1,03	4,27	2,78	1,63
83	2,56	2,67	1,22	2,51	2,54	1,30	1,67	2,19	1,16	5,65	2,77	1,68
84	1,38	2,30	-	2,27	2,41	1,24	2,97	3,11	1,14	5,10	2,89	1,66

<i>Q- coccifera</i>				<i>Q- coccifera</i>			<i>Q- humilis</i>			<i>Q- suber</i>		
n° gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
85	2,68	2,60	-	2,86	2,50	1,39	3,98	3,51	1,27	7,37	3,48	1,66
86	4,46	2,56	-	3,21	2,66	1,41	2,33	2,79	1,00	4,86	2,84	1,50
87	4,34	2,52	-	1,78	2,27	1,21	3,23	3,25	1,24	2,83	2,18	1,48
88	3,64	2,92	-	1,50	2,22	1,20	3,35	3,27	1,06	3,86	2,56	1,58
89	3,91	2,43	-	2,86	2,88	1,27	3,19	3,22	1,19	5,79	3,33	1,72
90	2,89	2,31	-	3,03	2,90	1,25	2,61	3,02	1,02	5,90	2,92	1,70
91	3,46	2,56	-	2,42	2,84	1,22	3,05	3,03	1,18	5,90	2,76	1,78
92	5,25	2,70	-	2,74	2,58	1,31	3,65	3,29	1,16	5,46	2,96	1,78
93	2,74	2,28	-	2,19	2,47	1,22	4,13	3,54	1,27	5,42	2,77	1,63
94	3,65	2,94	-	2,44	2,92	1,16	5,67	3,82	1,42	6,74	2,98	1,83
95	3,15	2,79	-	2,96	2,97	1,24	3,37	3,47	1,18	3,60	2,78	1,50
96	5,47	2,76	-	2,24	2,74	1,20	4,09	3,54	1,28	5,66	3,07	1,72
97	4,03	2,85	-	2,35	2,71	1,14	3,58	3,38	1,18	4,61	2,96	1,58
98	4,25	2,60	-	2,33	2,80	1,13	2,14	3,14	1,12	7,41	3,24	1,85
99	4,21	2,70	-	2,36	2,58	1,23	3,66	3,74	1,19	7,15	3,18	1,79
100	1,56	2,43	-	2,30	2,65	1,20	4,48	3,47	1,39	6,84	3,40	1,84
101	4,81	2,68	-	2,69	3,12	1,24	4,75	3,58	1,36	7,06	3,33	1,74
102	5,31	2,82	-	2,31	2,78	1,22	2,66	2,78	1,16	5,02	3,04	1,56
103	1,82	2,06	-	2,72	2,92	1,12	2,83	2,26	1,48	5,03	3,16	1,56
104	1,56	2,14	-	3,24	3,05	1,27	3,81	3,39	1,26	5,87	3,10	1,50
105	2,16	2,26	-	3,10	2,92	1,31	2,84	3,26	1,08	5,56	3,08	1,76
106	2,53	2,67	-	2,51	2,53	1,31	3,31	3,21	1,08	7,39	3,36	1,74
107	5,22	2,73	-	2,67	2,73	1,16	2,64	3,22	1,17	4,48	2,62	1,58
108	1,71	2,07	-	3,06	2,72	1,28	4,59	3,50	1,29	5,88	2,94	1,80
109	3,70	2,37	-	2,48	2,64	1,22	3,18	3,47	1,21	4,10	2,82	1,46
110	3,10	2,47	-	2,19	2,62	1,20	5,37	3,92	1,24	4,69	2,52	1,64
111	2,71	2,83	-	2,19	2,85	1,16	3,89	3,44	1,24	4,23	2,60	1,66
112	4,64	2,50	-	2,00	2,50	1,16	3,14	3,30	1,08	4,31	2,93	1,44

<i>Q. coccifera</i>				<i>Q. ilex</i>			<i>Q. humilis</i>			<i>Q. suber</i>		
n° gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
113	6,29	2,74	-	3,25	2,97	1,34	3,06	3,34	1,12	4,86	2,64	1,54
114	5,79	2,90	-	3,37	2,91	1,36	3,11	2,78	1,19	6,01	2,96	1,70
115	3,03	2,80	-	2,23	2,62	1,16	3,79	3,32	1,09	3,85	2,50	1,42
116	4,93	2,69	-	3,26	2,99	1,33	3,08	3,26	1,26	4,85	2,76	1,56
117	3,34	2,60	-	2,78	2,74	1,28	1,99	2,91	0,94	5,85	3,16	1,60
118	2,07	2,30	-	2,70	2,71	1,16	2,24	2,57	1,05	4,79	2,90	1,61
119	4,99	2,75	-	2,09	2,86	1,20	2,14	2,36	1,24	5,42	3,00	1,66
120	2,93	2,11	-	2,34	2,86	1,22	4,00	3,27	1,25	7,85	3,42	1,80
121	2,46	2,26	-	3,04	2,77	1,31	2,52	2,48	1,27	7,06	3,22	1,74
122	2,71	2,53	-	2,41	2,76	1,16	2,35	2,34	1,12	8,56	3,68	1,88
123	3,36	2,26	-	2,69	2,70	1,22	2,53	2,73	1,18	5,00	3,24	1,60
124	3,74	2,47	-	2,50	2,83	1,22	2,00	2,36	1,36	4,29	2,70	1,66
125	1,86	2,33	-	2,57	2,66	1,19	2,28	2,77	1,05	5,62	3,05	1,69
126	1,61	2,30	-	2,26	2,57	1,24	3,56	3,09	1,25	5,66	3,00	1,64
127	3,15	2,74	-	1,94	2,55	1,09	1,65	2,14	1,03	6,88	3,29	1,80
128	5,33	2,70	-	2,76	2,72	1,20	2,41	2,58	1,16	4,37	2,72	1,59
129	3,28	2,56	-	3,17	2,96	1,27	3,31	3,26	1,20	5,46	2,83	1,66
130	2,35	2,22	-	1,67	2,56	1,00	2,54	2,50	1,27	4,45	2,80	1,60
131	1,52	2,35	-	1,69	2,51	1,05	3,45	3,43	1,12	5,66	2,78	1,79
132	3,11	2,66	-	1,47	2,01	1,09	3,07	3,46	1,07	6,23	3,03	1,69
133	3,10	2,70	-	1,54	2,58	0,94	4,01	3,44	1,17	5,47	2,96	1,72
134	3,75	2,63	-	2,10	2,54	1,12	2,89	2,82	1,14	5,90	3,18	1,68
135	3,23	2,42	-	3,79	3,13	1,35	2,73	3,08	1,11	3,56	2,55	1,48
136	3,01	2,52	-	2,15	2,71	1,14	4,72	3,30	1,41	6,46	3,13	1,74
137	3,62	2,33	-	2,52	2,63	1,22	3,24	3,16	1,12	6,02	2,89	1,68
138	4,98	2,86	-	2,49	2,69	1,24	2,88	3,17	1,02	4,69	3,21	1,50
139	1,86	2,38	-	2,07	3,07	1,01	4,02	3,17	1,28	6,44	3,19	1,66
140	4,23	2,62	-	3,88	3,05	1,34	2,86	3,16	1,05	8,38	3,34	1,86

<i>Q- coccifera</i>				<i>Q- ilex</i>			<i>Q- humilis</i>			<i>Q- suber</i>		
nº gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
141	2,86	2,40	-	3,14	2,64	1,43	3,28	3,12	1,31	9,19	3,74	1,97
142	3,65	2,48	-	2,84	2,46	1,18	3,64	3,53	1,18	5,83	3,30	1,63
143	2,28	2,23	-	1,29	2,24	1,13	3,22	3,14	1,11	6,20	3,06	1,78
144	4,16	3,07	-	2,42	2,40	1,12	3,64	3,26	1,15	6,44	3,31	1,77
145	1,71	2,20	-	1,72	2,28	1,08	3,05	3,29	1,24	6,50	3,25	1,73
146	1,81	2,29	-	2,83	2,98	1,12	2,96	3,43	1,12	8,84	3,60	1,95
147	4,10	2,76	-	3,42	3,24	1,37	2,97	3,04	1,08	6,73	3,11	1,83
148	3,17	2,44	-	1,53	2,32	1,21	4,71	3,86	1,26	5,73	3,07	1,69
149	2,20	2,48	-	2,09	2,24	1,28	2,90	3,08	1,19	6,24	3,16	1,80
150	1,68	2,37	-	1,80	2,90	0,86	4,26	3,30	1,34	7,18	3,39	1,84
151	3,57	2,70	-	2,02	2,55	1,14	2,53	3,02	1,04	4,84	2,54	1,82
152	3,95	2,44	-	1,91	2,99	1,05	2,97	3,13	1,08	5,16	2,65	1,80
153	4,49	2,62	-	1,86	2,91	1,00	2,84	3,16	1,08	4,95	2,97	1,64
154	2,71	2,24	-	1,96	3,16	0,94	3,21	3,20	1,24	4,62	2,77	1,60
155	1,43	2,33	-	2,33	2,95	1,01	3,61	3,47	1,27	4,39	2,70	1,63
156	1,89	2,17	-	1,64	2,30	1,21	3,30	3,42	1,17	6,01	3,06	1,74
157	2,10	2,42	-	1,52	2,22	1,04	2,62	2,70	1,34	6,76	3,56	1,71
158	3,34	2,42	-	2,53	2,47	1,22	2,94	2,70	1,19	7,27	3,56	1,81
159	4,67	2,66	-	2,03	2,08	1,27	2,53	2,57	1,35	4,64	2,92	1,60
160	3,58	2,60	-	3,02	2,65	1,26	3,61	3,34	1,22	7,86	3,48	1,91
161	5,03	2,63	-	2,51	2,75	1,13	3,71	3,26	1,19	5,33	3,17	1,62
162	2,79	2,64	-	2,15	3,08	1,04	1,64	2,42	1,16	5,46	3,05	1,77
163	4,04	2,36	-	2,03	2,47	1,00	3,07	3,49	1,20	5,59	2,94	1,79
164	3,86	2,66	-	3,73	2,83	1,20	2,45	2,84	1,05	5,65	2,85	1,84
165	2,18	2,24	-	1,90	2,11	1,16	2,01	2,14	1,33	3,47	2,36	1,58
166	4,80	2,58	-	1,50	2,12	1,09	2,95	2,91	1,22	5,34	3,04	1,74
167	3,44	2,80	-	1,59	2,80	1,00	1,71	1,82	1,27	5,40	2,83	1,69
168	2,45	2,56	-	1,86	2,30	1,08	3,67	3,43	1,02	5,63	3,13	1,70



<i>Q- coccifera</i>				<i>Q- ilex</i>			<i>Q- humilis</i>			<i>Q- suber</i>		
n° gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
169	1,61	2,30	-	3,62	3,14	1,28	3,24	2,86	1,14	9,67	4,20	1,89
170	1,97	2,58	-	1,64	3,08	1,00	4,65	3,40	1,47	6,33	3,20	1,74
171	3,84	2,55	-	1,70	2,41	1,02	3,26	3,09	1,21	6,13	3,15	1,69
172	2,97	2,32	-	1,77	2,22	1,15	3,01	2,94	1,11	5,87	3,34	1,73
173	2,85	2,68	-	2,10	2,36	1,16	3,71	3,68	1,18	9,24	3,91	1,94
174	2,87	2,36	-	1,52	2,30	1,22	3,39	3,48	1,16	6,34	3,15	1,66
175	2,52	2,59	-	1,64	2,54	1,24	2,80	2,61	1,41	7,87	3,22	1,95
176	4,30	2,94	-	2,07	2,48	1,22	2,98	3,22	1,27	7,00	3,34	1,87
177	2,89	2,50	-	1,83	2,26	1,16	3,23	3,38	1,14	7,05	3,34	1,82
178	3,18	2,74	-	1,70	2,28	1,02	3,24	3,27	1,11	5,40	2,97	1,74
179	2,12	2,28	-	1,87	2,86	0,94	2,53	2,74	1,18	6,02	2,91	1,87
180	2,51	2,43	-	1,49	2,66	1,00	2,64	3,36	1,14	6,25	3,36	1,84
181	3,37	2,68	-	2,13	2,44	1,27	2,93	2,68	1,34	6,58	3,38	1,75
182	4,54	2,37	-	1,16	2,17	1,06	1,86	2,64	1,08	9,58	3,60	2,05
183	4,61	2,99	-	1,55	2,25	1,19	2,07	2,44	1,03	7,17	3,29	1,81
184	3,26	2,76	-	1,07	2,28	0,96	3,40	3,18	1,16	6,05	3,00	1,77
185	2,94	2,60	-	0,89	1,29	1,08	1,55	2,14	1,16	5,62	3,37	1,61
186	3,73	2,48	-	1,67	2,25	1,18	2,20	2,68	1,08	5,34	2,88	1,68
187	4,08	2,79	-	0,96	2,68	0,95	2,71	3,20	1,05	6,60	3,23	1,83
188	2,57	2,63	-	2,05	2,55	1,14	2,79	3,04	1,17	5,92	3,13	1,72
189	2,67	2,28	-	1,42	2,44	1,00	3,62	3,20	1,28	6,35	3,39	1,67
190	5,32	2,89	-	1,49	2,60	0,97	3,28	3,18	1,18	6,82	3,25	1,81
191	2,54	2,30	-	2,81	2,94	1,18	2,31	2,82	1,08	5,70	3,08	1,70
192	3,70	2,77	-	1,83	2,96	1,00	2,63	2,72	1,14	5,95	3,02	1,70
193	2,81	2,38	-	2,55	2,30	1,30	2,57	2,57	1,13	7,35	3,04	1,92
194	2,64	2,45	-	1,74	2,31	1,12	1,14	1,80	1,04	7,49	3,41	1,88
195	3,16	2,81	-	0,93	2,54	0,82	1,88	1,38	1,34	5,89	2,84	1,75
196	4,62	2,78	-	1,81	2,84	1,15	4,82	3,80	1,18	8,18	3,46	2,01

<i>Q- coccifera</i>				<i>Q- ilex</i>			<i>Q- humilis</i>			<i>Q- suber</i>		
nº gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
169	1,61	2,30	-	3,62	3,14	1,28	3,24	2,86	1,14	9,67	4,20	1,89
170	1,97	2,58	-	1,64	3,08	1,00	4,65	3,40	1,47	6,33	3,20	1,74
171	3,84	2,55	-	1,70	2,41	1,02	3,26	3,09	1,21	6,13	3,15	1,69
172	2,97	2,32	-	1,77	2,22	1,15	3,01	2,94	1,11	5,87	3,34	1,73
173	2,85	2,68	-	2,10	2,36	1,16	3,71	3,68	1,18	9,24	3,91	1,94
174	2,87	2,36	-	1,52	2,30	1,22	3,39	3,48	1,16	6,34	3,15	1,66
175	2,52	2,59	-	1,64	2,54	1,24	2,80	2,61	1,41	7,87	3,22	1,95
176	4,30	2,94	-	2,07	2,48	1,22	2,98	3,22	1,27	7,00	3,34	1,87
177	2,89	2,50	-	1,83	2,26	1,16	3,23	3,38	1,14	7,05	3,34	1,82
178	3,18	2,74	-	1,70	2,28	1,02	3,24	3,27	1,11	5,40	2,97	1,74
179	2,12	2,28	-	1,87	2,86	0,94	2,53	2,74	1,18	6,02	2,91	1,87
180	2,51	2,43	-	1,49	2,66	1,00	2,64	3,36	1,14	6,25	3,36	1,84
181	3,37	2,68	-	2,13	2,44	1,27	2,93	2,68	1,34	6,58	3,38	1,75
182	4,54	2,37	-	1,16	2,17	1,06	1,86	2,64	1,08	9,58	3,60	2,05
183	4,61	2,99	-	1,55	2,25	1,19	2,07	2,44	1,03	7,17	3,29	1,81
184	3,26	2,76	-	1,07	2,28	0,96	3,40	3,18	1,16	6,05	3,00	1,77
185	2,94	2,60	-	0,89	1,29	1,08	1,55	2,14	1,16	5,62	3,37	1,61
186	3,73	2,48	-	1,67	2,25	1,18	2,20	2,68	1,08	5,34	2,88	1,68
187	4,08	2,79	-	0,96	2,68	0,95	2,71	3,20	1,05	6,60	3,23	1,83
188	2,57	2,63	-	2,05	2,55	1,14	2,79	3,04	1,17	5,92	3,13	1,72
189	2,67	2,28	-	1,42	2,44	1,00	3,62	3,20	1,28	6,35	3,39	1,67
190	5,32	2,89	-	1,49	2,60	0,97	3,28	3,18	1,18	6,82	3,25	1,81
191	2,54	2,30	-	2,81	2,94	1,18	2,31	2,82	1,08	5,70	3,08	1,70
192	3,70	2,77	-	1,83	2,96	1,00	2,63	2,72	1,14	5,95	3,02	1,70
193	2,81	2,38	-	2,55	2,30	1,30	2,57	2,57	1,13	7,35	3,04	1,92
194	2,64	2,45	-	1,74	2,31	1,12	1,14	1,80	1,04	7,49	3,41	1,88
195	3,16	2,81	-	0,93	2,54	0,82	1,88	1,38	1,34	5,89	2,84	1,75
196	4,62	2,78	-	1,81	2,84	1,15	4,82	3,80	1,18	8,18	3,46	2,01

