

Aspectes desconeguts del garric

El garric és un arbust mediterrani amb una alta plasticitat fenotípica i un sistema subterrani complex.

TEXT: Dolors Verdaguer Murlà

Quercus coccifera (garric o coscoll) és una espècie arbustiva autòctona de la conca del Mediterrani capaç de fer front a condicions ambientals estressants i a certes perturbacions, com el foc, gràcies a una elevada plasticitat fenotípica i a un sistema subterrani complex. Les seves fulles són plàstiques i quan cal interceptar menys raigs de sol i perdre menys aigua esdevenen més petites i punxegudes; també redueixen el contingut de clorofil·les per a captar menys llum i augmenten els carotenoides, ja que són fotoprotectors. A més, el seu sistema subterrani, format per arrels i una gran quantitat de rizomes que s'entrellacen formant una veritable xarxa, contribueix a reduir l'erosió del sòl i conté nombroses gemmes dorments i reserves de midó que permeten a la planta rebrotar ràpidament i amb molt de vigor després d'un incendi.

Algunes generalitats del garric

El garric (*Quercus coccifera*) pertany a la família de les fagàcies i és l'espècie dominant de les garrigues així com una espècie acompanyant freqüent en màquies calcícoles, un hàbitat arbustiu autòcton àmpliament distribuït a la conca del Mediterrani. El garric es pot trobar al sud d'Europa, nord d'Àfrica i a l'Àsia occidental, entre els 0 i els 1300 m d'altitud (Figura 1).

A Catalunya, el garric forma part de les brolles i les màquies mediterrànies, sovint acompanyat d'altres espècies arbustives com el càdec (*Juniperus oxycedrus*), la savina (*Juniperus phoenicea*), el romaní (*Salvia rosmarinus*), la lavanda (*Lavandula stoechas*) o les estepes (*Cistus* spp.), o d'espècies arbòries com el pi pinyoner (*Pinus pinea*), el pi blanc (*P. halepensis*), o altres representants del mateix gènere, com l'alzina (*Quercus ilex*) o l'alzina surera (*Q. suber*). Pel que fa al sòl, en general prefereix substrats calcaris i pedregosos, tot i que pot tolerar-ne d'altres tipus. Es tracta d'una espècie majoritàriament termòfila, adaptada a ambients de clima mediterrani, caracteritzats principalment per estius molt calorosos i eixuts.

Igual que altres espècies del mateix gènere, com l'alzina i l'alzina surera, el garric és perennifoli i esclerofil·le; és a dir, manté les fulles tot l'any i aquestes són dures i coriàcies. Tanmateix, a diferència d'altres espècies d'aquest gènere, les fulles del gar-



Figura 1. Mapa de distribució de *Quercus coccifera* (garric). Les zones en blau i les creus indiquen zones on el garric hi és present, amb més i menys abundància, respectivament. Font: European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN). <https://www.euforgen.org/species/quercus-coccifera>.

ric pràcticament no tenen pèls al revers: són glabres i verdes a totes dues cares (Figura 2). Es disposen de manera alterna, seguint un patró en espiral, i cada fulla presenta, a la seva axil·la, una gemma axil·lar (Figura 3). Moltes d'aquestes gemmes es desenvolupen i originen noves tiges, i, atès que la longitud dels entrenusos és petita i variable, entre 0,4 i 5 cm, la planta presenta un creixement densament ramificat (Figura 4).

El garric és una espècie monoica de flors unisexuals, en què les flors masculines i femenines es desenvolupen a la primavera. Les flors masculines s'agrupen en aments penjants, fàcilment visibles, mentre que les femenines són diminutes i difícils d'observar. La pol·linització és anemòfila. El fruit és l'aglà, de mida relativament gran i similar al de l'alzina surera, però amb una cúpula punxosa característica (Figura 5). Igual que els aglans de la resta de quercínies, constitueix un aliment molt apreciat per a nombrosos animals, com senglars, cabirols, cérvols i esquirois, així com per a aus com els gaigs i les garses.

