



Acció climàtica

**Estudi sobre
petits boscos urbans
de creixement ràpid
Mètode Miyawaki**

**Coordinació**

Àrea d'Acció Climàtica i Agenda Estratègica
Metropolitana, AMB
Direcció de Serveis d'Acció Climàtica, AMB
Secció Tècnica de Gestió de Projectes, AMB

Col·laboració

Direcció de Serveis de l'Espai Públic, AMB
Servei d'Infraestructura Verda, AMB

Redacció

Institut Cerdà

Barcelona, maig del 2026

© Àrea Metropolitana de Barcelona

Assessorament científic

Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions
Forestals (CREAF)
Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de
Catalunya (CTFC)

Agraïments

Universitat de Tuscia, Boomforest, SUGi
Project, Urban Forest Europe, Toulouse en
Transition, Collectif Micro-forêt Toulouse,
MiniBigForest, Proyecto Alba Perales del
Río, One Tree Planted, Ajuntament de
Ciudad Real, Fundació Life Terra





Índex

0	Introducció	4
1	Origen, descripció i característiques principals del mètode Miyawaki	5
1.1	Descripció	5
1.2	Origen	6
1.3	Característiques principals del mètode Miyawaki	7
2	Anàlisi del potencial de regeneració ecològica	13
3	Anàlisi comparativa del mètode Miyawaki davant d'altres tècniques	21
3.1	Aspectes tècnics principals del mètode Miyawaki	21
3.2	Anàlisi comparativa de tècniques corresponents a la fase de disseny	23
3.3	Anàlisi comparativa de tècniques corresponents a la fase de plantació	27
3.4	Anàlisi comparativa de tècniques corresponents a la fase de gestió i manteniment	31
4	Exemples d'implementació del mètode Miyawaki	37
5	Requisits bàsics per a l'extrapolació al context metropolità	58
5.1	Projeccions climàtiques previstes a la regió mediterrània a finals del segle XXI i les seves conseqüències	58
5.2	Boscos mediterranis i grau de tolerància o sensibilitat a la sequera i a l'augment de temperatures	61
5.3	Característiques predominants dels sòls presents als municipis metropolitans	71
5.4	Funcionalitat ecològica de la fauna present als boscos mediterranis	74
6	Bibliografia	78

0 Introducció

El creixement urbanístic actual i els canvis en els usos del sòl plantegen desafiaments per prevenir i minimitzar els impactes ambientals derivats tant de la pressió antròpica com del canvi climàtic. L'augment de temperatures i la intensificació dels esdeveniments climàtics extrems són manifestacions evidents d'aquest fenomen, que es considera un dels reptes més grans als quals s'enfronta la humanitat. Per això, la planificació urbana sostenible és crucial per abordar aquestes qüestions i reduir la vulnerabilitat de les comunitats urbanes davant del canvi climàtic.

En aquest sentit, la integració i l'expansió d'espais verds en entorns urbans, amb la presència de vegetació, contribueixen a la sostenibilitat ambiental a llarg termini i són estratègies per mitigar els impactes ambientals a les ciutats, atès que aquests espais actuen com a pulmons verds, absorbeixen diòxid de carboni, ajuden a mitigar el fenomen de l'illa de calor, redueixen la contaminació atmosfèrica, milloren la qualitat de l'aire, reforcen la biodiversitat urbana i proporcionen hàbitats per a la fauna i la flora.

A més, la implantació d'aquests espais en àrees urbanes és una pràctica de gestió de l'espai públic més sostenible i encarada a l'adaptació al canvi climàtic. El fet de considerar la natura com una part integral del disseny urbà posa de manifest una perspectiva nova que valora la coexistència harmoniosa entre la ciutat i l'entorn natural. Així mateix, aquests espais urbans ofereixen llocs per a l'aprenentatge, la recreació i la relaxació, milloren la qualitat de vida de la ciutadania i promouen la salut mental i física.

En aquest context, a la dècada del 1980, el professor Akira Miyawaki, botànic japonès, va introduir enfocament de reforestació nou i innovador al Japó amb l'objectiu de restaurar els ecosistemes autòctons i mantenir els entorns globals, incloent-hi la prevenció dels desastres i la mitigació de les emissions de diòxid de carboni. El seu mètode se centra en la creació de petits boscos nadius densos i biodiversos en

àrees urbanes i suburbanes. Aquest mètode és útil per a la promoció i integració de zones verdes en espais urbans degradats gràcies a les seves característiques úniques, que permeten un creixement ràpid i sostenible de la vegetació nativa.

L'objectiu d'aquest estudi és definir els criteris tècnics que han de servir de base per a la implementació d'aquest mètode als municipis de l'àrea metropolitana de Barcelona, així com assessorar-los sobre aquesta matèria.

1 Origen, descripció i característiques principals del mètode Miyawaki

1.1 Descripció

El **mètode Miyawaki** és una **metodologia de restauració ecològica** que permet generar boscos densos en entorns urbans i periurbans amb un creixement 10 vegades més ràpid i 30 vegades més dens que el que es produiria en un bosc natural. Si bé en qualsevol terreny fèrtil i sense cap intervenció antròpica es pot desenvolupar un bosc frondós en un període màxim d'entre 150 i 300 anys, amb aquest mètode, basat en el principi de **vegetació natural potencial** (PNV), es pot crear un bosc amb un cert grau de maduresa en un interval de tan sols 20-30 anys.

Un bosc desenvolupat a partir del mètode Miyawaki, també conegut com a **microbosc de protecció am-**

biental, és una **comunitat de plantes que pretén recrear un ecosistema forestal tal com existiria de forma natural, sense intervenció humana**. El mètode reproduïx els processos naturals de les successions ecològiques i permet iniciar el bosc en una fase avançada, perquè selecciona les comunitats vegetals més adequades, preferentment espècies vegetals autòctones i altres espècies adaptades a les condicions climàtiques de la regió. Aquesta combinació de diversitat i espècies locals afavoreix la cooperació de les plantes joves i la dinàmica correcta de l'ecosistema microforestal dins del teixit urbà. A més, aquest mètode serveix com a eina efectiva per restaurar ecosistemes degradats, accelerar la reforestació, capturar carboni, conservar la biodiversitat i millorar la qualitat del sòl i de l'aigua.



Figura 1. Bosc Miyawaki al parc de Danehy (Boston, Estats Units).
Font: *The New York Times* (26 agost 2023).

El mètode Miyawaki es basa en la **plantació densa d'espècies natives i altres espècies adaptades a les condicions climàtiques de la regió**, emulant les condicions dels boscos primaris. Aquest mètode implica la selecció d'**espècies arbòries, arbustives i herbàcies** que representin els diferents estrats del bosc. Les principals característiques del mètode es basen en una plantació densa —plantant els plançons molt junts—, en la promoció de la competència natural i el creixement ràpid, així com en la preparació del sòl mitjançant l'enriquiment amb matèria orgànica com compost o jaç protector per millorar la retenció d'aigua i nutrients, a fi d'emular el sòl d'un bosc madur. Es requereix un **manteniment inicial durant els primers tres anys (aproximadament)**, amb intervencions periòdiques com ara el reg i el control d'espècies invasores, fins que el bosc s'estabilitzi i es torni autosuficient.

A més, el mètode Miyawaki té un **alt potencial per a la regeneració ecològica**, especialment en àrees urbanes o degradades, ja que **contribueix a restaurar ecosistemes natius**.¹ Així mateix, amb la plantació d'espècies autòctones, es recuperen funcions ecològiques essencials, com la millora del cicle de l'aigua, l'augment de la biodiversitat i més captura de carboni. Aquests boscos contribueixen a la creació de refugis de biodiversitat, mitiguen la fragmentació dels hàbitats causada per la urbanització, milloren la qualitat de l'aire i redueixen l'efecte illa de calor urbana. Addicionalment, ofereixen serveis ecosistèmics com la reducció del soroll i la regulació del microclima, aspectes clau des del punt de vista d'adaptació al canvi climàtic en entorns urbans.