<i>Q- coccifera</i>				<i>Q- ilex</i>			<i>Q- humilis</i>			<i>Q- suber</i>		
n° gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
197	3,69	2,60	-	1,63	2,34	1,26	3,81	3,06	1,26	6,09	3,04	1,80
198	4,50	2,44	-	1,43	1,94	1,14	3,63	3,26	1,22	6,75	3,15	1,78
199	3,52	2,57	-	1,34	2,49	0,97	2,13	2,51	1,31	5,52	2,90	1,73
200	1,98	2,25	-	2,05	2,38	1,26	4,02	3,96	1,32	5,05	2,60	1,70
201	3,46	2,44	-	2,32	2,55	1,26	2,81	3,22	1,19	4,30	3,04	1,55
202	3,41	2,43	-	1,41	2,27	0,97	4,57	3,74	1,28	4,39	2,90	1,73
203	1,10	2,16	-	2,58	2,56	1,29	3,00	2,88	1,34	3,96	2,91	1,50
204	3,42	2,80	-	2,21	2,46	1,22	2,76	2,99	1,11	4,63	2,85	1,57
205	2,55	2,55	-	0,90	1,30	1,14	2,66	2,51	1,16	6,05	3,00	1,83
206	2,06	2,54	-	3,05	2,34	1,30	3,90	3,20	1,32	6,79	3,41	1,66
207	1,81	2,30	-	1,77	2,30	1,12	1,94	2,50	1,20	6,55	3,07	1,72
208	2,11	2,23	-	1,40	2,29	1,08	4,11	3,58	1,24	6,24	3,13	1,70
209	2,67	2,31	-	2,15	2,29	1,31	2,67	2,90	1,20	7,49	3,28	1,90
210	1,71	2,44	-	1,44	2,86	0,97	2,91	2,88	1,19	8,89	3,64	1,97
211	1,38	1,98	-	1,52	2,05	1,35	1,94	2,46	1,05	6,60	3,22	1,74
212	3,55	2,47	-	1,39	2,66	0,95	3,62	2,82	1,49	4,25	2,81	1,67
213	3,10	2,72	-	1,78	2,08	1,16	4,32	2,61	1,63	5,38	2,99	1,70
214	3,14	2,50	-	1,53	2,54	0,97	3,56	2,67	1,50	7,50	3,51	1,81
215	2,01	2,50	-	1,85	2,31	1,17	3,71	2,59	1,47	6,86	3,27	1,79
216	2,02	2,55	-	1,78	2,77	0,89	4,53	2,97	1,57	5,43	3,16	1,61
217	3,01	2,70	-	1,67	2,16	1,02	3,94	2,69	1,44	6,13	2,91	1,79
218	3,35	2,70	-	2,09	2,35	1,17	3,04	2,51	1,43	7,27	3,30	1,76
219	4,20	2,60	-	1,27	2,55	0,91	2,59	2,44	1,38	6,37	3,26	1,73
220	1,83	2,03	-	1,60	2,68	1,04	4,05	2,55	1,57	5,85	3,35	1,68
221	4,69	2,67	-	1,31	2,49	0,90	3,85	2,71	1,48	4,47	3,35	1,53
222	2,83	2,35	-	1,35	2,58	0,92	3,58	2,58	1,45	4,84	3,00	1,69
223	2,25	2,27	-	1,13	2,55	0,86	2,93	2,19	1,44	4,17	2,78	1,61
224	2,40	2,68	-	0,76	1,31	1,04	3,20	2,32	1,49	6,22	3,12	1,77

<i>Q- coccifera</i>				<i>Q- ilex</i>			<i>Q- humilis</i>			<i>Q- suber</i>		
n° gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
225	3,25	2,53	-	0,88	1,96	1,00	3,63	2,46	1,46	7,57	3,44	1,77
226	3,03	2,44	-	0,84	2,04	0,97	2,99	2,43	1,27	6,03	2,96	1,73
227	2,13	2,24	-	1,02	2,36	0,86	2,75	2,39	1,36	4,44	2,74	1,59
228	2,76	2,53	-	2,79	2,38	1,37	3,68	2,67	1,46	8,50	3,40	1,95
229	2,50	2,28	-	2,33	2,32	1,34	5,13	3,04	1,67	8,11	3,56	1,87
230	3,48	2,46	-	1,62	2,05	1,16	3,57	2,64	1,50	5,49	3,05	1,64
231	3,61	2,70	-	2,43	2,88	1,14	2,63	2,40	1,38	5,56	3,26	1,72
232	2,20	2,22	-	0,67	1,87	1,24	2,48	2,33	1,27	6,68	3,15	1,76
233	4,07	2,57	-	1,69	2,55	1,05	3,82	2,44	1,47	5,45	3,03	1,79
234	4,21	2,80	-	1,18	2,06	1,22	2,72	2,36	1,34	7,95	3,50	1,82
235	4,38	2,50	-	2,81	2,40	1,34	3,08	2,58	1,36	6,80	3,04	1,70
236	2,88	2,18	-	2,39	2,44	1,24	2,73	2,47	1,34	7,67	3,29	1,83
237	3,04	2,28	-	1,01	2,09	0,97	2,69	2,27	1,30	3,98	2,56	1,62
238	3,41	2,45	-	2,41	2,46	1,27	3,36	2,48	1,42	5,75	3,12	1,61
239	1,24	1,79	-	3,80	3,20	1,33	2,56	2,23	1,31	6,03	3,17	1,62
240	2,21	2,52	-	2,14	2,82	1,03	3,44	2,49	1,47	6,75	3,22	1,72
241	1,17	1,70	-	2,99	3,19	1,22	3,89	2,73	1,50	7,78	3,40	1,76
242	1,30	2,00	-	3,74	3,26	1,30	3,39	2,46	1,39	5,85	3,04	1,61
243	1,40	1,90	-	2,63	2,98	1,14	4,72	2,78	1,63	5,91	3,21	1,59
244	2,02	2,46	-	3,17	3,05	1,24	3,34	2,52	1,46	5,92	3,17	1,60
245	1,78	2,16	-	2,87	2,58	1,27	3,40	2,50	1,48	7,08	3,32	1,71
246	2,05	3,39	0,97	3,04	3,02	1,20	3,94	2,68	1,55	4,88	2,94	1,68
247	3,54	3,18	1,27	1,59	2,40	1,03	5,22	2,93	1,67	7,07	3,18	1,74
248	3,35	2,81	1,36	1,31	2,22	0,92	4,15	2,77	1,49	6,10	2,97	1,64
249	0,92	1,70	0,92	2,47	2,92	1,14	3,12	2,37	1,46	9,24	3,34	2,07
250	2,03	2,56	1,15	2,62	2,64	1,23	2,71	2,44	1,38	3,13	2,36	1,56
251	1,96	3,02	0,98	1,92	2,48	1,07	2,81	2,36	1,38	6,96	3,23	1,70
252	2,40	3,40	1,10	3,44	3,10	1,27	3,84	2,44	1,59	6,57	3,25	1,77

<i>Q. coccifera</i>				<i>Q. ilex</i>			<i>Q. humilis</i>			<i>Q. suber</i>		
n° gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
253	2,56	2,17	1,34	3,08	2,74	1,24	2,48	2,56	1,22	6,61	3,20	1,78
254	2,87	2,74	1,26	1,34	2,66	0,93	3,11	2,58	1,34	7,58	3,11	1,84
255	0,97	2,02	0,94	2,40	2,91	1,11	3,45	2,44	1,46	6,12	2,97	1,64
256	2,20	2,06	1,29	1,65	2,70	0,92	3,85	2,68	1,50	7,74	3,15	1,83
257	1,94	3,11	0,95	1,36	2,42	0,94	2,91	2,50	1,37	8,97	3,71	1,89
258	1,10	1,75	1,09	1,66	3,00	0,93	2,38	2,36	1,20	9,00	3,39	1,92
259	1,82	2,52	1,11	2,12	2,82	1,12	2,70	2,22	1,39	8,97	3,94	1,80
260	1,79	3,03	0,93	1,96	2,43	1,14	2,73	2,51	1,34	5,50	3,08	1,58
261	2,32	2,12	1,39	0,82	2,11	0,85	-	-	-	6,68	3,20	1,70
262	2,99	2,92	1,21	0,85	2,47	0,80	-	-	-	5,47	3,00	1,60
263	2,60	2,75	1,26	1,38	2,66	0,92	-	-	-	5,36	2,75	1,64
264	2,61	2,37	1,30	1,41	2,25	0,96	-	-	-	4,45	2,72	1,53
265	2,48	3,30	1,06	0,68	1,70	0,90	-	-	-	6,88	3,06	1,83
266	3,36	2,79	1,39	1,64	2,49	1,07	-	-	-	7,47	3,49	1,81
267	2,03	2,09	1,33	2,71	2,61	1,22	-	-	-	6,91	3,40	1,66
268	2,02	2,60	1,10	2,84	3,08	1,13	-	-	-	7,06	3,45	1,70
269	1,16	1,93	0,98	2,03	2,52	1,10	-	-	-	6,59	3,17	1,71
270	3,13	2,80	1,27	1,76	2,66	1,03	-	-	-	3,94	2,73	1,63
271	2,30	2,02	1,28	1,77	2,44	1,04	-	-	-	5,44	2,92	1,59
272	2,90	3,07	1,28	1,93	2,50	1,07	-	-	-	6,61	3,52	1,50
273	2,59	3,33	1,17	2,57	2,73	1,21	-	-	-	5,47	3,37	1,60
274	1,37	2,77	0,84	4,07	3,20	1,31	-	-	-	4,40	2,97	1,52
275	1,99	2,82	0,99	2,52	2,78	1,16	-	-	-	4,39	3,04	1,48
276	2,96	2,78	1,22	1,80	2,62	1,10	-	-	-	4,09	2,82	1,51
277	3,84	3,25	1,39	2,01	2,49	1,13	-	-	-	3,85	2,63	1,54
278	3,32	2,81	1,37	1,56	2,55	1,10	-	-	-	4,71	3,18	1,46
279	2,89	2,93	1,21	2,54	2,99	1,07	-	-	-	5,00	3,02	1,52
280	2,35	3,06	1,08	2,45	2,61	1,15	-	-	-	3,00	2,67	1,27

<i>Q- coccifera</i>				<i>Q- ilex</i>			<i>Q- humilis</i>			<i>Q- suber</i>		
nº gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
281	2,66	2,64	1,22	2,06	2,67	1,07	-	-	-	3,98	2,83	1,48
282	2,03	3,00	0,98	2,67	2,73	1,18	-	-	-	5,43	3,12	1,61
283	3,80	3,32	1,34	1,95	2,70	1,09	-	-	-	3,63	2,84	1,36
284	2,96	2,19	1,38	2,45	2,70	1,09	-	-	-	3,32	2,49	1,42
285	1,85	2,72	0,98	1,94	2,72	1,04	-	-	-	4,08	2,62	1,49
286	2,94	2,54	1,31	1,99	2,76	1,00	-	-	-	3,21	2,53	1,40
287	2,31	2,06	1,27	1,71	2,59	0,97	-	-	-	6,39	3,31	1,62
288	2,50	2,21	1,32	2,28	2,96	1,13	-	-	-	4,87	2,94	1,58
289	1,71	2,49	1,15	2,27	2,96	1,08	-	-	-	5,97	3,16	1,65
290	3,45	2,69	1,39	1,87	2,68	1,06	-	-	-	5,04	3,07	1,67
291	2,36	2,58	1,23	1,99	2,79	1,07	-	-	-	4,73	2,97	1,55
292	2,07	2,61	1,17	1,76	2,51	1,03	-	-	-	4,53	3,08	1,45
293	1,82	2,51	1,04	2,15	2,59	1,11	-	-	-	6,99	3,54	1,72
294	1,70	2,06	1,11	1,36	2,60	0,92	-	-	-	5,96	3,24	1,66
295	3,82	2,86	1,37	2,09	2,61	1,02	-	-	-	4,31	2,88	1,50
296	-	-	-	1,99	2,77	1,02	-	-	-	4,64	3,24	1,50
297	-	-	-	2,28	2,77	1,12	-	-	-	5,65	3,49	1,50
298	-	-	-	1,39	2,49	0,97	-	-	-	4,73	3,21	1,41
299	-	-	-	1,97	2,84	1,00	-	-	-	4,31	2,91	1,54
300	-	-	-	2,02	2,40	1,08	-	-	-	5,00	2,64	1,74
301	-	-	-	1,67	2,42	1,02	-	-	-	4,73	3,16	1,34
302	-	-	-	1,97	2,62	1,05	-	-	-	5,46	2,79	1,72
303	-	-	-	1,30	2,36	1,00	-	-	-	3,85	3,05	1,34
304	-	-	-	1,45	2,23	0,97	-	-	-	5,36	3,40	1,51
305	-	-	-	1,68	2,52	0,97	-	-	-	5,24	3,18	1,58
306	-	-	-	0,85	1,90	0,81	-	-	-	4,46	2,86	1,56
307	-	-	-	1,42	2,37	1,00	-	-	-	4,09	2,81	1,54
308	-	-	-	0,85	1,83	0,83	-	-	-	5,15	3,14	1,58

<i>Q. coccifera</i>				<i>Q. ilex</i>			<i>Q. humilis</i>			<i>Q. suber</i>		
n° gla	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)	pes fresc gla (g)	longitud gla (cm)	diàmetre gla (cm)
309	-	-	-	0,85	1,86	0,81	-	-	-	6,03	3,43	1,61
310	-	-	-	0,79	1,72	0,83	-	-	-	4,25	2,99	1,55
311	-	-	-	0,62	2,00	0,74	-	-	-	4,73	3,18	1,57
312	-	-	-	1,72	2,42	1,03	-	-	-	4,36	3,34	1,44
313	-	-	-	1,68	2,65	0,96	-	-	-	4,35	2,92	1,54
314	-	-	-	1,64	2,50	1,03	-	-	-	2,97	2,66	1,31
315	-	-	-	1,07	2,07	0,84	-	-	-	5,02	3,36	1,54
316	-	-	-	1,29	2,16	0,92	-	-	-	3,05	2,75	1,38

<i>Q. coccifera</i>		<i>Q. humilis</i>		<i>Q. ilex</i>		<i>Q. sp</i>
pes fresc (g)	pes sec (g)	pes fresc (g)	pes sec (g)	pes fresc (g)	pes sec (g)	pes fresc (g)
1,36	0,79	3,19	1,87	3,18	1,82	5,28
2,5	1,62	3,82	2,11	3,19	2,05	4,57
2,41	1,57	3,08	1,91	3,01	1,94	3,46
0,73	0,43	3,24	1,98	2,94	1,8	3,49
1,43	0,87	3,98	2,41	2,86	1,75	3,45
1,34	0,81	3,47	2,09	2,18	1,35	2,9
1,73	0,93	2,63	1,58	3,42	2,17	4
1,73	1,01	2,12	1,37	2,5	1,59	3,84
2,12	1,21	3,5	2,09	2,71	1,75	2,15
0,72	0,37	3,33	1,97	3,57	2,25	3,27
1,46	0,89	3,06	1,85	2,56	1,61	4,52
1,38	0,85	2,48	1,5	2,96	1,95	2,81
0,58	0,24	2,83	1,66	3,08	1,93	2,81
1,38	0,75	3,2	1,88	2,93	1,77	3,33
1,31	0,8	2,58	1,54	2,83	1,86	2,67
1,95	1,01	2,38	1,28	3,09	2,04	5,09
2,12	1,36	3,15	1,91	2,63	1,66	4,23
2,02	1,22	4,5	2,65	2,94	1,84	5,11
1,68	1,06	3,07	1,67	2,83	1,84	4,23
1,77	1,08	2,23	1,2	2,72	1,68	3,8
2,57	1,58	2,62	1,17	2,97	1,86	3,53
1,38	1	3,33	2,05	2,83	1,7	5,96
1,46	0,84	2,34	1,39	2,38	1,51	5,04
0,75	0,43	2,66	1,51	2,58	1,66	3,64
2,27	1,15	2,32	1,43	2,79	1,8	3,83
1,5	0,9	2,36	1,4	2,75	1,71	4,3
2	1,21	2,97	1,75	2,31	1,42	-
1,93	1,11	2,21	1,3	2,54	1,59	3,37
0,95	0,52	2,98	1,8	3,03	1,92	4,15
1,41	0,84	3,36	1,99	2,72	1,78	3,94
2,2	1,3	2,92	1,74	2,24	1,39	4,87
2,6	1,39	4,17	2,5	2,27	1,45	3,03
2,6	1,43	2,84	1,65	2,71	1,72	3,67
1,99	1,21	2,97	1,77	2,88	1,85	4,51
1,79	1,06	3,46	1,9	3,41	2,19	3,88
2	1,12	4,56	2,64	2,85	1,8	3,48
1,43	0,8	3,65	2,25	3,09	1,91	4,32
2,55	1,19	2,7	1,69	3,09	1,88	5,28
2,32	1,33	2,33	1,32	2,45	1,5	2,83
1,25	0,72	2,41	1,44	2,4	1,53	3,94
2,24	1,29	3,42	1,96	2,89	1,74	3,04
1,78	1,03	2,06	1,2	2,3	1,5	3,46
1,74	1	2,69	1,58	2,92	1,91	2,28
1,11	0,53	3,01	1,8	2,79	1,83	4,3