Tot i que el garric és una espècie molt comuna i fàcilment reconeixible per qualsevol persona que hagi passejat per una garriga, presenta també alguns trets que, per diverses raons, són més difícils d'observar i que ens revelen aspectes més desconeguts. En aquest treball tractarem dos d'aquests aspectes: la plasticitat fenotípica i la complexitat del

Figura 2. Fulles de garric (esquerra) i d'alzina (dreta), a dalt l'anvers de les fulles i a baix el revers. Fotografia: Dolors Verdaguer.

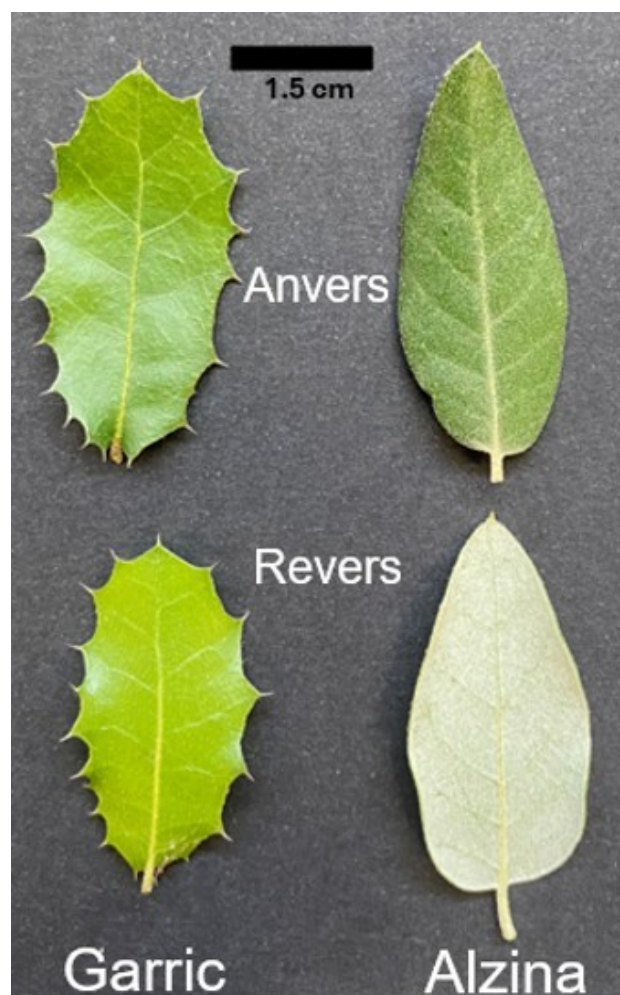




Figura 3. Detall d'una branqueta de garric, en la qual es pot observar les fulles i en l'axil·la de cadascuna, una gemma axil·lar (fletxes). Fotografia: Dolors Verdaguer.

seu sistema subterrani. Aquests trets són clau per entendre la capacitat del garric de sobreviure a les condicions ambientals, sovint estressants, del clima mediterrani, i la seva elevada resiliència davant de perturbacions característiques d'aquests ecosistemes, com ara els incendis forestals.

Figura 4. Branca de garric molt ramificada. Fotografia: Dolors Verdaguer.



Responsabilitat i precaució amb les plantes



La plasticitat fenotípica en el garric

La plasticitat fenotípica és un tret genètic que rau en la capacitat d'algunes espècies per aclimatar-se a diferents condicions ambientals mitjançant modificacions de la seva morfologia i/o fisiologia (fenotip), sense que es produeixin canvis en l'ADN (genotip) [1]. Aquests ajustos afavoreixen que la planta es desenvolupi en ambients on poden variar factors com la disponibilitat de llum, d'aigua o de nutrients. En el cas del garric, la plasticitat fenotípica es pot observar, més o menys fàcilment, comparant, en un mateix individu o en una mateixa població, les fulles més exposades al sol amb les fulles d'ombra, menys exposades. Les fulles més exposades al sol són més petites, gruixudes, dures i punxants, en part com a resultat d'un increment dels compostos estructurals de la paret cel·lular [2,3]. En canvi, les fulles menys exposades al sol són més grans, menys dures i presenten marges més suaus i menys lobulats (Figura 6) [4].