1.2 Origen

El mètode va sorgir de la preocupació del botànic japonès **Akira Miyawaki** durant la dècada de 1970, moment en què s'inicià l'accelerada desforestació al Japó. Akira Miyawaki va ser un botànic japonès nas-

cut el 29 de gener del 1928 a Takahashi, expert en ecologia vegetal i especialitzat en llavors. Va començar les seves recerques al Departament de Biologia de la Universitat d'Hiroshima, on va plantejar una tesi sobre l'estudi dels boscos naturals. Posteriorment, mentre treballava com a assistent de recerca a la Universitat Nacional de Yokohama i continuava els estudis a la Universitat de Tòquio, va seguir fent treballs de camp i investigació a altres regions del Japó.

Entre els anys 1956 i 1958, a través de l'Institut Federal de Cartografia Vegetal d'Alemanya, va treballar sobre el concepte de **vegetació natural potencial**, és a dir, la **vegetació que es produiria naturalment en absència de la intervenció humana**. Va tornar al Japó el 1960 per aplicar els estudis adquirits a Europa mitjançant el mètode de mapatge de la vegetació natural potencial. Miyawaki va reflexionar sobre les conseqüències del canvi en la composició i l'estructura de la majoria de boscos japonesos, que havien perdut la seva vegetació natural original. En aquest sentit, va interessar-se particularment pels boscos antics que es trobaven al voltant de temples i santuaris, coneguts com a *chinju-no-mori*, o arbredes sagrades.

A la dècada dels setanta, Nippon Steel Corporation, grup siderúrgic japonès especialitzat en la fabricació de components metàl·lics, es va interessar pel coneixement i el treball de Miyawaki després de la mort de les plantacions situades als terraplens del voltant de la seva acereria a la ciutat costanera d'Oita, i li va confiar el primer desenvolupament de boscos amb aquesta tècnica, que va esdevenir un èxit extraordinari.

Des d'aquell notori èxit, Miyawaki ha il·lustrat experts en ecologia d'arreu del món i ha contribuït a la restauració de gairebé 13.000 zones degradades. Destaca la seva contribució al Japó, a l'Amazònia (Brasil), a Borneo (Indonèsia), a la Xina, a Malàisia, a l'Índia, a Itàlia, a França o al Regne Unit.

¹ Sistema natural format per un conjunt d'organismes vius (biocenosi) i el medi físic on es relacionen (biòtop), que s'ha desenvolupat de manera natural en una àrea geogràfica específica al llarg del temps, en absència d'intervencions humanes significatives.



Figura 2. Primera experiència d'aplicació del mètode Miyawaki, el bosc de la planta de producció d'Oita, al Japó, que data del 1971. Font: Nippon Steel Corporation, 2022.

Miyawaki, mort als 93 anys el 16 de juliol del 2021, va acabar convertint-se en una referència mundial pel que fa a la restauració de boscos nadius en sòls degradats. Té un rècord de 40 milions d'arbres plantats a tot el món, i ha estat guardonat amb el premi Blue Planet Prize, que reconeix les aportacions científiques fetes per persones o institucions que contribueixen a resoldre reptes ambientals globals.

1.3 Característiques principals del mètode Miyawaki

Partint del concepte de vegetació natural potencial, aquest mètode d'enginyeria ecològica es basa en la **restauració de boscos nadius en sòls degradats i sense humus**.² Concretament, aquest mètode es fonamenta en els aspectes clau següents:

- **Selecció d'espècies autòctones i altres espècies adaptades a les condicions climàtiques de**

la regió per assegurar que les plantes estiguin més adaptades al terreny i al clima de la zona, i afavoreix la resiliència de la vegetació. L'elecció de les espècies es basa en l'observació de la vegetació dels ecosistemes i boscos de referència de la regió.

- **Millora de l'estructura del sòl** per augmentar la permeabilitat. Consisteix a descompactar la terra i, seguidament, afegir material orgànic per millorar les propietats físiques, químiques o biològiques per plantar-hi els plançons. Aportar-hi biomassa enriqueix el sòl amb matèria orgànica, fet que afavoreix la futura relació dels arbres amb el sòl i el seu desenvolupament.
- **Disposició aleatòria dels plançons** per reproduir la complexitat d'un entorn natural en què hi ha competència i complementarietat entre espècies, fet que accelera els cicles de vegetació. Contribueix a la diversitat i al desenvolupament d'una comunitat forestal densa i resistent.

² Capa superior del sòl creada i mantinguda per la descomposició de la matèria orgànica, essencialment per l'acció combinada dels animals, bacteris i fongs del sòl.

- **Configuració del terreny** per aprofitar al màxim l'aigua de pluja i adaptar-se a les condicions climàtiques locals. La topografia del terreny és rellevant per al disseny del petit bosc, ja que el pendent i la presència d'elevacions influeixen en la infiltració i en l'escolament superficial i per tant l'adaptació i adequació del terreny és clau.
- **Autonomia dels boscos obtinguts.** Després de tres anys, es preveu que els arbres superin els 2 metres d'alçària i ja no necessitin la intervenció humana per sobreviure. Amb tot, això dependrà de les condicions climàtiques de cada indret.
- Millora de la qualitat de l'aire, a través de l'absorció de carboni en forma de CO₂.
- Increment de la biodiversitat, de manera que es converteixen en hàbitats per a la fauna i la flora.
- Augment del control de l'escolament superficial en episodis de pluges extremes o torrencials.
- Reducció de la contaminació acústica, atès que actuen com a barreres naturals del soroll.
- Millora en la salut i el benestar emocional de les persones.
- Disponibilitat d'un espai on es poden dur a terme activitats socioeducatives i pedagògiques.

Mitjançant aquests aspectes clau, s'aconsegueix un **bosc densament poblat**, que, idealment, **assolirà l'adulthood i l'autosostenibilitat en un període d'entre 20 i 30 anys**. Aquest ritme de creixement és pràcticament 10 vegades més ràpid que el que es produiria en un bosc temperat sense intervenció humana, en què la regeneració completa (en termes de biodiversitat, estructura i funcions ecològiques, com el cicle de nutrients) triga entre 150 i 300 anys.

La implementació d'aquest tipus de boscos urbans és un aspecte clau en el context actual de canvi climàtic. La restauració de masses forestals i la creació de nous boscos en espais urbans contribueix a potenciar el verd urbà i a mitigar els efectes del canvi climàtic, atès que capturen diòxid de carboni de l'atmosfera, alhora que es potencien els serveis ecosistèmics i es disminueix la temperatura de l'ambient, fet que afavoreix el confort tèrmic. En aquest sentit, la creació de petits boscos en entorns urbans pot aportar múltiples beneficis, entre els quals destaquen els següents:

- Regulació de la temperatura mitjançant la creació de microclimes urbans i d'espais d'ombra, de manera que es converteixen en refugis climàtics. Reducció de la temperatura ambiental i reducció de la temperatura del sòl.³
- Mitigació de l'efecte d'illa de calor.

A continuació, s'inclou una descripció breu de les fases d'execució del mètode Miyawaki.

Fase 1. Avaluació i preparació

1. Avaluació del terreny: elaboració d'un estudi detallat del terreny per analitzar el tipus de sòl, la topografia, el drenatge, l'exposició solar i altres factors que afecten el creixement de les espècies vegetals que es plantaran. Així mateix, cal tenir saber per a què s'ha fet servir l'espai anteriorment i per a què es fa servir en el present.
2. Selecció d'espècies autòctones i altres espècies adaptades a les condicions climàtiques de la regió: se selecciona un ampli ventall d'espècies d'arbres i arbustos, amb l'objectiu de fomentar la biodiversitat i la resiliència del bosc. En aquest sentit, la teoria de la vegetació natural potencial sosté que el fet d'emprar espècies locals i ben adaptades requereix menys manteniment a llarg termini i és més probable que sobrevisquin a les condicions ambientals locals.
3. Disseny del bosc: estudi de la distribució espacial de les espècies, tenint en compte la creació de diferents estrats per imitar l'estructura d'un bosc natural.

³ CREA, <https://www.crea.cat/ca/articulos/sense-els-arbres-no-hi-ha-ciutats-del-futur>.

4. Preparació del sòl: en funció dels resultats obtinguts en el procés d'avaluació del terreny, abans de la plantació es recomana dur a terme una preparació del sòl per millorar-ne les característiques físiques, químiques i biològiques, a fi d'afavorir el desenvolupament dels plançons.