2,31	1,34	3,37	2,05	3,61	2,16	-
1,7	0,76	2,51	1,65	2,69	1,71	-
1,47	0,82	2,08	1,17	3,16	1,86	-
1,36	0,74	2,38	1,44	2,98	1,88	-
1,38	0,76	2,35	1,41	2,23	1,42	-
2,65	1,38	-	-	2,98	1,89	-

uber

pes sec (g)		
5,28	5,96	3,4
4,57	5,28	3,13
3,46	5,11	2,96
3,49	5,09	2,92
3,45	5,04	3,08
2,9	4,87	2,77
4	4,87	2,79
3,84	4,57	2,58
2,15	4,52	2,64
3,27	4,51	2,23
4,52	4,32	2,53
2,81	4,3	2,63
2,81	4,3	2,6
3,33	4,23	2,46
2,67	4,23	2,19
5,09	4,15	2,03
4,23	4	2,2
5,11	3,94	2,33
4,23	3,94	1,87
3,8	3,88	2,11
3,53	3,84	2,31
5,96	3,83	2,45
5,04	3,8	2,31
3,64	3,67	2,15
3,83	3,64	2,18
4,3	3,53	2,21
-	3,49	2,05
3,37	3,48	1,96
4,15	3,46	1,99
3,94	3,46	1,83
4,87	3,45	1,69
3,03	3,37	1,82
3,67	3,33	2,02
4,51	3,27	1,9
3,88	3,04	1,75
3,48	3,03	1,68
4,32	2,9	1,58
5,28	2,83	1,69
2,83	2,81	1,77
3,94	2,81	1,67
3,04	2,67	1,57
3,46	2,28	1,21
2,28	2,15	1,23
4,3		



**TAULA 3.** Dades de les plàntules de *Q. coccifera*.

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
17	primavera	tala	12,70	–	0	0,00	21	0,23	–	0,00	0,21	0,00	–	–
18	primavera	tala	12,00	–	0	0,00	15	0,17	–	0,00	0,11	0,00	–	–
23	primavera	tala	6,70	–	0	0,00	20	0,13	–	0,00	0,04	0,00	–	–
24	primavera	tala	11,30	–	6	2,10	36	0,24	–	0,08	0,23	0,33	–	–
25	primavera	tala	11,90	–	1	0,90	20	0,16	–	0,07	–	–	–	–
26	primavera	tala	11,40	–	1	1,90	22	0,20	–	0,08	–	–	–	–
27	primavera	tala	14,90	–	3	4,10	46	0,22	–	0,11	0,27	0,22	–	–
31	primavera	tala	14,30	–	6	4,40	50	0,21	–	0,10	0,23	0,41	–	–
32	primavera	tala	21,00	–	7	2,00	54	0,28	–	0,07	0,44	0,05	–	–
35	primavera	tala	14,80	–	2	3,60	32	0,21	–	,	0,18	0,17	–	–
38	primavera	tala	9,50	–	1	1,00	24	0,17	–	0,07	,	,	–	–
39	primavera	tala	10,40	–	5	3,40	37	0,19	–	0,12	0,18	0,38	–	–
40	primavera	tala	8,50	–	1	4,50	24	0,21	–	0,12	0,10	0,11	–	–
42	primavera	tala	18,50	–	1	3,50	39	0,24	–	0,11	0,23	0,13	–	–
43	primavera	tala	18,10	–	6	8,10	46	0,24	–	0,13	–	–	–	–
44	primavera	tala	20,80	–	5	7,30	35	0,29	–	0,11	–	–	–	–
45	primavera	tala	9,00	–	0	0,00	16	0,17	–	0,00	0,10	0,00	–	–
45	primavera	tala	6,50	–	0	0,00	15	0,14	–	0,00	0,04	0,00	–	–
46	primavera	tala	17,50	–	0	0,00	35	0,26	–	0,00	0,23	0,00	–	–
78	primavera	tala	15,40	–	0	,	24	0,21	–	0,00	0,19	0,00	–	–
81	primavera	tala	12,00	–	1	2,00	24	0,18	–	0,06	0,11	0,02	–	–
83	primavera	tala	12,60	–	0	0,00	23	0,22	–	0,00	0,17	0,00	–	–
84	primavera	tala	11,00	–	0	0,00	23	0,18	–	0,00	0,09	0,00	–	–
85	primavera	tala	10,10	–	2	7,10	43	0,20	–	0,14	0,22	0,67	–	–
86	primavera	tala	2,50	–	2	2,50	17	0,16	–	0,22	0,06	0,26	–	–
87	primavera	tala	9,20	–	0	0,00	33	0,21	–	0,00	0,11	0,00	–	–
88	primavera	tala	25,90	–	1	5,30	44	0,27	–	0,10	0,51	0,09	–	–
89	primavera	tala	9,00	–	1	2,40	25	0,23	–	0,10	0,16	0,11	–	–

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
90	primavera	tala	16,10	-	2	7,10	43	0,25	-	0,13	0,48	0,42	-	-
91	primavera	tala	12,00	-	2	2,00	25	0,16	-	0,06	0,12	0,04	-	-
91	primavera	tala	19,10	-	9	9,30	95	0,25	-	0,14	0,46	1,31	-	-
92	primavera	tala	13,00	-	0	0,00	18	0,21	-	0,00	0,17	0,00	-	-
94	primavera	tala	12,00	-	0	0,00	18	0,17	-	0,00	0,09	0,00	-	-
97	primavera	tala	13,00	-	6	5,00	71	0,18	-	0,11	0,17	0,32	-	-
98	primavera	tala	13,00	-	0	0,00	16	0,23	-	0,00	0,18	0,00	-	-
99	primavera	tala	11,00	-	3	1,00	25	0,20	-	0,07	0,18	-	-	-
100	primavera	tala	6,50	-	1	4,00	18	0,15	-	0,15	0,11	0,30	-	-
101	primavera	tala	7,00	-	0	0,00	13	0,20	-	0,00	0,09	0,00	-	-
103	primavera	tala	5,00	-	1	4,00	23	0,13	-	0,13	0,07	0,18	-	-
105	primavera	tala	5,50	-	0	0,00	13	0,12	-	0,00	0,05	0,00	-	-
106	primavera	tala	7,00	-	2	6,00	26	0,17	-	0,15	0,17	0,36	-	-
121	primavera	tala	26,00	-	4	5,50	65	0,26	-	0,10	0,42	0,17	-	-
122	primavera	tala	12,00	-	2	10,00	45	0,20	-	0,17	0,32	0,58	-	-
123	primavera	tala	14,00	-	0	0,00	30	0,22	-	0,00	0,19	0,00	-	-
124	primavera	tala	11,00	-	3	5,00	36	0,26	-	0,11	0,29	0,58	-	-
125	primavera	tala	28,00	-	2	1,00	39	0,35	-	0,09	0,68	0,03	-	-
151	primavera	tala	21,50	-	0	0,00	30	0,28	-	0,00	0,36	0,00	-	-
152	primavera	tala	26,00	-	2	7,00	47	0,36	-	0,13	0,65	0,42	-	-
153	primavera	tala	11,50	-	0	0,00	27	0,21	-	0,00	0,15	0,00	-	-
154	primavera	tala	11,50	-	1	2,00	25	0,24	-	0,08	0,16	0,02	-	-
155	primavera	tala	7,00	-	1	6,00	27	0,16	-	0,13	0,13	0,36	-	-
156	primavera	tala	18,00	-	2	6,50	31	0,25	-	0,09	0,35	0,08	-	-
157	primavera	tala	12,50	-	4	2,50	40	0,26	-	0,12	0,24	0,14	-	-
157	primavera	tala	11,50	-	4	,	19	0,21	-	-	0,11	-	-	-
158	primavera	tala	8,30	-	1	3,50	25	0,21	-	0,10	0,09	0,09	-	-
159	primavera	tala	18,00	-	1	3,50	28	0,26	-	0,09	0,27	0,11	-	-
160	primavera	tala	11,80	-	4	2,40	32	0,22	-	0,05	0,20	0,07	-	-

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n° fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
161	primavera	tala	16,00	–	7	6,00	85	0,30	–	0,13	0,50	1,22	–	–
162	primavera	tala	8,10	–	0	0,00	17	0,16	–	0,00	0,06	0,00	–	–
163	primavera	tala	12,50	–	6	8,60	85	0,25	–	0,13	0,37	0,78	–	–
164	primavera	tala	13,40	–	3	4,10	42	0,22	–	0,08	0,17	0,05	–	–
165	primavera	tala	6,00	–	1	2,00	20	0,17	–	0,10	0,09	0,10	–	–
2	primavera	control	11,80	4,40	0	0,00	14	0,17	0,28	0,00	0,11	0,00	0,24	0,24
3	primavera	control	12,00	18,40	0	0,00	17	0,17	0,46	0,00	0,13	0,00	0,51	0,51
7	primavera	control	7,50	24,50	0	0,00	16	0,22	0,42	0,00	0,09	0,00	0,53	0,53
8	primavera	control	14,20	15,70	3	5,10	31	0,25	0,72	0,13	0,21	0,14	0,81	0,81
11	primavera	control	8,90	17,90	6	3,10	38	0,17	0,44	0,09	0,15	0,20	0,65	0,65
12	primavera	control	9,70	17,60	0	0,00	19	0,21	0,17	0,00	0,10	0,00	0,35	0,35
15	primavera	control	8,30	27,70	0	0,00	9	0,22	0,34	0,00	0,06	0,00	0,40	0,4
16	primavera	control	4,40	19,90	0	0,00	6	0,13	0,17	0,00	0,03	0,00	0,04	0,04
104	primavera	control	8,00	16,00	0	0,00	16	0,17	0,39	0,00	0,07	0,00	0,57	0,57
104	primavera	control	5,00	13,00	3	13,50	0	0,30	0,34	0,14	0,34	0,25	0,48	0,48
167	primavera	control	12,90	21,70	0	0,00	19	0,26	0,55	0,00	0,22	0,00	0,94	0,94
168	primavera	control	15,40	17,40	1	3,10	30	0,24	0,60	0,09	0,25	0,05	1,29	1,29
169	primavera	control	8,50	20,80	3	6,40	59	0,17	0,46	0,18	0,27	0,89	0,77	0,77
170	primavera	control	11,00	18,20	11	9,50	87	0,34	0,70	0,14	0,60	1,24	1,69	1,69
171	primavera	control	27,20	11,40	4	6,80	57	0,34	0,64	0,16	0,74	0,70	1,76	1,76
172	primavera	control	9,70	34,40	0	0,00	19	0,22	0,49	0,00	0,14	0,00	1,12	1,12
175	primavera	control	13,70	12,50	0	0,00	26	0,27	0,47	0,00	0,18	0,00	0,63	0,63
176	primavera	control	21,90	9,40	0	0,00	33	0,31	0,58	0,00	0,42	0,00	0,98	0,98
177	primavera	control	22,50	9,60	1	2,70	41	0,29	0,61	0,08	0,40	0,04	1,43	1,43
178	primavera	control	13,30	8,70	2	7,60	31	0,22	0,52	0,14	0,24	0,18	1,01	1,01
178	primavera	control	22,70	32,90	0	0,00	25	0,39	0,58	0,00	0,51	0,00	0,96	0,96
179	primavera	control	10,40	8,70	1	9,70	22	0,24	0,51	0,08	0,20	0,10	0,86	0,86
180	primavera	control	10,00	27,30	0	0,00	24	0,27	0,48	0,00	0,16	0,00	1,04	1,04
181	primavera	control	11,80	27,30	1	5,00	25	0,25	0,47	0,13	0,35	0,09	1,17	1,17

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
182	primavera	control	18,20	16,40	0	0,00	29	0,24	0,46	0,00	0,23	0,00	0,55	0,55
183	primavera	control	13,80	27,20	0	0,00	23	0,24	0,51	0,00	0,21	0,00	0,61	0,61
184	primavera	control	15,50	21,00	1	4,20	25	0,18	0,53	0,08	0,16	0,06	0,52	0,52
185	primavera	control	14,40	27,30	3	5,80	54	0,24	0,57	0,13	0,26	0,45	1,17	1,17
186	primavera	control	11,20	13,00	1	3,80	25	0,18	0,48	0,10	0,10	0,09	0,59	0,59
186	primavera	control	8,70	31,90	2	1,90	21	0,20	0,47	0,08	0,16	0,06	0,99	0,99
187	primavera	control	12,50	38,30	0	0,00	23	0,24	0,48	0,00	0,19	0,00	0,94	0,94
188	primavera	control	9,20	14,80	0	0,00	13	0,20	0,43	0,00	0,11	0,00	0,54	0,54
189	primavera	control	18,60	40,60	3	10,40	51	0,22	0,66	0,04	0,47	0,64	1,45	1,45
191	primavera	control	12,70	24,60	3	3,00	35	0,14	0,42	0,08	0,19	0,13	0,66	0,66
193	primavera	control	7,20	13,60	3	3,80	31	0,16	0,34	0,12	0,08	0,12	0,30	0,3
194	primavera	control	13,10	17,80	1	4,70	36	0,36	0,57	0,14	0,25	0,21	0,95	0,95
27	estiu	tala	-	-	2	4,80	27	-	-	0,10	-	0,19	-	-
31	estiu	tala	-	-	2	4,50	30	-	-	0,10	-	0,17	-	-
40	estiu	tala	-	-	1	3,80	10	-	-	0,12	-	0,09	-	-
78	estiu	tala	-	-	2	7,50	23	-	-	0,12	-	0,23	-	-
83	estiu	recollida tala	-	1,50	2	5,30	23	-	0,64	0,10	-	0,20	0,43	0,43
85	estiu	recollida tala	-	12,50	5	7,00	24	-	0,51	0,15	-	0,44	1,55	1,55
86	estiu	recollida tala	-	15,50	1	-	3	-	0,42	99,00	-	-	0,61	0,61
87	estiu	tala	-	-	2	4,00	22	-	-	0,11	-	0,17	-	-
88	estiu	tala	-	-	3	5,50	42	-	-	0,13	-	0,40	-	-
89	estiu	tala	-	-	3	6,00	30	-	-	0,19	-	0,31	-	-
90	estiu	tala	-	-	3	4,50	25	-	-	0,10	-	0,28	-	-
91	estiu	tala	-	-	2	3,80	15	-	-	0,10	-	0,16	-	-
91	estiu	tala	-	-	2	2,50	10	-	-	0,09	-	0,11	-	-
92	estiu	recollida tala	-	10,00	3	10,00	38	-	0,51	0,14	-	0,66	0,65	0,65
94	estiu	recollida tala	-	15,00	1	10,50	18	-	0,45	0,17	-	0,32	0,46	0,46
97	estiu	recollida tala	-	13,00	2	6,50	32	-	0,40	0,11	-	0,39	0,62	0,62
98	estiu	recollida tala	-	27,00	2	10,00	27	-	0,47	0,17	-	0,48	0,69	0,69

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
99	estiu	recollida tala	–	10,50	1	11,50	30	–	0,43	0,18	–	0,50	0,52	0,52
100	estiu	recollida tala	–	8,50	2	6,00	20	–	0,46	0,14	–	0,45	0,50	0,5
101	estiu	recollida tala	–	16,50	2	5,00	23	–	0,36	0,11	–	0,21	0,44	0,44
103	estiu	recollida tala	–	27,00	1	5,00	15	–	0,37	0,11	–	0,21	0,44	0,44
106	estiu	recollida tala	–	30,00	4	12,50	56	–	0,38	0,20	–	0,99	0,72	0,72
121	estiu	recollida tala	–	14,00	2	4,00	19	–	0,54	0,09	–	0,14	0,93	0,93
122	estiu	recollida tala	–	13,00	3	7,00	18	–	0,53	0,10	–	0,06	0,94	0,94
123	estiu	recollida tala	–	21,50	1	6,50	16	–	0,45	0,15	–	0,22	1,00	1
151	estiu	tala	–	–	3	11,00	40	–	–	0,16	–	0,43	–	–
153	estiu	tala	–	–	2	7,50	27	–	–	0,13	–	0,48	–	–
155	estiu	tala	–	–	1	3,00	7	–	–	0,10	–	0,07	–	–
157	estiu	tala	–	–	4	7,50	57	–	–	0,15	–	0,80	–	–
158	estiu	tala	–	–	2	4,50	16	–	–	0,12	–	0,20	–	–
159	estiu	tala	–	–	1	8,00	13	–	–	0,13	–	0,27	–	–
160	estiu	tala	–	–	2	7,00	24	–	–	0,12	–	0,39	–	–
161	estiu	tala	–	–	2	5,50	20	–	–	0,14	–	0,28	–	–
163	estiu	tala	–	–	3	8,50	53	–	–	0,13	–	0,48	–	–
164	estiu	tala	–	–	1	5,00	11	–	–	0,10	–	0,14	–	–
165	estiu	tala	–	–	1	3,50	9	–	–	0,13	–	0,11	–	–
36	estiu	control	13,00	1,50	5	13,00	96	0,21	0,63	0,19	0,56	1,72	0,92	0,92
41	estiu	control	17,00	15,50	8	5,00	85	0,28	0,38	0,11	0,37	0,49	0,71	0,71
95	estiu	control	15,50	21,00	7	3,00	43	0,30	0,46	0,10	0,40	0,34	1,32	1,32
96	estiu	control	12,00	27,00	0	0,00	25	0,24	0,43	0,00	0,23	0,00	0,98	0,98
102	estiu	control	15,50	19,50	1	9,50	20	0,26	0,56	0,16	0,43	0,59	1,56	1,56
126	estiu	control	25,00	21,00	2	8,00	52	0,39	0,64	0,13	0,77	0,65	2,19	2,19
127	estiu	control	13,50	15,00	1	3,00	27	0,20	0,45	0,04	0,15	0,02	1,19	1,19
128	estiu	control	20,00	15,00	1	3,50	56	0,27	0,35	0,09	0,33	0,12	0,65	0,65
129	estiu	control	12,50	16,00	4	6,00	55	0,32	0,48	0,10	0,41	0,59	1,14	1,14
130	estiu	control	23,00	23,00	2	3,00	51	0,32	0,59	0,10	0,66	0,15	2,00	2