Les fulles més petites intercepten menys radiació solar, fet que és avantatjós en condicions d'excés de llum perquè s'escalfen menys i tenen menys superfície a través de la qual es pot perdre aigua en forma de vapor a través dels estomes (transpiració). A més, la cutícula, una capa protectora rica en ceres que recobreix la superfície de les fulles i en limita la pèrdua d'aigua, també respon de manera plàstica; durant l'estiu, les fulles acumulen una major quantitat de ceres cuticulars, fins i tot per sobre dels estomes, cosa que contribueix a disminuir la pèrdua d'aigua per transpiració [3].

Figura 5. Aglans de garric. Fotografia: Branyas, Pilar. Associació Flora Catalana (www.floracatalana.cat).





Figura 6. Fulles de garric de diferent grandària. A la dreta, les exposades a major insolació; a l'esquerra, les exposades a menor insolació. Fotografia: Dolors Verdaguer.

En conjunt, aquests canvis morfològics permeten al garric aclimatar-se a condicions ambientals heterogènies i incrementar la supervivència de la planta [5]. Per tant, no és estrany que quan passem per garrigues castigades per la sequera, el vent, una elevada insolació i altes temperatures, com les del massís del Montgrí (Figures 7 i 8), fàcilment ens esgarrinxem les cames, ja que les seves fulles esdevenen molt petites i punxants. D'altra banda, aquestes modificacions foliars fan que siguin menys atractives per als herbívors, cosa que en pot reduir la ingesta i afavorir la planta.

Ara bé, si els canvis morfològics de les fulles els podem observar amb certa facilitat, el garric també presenta plasticitat en altres trets de naturalesa fisiològica que només es poden determinar mitjançant anàlisis específiques. Per exemple, si analitzem els pigments fotosintètics de les fulles de sol i els comparem amb els de les fulles d'ombra, observem que en les fulles de sol, més petites i dures, la relació entre carotenoides i clorofil·les és superior que en les fulles d'ombra, sotmeses a condicions menys estressants [2,4,5]. Els carotenoides són una àmplia família de pigments que, entre altres funcions, par-

Figura 7. Garriga en el massís del Montgrí (Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter). Fotografia: Dolors Verdaguer.





Figura 8. Garriga en el massís del Montgrí (Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter). Fotografia: Dolors Verdaguer.

ticipen en l'absorció d'energia per a la fotosíntesi, conjuntament amb les clorofil·les. Tanmateix, la seva funció més rellevant és la de fotoprotegir el sistema fotosintètic davant d'un excés de radiació solar. L'augment de la relació carotenoides/clorofil·les pot deure's tant a una disminució en el contingut de clorofil·les com a un increment dels carotenoides, o bé a ambdós processos, com s'observa en el garric. En els garrics massa assolellats i assedegats, la reducció de les clorofil·les els ajuda a no captar tanta radiació solar i a disminuir el risc que hi hagi un excés d'energia en el sistema fotosintètic, cosa que podria conduir a l'augment d'espècies reactives d'oxigen (ROS, de l'anglès reactive oxidative species) [6], és a dir, espècies químiques altament oxidants que podrien comprometre el funcionament dels teixits. D'altra banda, l'increment dels carotenoides, especialment del β -carotè i de les xantofil·les, fa que hi hagi menys fotooxidació [2,6]. Això és degut al fet que algunes xantofil·les participen en la dissipació, en forma de calor, de l'excés d'energia absorbida per les clorofil·les (cicle de les xantofil·les), mentre que el β -carotè actua com a antioxidant fent disminuir les ROS.