Fase 2. Adquisició de materials i preparació

1. Obtenció de plançons de les espècies seleccionades: per obtenir plançons sans i vigorosos, prèviament es germinen les llavors en vivers fins a obtenir plantes d'aproximadament 30 centímetres d'alçària i amb una xarxa d'arrels consolidades.
2. Preparació de la zona de plantació: es preparen les àrees de plantació d'acord amb el disseny del bosc previst. Cal assegurar-se que el sòl està en òptimes condicions per rebre els plançons.

Fase 3. Plantació

1. Densitat de plantació: es planten les espècies vegetals a poca distància les unes de les altres, per afavorir la competència natural. Es planten una gran quantitat de plançons en una àrea reduïda, amb una densitat que pot variar entre quatre i vuit plançons per metre quadrat. Aquesta alta densitat promou la competència entre les plantes i accelera el creixement vertical.
2. Tècniques de plantació: es fan servir tècniques de plantació per garantir una fixació correcta de les plantes al sòl (ús de mantells biodegradables,⁴ protectors individuals,⁵ etc.).
3. Reg inicial: es proporciona reg inicial per afavorir l'establiment de les plantes, i posteriorment s'ajusta segons les necessitats de les espècies i les condicions climàtiques.

Fase 4. Seguiment i monitoratge

1. Control d'espècies invasores: s'eliminen les espècies invasores per evitar competència no desitjada amb les espècies vegetals plantades.
2. Monitoratge de la supervivència o creixement: s'estableix un programa per avaluar de forma regular el creixement i la salut de les espècies vegetals plantades. Cal registrar qualsevol senyal de malaltia o estrès. Durant els primers anys, s'ha de tenir especial cura dels plançons, incloent-hi el reg regular, el control d'espècies invasores i la protecció contra herbívors, a fi de garantir la supervivència i el creixement òptim de les plantes.
3. Reposició de plantes: en cas que sigui necessari, es reemplacen les espècies que no hagin sobreviscut i s'ajusta la densitat de plantació segons convingui.
4. Avaluació de la biodiversitat: s'identifiquen i se censsen les espècies animals presents al bosc, i es fa una anàlisi de la seva contribució a l'ecosistema.

Una vegada definides les fases principals de plantació del mètode Miyawaki, a continuació s'inclou informació detallada sobre els principals aspectes clau que cal tenir en consideració.

1.3.1 El sòl

És important conèixer les **característiques del sòl** objecte d'estudi: el pH, els minerals que conté, la capacitat d'adsorció de sodi (Na⁺), el percentatge de matèria orgànica, etc., per tal de fer les modificacions necessàries per assegurar el desenvolupament correcte de les espècies. Hi ha diferents tests que es poden fer i que, tot i no tenir una gran precisió, permeten fer una aproximació d'alguns paràmetres.

⁴ Capa de material que es col·loca al voltant dels plançons per protegir el sòl i retenir la humitat. Es descompon de manera natural sense deixar residus.

⁵ Dispositiu que envolta cada plançó per protegir-lo de danys externs i crear un microclima favorable perquè creixi.



Figura 3. Ús d'encoixinament en les parcel·les arbrades de la superilla de Rocafort-Consell de Cent, Barcelona. Metalocus, 2024.

La **textura** del sòl és la combinació i distribució de diferents mides de les partícules elementals que el formen. Aquestes mides influeixen decisivament en el comportament del sòl, especialment pel que fa a la capacitat de retenció d'aigua i nutrients, la permeabilitat i la capacitat per descompondre la matèria orgànica. Els tipus de sòl es poden classificar en tres grans grups: sorrenc, franc o argilenc.

Hi ha **substrats** que ajuden a millorar l'aeració i la descompactació del sòl, i permeten que les arrels creixin ràpidament. En aquest sentit, es recomana buscar materials locals per aportar biomassa seca, com ara la fusta triturada i altres restes vegetals.

Els **fertilitzants orgànics** són necessaris per a l'alimentació del sòl. Es poden utilitzar diferents materials segons la regió i la disponibilitat, com els fems o el vermicompost (humus de cuc).

En el cas dels fems d'animals, es recomana fer el compostatge adequat per evitar que les plantes pateixin la calor generada per la descomposició de la matèria, que pot ocasionar la mort del plançó. En comparació amb el vermicompost, els fems són un fertilitzant vegetal que allibera lentament els nutrients. Els fems proporcionen petites quantitats de nutrients durant un període prolongat en el temps, mentre que el vermicompost proporciona altes dosis de nutrients en un període relativament curt de temps.

Així mateix, l'ús de l'**encoixinament**,⁶ cobertura o humus aïlla i protegeix el sòl, i evita que la llum solar hi impacti directament, a fi de protegir la vida dels microorganismes fotosensibles. A més, aquests tipus de materials tenen un paper molt important en la prevenció de l'evaporació de l'aigua i es converteixen en un moderador vers els canvis abruptes de temperatura.

⁶ Capa de material orgànic o inorgànic col·locada sobre el sòl per conservar-ne la humitat, reduir el creixement de males herbes i millorar-ne la salut.

Per tant, en implementar el mètode Miyawaki, és important que el lloc on s'actuarà tingui un sòl airejat, ben estructurat i amb prou matèria orgànica per garantir l'èxit de la plantació, almenys al primer metre. Les actuacions necessàries han de ser específiques de les característiques de cada lloc.

1.3.2 Selecció d'espècies

L'elecció de les espècies que es plantaran és una de les tasques clau del mètode Miyawaki. En aquest context, la selecció es basa en les espècies que habiten nativament a les proximitats de l'àrea on es vol establir el bosc.

El procediment per a la selecció d'espècies és el següent:

- **Confeccionar una base de dades de totes les espècies vegetals autòctones i altres espècies adaptades a les condicions climàtiques de la regió.** Les espècies han de complir les característiques següents: que el seu hàbitat potencial sigui un dels ecosistemes presents en l'entorn proper al lloc on es planteja el petit bosc urbà —és a dir, que estiguin adaptades al clima i al microclima locals— i que presentin un baix consum hídric i, per tant, siguin resistents a la sequera o a l'estrès hídric generat per la manca o escassetat d'aigua de la regió o zona. En aquest sentit, cal tenir en compte els microclimes del terreny o espai on es durà a terme el projecte, així com el tipus de sòl que hi ha en cada ubicació.
- **Triar espècies d'estrats diferents per potenciar la complexitat de l'ecosistema:** arbori, arbustiu i herbaci.
- **Optar per una barreja d'espècies amb flors, fusta i fructíferes,** a fi d'afavorir la presència d'aus i insectes pol·linitzadors.

1.3.3 Disseny del bosc

Es recomana **delimitar el terreny en què s'inter-vindrà** i la quantitat de recursos que es necessita-

ran, així com la forma o disseny que se li donarà, que no necessàriament ha de ser quadrat o rectangular. Així mateix, s'ha d'**identificar l'àrea apropiada per a la plantació** i s'han d'adquirir els materials per iniciar l'execució del projecte a partir dels punts següents:

- **Identificació de l'àrea exacta de la plantació per a l'adquisició de materials i execució del projecte.** Es recomana que l'amplada mínima de l'àrea sigui de 4 metres, i ha de rebre insolació durant, almenys, vuit hores al dia.
- **Pla de reg.** S'ha de dissenyar un sistema de reg en funció de les necessitats de l'espai. En aquest sentit, el bosc s'ha de regar regularment durant els primers dos o tres anys. Així mateix, s'haurà de preveure un possible sistema de reforç del reg.
- **Marcació i delimitació dels plançons.** Pel fet d'estar molt a prop els uns dels altres, els plançons han de tenir guies per a la plantació. Habitualment, es dibuixen quadrícules d'un metre quadrat, aproximadament, que contenen, cadascuna, entre quatre i vuit plançons.



Figura 4. Plantació compacta de plançons en àrees delimitades. Ciudad Huerto, 2024.