n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
131	estiu	control	27,50	22,00	0	0,00	37	0,28	0,50	0,00	0,40	0,00	0,91	0,91
132	estiu	control	24,00	11,00	1	1,50	37	0,33	0,54	0,11	0,67	0,08	1,78	1,78
133	estiu	control	11,50	28,00	3	6,00	44	0,30	0,54	0,13	0,23	0,61	1,85	1,85
134	estiu	control	16,00	19,00	4	11,50	95	0,23	0,53	0,16	0,40	0,95	1,31	1,31
135	estiu	control	20,00	22,50	0	0,00	43	0,28	0,57	0,00	-	-	-	-
287	estiu	control	27,50	15,00	2	8,60	81	0,34	0,48	0,16	0,80	0,59	1,71	1,71
288	estiu	control	42,50	17,30	0	0,00	47	0,38	0,59	0,00	1,10	0,00	1,79	1,79
289	estiu	control	11,40	9,50	6	6,90	73	0,28	0,52	0,14	0,40	0,69	1,18	1,18
290	estiu	control	21,40	9,80	7	18,40	104	0,40	0,64	0,18	1,42	1,45	2,05	2,05
291	estiu	control	31,20	8,50	0	0,00	50	0,34	0,65	0,00	0,78	0,00	1,95	1,95
292	estiu	control	6,50	11,70	1	6,70	37	0,13	0,33	0,15	0,13	0,35	0,49	0,49
293	estiu	control	37,00	15,60	0	0,00	46	0,36	0,61	0,00	1,11	0,00	1,86	1,86
294	estiu	control	36,70	20,00	1	5,40	63	0,37	0,56	0,12	1,35	0,24	2,35	2,35
295	estiu	control	27,40	7,90	0	0,00	40	0,33	0,66	0,00	0,92	0,00	2,64	2,64
296	estiu	control	12,80	9,80	2	4,30	37	0,34	0,52	0,08	0,27	0,14	1,34	1,34
297	estiu	control	4,50	18,40	0	0,00	12	0,07	0,18	0,00	0,02	0,00	0,10	0,1
298	estiu	control	16,10	27,00	4	5,10	58	0,34	0,56	0,14	0,84	0,54	2,05	2,05
299	estiu	control	22,60	21,30	1	18,10	85	0,30	0,54	0,18	0,75	1,09	1,46	1,46
300	estiu	control	28,00	25,60	0	0,00	35	0,33	0,68	0,00	0,65	0,00	2,63	2,63
301	estiu	control	23,40	8,90	2	15,30	59	0,26	0,54	0,16	0,88	0,74	1,47	1,47
17	estiu	recollida tala	-	18,20	1	8,50	19	-	0,50	0,17	-	0,38	1,15	1,15
32	estiu	recollida tala	-	18,60	1	4,80	8	-	0,15	0,11	-	0,13	0,55	0,55
87	estiu	recollida tala	-	24,60	4	2,10	31	-	0,35	0,06	-	0,15	0,68	0,68
88	estiu	recollida tala	-	35,70	3	3,60	39	-	0,47	0,08	-	0,34	1,54	1,54
89	estiu	recollida tala	-	21,70	3	1,80	16	-	0,38	0,07	-	0,14	0,70	0,7
90	estiu	recollida tala	-	23,20	1	2,10	9	-	0,48	0,08	-	0,03	0,70	0,7
91	estiu	recollida tala	-	12,80	1	3,10	15	-	0,34	0,08	-	0,12	0,56	0,56
91	estiu	recollida tala	-	21,60	1	2,60	7	-	0,24	0,04	-	0,02	0,34	0,34
151	estiu	recollida tala	-	20,50	2	4,70	19	-	0,58	0,08	-	0,18	0,95	0,95

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
153	estiu	recollida tala	–	27,40	4	3,20	29	–	0,38	0,06	–	0,29	1,01	1,01
154	estiu	recollida tala	–	18,50	1	4,20	6	–	0,37	0,11	–	0,08	0,59	0,59
155	estiu	recollida tala	–	17,10	1	3,30	11	–	0,36	0,07	–	0,10	0,52	0,52
157	estiu	recollida tala	–	9,70	2	3,70	19	–	0,40	0,10	–	0,19	0,78	0,78
160	estiu	recollida tala	–	18,20	3	3,50	18	–	0,37	0,08	–	0,30	1,25	1,25
107	estiu	control	16,90	30,40	1	14,40	33	0,26	0,53	0,14	0,80	0,53	3,33	3,33
108	estiu	control	18,40	42,30	1	4,90	55	0,24	0,48	0,10	0,49	0,17	3,08	3,08
109	estiu	control	27,80	26,70	0	0,00	33	0,38	0,58	0,00	0,85	0,00	3,13	3,13
110	estiu	control	26,30	15,60	3	8,00	39	0,36	0,52	0,11	1,19	0,98	4,11	4,11
111	estiu	control	7,80	20,20	4	10,60	44	0,20	0,40	0,12	0,50	0,91	2,82	2,82
113	estiu	control	26,50	23,00	9	4,00	114	0,30	0,55	0,11	0,84	0,69	2,89	2,89
114	estiu	control	27,50	20,00	3	12,00	70	0,41	0,72	0,18	1,28	0,92	3,50	3,5
137	estiu	control	21,70	23,50	3	8,30	36	0,32	0,55	0,13	1,00	0,34	2,84	2,84
138	estiu	control	17,70	18,00	1	12,80	49	0,27	0,76	0,23	0,75	0,92	4,44	4,44
140	estiu	control	41,80	19,00	3	11,00	66	0,36	0,58	0,16	1,76	0,75	3,79	3,79
141	estiu	control	15,00	21,50	1	6,00	36	0,25	0,43	0,14	0,34	0,18	1,18	1,18
142	estiu	control	30,80	25,50	0	0,00	27	0,35	0,50	0,00	1,06	0,00	1,74	1,74
143	estiu	control	12,00	22,50	1	1,20	20	0,23	0,49	0,00	0,25	0,00	2,16	2,16
143	estiu	control	40,30	25,00	0	0,00	37	0,43	0,62	0,00	1,81	0,00	3,31	3,31
144	estiu	control	20,20	23,50	0	0,00	25	0,30	0,41	0,00	0,54	0,00	1,21	1,21
144	estiu	control	18,50	19,50	2	0,70	39	0,31	0,52	0,00	0,51	0,04	3,66	3,66
144	estiu	control	26,80	13,50	2	3,30	30	0,30	0,48	0,10	1,34	0,21	0,79	0,79
145	estiu	control	27,50	19,50	0	0,00	24	0,41	0,49	0,00	1,39	0,00	1,71	1,71
145	estiu	control	13,50	22,00	0	0,00	30	0,23	0,47	0,00	0,28	0,00	1,43	1,43
146	estiu	control	19,70	18,00	3	13,50	65	0,41	0,80	0,21	1,23	0,95	5,56	5,56
147	estiu	control	15,70	26,00	6	13,00	94	0,40	0,57	0,18	1,34	1,85	3,37	3,37
148	estiu	control	14,00	18,00	5	5,00	78	0,35	0,55	0,15	0,68	0,56	1,93	1,93
149	estiu	control	23,70	18,00	12	6,20	132	0,39	0,65	0,15	1,38	1,46	3,34	3,34
150	estiu	control	32,20	21,00	1	0,80	52	0,40	0,63	0,00	–	–	4,42	4,42

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
49	primavera n1	control	17,50	14,50	7	5,50	50	0,21	0,41	0,11	0,17	0,24	0,43	0,43
50	primavera n1	control	33,50	14,00	11	15,00	99	0,44	0,63	0,16	1,46	1,35	2,74	2,74
57	primavera n1	control	33,00	15,00	24	10,00	265	0,46	0,54	0,18	1,79	2,58	4,09	4,09
58	primavera n1	control	14,80	16,00	9	13,50	235	0,35	0,52	0,17	0,80	2,66	3,18	3,18
60	primavera n1	control	21,00	19,00	13	12,80	126	0,32	0,82	0,18	1,18	1,82	5,72	5,72
61	primavera n1	control	23,00	18,00	11	13,00	150	0,43	0,91	0,24	1,54	2,72	4,33	4,33
63	primavera n1	control	24,40	16,90	13	6,70	118	0,31	0,46	0,09	1,05	1,20	3,76	3,76
70	primavera n1	control	9,00	99,00	2	2,80	33	0,20	99,00	0,08	0,07	0,09	0,27	0,27
70	primavera n1	control	14,70	14,10	0	0,00	8	0,25	0,09	0,00	0,32	0,00	-	-
71	primavera n1	control	24,90	16,60	23	4,70	137	0,36	0,81	0,05	0,98	0,85	2,37	2,37
72	primavera n1	control	24,50	18,00	8	11,50	60	0,34	0,48	0,16	0,66	0,49	2,33	2,33
74	primavera n1	control	29,50	18,50	22	23,00	218	0,46	0,59	0,16	1,67	3,26	2,60	2,6
115	primavera n1	control	30,50	19,00	4	24,50	136	0,40	0,77	0,21	1,49	2,87	4,35	4,35
116	primavera n1	control	22,50	20,00	18	12,00	232	0,35	0,57	0,13	0,76	1,59	3,46	3,46
118	primavera n1	control	12,50	20,00	8	8,00	123	0,31	0,58	0,14	0,54	1,37	2,65	2,65
119	primavera n1	control	30,50	18,00	14	6,00	101	0,40	0,66	0,08	1,23	0,13	4,15	4,15
120	primavera n1	control	18,00	17,50	9	9,50	59	0,36	0,64	0,15	0,83	0,89	2,89	2,89

**TAULA 4.** Dades de les plàntules de *Q. humilis*.

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
1	primavera	tala	11,00	–	1	2,00	16	0,22	–	0,08	0,18	0,03	–	–
2	primavera	tala	14,00	–	0	0,00	13	0,30	–	0,00	0,37	0,00	–	–
3	primavera	tala	16,00	–	2	2,00	25	0,23	–	0,06	0,29	0,06	–	–
4	primavera	tala	13,00	–	0	0,00	12	0,23	–	0,00	0,25	0,00	–	–
5	primavera	tala	20,00	–	0	0,00	17	0,35	–	0,00	0,65	0,00	–	–
6	primavera	tala	16,00	–	1	1,50	21	0,29	–	0,06	0,35	0,00	–	–
7	primavera	tala	16,00	–	0	0,00	16	0,33	–	0,00	0,54	0,00	–	–
8	primavera	tala	11,00	–	1	2,50	17	0,27	–	0,06	–	–	–	–
10	primavera	tala	11,00	–	0	0,00	14	0,25	–	0,00	0,20	0,00	–	–
11	primavera	tala	2,50	–	1	99,00	4	99,00	–	0,00	0,03	0,00	–	–
12	primavera	tala	17,50	–	3	3,00	23	0,27	–	0,09	0,39	0,05	–	–
13	primavera	tala	11,50	–	5	4,00	30	0,27	–	0,11	0,34	0,36	–	–
14	primavera	tala	15,00	–	3	4,00	25	0,20	–	0,09	0,20	0,02	–	–
15	primavera	tala	17,00	–	0	0,00	14	0,26	–	0,00	0,32	0,00	–	–
47	primavera	tala	18,00	–	0	0,00	17	0,22	–	0,00	0,30	0,00	–	–
48	primavera	tala	8,00	–	3	2,50	23	0,22	–	0,08	0,18	0,16	–	–
49	primavera	tala	17,00	–	3	3,00	26	0,24	–	0,08	0,37	0,05	–	–
50	primavera	tala	16,00	–	0	0,00	17	0,29	–	0,00	0,34	0,00	–	–
51	primavera	tala	15,00	–	2	4,00	28	0,26	–	0,09	0,34	0,15	–	–
52	primavera	tala	9,50	–	0	0,00	9	0,28	–	0,00	0,23	0,00	–	–
53	primavera	tala	15,00	–	3	4,00	25	0,30	–	0,10	0,46	0,18	–	–
54	primavera	tala	13,50	–	2	1,80	21	0,26	–	0,08	0,39	0,09	–	–
55	primavera	tala	14,00	–	0	0,00	12	0,27	–	0,00	0,32	0,00	–	–
56	primavera	tala	11,50	–	0	0,00	18	0,15	–	0,00	0,10	0,00	–	–
58	primavera	tala	14,50	–	1	1,50	19	0,22	–	0,08	0,20	0,04	–	–
59	primavera	tala	12,00	–	4	3,50	28	0,24	–	0,10	0,24	0,17	–	–
60	primavera	tala	17,50	–	6	3,50	26	0,25	–	0,08	0,39	0,10	–	–
167	primavera	tala	14,50	–	4	3,50	34	0,32	–	0,10	0,53	0,29	–	–

nº individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	nº rebrots	longitud rebrot	nºfulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
168	primavera	tala	23,00	-	0	0,00	19	0,26	-	0,00	0,34	0,00	-	-
169	primavera	tala	17,50	-	4	4,00	36	0,40	-	0,11	0,72	0,40	-	-
170	primavera	tala	17,00	-	1	4,50	22	0,26	-	0,12	0,42	0,13	-	-
171	primavera	tala	16,50	-	1	4,00	18	0,29	-	0,11	0,48	0,04	-	-
172	primavera	tala	13,50	-	0	0,00	14	0,31	-	0,00	0,39	0,00	-	-
174	primavera	tala	13,00	-	4	4,50	28	0,27	-	0,12	0,43	0,32	-	-
176	primavera	tala	14,00	-	1	3,00	15	0,32	-	0,10	1,11	0,10	-	-
177	primavera	tala	8,00	-	0	0,00	8	0,20	-	0,00	0,14	0,00	-	-
178	primavera	tala	11,50	-	1	3,50	18	0,24	-	0,10	0,22	0,09	-	-
179	primavera	tala	17,00	-	0	0,00	23	0,20	-	0,00	0,20	0,00	-	-
180	primavera	tala	10,50	-	4	3,00	28	0,30	-	0,11	0,39	0,24	-	-
181	primavera	tala	15,00	-	1	0,07	18	0,21	-	0,00	0,18	0,00	-	-
182	primavera	tala	16,00	-	4	4,50	28	0,24	-	0,11	0,32	0,16	-	-
183	primavera	tala	25,50	-	4	7,50	42	0,28	-	0,12	0,50	0,13	-	-
184	primavera	tala	19,00	-	8	5,00	51	0,23	-	0,08	0,28	0,28	-	-
185	primavera	tala	19,50	-	4	6,50	34	0,23	-	0,12	0,37	0,20	-	-
186	primavera	tala	24,00	-	4	3,50	34	0,27	-	0,08	0,45	0,12	-	-
187	primavera	tala	24,00	-	0	0,00	28	0,24	-	0,00	0,33	0,00	-	-
189	primavera	tala	14,00	-	2	0,07	16	0,24	-	0,00	0,23	0,00	-	-
190	primavera	tala	15,00	-	3	6,50	36	0,24	-	0,11	0,34	0,28	-	-
191	primavera	tala	14,50	-	1	2,00	20	0,23	-	0,05	0,20	0,01	-	-
192	primavera	tala	14,50	-	0	0,00	13	0,30	-	0,00	0,36	0,00	-	-
193	primavera	tala	13,00	-	6	6,00	29	0,23	-	0,11	0,31	0,28	-	-
194	primavera	tala	14,50	-	10	5,50	40	0,20	-	0,09	0,26	0,48	-	-
195	primavera	tala	15,50	-	0	0,00	15	0,32	-	0,00	0,43	0,00	-	-
196	primavera	tala	14,00	-	3	4,00	34	0,24	-	0,08	0,31	0,05	-	-
197	primavera	tala	12,00	-	1	1,50	16	0,23	-	0,08	-	-	-	-
198	primavera	tala	17,00	-	4	8,50	28	0,23	-	0,10	0,30	0,13	-	-
199	primavera	tala	8,00	-	2	2,00	19	0,13	-	0,07	0,06	0,02	-	-