En conjunt, aquests ajustos morfològics i fisiològics permeten al garric modular la quantitat d'energia que absorbeix, reduir l'estrès oxidatiu i millorar

l'eficiència en l'ús de l'aigua. Gràcies a això és possible que es pugui desenvolupar en zones amb condicions ambientals estressants, com les típiques del clima mediterrani, sobretot a l'estiu, uns estius que, cada cop més, amb el canvi climàtic, tendeixen a apoderar-se de part de la primavera i de la tardor.

El sistema subterrani del garric: arrels i rizomes

Quan ens parlen d'una planta, instintivament ens ve al cap la seva part aèria: les fulles, les flors, el tronc, la capçada, part que sovint ens meravella per la seva bellesa. En canvi, poques vegades, per no dir gairebé mai, pensem en la seva part subterrània; com que no la veiem, ens és més difícil tenir-la present. En el cas del garric, però, si poguéssim "radiografiar" el sòl, probablement quedariem igualment meravellats pel seu sistema subterrani, constituït per un veritable entramat d'arrels i de rizomes.

Els rizomes són tiges subterrànies que, en lloc de créixer cap a la llum, es desenvolupen dins el sòl, generalment en paral·lel a la seva superfície (Figura 9). Es distingeixen fàcilment de les arrels perquè conserven l'estructura de nusos i entrenusos pròpia de les tiges aèries, tot i que, en els rizomes del garric, la distància entre nusos és molt menor, d'entre 2 i 10 mm (Figura 10). A partir dels rizomes també es poden formar arrels adventícies, és a dir, arrels



Figura 9. Alguns rizomes de garric en creixement (fletxa). Fotografia: Dolors Verdaguer.



Figura 10. Detall d'un rizoma jove de garric, en què s'observen els nusos (fletxes) i entrenudos. Fotografia: Dolors Verdaguer..

que s'originen en òrgans que no són arrels.

Entre les funcions atribuïdes als rizomes, principalment estudiades en espècies herbàcies, destaquen la comunicació entre peus, la translocació de substàncies de reserva, l'exploració dels recursos del sòl i la reproducció vegetativa o clonal de l'espècie. En les espècies llenyoses, entre altres raons per la dificultat d'obtenir el sistema radicu-

lar, l'estructura, la morfologia i la funció dels rizomes són més desconegudes. Tanmateix, aquest no és el cas del garric.

A la Vall de Santa Caterina (nord-est de Catalunya, dins el sector muntanyós del Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter; 42.06° N, 3.14° E), en una garriga que havia sofert un incendi forestal feia 17 mesos, es van delimitar tres àrees

Figura 11. Garriga situada en la Vall de Santa Caterina, nord-est de Catalunya (Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter, 42.06° N, 3.14° E), on es veu delimitada una de les parcel·les d'1 m² abans d'excavar. Fotografia: Dolors Verdaguer.





Figura 12. Sistema subterrani del garric corresponent a una superfície d'1 m² de sòl, un cop excavat manualment per a preservar-ne l'estructura. Fotografia: Dolors Verdaguer.

d'1 m², separades entre elles, amb l'objectiu d'estudiar el sistema subterrani del garric (Figura 11) [7]. El garric n'era l'espècie dominant i només s'hi observaven alguns individus dispersos d'altres espècies com *Asparagus acutifolius*, *Brachypodium retusum*, *Crataegus monogyna*, *Cistus salviifolius*, *Lotus dorycnium*, *Prunus spinosa*, *Rubia peregrina*, *Rubus ulmifolius* o *Smilax aspera*. El sòl corresponia a una argila marró rogenca del tipus terra rossa (chromic luvisol, classificació UNESCO-FAO) originada per la meteorització de la roca calcària. A cadascuna de les tres àrees es va recol·lectar tota la biomassa aèria. Tot seguit es va excavar els primers 30 cm de sòl (on es troba més del 90% del sistema subterrani del garric) per extreure'n el sistema radicular, mecànicament o manualment segons el cas, per tal de preservar-ne l'arquitectura (Figura 12). Un cop descrites l'arquitectura i la morfologia del conjunt del sistema, al laboratori es van separar els rizomes de les arrels. Els rizomes es van poder