1.3.4 Plantació

El procés de plantació es duu a terme amb les espècies seleccionades de la manera següent:

- **Cal preparar el terreny per a la plantació.** Cada petita comunitat vegetal es crea sobre un espai d'un metre quadrat. Al mètode Miyawaki, tots els plançons es planten al mateix nivell, a diferència de les plantacions convencionals, on s'excaven forats individuals per a cada plançó.
- **S'han de col·locar les plàntules per crear el bosc natural de diferents estrats.** Idealment, s'han d'agrupar les plàntules de forma que creixin en diferents estrats. És important mantenir una distància mínima de 60 centímetres entre exemplars d'una mateixa espècie i no seguir un patró a l'hora de plantar-los. L'objectiu és tenir una plantació aleatòria i densa d'espècies d'arbres nadius.
- **A l'hora de plantar, cal cavar un petit forat amb una paleta.** Seguidament, es col·loca la plàntula al forat i s'anivella el sòl al voltant de la tija de la planta, sense pressionar-lo ni compactar-lo.
- **El mantell** (d'un gruix aproximat de 15 centímetres) **s'ha de distribuir pel sòl de manera uniforme**, i és recomanable fixar-lo al sòl.
- **Un cop plantat el bosc, s'ha de regar** per assegurar la capacitat del sòl i dotar els plançons de reserves hídriques inicials.

Atesa la densitat amb què es planten, **les espècies seleccionades competeixen per la llum durant els primers mesos**. D'aquesta manera, es genera una **capa d'ombra** que fa que la llum solar no arribi al sòl i es manté la humitat gràcies a l'humus produït per les fulles que cauen dels arbres. A causa d'aquesta competència, s'accelera el creixement, fet que dona com a resultat un bosc madur ric en biodiversitat en tan sols 10 o 20 anys.

1.3.5 Manteniment i gestió

El bosc requereix un **seguiment i un monitoratge cada un o dos mesos** per verificar si s'han complert els objectius previstos durant els primers 8 o 12 mesos de vida. Per al seguiment, cal fer un **cens dels plançons joves que han sobreviscut** i registrar-ne les dades. A més, s'ha de **monitorar el creixement**

de les espècies seleccionades. Es recomana que aquestes tasques de seguiment s'estenguin durant els primers tres anys.

En relació amb les tasques de manteniment:

- S'ha de regar el bosc amb la freqüència que exigeixi cada cas.
- S'ha de mantenir el bosc lliure d'espècies invasores durant els primers dos o tres anys.
- S'ha de mantenir el bosc net d'escombraries.
- S'ha de mantenir un drenatge adequat perquè no s'acumuli l'aigua en cap punt del bosc. Es recomana no construir dics de retenció hídrica, atès que l'acumulació d'aigua pot ofegar les arrels.
- La taxa de mortalitat de les plantes sol situar-se entre el 2 % i el 5 %. La mortalitat s'ha de verificar aproximadament quan hagin passat tres o quatre mesos de la plantació.
- El mantell s'ha de mantenir almenys durant un any. Es recomana no eliminar les fulles caigudes, atès que alimenten els microorganismes que habiten al sòl, encarregats de descompondre la matèria orgànica.
- A mesura que el plançó creix, és possible que necessiti estructures de suport més altes per assegurar que estigui dret i no es doblegui o debiliti.
- Es recomana no podar o tallar el bosc.

2 Anàlisi del potencial de regeneració ecològica

En termes generals, el potencial de regeneració ecològica (PRE) és la **capacitat d'un ecosistema per recuperar-se després de patir una alteració**, com ara un incendi, tales o aclarides, una explotació agrícola o qualsevol altre impacte natural o antròpic. L'anàlisi del potencial de regeneració ecològica inclou l'estudi de diversos factors —tant biòtics com abiòtics—, així com la identificació de les accions necessàries per fomentar la regeneració de la massa forestal.

En línies generals, per analitzar el potencial de regeneració ecològica de forma prèvia a l'aplicació d'una tècnica de regeneració, cal:

- **Avaluar l'estat actual de l'ecosistema.** En primer lloc, mitjançant un **inventari de la biodiversitat** present a la zona, s'identifiquen espècies tant de flora com de fauna i s'observa l'estat de les seves poblacions. En segon lloc, es fa un **estudi de l'estructura, la qualitat i la composició del sòl**, així com la presència de nutrients i microorganismes essencials, que esdevenen crucials per a la regeneració. En tercer lloc, es fa un coneixement previ de les **condicions climàtiques**, del clima actual i de les condicions meteorològiques, així com de la temperatura, la precipitació i els patrons estacionals de la zona d'estudi, ja que influeixen en la capacitat de regeneració del sòl.
- **Identificar les pertorbacions passades i presents** a partir de l'**historial d'ús del sòl** de la zona d'estudi, amb el registre de les activitats anteriors que hagin pogut alterar l'ecosistema, com l'agricultura, la construcció o la mineria. Seguidament, es fa un estudi del risc de **pertorbacions naturals**, com ara els incendis, les tempestes o les plagues, ja que aquests factors poden tenir un impacte significatiu en la capacitat de l'ecosistema per regenerar-se i en la resiliència de les espècies autòctones, fet que afecta tant la biodiversitat com la salut general del bosc.
- Estudiar la **capacitat de regeneració natural**, mitjançant un estudi de **resiliència d'espècies**, atès que algunes espècies tenen una capacitat innata

per regenerar-se després de les pertorbacions, gràcies a característiques com l'arrelament profund o la capacitat de rebrotar. Seguidament, cal analitzar les possibles **fonts de propagació** per regenerar-se més fàcilment, com la presència de bancs de llavors o plançons, poblacions reproductores properes i altres fonts de regeneració biòtica.

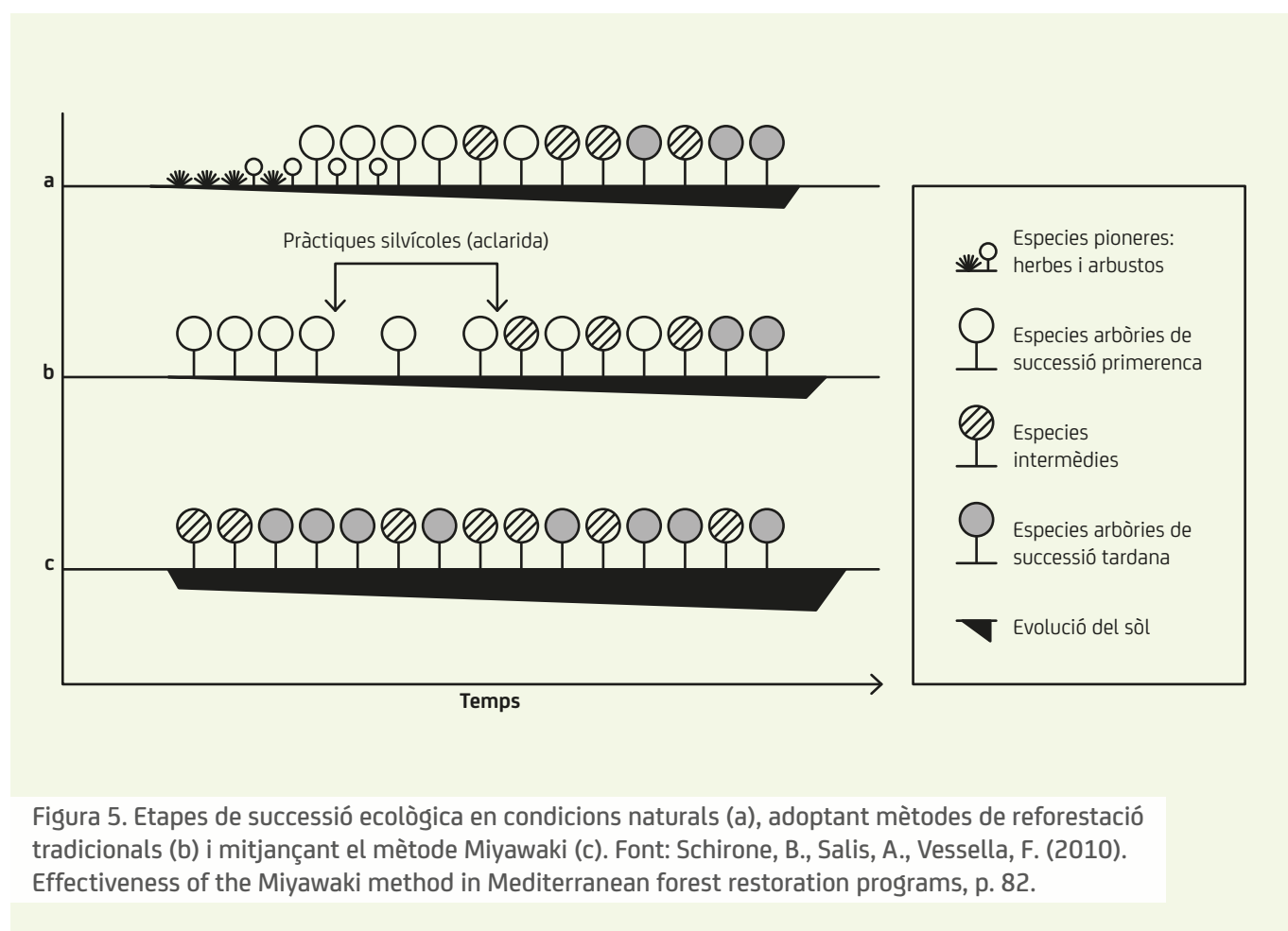
- Tenir en compte els possibles **factors que poden dificultar la implantació del bosc**, com la **presència d'espècies invasores** que poden competir amb les espècies natives i dificultar-ne la regeneració; **la fragmentació del paisatge**, que pot limitar el moviment de les espècies i la distribució de llavors, i la **contaminació**, en què la presència de contaminants químics o altres formes de pol·lució poden afectar negativament la regeneració.
- Implementar diferents **estratègies de restauració, com la reforestació i replantació**, amb la plantació d'espècies natives per accelerar la regeneració, el control d'espècies invasores amb mecanismes per limitar o eliminar espècies invasores, i tècniques de millora de la qualitat del sòl, com la biofertilització o l'addició de matèria orgànica.
- Fer **un monitoratge i una avaluació** mitjançant el **seguiment del progrés** a partir d'un mesurament continu de la biodiversitat, l'estructura del sòl i altres indicadors ecològics. Així, és possible avaluar l'èxit de les mesures de restauració i es poden fer **ajustaments adaptatius** a partir de l'adaptació de les estratègies en funció dels resultats del monitoratge.