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
201	primavera	tala	11,00	–	5	5,00	41	0,26	–	0,13	0,40	0,43	–	–
202	primavera	tala	15,00	–	2	8,50	17	0,24	–	0,17	0,29	0,40	–	–
203	primavera	tala	17,00	–	2	4,50	31	0,21	–	0,10	0,23	0,04	–	–
205	primavera	tala	12,00	–	4	2,50	24	0,25	–	0,08	0,32	0,12	–	–
206	primavera	tala	18,00	–	0	0,00	21	0,21	–	0,00	0,22	0,00	–	–
207	primavera	tala	21,00	–	2	7,00	33	0,33	–	0,10	0,44	0,10	–	–
208	primavera	tala	19,00	–	2	6,50	28	0,23	–	0,11	0,28	0,03	–	–
209	primavera	tala	13,50	–	4	3,50	28	0,32	–	0,10	0,44	0,16	–	–
210	primavera	tala	7,50	–	0	0,00	17	0,21	–	0,00	0,09	0,00	–	–
121	primavera	control	17,50	15,00	0	0,00	14	0,28	0,49	0,00	0,39	0,00	1,08	1,08
122	primavera	control	13,50	23,50	1	3,00	21	0,21	0,46	0,08	0,16	0,02	0,85	0,85
123	primavera	control	13,00	17,00	2	4,50	20	0,19	0,35	0,09	0,14	0,05	0,25	0,25
125	primavera	control	19,00	14,50	3	5,50	33	0,34	0,59	0,11	0,56	0,27	1,88	1,88
126	primavera	control	16,00	22,00	1	6,00	21	0,21	0,30	0,11	0,22	0,08	0,37	0,37
127	primavera	control	17,50	20,00	2	1,50	19	0,26	0,34	0,06	0,34	0,01	1,08	1,08
129	primavera	control	21,00	20,50	1	0,07	20	0,26	0,41	0,10	0,26	0,01	0,71	0,71
130	primavera	control	11,50	22,00	0	0,00	10	0,25	0,56	0,00	0,27	0,00	1,73	1,73
131	primavera	control	11,00	19,00	2	5,00	19	0,25	0,33	0,11	0,28	0,19	0,80	0,8
133	primavera	control	21,50	20,00	0	0,00	20	0,28	0,55	0,00	0,34	0,00	0,76	0,76
134	primavera	control	15,00	20,00	2	4,00	25	0,30	0,37	0,10	0,49	0,16	1,50	1,5
135	primavera	control	14,00	24,00	0	0,00	13	0,26	0,55	0,00	0,28	0,00	1,81	1,81
136	primavera	control	12,00	19,00	5	3,00	29	0,25	0,43	0,11	0,29	0,16	1,32	1,32
137	primavera	control	9,00	19,00	1	1,50	20	0,19	0,46	0,07	0,11	0,02	0,56	0,56
138	primavera	control	16,00	16,50	2	4,00	26	0,40	0,56	0,11	0,57	0,17	1,85	1,85
139	primavera	control	16,00	20,00	1	4,00	23	0,22	0,34	0,08	0,26	0,03	0,52	0,52
140	primavera	control	25,00	19,00	4	5,00	30	0,31	0,61	0,11	0,70	0,08	1,60	1,6
141	primavera	control	18,00	25,50	2	2,00	23	0,30	0,42	0,10	0,35	0,06	1,31	1,31
142	primavera	control	17,00	18,50	3	3,00	29	0,29	0,57	0,09	0,46	0,20	1,16	1,16
143	primavera	control	18,50	25,00	0	0,00	17	0,29	0,40	0,00	0,42	0,00	1,05	1,05

nº individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	nº rebrots	longitud rebrot	nºfulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
145	primavera	control	20,00	17,00	0	0,00	16	0,29	0,65	0,00	0,49	0,00	1,79	1,79
146	primavera	control	15,00	17,00	2	2,00	18	0,33	0,72	0,09	0,51	0,07	1,42	1,42
147	primavera	control	23,00	19,50	2	7,50	31	0,28	0,60	0,12	0,59	0,43	2,13	2,13
148	primavera	control	15,00	24,00	2	6,50	30	0,28	0,62	0,13	0,33	0,08	1,07	1,07
149	primavera	control	9,00	21,00	6	4,00	27	0,20	0,55	0,12	0,30	0,37	1,80	1,8
211	primavera	control	14,00	27,50	0	0,00	14	0,26	0,38	0,00	0,31	0,00	1,44	1,44
1	estiu	tala	-	-	1	6,50	8	-	-	99,00	-	-	-	-
2	estiu	tala	-	-	2	22,30	33	-	-	0,26	-	1,17	-	-
3	estiu	tala	-	-	3	13,50	42	-	-	0,17	-	1,01	-	-
4	estiu	tala	-	-	1	5,50	6	-	-	0,13	-	0,06	-	-
5	estiu	tala	-	-	3	21,50	38	-	-	0,22	-	1,57	-	-
6	estiu	tala	-	-	2	14,50	31	-	-	0,22	-	0,93	-	-
7	estiu	tala	-	-	1	10,50	11	-	-	0,16	-	0,24	-	-
10	estiu	recollida tala	-	19,00	1	7,50	12	-	0,46	0,15	-	0,08	0,44	0,44
12	estiu	recollida tala	-	22,00	2	18,50	30	-	0,48	0,28	-	0,87	1,47	1,47
13	estiu	recollida tala	-	14,00	2	15,50	17	-	0,51	0,22	-	0,48	0,88	0,88
15	estiu	recollida tala	-	21,00	4	13,50	41	-	0,68	0,19	-	1,18	2,86	2,86
47	estiu	recollida tala	-	19,00	2	7,00	28	-	0,19	0,12	-	0,27	0,54	0,54
48	estiu	recollida tala	-	18,00	2	7,50	14	-	0,47	0,12	-	0,11	0,75	0,75
49	estiu	recollida tala	-	30,00	4	10,00	17	-	0,33	0,14	-	0,25	0,94	0,94
50	estiu	recollida tala	-	23,00	6	6,00	27	-	0,61	0,15	-	0,19	1,11	1,11
51	estiu	recollida tala	-	19,00	2	13,00	29	-	0,44	0,17	-	0,46	1,05	1,05
52	estiu	recollida tala	-	37,00	2	13,00	24	-	0,54	0,19	-	0,58	1,46	1,46
53	estiu	recollida tala	-	46,00	3	13,00	31	-	0,64	0,21	-	0,85	2,66	2,66
54	estiu	recollida tala	-	24,00	3	10,00	32	-	0,56	0,16	-	0,69	1,50	1,5
55	estiu	recollida tala	-	27,00	3	14,50	23	-	0,50	0,24	-	0,91	1,49	1,49
56	estiu	recollida tala	-	20,00	2	8,50	18	-	0,27	0,12	-	0,13	0,17	0,17
58	estiu	recollida tala	-	31,00	3	5,00	15	-	0,42	0,12	-	,	0,65	0,65
59	estiu	recollida tala	-	30,00	5	5,00	33	-	0,48	0,10	-	0,26	1,31	1,31

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
60	estiu	recollida tala	-	16,00	4	8,50	36	-	0,56	0,16	-	0,36	1,32	1,32
167	estiu	tala	-	-	2	11,00	18	-	-	0,16	-	0,33	-	-
168	estiu	tala	-	-	3	21,00	41	-	-	0,19	-	1,18	-	-
169	estiu	tala	-	-	3	15,00	33	-	-	0,22	-	1,23	-	-
170	estiu	tala	-	-	2	4,50	12	-	-	0,13	-	0,06	-	-
171	estiu	tala	-	-	3	21,00	55	-	-	0,25	-	2,16	-	-
172	estiu	tala	-	-	3	16,50	43	-	-	0,26	-	1,17	-	-
174	estiu	tala	-	-	3	13,00	45	-	-	0,20	-	0,85	-	-
176	estiu	tala	-	-	2	19,50	43	-	-	0,25	-	1,73	-	-
177	estiu	tala	-	-	1	18,50	18	-	-	0,24	-	0,81	-	-
178	estiu	tala	-	-	3	26,00	40	-	-	0,29	-	2,19	-	-
179	estiu	tala	-	-	2	11,00	41	-	-	0,22	-	1,11	-	-
180	estiu	tala	-	-	2	17,00	35	-	-	0,26	-	1,18	-	-
182	estiu	tala	-	-	3	8,00	12	-	-	0,16	-	0,19	-	-
183	estiu	tala	-	-	3	3,00	12	-	-	0,09	-	0,05	-	-
185	estiu	tala	-	-	2	3,00	8	-	-	0,11	-	0,02	-	-
187	estiu	tala	-	-	2	12,80	23	-	-	0,18	-	0,27	-	-
189	estiu	tala	-	-	2	10,00	35	-	-	0,19	-	0,99	-	-
190	estiu	tala	-	-	2	4,00	12	-	-	0,13	-	0,04	-	-
191	estiu	tala	-	-	1	4,50	6	-	-	0,12	-	0,04	-	-
192	estiu	tala	-	-	1	10,30	14	-	-	0,20	-	0,38	-	-
193	estiu	tala	-	-	2	16,50	42	-	-	0,17	-	0,99	-	-
194	estiu	tala	-	-	1	6,50	15	-	-	0,11	-	0,19	-	-
195	estiu	tala	-	-	2	23,00	43	-	-	0,24	-	1,14	-	-
196	estiu	recollida tala	-	10,00	2	4,00	7	-	0,49	0,14	-	0,10	1,61	1,61
197	estiu	recollida tala	-	27,00	2	8,00	25	-	0,51	0,14	-	0,55	1,30	1,3
201	estiu	recollida tala	-	20,50	2	12,50	33	-	0,65	0,21	-	0,88	1,94	1,94
203	estiu	recollida tala	-	7,00	3	1,50	4	-	0,48	0,09	-	0,05	0,69	0,69
205	estiu	recollida tala	-	18,00	3	6,00	21	-	0,67	0,12	-	0,13	1,14	1,14



nº individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	nº rebrots	longitud rebrot	nºfulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
206	estiu	recollida tala	–	19,00	1	4,00	9	–	0,24	0,09	–	0,03	0,43	0,43
207	estiu	recollida tala	–	27,00	2	3,50	6	–	0,40	0,08	–	0,04	0,83	0,83
208	estiu	recollida tala	–	23,00	1	23,50	23	–	0,56	0,28	–	1,62	2,00	2
209	estiu	recollida tala	–	19,00	2	19,00	41	–	0,60	0,26	–	1,44	2,52	2,52
210	estiu	recollida tala	–	21,50	3	9,50	42	–	0,38	0,13	–	0,51	0,44	0,44
31	estiu	control	12,00	19,00	3	6,50	20	0,29	0,37	0,15	0,36	0,32	0,98	0,98
32	estiu	control	17,50	21,00	3	10,50	34	0,36	0,58	0,20	0,66	0,77	1,61	1,61
33	estiu	control	19,50	22,00	3	1,50	27	0,43	0,64	0,08	0,75	0,05	2,89	2,89
34	estiu	control	19,00	17,00	2	5,50	23	0,39	0,37	0,11	0,76	0,14	2,97	2,97
35	estiu	control	21,00	25,00	0	0,00	21	0,35	0,62	0,00	0,71	0,00	3,07	3,07
36	estiu	control	27,50	23,00	2	9,50	39	0,51	0,45	0,16	1,18	0,41	2,42	2,42
37	estiu	control	19,00	17,00	4	5,50	37	0,44	0,56	0,10	0,72	0,30	3,16	3,16
38	estiu	control	21,00	25,00	0	0,00	18	0,47	0,69	0,00	0,92	0,00	3,54	3,54
39	estiu	control	19,50	24,00	4	4,00	25	0,33	0,69	0,11	–	–	3,16	3,16
41	estiu	control	14,00	19,00	2	5,00	19	0,36	0,62	0,12	0,47	0,28	2,96	2,96
42	estiu	control	17,50	13,50	4	10,00	36	0,32	0,79	0,14	0,74	0,55	3,02	3,02
43	estiu	control	13,50	16,00	0	0,00	15	0,30	0,53	0,00	0,33	0,00	2,02	2,02
62	estiu	control	19,00	20,00	8	4,50	44	0,31	0,54	0,08	0,62	0,35	1,75	1,75
63	estiu	control	23,50	16,00	0	0,00	20	0,37	0,56	0,00	0,68	0,00	2,54	2,54
64	estiu	control	20,00	18,00	3	14,00	33	0,42	0,81	0,18	0,83	0,79	3,28	3,28
65	estiu	control	24,50	22,50	5	4,50	39	0,39	0,42	0,08	0,62	0,11	1,87	1,87
66	estiu	control	27,00	18,18	2	10,00	35	0,39	0,50	0,12	0,81	0,40	1,44	1,44
67	estiu	control	16,00	14,00	0	0,00	16	0,41	0,57	0,00	0,48	0,00	1,85	1,85
67	estiu	control	12,50	18,00	5	8,00	30	0,23	0,50	0,08	0,29	0,10	1,69	1,69
68	estiu	control	18,00	23,00	2	3,50	29	0,36	0,67	0,08	0,68	0,13	4,11	4,11
69	estiu	control	20,00	19,00	2	5,00	27	0,46	0,87	0,11	0,94	0,30	4,22	4,22
70	estiu	control	17,50	20,00	7	12,50	49	0,35	0,47	0,13	0,67	0,61	4,42	4,42
71	estiu	control	14,00	20,00	3	10,00	68	0,27	0,21	0,22	0,72	0,93	0,43	0,43
72	estiu	control	17,00	26,00	7	5,00	51	0,45	0,69	0,11	0,76	0,60	3,62	3,62

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
73	estiu	control	18,50	17,50	0	0,00	22	0,30	0,50	0,00	0,44	0,00	2,73	2,73
74	estiu	control	11,50	27,00	5	10,50	26	0,35	0,56	0,13	-	-	-	-
75	estiu	control	16,00	18,00	7	6,50	34	0,29	0,64	0,07	0,38	0,19	2,45	2,45
168	hivern	recollida tala	-	17,90	2	7,30	-	-	0,61	0,16	-	0,71	-	-
169	hivern	recollida tala	-	15,70	6	6,70	23	-	0,78	0,17	-	0,85	2,56	2,56
170	hivern	recollida tala	-	10,20	1	3,90	-	-	0,52	0,08	-	0,05	1,00	1
171	hivern	recollida tala	-	17,20	5	6,30	-	-	0,61	0,14	-	0,48	2,30	2,3
172	hivern	recollida tala	-	12,00	1	5,70	-	-	0,62	0,12	-	0,20	1,59	1,59
176	hivern	recollida tala	-	29,40	2	7,40	-	-	0,70	0,17	-	0,47	2,55	2,55
177	hivern	recollida tala	-	21,30	2	7,20	-	-	0,53	0,12	-	0,36	1,84	1,84
178	hivern	recollida tala	-	23,40	4	8,20	-	-	0,58	0,14	-	-	1,82	1,82
179	hivern	recollida tala	-	25,90	2	6,30	-	-	0,53	0,14	-	0,44	1,58	1,58
180	hivern	recollida tala	-	15,40	1	8,40	-	-	0,68	0,19	-	0,54	3,21	3,21
183	hivern	recollida tala	-	16,30	2	3,90	0	-	0,45	0,05	-	0,05	1,24	1,24
189	hivern	recollida tala	-	18,20	4	5,90	-	-	0,36	0,14	-	0,63	3,00	3
190	hivern	recollida tala	-	23,80	2	7,50	-	-	0,43	0,17	-	0,41	1,05	1,05
191	hivern	recollida tala	-	17,00	1	8,60	-	-	0,43	0,18	-	0,51	1,19	1,19
193	hivern	recollida tala	-	28,70	3	6,40	-	-	0,36	0,09	-	0,49	1,64	1,64
195	hivern	recollida tala	-	34,10	3	6,10	-	-	0,53	0,12	-	0,23	2,06	2,06
77	hivern	control	19,60	14,40	0	0,00	26	0,34	0,40	0,00	0,70	0,00	3,11	3,11
78	hivern	control	18,40	15,50	0	0,00	22	0,32	0,58	0,00	0,76	0,00	3,00	3
79	hivern	control	23,30	20,40	1	5,80	32	0,46	0,49	0,11	1,17	0,39	5,52	5,52
80	hivern	control	19,60	16,20	0	0,00	17	0,44	0,90	0,00	1,14	0,00	4,65	4,65
81	hivern	control	29,70	18,00	0	0,00	30	0,53	0,71	0,00	1,81	0,00	3,95	3,95
82	hivern	control	22,50	17,40	2	3,40	26	0,34	0,65	0,09	0,81	0,09	4,10	4,1
83	hivern	control	36,60	10,90	0	0,00	20	0,52	0,81	0,00	2,15	0,00	5,26	5,26
84	hivern	control	14,30	24,20	5	13,70	53	0,37	0,51	0,14	1,01	1,03	1,80	1,8
85	hivern	control	20,00	19,80	0	0,00	10	0,37	0,61	0,00	0,85	0,00	3,31	3,31
86	hivern	control	11,50	27,90	4	6,40	19	0,24	0,42	0,12	0,53	0,27	1,19	1,19