distingir fàcilment de les arrels per la presència de nusos i entrenusos, així com pel color més fosc de la seva escorça. Finalment, es va quantificar el nombre de gemmes presents en els rizomes, i també es va determinar el contingut de midó tant en arrels com en rizomes.

En els primers 30 cm del sòl, el conjunt de rizomes i arrels presentava una biomassa d'uns $10 \pm 3,01$ kg/m² (mitjana $\pm$ error estàndard), valors en línia amb els descrits en altres garrigues mediterrànies, com les estudiades a València [8], al sud de França [9] o a Grècia [10]. De totes maneres, el resultat més sorprenent, i fins llavors poc documentat, és que d'aquesta biomassa, uns 7 kg/m², és a dir, entre el 60 i el 70 % de la biomassa subterrània del garric, corresponia a rizomes i no a arrels (Figura 13). Això suggereix que, en aquesta espècie, la funció mecànica d'ancoratge no recau exclusivament en les arrels, sinó que és compartida amb els rizomes. A més, els rizomes es desenvolupen de

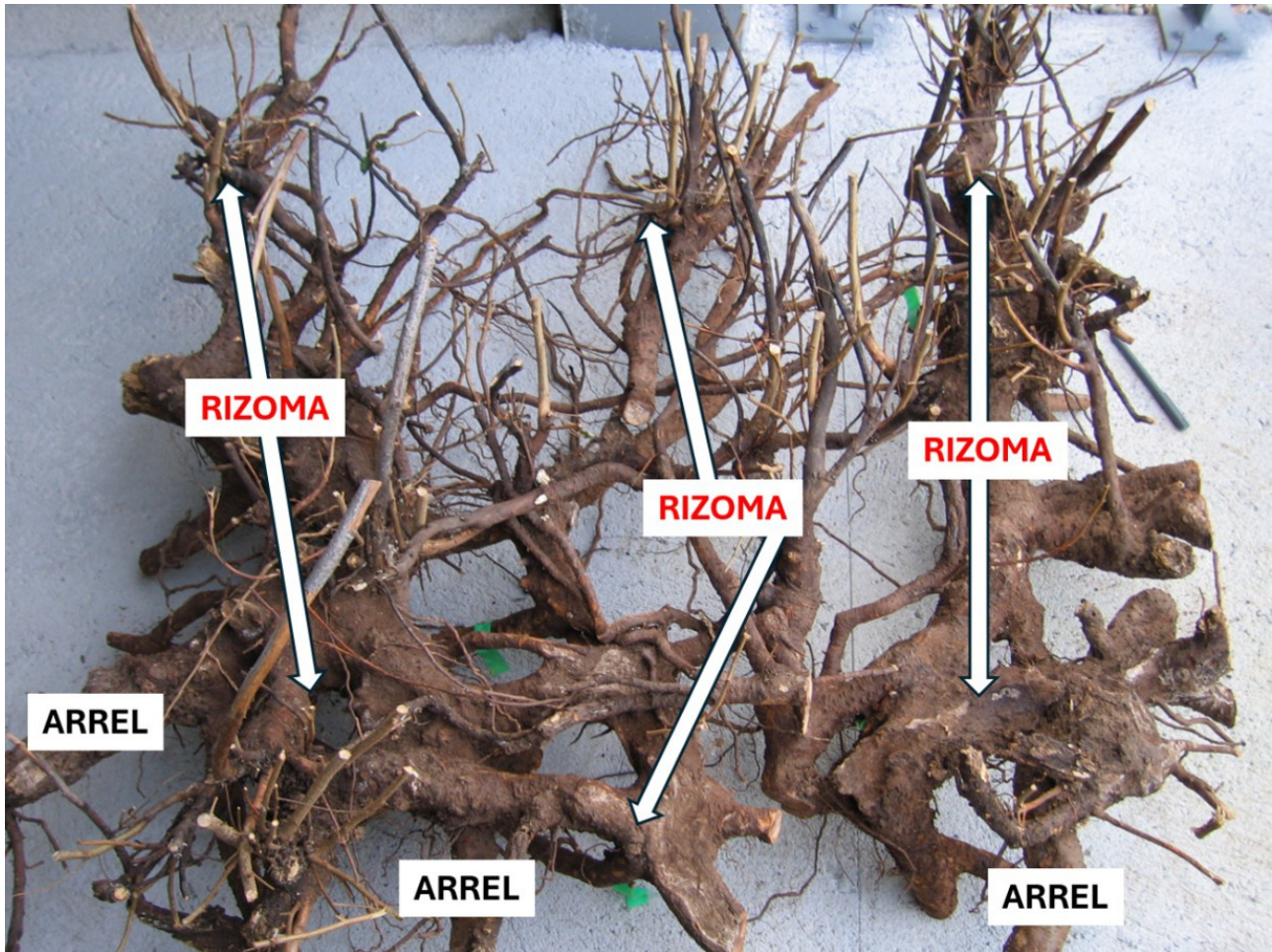


Figura 13. Sistema subterrani del garric corresponent a 1 m² de sòl, en què s'ha eliminat la terra i s'observen tres grans eixos horitzontals que corresponen als rizomes. Les arrels tenen una trajectòria més obliqua i penetren en el sòl. Fotografia: Dolors Verdaguer.

manera imbricada, entrelaçant-se els uns amb els altres fins a formar una xarxa que recorda una graella (Figures 12 i 13). Aquesta estructura contribueix a subjectar el sòl i, conjuntament amb les arrels, a reduir-ne l'erosió.