D'acord amb la teoria clàssica de **successió ecològica**, un bosc convencional amb una comunitat vegetal de diverses capes necessita entre 150 i 300 anys per regenerar-se en un sòl desertitzat. En aquest context, **el mètode Miyawaki pretén accelerar el procés de regeneració ecològica** imitant la composició natural del bosc primari en cada context. Aquest mètode consisteix a plantar diverses espècies autòctones de plantes a prop les unes de les altres perquè rebin llum solar només des de la part superior i creixin verticalment, i no cap als laterals. Amb això, la plantació es

torna aproximadament 30 vegades més densa, creix 10 vegades més ràpid i no necessita manteniment després d'un període de tres anys.

D'altra banda, la densitat amb què són plantades les espècies provoca una gran competència entre elles. Al cap de només vuit mesos, no permeten que la

llum arribi al sòl, de manera que conserven la humitat i l'humus produït per les fulles que cauen a terra. A causa d'aquesta competència entre espècies, s'accelera el creixement del bosc. Tanmateix, és primordial estudiar l'ecologia vegetal local per identificar espècies que tenen funcions clau i funcions complementàries en la comunitat arbòria normal.



El mètode Miyawaki, per tant, es pot considerar una **tècnica d'enginyeria ecològica**, atès que utilitza el coneixement de l'ecologia i la biologia de les espècies autòctones i la vegetació potencial per construir sistemes d'enginyeria forestal que subjectin el sòl, redueixin la contaminació, disminueixin el soroll i ambientaltzin el paisatge en aquelles àrees on s'implementa.

A continuació, es detallen el conjunt de característiques que fan que el mètode de restauració Miyawaki sigui un mètode reeixit de regeneració ecològica.

Per assegurar una regeneració ecològica efectiva i perdurable en el temps, en primera instància cal fer un estudi detallat de **tres factors** que afectaran el

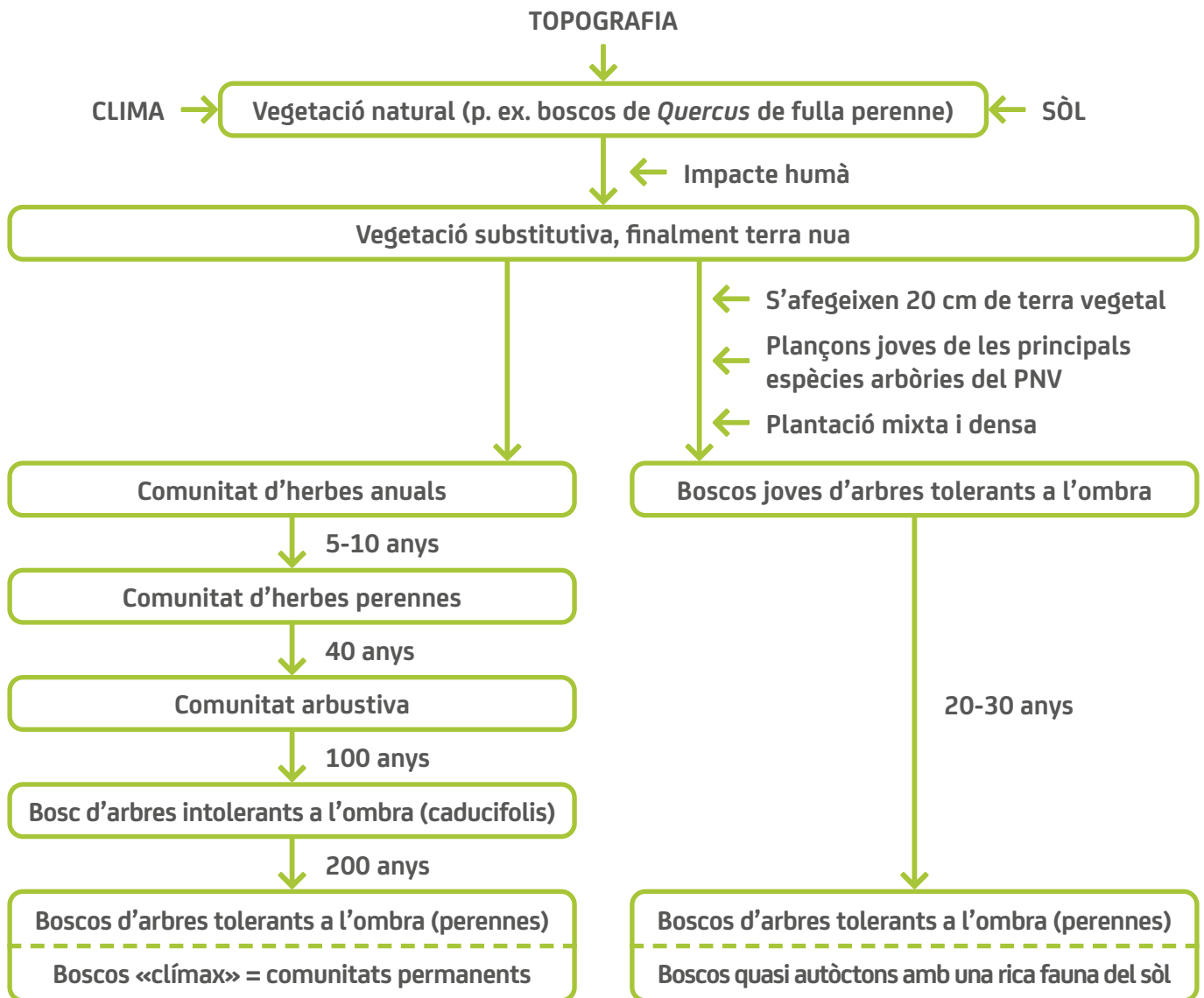


Figura 6. Comparació entre el procés de regeneració ecològica tradicional (esquerra) i el mètode Miyawaki (dreta).
 Font: Miyawaki, A. (1999). Adaptació de *Creative Ecology: Restoration of Native Forests by Native Trees*, p. 23.

desenvolupament de la vegetació: **la topografia, el sòl i el clima**. Aquests factors són essencials, perquè determinaran en gran manera la supervivència o la mort de les espècies que es plantin.