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
91	hivern	control	37,00	17,00	0	0,00	11	0,54	0,78	0,00	1,61	0,00	4,68	4,68
92	hivern	control	36,00	16,00	2	14,00	32	0,42	0,78	0,15	1,78	0,27	6,04	6,04
93	hivern	control	31,00	17,50	1	3,00	20	0,49	0,77	0,10	1,64	0,09	4,62	4,62
94	hivern	control	29,00	17,50	0	0,00	23	0,55	0,78	0,00	1,65	0,00	5,86	5,86
95	hivern	control	39,30	19,00	9	9,90	61	0,59	0,70	0,12	3,16	1,53	7,09	7,09
96	hivern	control	38,50	19,00	0	0,00	20	0,63	0,98	0,00	2,30	0,00	7,57	7,57
98	hivern	control	31,00	22,00	2	8,70	29	0,53	0,81	0,23	1,46	0,30	5,39	5,39
99	hivern	control	10,30	15,70	0	0,00	12	0,21	0,32	0,00	0,13	0,00	0,51	0,51
99	hivern	control	26,80	16,90	1	8,20	27	0,40	0,61	0,15	1,20	0,54	2,98	2,98
101	hivern	control	22,20	17,30	0	0,00	19	0,45	0,72	0,00	1,31	0,00	6,01	6,01
102	hivern	control	25,90	19,50	0	0,00	27	0,35	0,83	0,00	1,08	0,00	4,06	4,06
103	hivern	control	15,80	17,20	1	12,00	30	0,26	0,60	0,19	0,73	0,66	4,64	4,64
104	hivern	control	27,70	16,30	0	0,00	17	0,39	0,59	0,00	1,08	0,00	2,58	2,58
105	hivern	control	18,60	16,70	1	4,20	23	0,49	0,79	0,09	0,99	0,15	4,98	4,98
16	primavera n1	control	44,50	13,50	1	18,00	46	0,54	0,85	0,24	2,27	0,60	5,53	5,53
19	primavera n1	control	28,00	22,50	15	11,00	140	0,42	0,94	0,15	1,37	2,89	3,38	3,38
22	primavera n1	control	19,90	19,70	4	3,40	17	0,24	0,32	0,11	0,52	0,42	1,09	1,09
107	primavera n1	control	25,50	21,80	10	10,40	99	0,42	0,53	0,13	1,57	1,00	4,48	4,48
108	primavera n1	control	23,20	31,90	2	17,70	99	0,36	0,52	0,24	1,19	1,50	3,88	3,88
109	primavera n1	control	27,50	30,00	6	14,00	38	0,52	0,77	0,19	1,71	1,70	7,95	7,95
110	primavera n1	control	23,50	18,00	3	25,00	46	0,62	1,11	0,30	1,97	2,61	8,16	8,16
111	primavera n1	control	35,00	32,00	17	9,50	71	0,57	0,89	0,14	1,76	2,05	5,86	5,86
112	primavera n1	control	22,50	15,50	14	15,00	68	0,48	1,01	0,17	1,52	2,61	3,07	3,07
113	primavera n1	control	27,50	17,00	3	13,00	27	0,58	0,48	0,16	1,15	0,67	2,49	2,49
114	primavera n1	control	27,50	22,00	5	9,50	31	0,58	1,18	0,18	1,52	0,83	8,30	8,3
115	primavera n1	control	24,50	17,00	16	23,50	45	0,54	1,01	0,24	1,56	2,16	3,46	3,46
117	primavera n1	control	19,00	18,50	2	16,00	36	0,53	0,73	0,28	1,06	1,71	6,99	6,99
153	primavera n1	control	28,00	20,00	3	4,50	33	0,53	0,74	0,15	1,14	0,16	2,75	2,75
157	primavera n1	control	25,00	24,00	1	4,00	28	0,53	0,72	0,14	1,06	0,38	4,25	4,25

**TAULA 5.** Dades de les plàntules de *Q. ilex*.

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
32	primavera	tala	18,30	–	0	0,00	24	0,21	–	0,00	0,24	0,00	–	–
35	primavera	tala	9,60	–	0	0,00	9	0,16	–	0,00	0,06	0,00	–	–
35	primavera	tala	11,10	–	0	0,00	9	0,17	–	0,00	0,08	0,00	–	–
35	primavera	tala	19,10	–	0	0,00	18	0,29	–	0,00	0,29	0,00	–	–
36	primavera	tala	23,20	–	1	1,10	32	0,23	–	0,10	–	–	–	–
37	primavera	tala	8,80	–	0	0,00	15	0,18	–	0,00	0,10	0,00	–	–
38	primavera	tala	19,00	–	0	0,00	22	0,25	–	0,00	0,23	0,00	–	–
40	primavera	tala	4,90	–	0	0,00	9	0,15	–	0,00	0,03	0,00	–	–
43	primavera	tala	18,10	–	6	8,10	46	0,24	–	0,13	0,49	0,79	–	–
44	primavera	tala	20,80	–	5	7,30	35	0,29	–	0,11	0,43	0,49	–	–
45	primavera	tala	14,50	–	0	0,00	21	0,19	–	0,00	0,14	0,00	–	–
107	primavera	tala	12,70	–	0	0,00	15	0,25	–	0,00	0,26	0,00	–	–
108	primavera	tala	11,00	–	0	0,00	10	0,21	–	0,00	0,14	0,00	–	–
109	primavera	tala	24,20	–	0	0,00	24	0,29	–	0,00	0,50	0,00	–	–
113	primavera	tala	24,50	–	0	0,00	21	0,21	–	0,00	0,55	0,00	–	–
114	primavera	tala	23,00	–	0	0,00	20	0,30	–	0,00	0,53	0,00	–	–
116	primavera	tala	22,60	–	0	0,00	17	0,29	–	0,00	0,35	0,00	–	–
117	primavera	tala	21,00	–	0	0,00	18	0,23	–	0,00	0,23	0,00	–	–
118	primavera	tala	22,80	–	0	0,00	28	0,38	–	0,00	0,68	0,00	–	–
121	primavera	tala	19,00	–	0	0,00	20	0,34	–	0,00	0,45	0,00	–	–
125	primavera	tala	16,30	–	0	0,00	24	0,33	–	0,00	0,48	0,00	–	–
126	primavera	tala	14,10	–	0	0,00	15	0,27	–	0,00	0,27	0,00	–	–
128	primavera	tala	6,80	–	0	0,00	10	0,18	–	0,00	0,11	0,00	–	–
129	primavera	tala	20,40	–	0	0,00	16	0,31	–	0,00	0,39	0,00	–	–
133	primavera	tala	16,00	–	0	0,00	20	0,27	–	0,00	0,29	0,00	–	–
134	primavera	tala	18,20	–	1	5,70	21	0,32	–	0,13	0,50	0,25	–	–
135	primavera	tala	16,30	–	0	0,00	21	0,35	–	0,00	0,41	0,00	–	–
257	primavera	tala	21,00	–	0	0,00	21	0,27	–	0,00	0,44	0,00	–	–

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
258	primavera	tala	17,00	-	0	0,00	18	0,24	-	0,00	0,30	0,00	-	-
259	primavera	tala	17,50	-	0	0,00	21	0,24	-	0,00	0,32	0,00	-	-
260	primavera	tala	12,50	-	0	0,00	19	0,21	-	0,00	0,23	0,00	-	-
261	primavera	tala	17,00	-	0	0,00	17	0,22	-	0,00	0,27	0,00	-	-
262	primavera	tala	11,50	-	0	0,00	11	0,19	-	0,00	0,14	0,00	-	-
263	primavera	tala	10,00	-	0	0,00	12	0,18	-	0,00	0,12	0,00	-	-
264	primavera	tala	6,50	-	0	0,00	11	0,16	-	0,00	0,05	0,00	-	-
265	primavera	tala	19,00	-	0	0,00	21	0,24	-	0,00	0,32	0,00	-	-
266	primavera	tala	14,50	-	1	1,50	23	0,23	-	0,09	0,26	0,04	-	-
267	primavera	tala	13,00	-	0	0,00	16	0,23	-	0,00	0,19	0,00	-	-
268	primavera	tala	12,50	-	0	0,00	18	0,22	-	0,00	0,25	0,00	-	-
269	primavera	tala	22,00	-	0	0,00	20	0,26	-	0,00	0,38	0,00	-	-
270	primavera	tala	15,00	-	0	0,00	19	0,19	-	0,00	0,17	0,00	-	-
271	primavera	tala	12,50	-	0	0,00	15	0,25	-	0,00	0,27	0,00	-	-
272	primavera	tala	15,00	-	0	0,00	18	0,21	-	0,00	0,22	0,00	-	-
273	primavera	tala	17,50	-	1	4,00	21	0,28	-	0,12	0,37	0,15	-	-
274	primavera	tala	22,50	-	0	0,00	30	0,24	-	0,00	0,42	0,00	-	-
275	primavera	tala	22,50	-	0	0,00	19	0,29	-	0,00	0,58	0,00	-	-
276	primavera	tala	9,50	-	0	0,00	14	0,14	-	0,00	0,07	0,00	-	-
277	primavera	tala	18,50	-	0	0,00	20	0,31	-	0,00	0,44	0,00	-	-
278	primavera	tala	21,00	-	0	0,00	24	0,28	-	0,00	0,46	0,00	-	-
279	primavera	tala	13,00	-	0	0,00	18	0,18	-	0,00	0,13	0,00	-	-
280	primavera	tala	17,50	-	0	0,00	27	0,31	-	0,00	0,42	0,00	-	-
281	primavera	tala	14,50	-	2	5,50	29	0,23	-	0,10	0,25	0,16	-	-
282	primavera	tala	20,00	-	0	0,00	24	0,28	-	0,00	0,39	0,00	-	-
283	primavera	tala	18,50	-	0	0,00	27	0,19	-	0,00	0,21	0,00	-	-
284	primavera	tala	10,50	-	0	0,00	15	0,17	-	0,00	0,12	0,00	-	-
285	primavera	tala	23,00	-	0	0,00	34	0,32	-	0,00	0,52	0,00	-	-
286	primavera	tala	21,50	-	1	2,50	26	0,26	-	0,10	0,51	0,08	-	-

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
287	primavera	tala	24,50	–	0	0,00	24	0,26	–	0,00	0,44	0,00	–	–
288	primavera	tala	23,00	–	0	0,00	20	0,38	–	0,00	0,60	0,00	–	–
3	primavera	control	9,90	30,00	0	0,00	12	0,18	0,21	0,00	0,14	0,00	0,24	0,24
4	primavera	control	11,00	19,40	0	0,00	11	0,19	0,27	0,00	0,17	0,00	0,22	0,22
5	primavera	control	14,90	19,70	0	0,00	15	0,10	0,24	0,00	0,16	0,00	0,25	0,25
6	primavera	control	11,40	17,30	0	0,00	10	0,22	0,35	0,00	0,17	0,00	0,33	0,33
8	primavera	control	17,10	12,50	0	0,00	18	0,27	0,41	0,00	0,34	0,00	0,55	0,55
9	primavera	control	14,40	16,00	0	0,00	13	0,26	0,35	0,00	0,30	0,00	0,55	0,55
10	primavera	control	16,30	21,50	5	4,50	30	0,21	0,33	0,11	0,31	0,29	0,37	0,37
13	primavera	control	21,60	24,90	0	0,00	20	0,27	0,34	0,00	0,31	0,00	0,38	0,38
14	primavera	control	14,70	18,90	0	0,00	15	0,20	0,31	0,00	0,20	0,00	0,28	0,28
19	primavera	control	15,00	16,90	1	1,50	19	0,21	0,31	0,09	0,20	0,05	0,21	0,21
20	primavera	control	12,40	25,80	0	0,00	16	0,08	0,24	0,00	0,16	0,00	0,14	0,14
21	primavera	control	16,50	14,90	0	0,00	16	0,16	0,30	0,00	0,22	0,00	0,21	0,21
22	primavera	control	17,70	24,50	1	2,10	17	0,27	0,19	0,08	–	–	0,26	0,26
23	primavera	control	23,00	16,80	2	2,90	26	0,30	0,38	0,12	0,48	0,10	0,47	0,47
24	primavera	control	10,60	15,10	2	2,80	17	0,18	0,21	0,09	0,12	0,06	0,14	0,14
25	primavera	control	5,90	18,10	0	0,00	4	0,12	0,18	0,00	0,04	0,00	0,10	0,1
28	primavera	control	6,50	19,30	0	0,00	8	0,15	0,16	0,00	0,04	0,00	0,10	0,1
29	primavera	control	12,30	22,70	0	0,00	16	0,18	0,19	0,00	0,11	0,00	0,12	0,12
169	primavera	control	23,50	28,00	3	13,50	31	0,32	0,38	0,16	0,62	0,51	0,50	0,5
242	primavera	control	9,40	11,40	0	0,00	9	0,11	0,18	0,00	0,04	0,00	0,08	0,08
243	primavera	control	22,80	36,10	0	0,00	22	0,27	0,35	0,00	0,34	0,00	0,60	0,6
244	primavera	control	25,80	12,20	1	5,50	25	0,30	0,50	0,13	0,68	0,13	1,03	1,03
245	primavera	control	16,70	10,40	0	0,00	20	0,21	0,38	0,00	0,23	0,00	0,51	0,51
246	primavera	control	13,80	25,90	0	0,00	12	0,22	0,32	0,00	0,24	0,00	0,35	0,35
247	primavera	control	20,80	13,10	0	0,00	22	0,28	0,35	0,00	0,44	0,00	0,79	0,79
248	primavera	control	15,70	21,20	0	0,00	18	0,27	0,41	0,00	0,29	0,00	0,95	0,95
249	primavera	control	20,20	12,70	0	0,00	23	0,29	0,40	0,00	0,45	0,00	0,91	0,91

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
250	primavera	control	15,10	12,90	0	0,00	18	0,24	0,39	0,00	0,25	0,00	0,50	0,5
250	primavera	control	14,30	19,20	0	0,00	15	0,23	0,40	0,00	0,21	0,00	0,78	0,78
251	primavera	control	20,40	40,30	0	0,00	18	0,24	0,35	0,00	0,19	0,00	0,43	0,43
252	primavera	control	20,60	19,10	0	0,00	19	0,22	0,42	0,00	0,22	0,00	0,51	0,51
253	primavera	control	19,80	18,30	3	8,20	46	0,28	0,51	0,14	0,37	0,50	0,71	0,71
254	primavera	control	26,10	11,30	1	4,70	20	0,27	0,35	0,10	0,49	0,24	0,46	0,46
255	primavera	control	29,20	11,20	0	0,00	25	0,30	0,49	0,00	0,73	0,00	1,12	1,12
256	primavera	control	23,00	10,00	1	12,20	26	0,27	0,55	0,19	0,59	0,56	1,26	1,26
258	estiu	recollida tala	-	15,00	1	9,50	13	-	0,44	0,18	-	0,38	0,78	0,78
259	estiu	recollida tala	-	15,50	2	5,50	14	-	0,40	0,12	-	0,21	0,55	0,55
260	estiu	recollida tala	-	14,00	2	7,50	25	-	0,51	0,14	-	0,51	0,77	0,77
261	estiu	recollida tala	-	16,00	2	6,50	18	-	0,44	0,16	-	0,46	0,76	0,76
262	estiu	recollida tala	-	19,00	2	7,00	19	-	0,32	0,12	-	0,19	0,37	0,37
263	estiu	recollida tala	-	15,50	2	5,00	11	-	0,42	0,15	-	0,29	0,44	0,44
265	estiu	recollida tala	-	11,50	2	6,00	19	-	0,42	0,15	-	0,19	0,51	0,51
267	estiu	recollida tala	-	13,00	1	6,50	11	-	0,38	0,14	-	0,18	0,60	0,6
268	estiu	recollida tala	-	15,50	3	5,00	25	-	0,43	0,10	-	0,20	0,74	0,74
269	estiu	recollida tala	-	24,00	1	8,50	11	-	0,40	0,14	-	0,25	0,72	0,72
270	estiu	recollida tala	-	12,50	1	5,00	11	-	0,35	0,10	-	0,11	0,36	0,36
271	estiu	recollida tala	-	13,00	1	10,50	14	-	0,41	0,16	-	0,40	0,69	0,69
272	estiu	tala	-	-	2	6,00	22	-	-	0,12	-	0,25	-	-
273	estiu	tala	-	-	1	19,50	18	-	-	0,21	-	0,80	-	-
274	estiu	tala	-	-	2	10,00	33	-	-	0,14	-	0,52	-	-
275	estiu	tala	-	-	2	16,00	27	-	-	0,18	-	0,87	-	-
277	estiu	tala	-	-	1	14,00	16	-	-	0,20	-	0,64	-	-
278	estiu	tala	-	-	1	6,00	8	-	-	0,15	-	0,24	-	-
280	estiu	tala	-	-	3	10,50	42	-	-	0,16	-	1,67	-	-
281	estiu	tala	-	-	2	7,30	24	-	-	0,12	-	0,28	-	-
282	estiu	tala	-	-	2	11,30	26	-	-	0,18	-	0,78	-	-