Ara bé, si es considera la longitud total d'arrels i rizomes, s'observa una relació inversa respecte a la biomassa. Les arrels del garric destinen proporcionalment més energia al creixement en longitud que els rizomes. Això és especialment evident en les arrels més fines, de menys de 2 mm de diàmetre, a les quals s'atribueix una funció principalment absorbent. De fet, en els sistemes excavats la longitud de les arrels fines era unes 10 vegades superior a la dels rizomes fins, fet que confirma que la funció absorbent recau essencialment en el conjunt d'arrels, i no en els rizomes.

Els rizomes no desenvolupen fulles, però als nusos s'hi observen gemmes axil·lars, disposades seguint la típica fil·lotaxi en espiral del garric (Figura 14). Aquestes gemmes, visibles externament sobre

l'escorça i amb independència del gruix del rizoma, són majoritàriament arrodonides (Figura 15), però algunes poden presentar una forma més cònica (Figura 16). En la majoria de casos, a cada nus hi ha una sola gemma axil·lar primària, encara que en al-

Figura 14. Rizoma de diàmetre mitjà, en què s'aprecien diverses gemmes disposades en espiral (fletxes). Fotografia: Dolors Verdaguer.





Figura 15. Detall d'un fragment de rizoma de garric amb gemmes de forma arrodonida (estrelles). Fotografia: Dolors Verdaguer.