Per exemple, en el pla topogràfic, si el terreny on es vol dur a terme la regeneració té un pendent elevat

(> 15%), les espècies vegetals amb sistemes radiculars superficials probablement no prosperaran. De la mateixa manera, en climes marcats per escassetat de precipitacions o períodes prolongats de sequera, aquelles espècies que tinguin necessitats hídriques elevades no sobreviuran. En relació amb la composició del sòl, si aquest té un pH bàsic o alcalí, permetrà el crei-

xement de determinades espècies. A títol il·lustratiu, en l'àmbit mediterrani, l'olivera (*Olea europaea*), el pi blanc (*Pinus halepensis*) o el garric (*Quercus coccifera*) podran prosperar. Per contra, aquelles espècies mediterrànies adaptades a sòls neutres o lleugerament àcids, com el castanyer (*Castanea sativa*), l'alzina surera (*Quercus suber*) o el pi roig (*Pinus sylvestris*), no trobaran les condicions òptimes per sobreviure.

El coneixement d'aquests tres components influirà decisivament en la composició i el desenvolupament de l'ecosistema vegetal, que és l'epicentre de la restauració. Un desconeixement de qualsevol d'aquests factors pot tenir conseqüències des d'un punt de vista de desenvolupament i supervivència de la plantació.

D'altra banda, un dels principis del potencial de regeneració ecològica del mètode Miyawaki és el concepte de **vegetació natural potencial (PNV)**, és a dir, aquelles espècies vegetals que estarien presents de

manera natural en un medi determinat (tenint en compte el clima, el sòl i la topografia) en absència d'intervencions antròpiques. En definitiva, es tracta d'**espècies que han sabut adaptar-se als canvis ambientals i climàtics**. Aquest concepte s'utilitza en el mètode Miyawaki per seleccionar les espècies més ben adaptades a l'àrea geogràfica de la plantació.

Per exemple, en les primeres experiències d'implantació del mètode Miyawaki al Japó, es van estudiar les espècies situades al voltant dels santuaris xintoistes i temples budistes, atès que s'havien preservat al llarg dels segles sense alteracions significatives, contràriament al que passava a la resta de l'arxipèlag japonès. D'aquesta manera, espècies com el roure japonès (*Quercus glauca*) o la camèlia (*Camellia japonica*) van ser emprades en la regeneració ecològica d'entorns industrials com el de Nippon Steel Corporation o el de Kansai Electric Power Company, amb resultats satisfactoris, perquè es tractava de vegetació adaptada a les condicions de l'entorn.



Figura 7. El jardí del temple de Keishun-in, a Kyoto, presenta vegetació preservada des del Japó ancestral.



Figura 8. Akira Miyawaki (dreta) i Takushi Sato (esquerra) al festival de plantació de Benevides, Pará, destinat a recuperar l'hàbitat forestal d'una zona de l'Amazònia oriental del Brasil. Font: ASFLORA, 2005.

Un altre factor que afectarà el potencial de regeneració ecològica del mètode Miyawaki són els possibles **impactes** —tant naturals com humans— que hagin succeït en el passat en el terreny objecte de la restauració.

En el cas dels **impactes naturals**, un dels exemples més comuns són els **incendis forestals**, que devasten la vegetació i deixen el sòl desprotegit i susceptible a l'erosió. El mètode Miyawaki s'ha utilitzat per restaurar ràpidament la cobertura vegetal i recuperar la biodiversitat en àrees afectades per incendis, com en regions de Portugal o Califòrnia. De la mateixa manera, les **tempestes i els forts vents** poden destruir grans extensions de bosc. En països com les Filipines, s'ha utilitzat aquest mètode després de tifons per replantar espècies natives i fomentar la recuperació del bosc. **L'erosió del sòl** és un altre impacte comú en regions amb pendents elevats o

pluges intenses, on la plantació d'aquests boscos densos ajuda a estabilitzar el terreny, com s'ha vist en zones muntanyoses del Japó després de desprendiments de terra.

Pel que fa als **impactes antròpics**, **l'expansió urbana i la construcció d'infraestructures** sovint comporten la destrucció de vegetació natural i la degradació del sòl. En aquest context, el mètode Miyawaki s'ha utilitzat per transformar espais urbans degradats en boscos densos, com a París, on s'han establert boscos Miyawaki en àrees urbanes o industrials abandonades. D'altra banda, activitats com l'agricultura intensiva i la mineria esgoten els nutrients del sòl i destrueixen els ecosistemes naturals. Al Brasil, el mètode Miyawaki s'ha aplicat en terres degradades per aquestes activitats, a fi d'ajudar a restaurar la biodiversitat autòctona. També

s'han utilitzat en àrees afectades per contaminació de sòls i aigües a causa de residus industrials, com als Països Baixos, per restaurar la qualitat ecològica de zones contaminades.

Aquest conjunt de perturbacions, tant naturals com antròpiques, comporten l'aparició d'una sèrie de **factores limitadors**. Un dels principals és la **presència d'espècies invasores**, que poden competir amb les espècies natives plantades per l'espai vital, la llum i els nutrients. Per exemple, a l'Índia, en alguns projectes amb el mètode Miyawaki, plantes invasores com la lantana (*Lantana camara*) han desplaçat espècies autòctones, fet que ha disminuït la biodiversitat i ha alterat la composició del bosc. Aquestes espècies tenen un creixement agressiu i sovint colonitzen ràpidament àrees degradades, fet que dificulta la regeneració de la vegetació nativa.

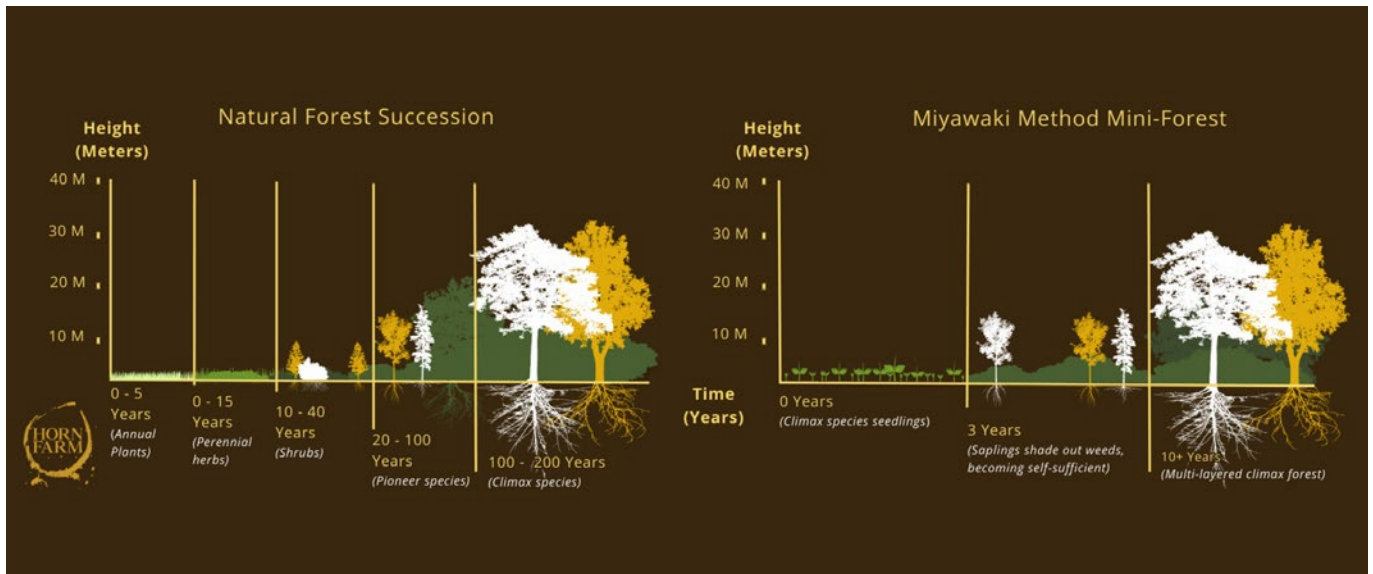
Un altre factor limitador és la **fragmentació del paisatge**, que crea barreres físiques entre les àrees bos-

coses i impedeix la dispersió natural de les espècies. Això és especialment crític en entorns urbans densos o àrees amb infraestructura pesant, com carreteres o edificis, on els fragments de bosc creats pel mètode Miyawaki queden aïllats. En ciutats com Tòquio, alguns boscos urbans Miyawaki han quedat envoltats per infraestructures, fet que ha limitat la seva connectivitat amb altres ecosistemes naturals. Això afecta la seva funcionalitat ecològica i la capacitat de sostenir una biodiversitat més rica.