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
283	estiu	tala	-	-	1	28,00	29	-	-	0,27	-	1,52	-	-
285	estiu	tala	-	-	2	7,50	26	-	-	0,13	-	0,41	-	-
286	estiu	tala	-	-	2	13,50	30	-	-	0,18	-	0,97	-	-
287	estiu	tala	-	-	1	6,50	10	-	-	0,13	-	0,12	-	-
47	estiu	control	18,60	19,10	2	2,60	34	0,27	0,31	0,11	0,46	0,11	0,47	0,47
48	estiu	control	27,50	20,70	0	0,00	35	0,35	0,58	0,00	1,04	0,00	1,29	1,29
49	estiu	control	40,60	15,10	0	0,00	39	0,37	0,44	0,00	1,47	0,00	0,92	0,92
50	estiu	control	43,40	21,10	3	8,50	64	0,29	0,33	0,09	1,06	0,61	0,61	0,61
51	estiu	control	27,90	19,30	1	15,20	51	0,36	0,50	0,19	1,36	1,34	1,18	1,18
52	estiu	control	31,70	18,90	0	0,00	32	0,41	0,56	0,00	1,50	0,00	2,35	2,35
56	estiu	control	29,30	38,10	0	0,00	40	0,36	0,52	0,00	1,01	0,00	1,23	1,23
57	estiu	control	38,20	17,80	4	14,40	94	0,37	0,57	0,18	2,55	2,62	2,31	2,31
60	estiu	control	26,30	20,60	5	7,70	70	0,43	0,59	0,14	1,43	1,16	1,54	1,54
137	estiu	control	27,00	17,50	0	0,00	27	0,36	0,45	0,00	0,62	0,00	1,41	1,41
138	estiu	control	30,00	27,00	1	2,50	36	0,45	0,67	0,12	1,04	0,13	2,00	2
139	estiu	control	21,50	18,00	1	8,00	29	0,28	0,22	0,11	0,39	0,21	0,37	0,37
140	estiu	control	32,00	11,00	0	0,00	36	0,51	0,48	0,00	0,99	0,00	1,05	1,05
141	estiu	control	31,50	17,00	0	0,00	36	0,48	0,34	0,00	1,19	0,00	0,80	0,8
142	estiu	control	41,50	20,00	1	9,00	46	0,47	0,34	0,12	1,15	0,23	1,71	1,71
145	estiu	control	14,50	10,00	2	7,00	31	0,27	0,32	0,15	-	-	-	-
149	estiu	control	17,00	13,00	0	0,00	18	0,26	0,17	0,00	0,28	0,00	0,23	0,23
150	estiu	control	22,00	18,00	1	7,00	31	0,31	0,34	0,12	0,45	0,28	0,42	0,42
151	estiu	control	24,00	14,00	0	0,00	21	0,31	0,37	0,00	0,40	0,00	0,49	0,49
172	estiu	control	20,00	12,00	1	3,00	21	0,22	0,24	0,05	0,29	0,09	0,26	0,26
177	estiu	control	23,00	15,00	0	0,00	35	0,34	0,35	0,00	0,52	0,00	0,49	0,49
179	estiu	control	25,00	13,50	2	2,00	32	0,35	0,47	0,10	0,62	0,09	0,65	0,65
180	estiu	control	19,00	17,50	0	0,00	23	0,29	0,28	0,00	0,40	0,00	0,32	0,32
181	estiu	control	21,50	19,00	0	0,00	20	0,34	0,32	0,00	0,43	0,00	0,34	0,34
267	estiu	control	14,00	34,50	2	6,00	26	0,25	0,42	0,08	0,25	0,06	-	-



n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
275	hivern	recollida tala	-	13,40	1	7,70	10	-	0,49	0,12	-	0,34	1,07	1,07
277	hivern	recollida tala	-	17,90	1	4,40	6	-	0,41	0,08	-	0,16	0,78	0,78
278	hivern	recollida tala	-	12,70	1	8,40	10	-	0,38	0,12	-	0,27	0,74	0,74
286	hivern	recollida tala	-	12,10	1	7,20	12	-	0,47	0,12	-	0,30	0,97	0,97
188	hivern	control	23,10	23,50	0	0,00	25	0,37	0,40	0,00	0,90	0,00	1,52	1,52
192	hivern	control	34,30	13,50	1	4,12	40	0,37	0,47	0,14	1,39	0,46	1,35	1,35
193	hivern	control	40,60	18,00	0	0,00	29	0,54	0,73	0,00	2,49	0,00	3,74	3,74
194	hivern	control	29,90	19,40	0	0,00	29	0,37	0,48	0,00	,	0,00	2,98	2,98
200	hivern	control	24,20	14,30	1	5,80	25	0,36	0,44	0,10	0,80	0,29	1,11	1,11
204	hivern	control	25,10	12,90	5	8,40	53	0,41	0,56	0,18	1,55	1,50	2,65	2,65
206	hivern	control	28,00	18,30	0	0,00	29	0,44	0,52	0,00	0,92	0,00	1,34	1,34
207	hivern	control	31,30	17,90	0	0,00	50	0,35	0,44	0,00	1,05	0,00	1,27	1,27
227	hivern	control	25,80	12,80	3	10,20	46	0,36	0,56	0,12	1,33	1,52	3,22	3,22
228	hivern	control	27,00	14,90	3	4,80	43	0,41	0,64	0,09	1,40	0,50	2,65	2,65
229	hivern	control	33,30	21,20	2	5,90	46	0,41	0,64	0,09	1,76	0,42	2,69	2,69
230	hivern	control	46,60	19,20	0	0,00	41	0,52	0,66	0,00	2,79	0,00	3,64	3,64
231	hivern	control	42,30	15,50	1	9,20	57	0,43	0,64	0,14	2,01	0,40	2,70	2,7
232	hivern	control	32,30	25,10	0	0,00	38	0,36	0,58	0,14	1,41	0,00	3,24	3,24
233	hivern	control	27,90	27,00	4	15,10	130	0,46	0,63	0,17	1,91	3,30	1,73	1,73
234	hivern	control	38,40	19,90	0	0,00	44	-	0,47	0,00	2,23	0,00	4,19	4,19
235	hivern	control	18,60	27,40	0	0,00	18	0,34	0,49	0,00	0,76	0,00	2,45	2,45
235	hivern	control	19,40	25,60	0	0,00	22	0,32	0,47	0,00	1,09	0,00	2,33	2,33
236	hivern	control	38,70	10,80	1	6,50	60	0,33	0,49	0,09	1,27	0,34	2,34	2,34
237	hivern	control	34,40	15,80	5	7,70	71	0,44	0,72	0,11	2,96	1,74	3,94	3,94
239	hivern	control	18,40	10,40	1	14,40	69	0,29	0,61	0,22	1,18	1,63	2,80	2,8
240	hivern	control	33,10	20,10	0	0,00	30	0,38	0,62	0,00	1,40	0,00	3,16	3,16
241	hivern	control	24,40	19,90	0	0,00	29	0,46	0,56	0,00	1,10	0,00	1,82	1,82
241	hivern	control	15,70	18,20	1	9,10	27	0,23	0,55	0,14	0,55	0,58	1,74	1,74
95	primavera 01	control	39,40	15,50	8	8,40	63	0,61	0,92	0,19	2,82	1,01	6,07	6,07

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
97	primavera 01	control	39,70	18,00	8	11,00	76	0,49	0,95	0,22	3,43	1,38	6,81	6,81
98	primavera 01	control	32,50	18,00	14	25,50	132	0,64	0,74	0,27	3,15	3,70	2,57	2,57
100	primavera 01	control	14,50	14,50	0	0,00	19	0,21	0,25	0,00	0,18	0,00	0,18	0,18
103	primavera 01	control	30,00	15,00	3	3,50	28	0,51	0,75	0,21	1,66	0,06	5,00	5
104	primavera 01	control	38,50	21,00	6	10,00	66	0,58	0,74	0,26	2,46	1,01	2,98	2,98
105	primavera 01	control	41,50	13,00	6	12,80	68	0,70	0,83	0,16	2,56	1,33	2,93	2,93
106	primavera 01	control	37,20	17,50	3	5,20	46	0,45	0,68	0,19	1,76	0,17	3,32	3,32
212	primavera 01	control	32,00	27,00	7	12,00	62	0,42	0,68	0,17	1,55	1,39	4,76	4,76
213	primavera 01	control	32,50	24,00	17	8,50	115	0,37	0,61	0,14	1,56	2,22	1,99	1,99
214	primavera 01	control	32,50	23,00	16	7,50	141	0,37	0,57	0,10	1,70	1,65	3,85	3,85
215	primavera 01	control	39,00	24,00	10	14,00	112	0,45	0,68	0,17	2,17	1,07	4,47	4,47
216	primavera 01	control	38,00	17,50	9	14,50	111	0,44	0,68	0,18	2,19	2,80	4,14	4,14
217	primavera 01	control	35,50	14,00	10	10,50	69	0,47	0,77	0,12	1,95	0,94	3,91	3,91
218	primavera 01	control	33,50	25,00	16	9,00	134	0,46	0,69	0,14	1,85	2,21	3,15	3,15
219	primavera 01	control	67,00	23,00	14	11,00	176	0,56	0,87	0,16	4,02	2,02	5,18	5,18

**TAULA 6.** Dades de les plàntules de *Q. suber*.

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
139	primavera	tala	29,00	-	9	5,00	55	0,20	-	0,01	0,67	0,53	-	-
140	primavera	tala	33,00	-	9	12,00	58	0,24	-	0,05	0,89	0,77	-	-
142	primavera	tala	29,00	-	4	5,00	47	0,18	-	0,02	0,59	0,29	-	-
143	primavera	tala	34,00	-	10	9,00	68	0,23	-	0,03	0,94	0,91	-	-
145	primavera	tala	27,00	-	2	,	33	0,19	-	0,00	0,46	0,01	-	-
147	primavera	tala	25,50	-	0	0,00	23	0,13	-	0,00	0,28	0,00	-	-
148	primavera	tala	32,00	-	10	9,50	70	0,22	-	0,04	0,79	0,75	-	-
149	primavera	tala	27,50	-	2	1,00	30	0,25	-	0,03	0,61	0,11	-	-
150	primavera	tala	21,00	-	0	0,00	25	0,24	-	0,00	0,41	0,00	-	-
151	primavera	tala	26,50	-	8	7,00	70	0,22	-	0,04	0,61	0,69	-	-
152	primavera	tala	23,00	-	2	0,40	21	0,12	-	0,10	0,25	0,07	-	-
153	primavera	tala	27,50	-	10	15,00	52	0,19	-	0,12	0,73	1,22	-	-
224	primavera	tala	23,00	-	3	10,50	51	0,28	-	0,16	0,68	1,04	-	-
229	primavera	tala	36,00	-	0	0,00	36	0,32	-	0,00	0,77	0,00	-	-
230	primavera	tala	35,00	-	0	0,00	33	0,30	-	0,00	0,75	0,00	-	-
231	primavera	tala	34,50	-	4	8,50	68	0,29	-	0,11	0,61	0,27	-	-
232	primavera	tala	28,50	-	0	0,00	31	0,36	-	0,00	0,80	0,00	-	-
233	primavera	tala	30,00	-	9	7,50	55	0,35	-	0,13	1,06	0,93	-	-
234	primavera	tala	36,50	-	0	0,00	34	0,36	-	0,00	0,89	0,00	-	-
235	primavera	tala	34,50	-	4	8,50	68	0,29	-	0,11	0,61	0,27	-	-
236	primavera	tala	33,00	-	0	0,00	46	0,31	-	0,00	0,75	0,00	-	-
124	primavera	control	26,50	17,00	10	10,50	54	0,22	0,42	0,13	-	-	1,78	1,78
127	primavera	control	25,50	15,50	6	8,00	56	0,21	0,40	0,14	0,63	-	1,44	1,44
129	primavera	control	22,50	16,00	3	13,50	44	0,23	0,30	0,08	0,53	-	1,80	1,8
131	primavera	control	20,50	29,50	0	0,00	23	0,08	0,23	0,00	0,15	0,00	0,74	0,74
132	primavera	control	21,00	17,00	0	0,00	21	0,12	0,42	0,00	0,25	0,00	0,94	0,94
133	primavera	control	13,50	14,50	3	15,00	49	0,16	0,40	0,20	0,56	0,64	0,93	0,93
134	primavera	control	27,00	15,00	2	16,00	44	0,25	0,52	0,10	0,71	0,77	1,61	1,61

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
135	primavera	control	24,00	16,00	2	6,00	39	0,27	0,48	,	0,37	0,29	1,04	1,04
137	primavera	control	24,50	16,00	7	5,00	49	0,19	0,42	0,02	0,52	0,38	1,53	1,53
138	primavera	control	19,90	15,50	2	0,40	30	0,22	0,36	0,09	0,27	0,07	0,75	0,75
140	estiu	recollida tala	_	16,50	2	17,50	30	_	0,59	0,17	_	0,84	1,41	1,41
142	estiu	recollida tala	_	22,00	2	17,50	25	_	0,55	0,19	_	0,68	0,99	0,99
143	estiu	recollida tala	_	17,00	2	19,00	20	_	0,51	0,18	_	0,56	1,48	1,48
145	estiu	recollida tala	_	22,00	4	11,00	34	_	0,40	0,15	_	0,47	1,42	1,42
147	estiu	recollida tala	_	26,00	1	19,00	22	_	0,34	0,19	_	0,50	0,56	0,56
148	estiu	recollida tala	_	21,50	2	20,00	36	_	0,52	0,20	_	0,77	1,80	1,8
149	estiu	recollida tala	_	17,50	2	10,50	20	_	0,62	0,16	_	0,66	1,69	1,69
150	estiu	recollida tala	_	31,00	1	17,00	20	_	0,59	0,21	_	0,51	1,32	1,32
151	estiu	recollida tala	_	19,00	1	13,50	15	_	0,50	0,16	_	0,34	1,13	1,13
153	estiu	recollida tala	_	17,50	5	17,00	45	_	0,45	0,19	_	0,72	1,33	1,33
224	estiu	tala	_	_	2	24,50	29	_	_	0,18	_	1,00	_	_
230	estiu	tala	_	_	2	17,50	26	_	_	0,16	_	0,34	_	_
232	estiu	tala	_	_	2	17,00	26	_	_	0,17	_	0,78	_	_
233	estiu	tala	_	_	2	21,50	30	_	_	0,18	_	0,70	_	_
234	estiu	tala	_	_	3	3,50	10	_	_	0,09	_	,	_	_
236	estiu	tala	_	_	2	12,00	38	_	_	0,16	_	0,81	_	_
158	estiu	control	29,00	27,00	6	6,00	54	0,23	0,38	0,12	0,54	0,49	0,58	0,58
159	estiu	control	32,00	17,50	6	7,00	55	0,39	0,58	0,16	1,17	0,80	3,31	3,31
161	estiu	control	27,00	21,00	7	14,00	69	0,31	0,50	0,16	1,02	1,12	2,93	2,93
162	estiu	control	28,50	18,00	1	0,00	35	0,30	0,54	0,00	0,70	0,00	2,87	2,87
163	estiu	control	25,00	16,50	7	11,00	62	0,40	0,55	0,19	0,96	0,77	3,07	3,07
164	estiu	control	40,00	23,00	3	1,00	39	0,36	0,59	0,10	1,11	0,09	3,25	3,25
165	estiu	control	36,00	16,00	6	10,50	67	0,35	0,55	0,14	1,02	0,66	2,34	2,34
166	estiu	control	35,00	17,00	5	3,00	41	0,37	0,47	0,12	0,84	0,21	1,73	1,73
167	estiu	control	35,50	26,00	0	0,00	39	0,35	0,49	0,00	0,95	0,00	2,21	2,21
168	estiu	control	38,50	15,50	0	0,00	43	0,36	0,59	0,00	1,18	0,00	2,42	2,42

n° individu	estació	tractament	longitud tija	longitud arrel	n° rebrots	longitud rebrot	n°fulles total	diàmetre tija	diàmetre arrel	diàmetre rebrot	biomassa tija	biomassa foliar	biomassa rebrot	biomassa arrel
224	hivern	recollida tala	–	18,50	2	16,00	35	–	0,54	0,20	–	1,04	2,29	2,29
232	hivern	recollida tala	–	31,30	3	16,80	43	–	0,52	0,20	–	1,00	2,64	2,64
234	hivern	recollida tala	–	29,00	1	15,70	19	–	0,62	0,20	–	0,88	2,55	2,55
185	hivern	control	31,10	16,80	6	6,20	60	0,36	0,56	0,08	1,09	0,46	2,29	2,29
186	hivern	control	30,60	27,60	0	0,00	30	0,34	0,38	0,00	0,93	0,00	2,71	2,71
189	hivern	control	42,90	16,00	12	3,20	65	0,42	0,56	0,12	1,55	0,60	1,77	1,77
190	hivern	control	34,40	19,20	13	17,30	94	0,40	0,50	0,14	1,35	1,07	1,59	1,59
191	hivern	control	35,80	18,90	13	7,90	103	0,33	0,48	0,11	1,37	0,91	2,31	2,31
192	hivern	control	32,40	26,40	0	0,00	26	0,41	0,58	0,00	1,25	0,00	3,49	3,49
193	hivern	control	29,80	26,70	9	13,40	75	0,34	0,51	0,12	0,83	0,91	2,53	2,53
194	hivern	control	39,10	15,90	16	14,00	165	0,44	0,61	0,16	1,86	2,10	3,40	3,4
195	hivern	control	33,30	16,90	5	12,30	73	0,38	0,53	0,13	1,16	1,04	2,18	2,18
196	hivern	control	35,10	21,10	1	14,20	59	0,28	0,44	0,13	1,12	0,45	1,56	1,56
197	hivern	control	30,80	17,80	5	6,10	57	0,37	0,52	0,08	1,30	0,55	3,08	3,08
198	hivern	control	33,70	18,90	7	7,70	71	0,34	0,56	0,13	1,21	0,72	2,38	2,38
199	hivern	control	26,90	16,70	4	20,10	78	0,24	0,55	0,18	1,23	2,01	3,45	3,45
79	primavera	control	54,00	18,00	23	15,50	138	0,44	0,61	0,16	2,51	2,61	3,19	3,19
82	primavera n1	control	45,50	14,50	23	6,50	126	0,48	0,68	0,12	2,23	1,51	4,06	4,06
84	primavera n1	control	50,00	17,00	34	9,50	228	0,49	0,70	0,16	1,98	1,21	5,19	5,19
86	primavera n1	control	46,00	20,00	27	11,50	200	0,52	0,76	0,16	2,44	2,00	4,86	4,86
87	primavera n1	control	46,00	16,00	7	4,50	55	0,40	0,72	0,12	1,57	0,25	3,91	3,91
215	primavera n1	control	26,50	18,00	11	11,50	64	0,34	0,36	0,17	–	1,06	2,24	2,24
218	primavera n1	control	32,00	18,00	22	13,50	233	0,40	0,63	0,15	1,35	2,64	3,48	3,48
219	primavera n1	control	11,50	22,00	6	9,00	45	0,39	0,63	0,16	0,74	0,42	2,82	2,82
220	primavera n1	control	37,00	18,50	30	4,00	139	0,44	0,77	0,14	1,42	0,79	4,26	4,26
222	primavera n1	control	45,00	25,00	25	6,00	149	0,45	0,62	0,10	1,87	0,78	4,18	4,18