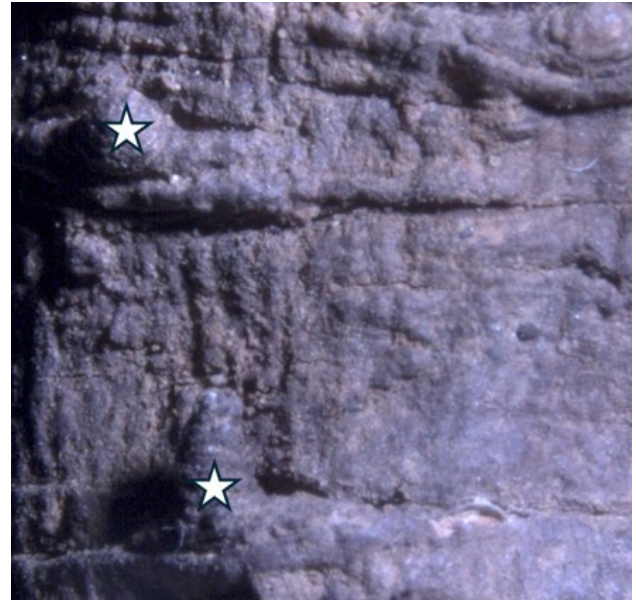


Figura 16. Detall d'un fragment de rizoma de garric, en què s'observen dues gemmes de forma cònica (estrelles). Fotografia: Dolors Verdaguer.

guns es poden formar gemmes secundàries, constituint petites agrupacions de tres o quatre gemmes dorments al costat de la principal (Figura 17).

La densitat de gemmes, o banc de gemmes, dels garrics estudiats és de 6201 ± 450 per m^2 de superfícies de sòl, cosa que reflecteix una reserva molt elevada de teixit meristemàtic potencialment capaç de generar noves tiges. De fet, per cada centímetre de rizoma hi ha, de mitjana, $1,7 \pm 0,5$ gemmes, i aquest valor augmenta amb el gruix dels rizomes. Cal destacar que aquest banc de gemmes es troba majoritàriament protegit pel sòl, que actua com a aïllant tèrmic i, per tant, representa un gran avantatge davant del foc. A més, el fet que la mida del banc de gemmes depengui sobretot del creixement en longitud dels rizomes reforça el paper clau d'aquests òrgans en l'expansió i la regeneració del garric (Figura 18).

De tota manera, no tan sols és important la mida del banc de gemmes perquè la planta pugui rebrotar; també cal que disposi de reserves de carboni, com el midó. Aquesta reserva esdevé essencial quan la planta no pot dur a terme la fotosíntesi perquè alguna pertorbació, com el foc o l'acció d'herbívors, ha eliminat les fulles, que són els òrgans on el carboni inorgànic (CO_2) es transforma en carboni orgànic (carbohidrats). En el cas del garric, la quantitat de midó en arrels i rizomes depèn del gruix d'aquests òrgans. En tots dos tipus d'òrgan, les estructures més gruixudes ($> 2,5$ cm de

diàmetre) presenten la màxima quantitat de midó per unitat de longitud. Per tant, el principal magatzem de reserves es localitza en aquestes estructures de major diàmetre, especialment en les arrels, on els valors de midó són unes tres vegades superiors als dels rizomes ($1,9$ g/cm i $0,5$ g/cm, respectivament). Tot i això, la presència de midó en els rizomes, juntament amb la posició de les gemmes, indica que, quan aquestes s'activen, probablement utilitzen primer les reserves acumulades en els ma-

Figura 17. Detall d'una agrupació de quatre gemmes en un rizoma de garric. Fotografia: Dolors Verdaguer.





Figura 18. Garric rebrotant a partir dels rizomes després d'un incendi. Fotografia: Dolors Verdaguer.

teixos rizomes. En aquest sentit, es pot establir un paral·lisme entre els rizomes i les llavors. Les llavors del garric contenen l'embrió, el teixit meristemàtic que es desenvoluparà en germinar, i substàncies de reserva, principalment midó, que en sustenten el creixement inicial. Tanmateix, hi ha una diferència fonamental: mentre que les llavors donen lloc a individus genèticament diferents, els rizomes originen nous brots o peus genèticament idèntics a la planta mare, és a dir, clonals, d'aquí que es parli de reproducció clonal en el garric.