La **contaminació de l'aire i del sòl** és un altre aspecte important des del punt de vista de la regeneració ecològica. La contaminació de l'aire, especialment en ciutats amb alts nivells de pol·lució, pot afectar la salut de les plantes i alterar el seu creixement i la seva capacitat de fotosíntesi. Per exemple, a Bombai, algunes plantacions Miyawaki situades prop d'autopistes han mostrat un creixement més lent i signes de danys per l'alta concentració de partícules contaminants. A més, la contaminació del sòl per produc-



Figura 9. Alguns boscos Miyawaki, com ara el Colaba Woods Park (Bombai, Índia), han mostrat unes taxes de creixement més lentes a causa de la pol·lució atmosfèrica. Font: *Hindustan Times*, 2019.



Comparació entre l'evolució del creixement d'un bosc natural i el d'un bosc amb el mètode Miyawaki. Autora: Mel Beans. A: Andrew Leahy, «The Horn Farm Ecosystem: Miyawaki», Horn Farm Center for Agricultural Education. Disponible a: <https://hornfarmcenter.org/miyawaki-blog>

tes químics industrials o residus tòxics pot interferir en l'establiment d'espècies vegetals, fet que redueix la capacitat del sòl per mantenir la vida i, en alguns casos, fa necessari el tractament previ del sòl abans de la plantació. En zones industrials de Bèlgica, els sòls contaminats han requerit una intervenció prèvia per poder establir boscos Miyawaki amb èxit. N'és un exemple la regió de Brussel·les, on el sòl ha estat deteriorat per l'activitat industrial durant dècades a causa de l'abocament de residus i l'ús de pesticides. Així, les estratègies de sanejament de sòls han inclòs tècniques com la bioremediació o la descontaminació biològica.

No obstant això, si s'aconsegueixen superar els factors limitadors mencionats, el mètode Miyawaki presenta un potencial de regeneració ecològica molt significatiu, principalment associat a la implementació de **tècniques que milloren la qualitat del sòl i permeten augmentar la taxa de creixement gràcies a processos de selecció i distribució de les espècies vegetals.**

Finalment, Miyawaki opta per una **plantació densa d'espècies, distribuïdes de forma aleatòria** (sense un patró concret), al llarg del terreny que s'ha de restaurar. Aquesta elevada densitat afavoreix la regeneració ecològica i el desenvolupament accelerat del bosc. D'una banda, la competència natural entre les plantes per recursos com la llum, l'aigua i els nutrients impulsa un creixement més ràpid i saludable. De l'altra, la densitat elevada crea un microclima humit i fresc sota els arbres de copa, protegit dels efectes climàtics extrems, i afavoreix la presència de microorganismes beneficiosos per al sòl. A més, el fet de plantar espècies de forma compacta redueix l'espai per a les males herbes i disminueix la competència no desitjada. Aquest tipus de plantació també promou un augment de la biodiversitat, de manera que es converteix en un ecosistema resilient davant de plagues, malalties i canvis en el clima. En conjunt, **la densitat accelera el procés de successió ecològica** i permet que el bosc arribi a un estat madur en menys temps, a més d'augmentar la seva funcionalitat en termes de captació de diòxid de carboni, millora de la qualitat de l'aire i creació d'hàbitats.

En última instància, per assegurar la **perdurabilitat a llarg termini de la plantació**, és essencial **una gestió i un manteniment** adequats. En el mètode Miyawaki, la **gestió és intensa durant els dos o tres primers anys**, però després d'aquest període el bosc ja té un grau de maduresa elevat i pràcticament no es necessiten intervencions humanes, senyal que el procés de regeneració s'ha completat i consolidat.

Aquesta fase està directament relacionada amb el potencial de regeneració ecològica, atès que els processos de manteniment adequats assegurin que el bosc pugui regenerar-se amb èxit i arribar a un estat madur. La **irrigació** permet que les plantes jo-

ves superin la sequera i estableixin arrels profundes, mentre que el **control de males herbes** evita que espècies invasores desplacin les plantes natives. El monitoratge general de la plantació permet detectar i corregir a temps qualsevol alteració —com ara **plagues o deficiències de nutrients**— per evitar danys greus a l'ecosistema en desenvolupament.

El manteniment inicial permet que les espècies plantades prosperin de manera més ràpida, fet que permet crear un microclima i una estructura de sòl que afavoreixen una successió ecològica natural. Amb el temps, **el bosc es torna autosuficient**, amb més diversitat i resiliència davant les perturbacions, fet que augmenta el seu potencial de regeneració ecològica.



3 Anàlisi comparativa del mètode Miyawaki davant d'altres tècniques

3.1 Aspectes tècnics principals del mètode Miyawaki

En aquest apartat, s'identifiquen diverses metodologies similars al mètode Miyawaki que busquen restaurar i conservar els ecosistemes tenint en compte les condicions locals i els requisits de biodiversitat. A partir d'aquesta identificació, se seleccionen aquelles tècniques més rellevants per dur a terme una anàlisi comparativa amb el mètode Miyawaki. Aquesta comparació es presenta a través de fitxes que inclouen una sèrie de camps, com ara els objectius de la restauració, la ubicació, el context geogràfic, les espècies vegetals utilitzades, l'efectivitat en la restauració, els costos i recursos necessaris, la durabilitat, la complexitat d'implementació, l'adaptabilitat

als diferents entorns, la resiliència al canvi climàtic, la interacció amb la fauna local, la participació ciutadana, el monitoratge i avaluació, la innovació tecnològica i les necessitats de manteniment. Aquesta anàlisi proporciona una visió clara dels avantatges i inconvenients del mètode Miyawaki en comparació amb altres aproximacions a la restauració ecològica.

Donada l'àmplia varietat de tècniques de regeneració ecològica, l'anàlisi comparativa es duu a terme en tres fases diferenciades, les quals cobreixen tot el procés de restauració forestal. Es tracta de la **fase de disseny**, la **fase de plantació**, i la **fase de gestió i manteniment**. Com a resultat, cadascuna engloba una sèrie de tècniques, que són comparades amb el que proposa el mètode Miyawaki.

Taula 1. Descripció i anàlisi de les característiques del mètode Miyawaki

Característiques	Mètode Miyawaki
Objectius de la restauració	Augmentar la biodiversitat, fomentar un creixement ràpid de les espècies, recrear un hàbitat com més natural millor.
Ubicació	Es pot aplicar en diferents entorns: <ul style="list-style-type: none"> – Espais urbans – Marges de rius o rieres – Zones desforestades – Parcs
Context geogràfic	Es pot aplicar en qualsevol context geogràfic, des de boscos temperats fins a regions tropicals o àrides, sempre que la tècnica estigui correctament adaptada al context específic de la regió.
Espècies vegetals utilitzades	<u>Fase de disseny</u> Varien segons la regió, però han de ser espècies autòctones i altres espècies adaptades a les condicions climàtiques. Es poden seleccionar espècies que tinguin necessitats hídriques baixes.
Efectivitat en la restauració	Efícaç, a causa de la competència entre espècies pels recursos, fet que genera un creixement ràpid.