**TAULA 7.** Dades de les anàlisis de midó i de nitrogen de les diferents fraccions de les plàntules de *Q. coccifera*.

espècie	número gla	estació	tractament	midó tija	midó n. c.	midó 11 cm	midó arrel	nitrogen tija	nitrogen n. c.	nitrogen 11 cm	nitrogen arrel
<i>Q. coccifera</i>	3	primavera	control	2,74	96,10	311,34	5,06	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	8	primavera	control	0,00	96,10	209,95	9,13	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	11	primavera	control	61,81	-	352,94	43,74	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	104	primavera	control	0,00	0,00	391,30	75,66	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	104	primavera	control	164,16	53,44	559,33	41,99	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	167	primavera	control	6,93	-	273,43	255,03	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	168	primavera	control	11,99	53,44	530,99	110,65	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	170	primavera	control	0,00	0,00	289,29	91,80	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	172	primavera	control	9,60	2,82	110,80	114,85	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	178	primavera	control	0,00	39,45	333,85	39,45	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	179	primavera	control	0,76	2,82	-	257,29	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	180	primavera	control	0,05	2,82	141,96	44,47	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	181	primavera	control	10,36	0,78	177,88	201,75	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	183	primavera	control	0,00	39,45	156,05	17,92	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	184	primavera	control	0,00	0,00	187,31	75,66	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	185	primavera	control	0,00	0,78	-	-	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	187	primavera	control	0,00	39,45	112,38	147,69	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	189	primavera	control	12,48	0,78	66,50	98,47	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	191	primavera	control	21,84	53,44	108,48	99,00	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	83	estiu	tala	2,00	0,00	19,75	5,61	9,14	7,70	-	-
<i>Q. coccifera</i>	85	estiu	tala	2,20	7,35	50,76	18,40	-	8,00	10,35	12,09
<i>Q. coccifera</i>	86	estiu	tala	-	-	-	45,66	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	91	estiu	tala	-	-	-	-	11,75	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	94	estiu	tala	0,00	0,00	117,77	48,42	7,80	7,72	-	-
<i>Q. coccifera</i>	98	estiu	tala	0,00	0,00	80,65	44,07	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	99	estiu	tala	2,00	0,00	14,70	5,61	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	101	estiu	tala	2,00	0,00	26,12	5,61	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	103	estiu	tala	0,00	0,00	57,92	48,42	-	-	-	-

espècie	número gla	estació	tractament	midó tija	midó n. c.	midó 11 cm	midó arrel	nitrogen tija	nitrogen n. c.	nitrogen 11 cm	nitrogen arrel
<i>Q. coccifera</i>	121	estiu	tala	2,20	7,35	6,74	2,22	-	-	14,34	15,34
<i>Q. coccifera</i>	123	estiu	tala	2,20	7,35	50,48	10,13	-	-	11,53	14,33
<i>Q. coccifera</i>	36	estiu	control	17,27	91,52	97,20	26,16	12,49	13,48	12,13	14,30
<i>Q. coccifera</i>	41	estiu	control	6,94	25,16	44,03	16,55	-	14,32	-	-
<i>Q. coccifera</i>	95	estiu	control	6,92	59,13	345,67	82,22	-	9,50	-	-
<i>Q. coccifera</i>	96	estiu	control	4,78	59,13	172,44	110,01	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	126	estiu	control	2,62	25,16	72,56	139,29	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	129	estiu	control	2,22	91,52	37,27	25,14	8,84	-	9,30	12,49
<i>Q. coccifera</i>	130	estiu	control	3,04	25,16	58,25	82,76	-	-	,	,
<i>Q. coccifera</i>	133	estiu	control	20,30	91,52	104,44	104,57	8,41	-	9,12	10,98
<i>Q. coccifera</i>	287	estiu	control	2,59	59,13	102,17	95,21	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	17	hivern	tala	20,85	0,89	113,89	71,30	13,67	13,16	26,35	20,76
<i>Q. coccifera</i>	32	hivern	tala	0,00	14,11	103,87	13,79	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	87	hivern	tala	20,85	0,89	29,54	21,41	-	-	11,64	-
<i>Q. coccifera</i>	88	hivern	tala	9,14	1,91	51,15	48,41	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	90	hivern	tala	0,00	14,11	0,00	0,40	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	91	hivern	tala	-	-	-	-	13,52	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	151	hivern	tala	20,85	0,89	45,78	11,11	-	-	10,80	15,69
<i>Q. coccifera</i>	153	hivern	tala	9,14	1,91	168,68	84,61	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	155	hivern	tala	9,14	1,91	6,47	4,05	-	11,92	-	-
<i>Q. coccifera</i>	160	hivern	tala	0,00	14,11	69,02	94,56	-	12,79	-	13,63
<i>Q. coccifera</i>	107	hivern	control	19,86	38,83	263,21	28,34	-	13,32	-	-
<i>Q. coccifera</i>	110	hivern	control	28,22	38,83	207,11	125,81	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	111	hivern	control	23,40	38,83	388,82	142,69	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	113	hivern	control	23,85	128,52	242,16	141,98	11,20	12,77	13,06	13,69
<i>Q. coccifera</i>	138	hivern	control	26,92	117,64	331,38	268,58	,	16,21	-	-
<i>Q. coccifera</i>	142	hivern	control	14,58	128,52	186,78	95,82	10,98	-	9,87	10,64
<i>Q. coccifera</i>	143	hivern	control	35,68	117,64	270,70	325,21	-	-	-	-
<i>Q. coccifera</i>	145	hivern	control	7,23	117,64	139,11	131,61	-	-	-	-

**TAULA 8.** Dades de les anàlisis de midó i de nitrogen de les diferents fraccions de les plàntules de *Q. ilex*.

espècie	número gla	estació	tractament	midó tija	midó n. c.	midó 11 cm	midó arrel	nitrogen tija	nitrogen n. c.	nitrogen 11 cm	nitrogen arrel
<i>Q. ilex</i>	261	estiu	tala	21,09	21,52	101,46	22,41	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	262	estiu	tala	15,00	10,14	37,01	6,38	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	263	estiu	tala	4,18	0,00	13,48	5,43	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	265	estiu	tala	15,00	10,14	20,36	6,38	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	267	estiu	tala	4,18	0,00	34,54	5,43	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	268	estiu	tala	11,34	0,00	0,00	1,30	-	-	7,20	-
<i>Q. ilex</i>	270	estiu	tala	11,34	0,00	4,59	1,30	9,26	7,02	7,25	9,26
<i>Q. ilex</i>	271	estiu	tala	21,09	21,52	23,88	22,41	8,27	7,21	-	8,88
<i>Q. ilex</i>	137	estiu	control	-	-	-	-	8,97	-	12,40	12,80
<i>Q. ilex</i>	138	estiu	control	17,70	89,28	141,42	44,77	-	9,10	-	-
<i>Q. ilex</i>	139	estiu	control	0,76	89,28	87,21	0,00	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	140	estiu	control	-	-	-	-	18,15	20,60	14,42	17,26
<i>Q. ilex</i>	141	estiu	control	24,90	59,08	151,22	48,59	-	13,09	-	-
<i>Q. ilex</i>	142	estiu	control	4,63	33,56	70,27	4,64	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	149	estiu	control	42,76	59,08	46,00	0,94	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	150	estiu	control	21,58	59,08	207,21	49,79	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	151	estiu	control	13,36	89,28	120,24	116,92	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	172	estiu	control	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	177	estiu	control	11,33	33,56	86,60	10,93	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	179	estiu	control	-	-	-	-	10,76	-	10,76	13,11
<i>Q. ilex</i>	180	estiu	control	21,46	33,56	72,95	0,00	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	275	hivern	tala	11,59	22,49	20,22	74,45	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	277	hivern	tala	-	22,49	211,18	0,00	-	7,93	8,70	-
<i>Q. ilex</i>	278	hivern	tala	16,32	15,36	62,66	28,90	11,85	7,85	6,86	10,32
<i>Q. ilex</i>	286	hivern	tala	16,32	15,36	53,58	23,83	-	-	12,93	13,60
<i>Q. ilex</i>	188	hivern	control	59,98	188,86	275,03	315,99	-	15,07	-	11,61
<i>Q. ilex</i>	192	hivern	control	33,22	188,86	183,71	85,03	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	194	hivern	control	44,51	170,22	225,58	373,02	-	12,61	-	9,63
<i>Q. ilex</i>	200	hivern	control	73,81	170,22	347,48	193,55	-	-	-	-



espècie	número gla	estació	tractament	midó tija	midó n. c.	midó 11 cm	midó arrel	nitrogen tija	nitrogen n. c.	nitrogen 11 cm	nitrogen arrel
<i>Q. ilex</i>	206	hivern	control	39,22	188,86	255,62	66,14	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	207	hivern	control	33,61	170,22	379,96	25,59	-	-	-	-
<i>Q. ilex</i>	231	hivern	control	21,42	79,82	263,28	145,81	12,05	-	12,57	-
<i>Q. ilex</i>	237	hivern	control	15,33	79,82	170,63	157,22	9,08	-	14,29	-
<i>Q. ilex</i>	240	hivern	control	21,46	79,82	226,73	119,71	12,56	15,71	14,26	13,02

**TAULA 9.** Dades de les anàlisis de midó i de nitrogen de les diferents fraccions de les plàntules de *Q. humilis*.

espècie	número gla	estació	tractament	midó tija	midó n. c.	midó 11 cm	midó arrel	nitrogen tija	nitrogen n. c.	nitrogen 11 cm	nitrogen arrel
<i>Q. humilis</i>	126	primavera	control	-	20,73	-	-	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	129	primavera	control	1,66	88,38	152,06	66,65	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	130	primavera	control	50,10	95,27	224,24	241,69	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	131	primavera	control	40,20	108,83	238,04	135,50	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	133	primavera	control	42,08	95,27	292,64	113,98	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	134	primavera	control	,	,	290,95	83,60	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	137	primavera	control	39,93	,	446,80	86,76	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	139	primavera	control	,	20,73	,	,	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	140	primavera	control	37,38	98,64	233,87	108,54	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	141	primavera	control	75,94	167,51	224,15	160,09	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	142	primavera	control	45,13	95,27	313,74	129,28	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	143	primavera	control	44,60	88,38	232,15	156,78	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	145	primavera	control	60,80	97,37	314,90	268,38	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	146	primavera	control	30,34	98,64	199,53	87,91	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	147	primavera	control	25,76	108,83	218,77	135,09	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	148	primavera	control	34,92	97,37	159,02	77,73	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	149	primavera	control	,	97,37	157,58	47,35	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	12	estiu	tala	11,27	25,71	125,81	64,18	15,76	16,87	-	-
<i>Q. humilis</i>	13	estiu	tala	3,31	25,71	76,67	32,28	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	15	estiu	tala	0,00	25,71	162,72	132,84	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	53	estiu	tala	4,32	35,19	150,92	111,08	10,14	-	12,85	13,64
<i>Q. humilis</i>	54	estiu	tala	-	-	-	-	,	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	55	estiu	tala	11,09	35,19	105,62	49,45	12,49	-	13,96	13,10
<i>Q. humilis</i>	56	estiu	tala	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	58	estiu	tala	0,00	21,23	19,48	3,61	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	59	estiu	tala	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	196	estiu	tala	35,39	35,19	73,83	8,38	-	11,71	18,29	17,39
<i>Q. humilis</i>	205	estiu	tala	0,00	21,23	18,32	6,01	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	209	estiu	tala	13,45	21,23	117,18	96,29	13,57	10,61	-	-



espècie	número gla	estació	tractament	midó tija	midó n. c.	midó 11 cm	midó arrel	nitrogen tija	nitrogen n. c.	nitrogen 11 cm	nitrogen arrel
<i>Q. humilis</i>	35	estiu	control	11,12	100,61	266,81	203,95	-	15,08	-	-
<i>Q. humilis</i>	43	estiu	control	9,61	100,61	228,94	116,52	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	62	estiu	control	20,12	100,61	114,52	22,49	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	64	estiu	control	29,63	76,45	269,38	12,41	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	65	estiu	control	53,81	185,48	265,73	201,73	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	66	estiu	control	28,85	76,45	131,46	43,30	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	67	estiu	control	11,53	76,45	143,23	47,07	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	68	estiu	control	52,52	185,48	244,59	221,46	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	69	estiu	control	84,05	185,48	174,03	135,36	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	70	estiu	control	14,84	86,18	252,62	124,11	16,83	-	9,89	10,31
<i>Q. humilis</i>	73	estiu	control	52,42	86,18	232,78	159,53	13,57	13,93	10,89	13,65
<i>Q. humilis</i>	75	estiu	control	12,22	86,18	168,13	113,28	15,21	-	10,42	10,89
<i>Q. humilis</i>	170	hivern	tala	83,55	41,98	0,61	8,47	15,79	16,05	-	-
<i>Q. humilis</i>	171	hivern	tala	83,55	41,98	71,26	31,61	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	176	hivern	tala	83,55	41,98	346,08	150,68	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	178	hivern	tala	43,21	88,74	173,96	71,88	-	-	22,69	17,98
<i>Q. humilis</i>	180	hivern	tala	129,29	161,56	431,92	303,83	-	-	16,16	17,25
<i>Q. humilis</i>	189	hivern	tala	43,21	88,74	194,99	122,96	-	-	17,54	18,55
<i>Q. humilis</i>	190	hivern	tala	129,29	161,56	358,15	233,28	-	-	17,50	21,23
<i>Q. humilis</i>	193	hivern	tala	129,29	161,56	358,15	233,28	14,88	17,41	19,28	23,75
<i>Q. humilis</i>	195	hivern	tala	43,21	88,74	53,86	28,00	14,36	14,65	17,72	19,83
<i>Q. humilis</i>	78	hivern	control	71,02	156,77	358,05	269,85	-	20,47	-	-
<i>Q. humilis</i>	80	hivern	control	67,02	136,82	227,42	104,04	19,64	-	22,23	22,38
<i>Q. humilis</i>	85	hivern	control	80,60	156,77	385,35	252,34	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	93	hivern	control	84,35	215,72	248,71	94,12	-	16,83	-	-
<i>Q. humilis</i>	94	hivern	control	49,13	215,72	218,05	202,07	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	95	hivern	control	84,61	215,72	211,38	229,47	-	-	-	-
<i>Q. humilis</i>	96	hivern	control	68,25	136,82	234,07	249,94	13,16	17,26	15,51	14,79
<i>Q. humilis</i>	101	hivern	control	69,34	136,82	173,06	151,04	16,22	,	17,49	20,78

**TAULA 10.** Dades de les anàlisis de midó i de nitrogen de les diferents fraccions de les plàntules de *Q. suber*.

espècie	número gla	estació	tractament	midó tija	midó n. c.	midó 11 cm	midó arrel	nitrogen tija	nitrogen n. c.	nitrogen 11 cm	nitrogen arrel
<i>Q. suber</i>	124	primavera	control	10,56	144,50	144,50	169,17	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	127	primavera	control	0,00	160,09	160,09	95,33	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	129	primavera	control	34,24	189,98	189,98	195,33	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	131	primavera	control	13,16	270,38	270,38	149,49	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	132	primavera	control	14,98	268,44	268,44	140,46	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	133	primavera	control	14,74	204,16	204,16	93,39	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	134	primavera	control	16,13	213,17	213,17	112,06	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	135	primavera	control	32,96	279,49	279,49	151,00	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	137	primavera	control	5,21	100,11	100,11	55,84	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	140	estiu	tala	0,10	1,42	1,42	0,00	14,01	-	-	-
<i>Q. suber</i>	142	estiu	tala	0,10	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	143	estiu	tala	10,56	86,78	86,78	0,00	15,89	16,64	16,64	21,86
<i>Q. suber</i>	145	estiu	tala	7,74	4,54	4,54	8,72	11,25	-	-	-
<i>Q. suber</i>	147	estiu	tala	10,56	46,11	46,11	288,91	15,89	19,42	19,42	23,22
<i>Q. suber</i>	148	estiu	tala	0,10	7,77	7,77	14,17	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	149	estiu	tala	10,56	6,94	6,94	75,56	15,89	26,93	26,93	27,40
<i>Q. suber</i>	150	estiu	tala	4,31	73,73	73,73	27,71	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	151	estiu	tala	7,74	36,78	36,78	36,20	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	153	estiu	tala	7,74	29,70	29,70	17,94	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	158	estiu	control	33,72	74,66	74,66	0,00	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	161	estiu	control	0,00	153,41	153,41	78,91	11,00	12,92	12,92	17,57
<i>Q. suber</i>	162	estiu	control	2,35	198,49	198,49	182,14	10,26	17,36	17,36	15,32
<i>Q. suber</i>	166	estiu	control	10,33	159,89	159,89	79,99	13,06	21,51	21,51	18,57
<i>Q. suber</i>	167	estiu	control	3,11	99,41	99,41	88,51	-	-	-	-
<i>Q. suber</i>	224	hivern	tala	10,91	42,29	42,29	32,69	13,32	20,09	20,09	18,94
<i>Q. suber</i>	232	hivern	tala	24,09	86,42	86,42	113,49	15,16	20,86	20,86	26,54
<i>Q. suber</i>	234	hivern	tala	18,58	42,11	42,11	13,41	18,23	27,54	27,54	24,81
<i>Q. suber</i>	189	hivern	control	9,75	20,94	20,94	29,39	14,54	26,52	26,52	30,36
<i>Q. suber</i>	191	hivern	control	17,83	171,94	171,94	171,64	13,86	24,84	24,84	25,46
<i>Q. suber</i>	193	hivern	control	1,58	89,26	89,26	18,10	-	-	-	-