En resum, mentre que arrels i rizomes tenen un paper rellevant en el suport mecànic de la planta i en l'emmagatzematge de reserves, l'expansió clonal i la capacitat de regenerar-se del garric després d'una pertorbació serien funcions específiques dels rizomes.

Agraïments.

Agraeixo al Dr. Lluís Vilar que molt amablement accedís a fer una primera lectura del treball. També vull donar les gràcies a totes les persones que, en el seu moment, van col·laborar en l'excavació del garric, així com al Parc Natural del Montgrí, les Illes Medes i el Baix Ter pel seu suport.

Dolors Verdaguer Murlà. Fisiòloga vegetal de la Universitat de Girona (UdG), interessada en l'estudi del desenvolupament de la part subterrània de les plantes llenyoses, la seva resposta als factors d'estrès abiòtic i, darrerament, en les possibles interaccions beneficioses entre plantes.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Gratani, I. 2014. Phenotypic Plasticity in response to environmental factors. *Advances in Botany* 2014 (4), 1-17. <https://doi.org/10.1155/2014/208747>.
- [2] Peguero-Pina, J. J., Sisó, S., Fernández-Marín, B., Flexas, J., Galmés, J., García-Plazaola, J. I., Niimets, U. Sancho-Knapik, D. & Gil-Pelegrín, E. 2016. Leaf functional plasticity decreases the water consumption without further consequences for carbon uptake in *Quercus coccifera* L. under Mediterranean conditions. *Tree Physiology*, 36:356-67. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpv129>.
- [3] Bueno, A., Sancho-Knapik, D., Gil-Pelegrín, E., Leide, J., Peguero-Pina, J. J., Burghardt, M. & Riederer M. 2019 Cuticular wax coverage and its transpiration barrier properties in *Quercus coccifera* L. leaves: does the environment matter?. *Tree Physiology*, 827-40. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpz0110>.
- [4] Valladares, F., Martínez-Ferri, E., Balaguer, L., Pérez-Corona, E. & Manrique, E. 2000. Low leaf-level response to light and nutrients in Mediterranean evergreen oaks: A conservative resource-use strategy?. *New Phytologist*, 148:79-91. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00737.x>.
- [5] Baquedano, F. J. & Castillo, F. J. 2006. "Comparative ecophysiological effects of drought on seedlings of the Mediterranean water-saver *Pinus halepensis* and water-spenders *Quercus coccifera* and *Quercus ilex*". A: *Trees - Structure and Function*, 20:689-700. <https://doi.org/10.1007/s00468-006-0084-0>.
- [6] Morales, F., Abadía, A., Abadía, J., Montserrat, G. & Gil-Pelegrín, E. 2002. "Trichomes and photosynthetic pigment composition changes: Responses of *Quercus ilex* subsp. *ballota* (Desf.) Samp. and *Quercus coccifera* L. to Mediterranean stress conditions. A: *Trees - Structure and Function*, 16:504-10. <https://doi.org/10.1007/s00468-002-0195-1>.
- [7] Verdaguer, D. 2020. "Towards a better understanding of the role of rhizomes in mature woody plants: the belowground system of *Quercus coccifera*". A: *Trees - Structure and Function*, 34:903-16. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-01969-w>.
- [8] Cañelles, I. & Ayanz, A. S. M. 2000. Biomass of root and shoot systems of *Quercus coccifera* shrublands in Eastern Spain. *Annals of Forest Science*, 57:803-10. <https://doi.org/10.1051/forest:2000160>.
- [9] Kummerow, J., Kummerow, M. & Traub, 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. <https://doi.org/10.1007/BF00045653>.
- [10] Papatheodorou, E. M., Pantis, J.D. & Stamou, G. P. 1998. The effect of grazing on phenology and biomass allocation in *Quercus coccifera* (L.). *Acta Oecologica*, 19:339-47. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(98\)80038-6](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(98)80038-6).