Taula 1. Descripció i anàlisi de les característiques del mètode Miyawaki

<i>Característiques</i>	<i>Mètode Miyawaki</i>
Costos i recursos	<p><u>Fase de disseny</u> Els costos principals d'aquesta fase estan associats a la preparació del terreny i adequació del sòl, i a la compra dels plançons.</p> <p><u>Fase de plantació</u> Els costos són elevats, ja que els plançons s'han de plantar en densitats elevades i, per tant, es necessita molta mà d'obra.</p> <p><u>Fase de gestió i manteniment</u> En aquesta fase, els costos econòmics són elevats durant els dos o tres primers anys. Després d'aquest període, el bosc s'autoregula sense necessitat d'intervencions humanes, de forma que els costos de manteniment són mínims.</p>
Durabilitat	Elevada, sempre que se seleccionin espècies autòctones i adaptades al clima local i se'n faci un manteniment correcte durant els dos o tres primers anys.
Complexitat de la implementació	<p><u>Fase de disseny</u> Complexitat elevada, es requereix un estudi exhaustiu de l'espai (propietats del sòl, inclinació del terreny, disponibilitat d'aigua i nutrients), així com la selecció de les espècies vegetals i com aquestes estaran distribuïdes espacialment.</p> <p><u>Fase de plantació</u> Relativament senzilla, s'han de plantar els plançons amb una densitat elevada i de forma aleatòria, sense seguir un patró establert.</p> <p><u>Fase de gestió i manteniment</u> Senzilla, però amb una freqüència constant durant els primers dos o tres anys. Les tècniques de manteniment inclouen el reg de la vegetació i l'eliminació manual de males herbes, ja que poden frenar o impedir el creixement dels plançons.</p>
Adaptabilitat a diferents entorns	Elevada, tot i que cal fer canvis en la tipologia d'espècies utilitzades i els requisits de cada tipus de sòl per assegurar una correcta adaptabilitat.
Resiliència al canvi climàtic	Elevada. El principal objectiu és crear ecosistemes resilents i adaptats als escenaris climàtics futurs.
Interacció amb la fauna local	Elevada, atès que es creen refugis i zones d'alimentació per a la fauna local.
Participació ciutadana	Elevada. Aquests espais tenen una vocació educativa important, de forma que es pot involucrar la ciutadania en el procés de plantació, i també es poden fer tallers educatius destinats a promoure valors de consciència ambiental.

Taula 1. Descripció i anàlisi de les característiques del mètode Miyawaki

Característiques Mètode Miyawaki

Monitoratge i avaluació	<p><u>Fase de gestió i manteniment</u> Inclou el control del creixement i la taxa de supervivència de les plantes, l'anàlisi de la qualitat del sòl, i els estudis de biodiversitat de flora i fauna. Acaba entre els dos o tres anys posteriors a la implementació de la tècnica, tot i que després es pot continuar fent un seguiment del creixement i de les espècies presents.</p>
Innovació tecnològica	<p><u>Fase de disseny</u> Moderada. Es poden emprar tecnologies de modelització climàtica i altres eines informàtiques per facilitar el procés de selecció de les espècies vegetals.</p> <p><u>Fase de plantació</u> Moderada. El procés de plantació és senzill, però es pot complementar amb tecnologies o elements que protegeixin els plançons (per exemple, el mètode Cocoon⁷) o contribueixin al desenvolupament durant els estadis primerencs de vida.</p> <p><u>Fase de gestió i manteniment</u> Baixa. Les tècniques de manteniment com el reg estan àmpliament implementades en l'àmbit forestal.</p>
Manteniment	<p><u>Fase de gestió i manteniment</u> Intens durant els primers dos o tres anys després de la plantació. Més endavant, el bosc s'autoregula i el manteniment és mínim.</p>

3.2 Anàlisi comparativa de tècniques corresponents a la fase de disseny

En un procés de reforestació urbana, la **fase de disseny** implica, entre altres, la selecció i la distribució de les espècies vegetals, tenint en compte factors com el clima, el tipus de sòl i la disponibilitat de llum i aigua. Aquesta etapa planifica com es desenvoluparà el bosc, des de la tria de les espècies que el formaran fins a la manera com es distribuiran al llarg del terreny, amb quina densitat, disposició (a partir d'un patró o bé de forma aleatòria), etc. A continuació, es descriuen breument cadascuna de les tècniques amb què es fa la comparació amb el mètode Miyawaki:

– **Selecció d'espècies al·lòctones adaptades al canvi climàtic:** consisteix a triar espècies no inva-

sores, és a dir, espècies no natives però resistents a les condicions climàtiques futures, de forma que puguin prosperar en l'entorn local.

- **Selecció mixta d'espècies:** implica combinar diferents espècies vegetals, tant autòctones com al·lòctones, amb l'objectiu de millorar la biodiversitat, la resiliència de l'ecosistema i la capacitat d'adaptació al clima urbà i a possibles canvis ambientals.
- **Plantació amb predominança d'arbustos:** la plantació s'articula al voltant d'arbustos, els quals formen l'estrat vegetal predominant.
- **Nucleació aplicada:** tècnica de reforestació que consisteix a establir petites «illes» o petits nuclis de vegetació en àrees degradades, a fi de promoure que la regeneració natural s'expandeixi des d'aquests punts i faciliti la recuperació gradual de l'ecosistema.

⁷ CREA. <<https://www.crea.cat/es/articulos/utilizar-el-metodo-cocoon-de-donuts-biodegradables-aumenta-el-exito-de-reforestacion-de-zonas-degradadas>>.

En la taula comparativa següent es detallen diversos aspectes sobre les diferents tècniques corresponents a la fase de disseny:

Taula 2. Tècniques corresponents a la fase de disseny de la plantació				
	<i>Selecció d'espècies al·lòctones adaptades al canvi climàtic</i>	<i>Selecció mixta d'espècies</i>	<i>Plantació amb predominança d'arbustos</i>	<i>Nucleació aplicada</i>
Objectius de la restauració	Assegurar l'estabilitat i la funcionalitat de l'ecosistema davant dels escenaris climàtics futurs.	Millorar la qualitat i productivitat de l'ecosistema, combinant espècies principals amb altres espècies d'acompanyament per optimitzar funcions com la fixació de nitrogen o l'ombratge.	Restaurar àrees degradades, controlar l'erosió i estabilitzar el sòl en terrenys altament pertorbats mitjançant espècies de baixa alçària.	Facilitar la regeneració natural del bosc a partir de plantacions puntuals (illes) que actuen com a nuclis de vegetació, i reduir costos i mà d'obra.
Ubicació	Parcs urbans, espais verds urbans, zones forestals urbanes i àrees forestals degradades.	Boscos urbans, espais verds en zones urbanes, àrees de restauració forestal, i en zones amb objectius específics de millora del sòl o de productivitat ecològica.	Zones erosionades, talussos, àrees de restauració ambiental i espais urbans amb limitacions d'alçària o amb necessitats específiques d'estabilització del sòl.	Zones degradades on es vol restaurar el bosc amb un mínim d'intervenció, com àrees amb sòl erosionat o en zones de restauració forestal.
Context geogràfic	Regions on es preveu un canvi significatiu de les condicions climàtiques, especialment en zones on la flora autòctona pot no suportar el clima futur.	Pot adaptar-se a diferents contextos geogràfics, sempre que se seleccioni una combinació d'espècies que s'adapti a les condicions climàtiques i edàfiques de la zona.	Regions amb tendència a l'erosió del sòl o amb condicions climàtiques que dificulten el creixement d'arbres, com zones amb forts vents o sòls pobres.	Regions on la vegetació natural pot recolonitzar el terreny de manera gradual. Es pot aplicar en diverses condicions climàtiques i edàfiques.
Espècies vegetals utilitzades	Espècies al·lòctones no invasores, seleccionades per la seva compatibilitat amb la flora local i la seva capacitat de suportar condicions climàtiques futures més extremes.	Espècies principals per a la funció desitjada, amb altres espècies auxiliars per millorar la qualitat del sòl, l'ombra, la fixació de nitrogen o la producció d'humus.	Arbustos i plantes de baixa alçària adaptats al clima i sòl locals, amb espècies que ajuden a estabilitzar el sòl i millorar la qualitat del substrat.	Espècies pioneres i altres espècies adaptades al clima local, en forma de petites illes de vegetació que promouen la successió ecològica del bosc.
Efectivitat en la restauració	Efectiva a llarg termini, sempre que es controli la introducció d'espècies per evitar riscos d'invasió i es faci un seguiment de la compatibilitat amb la flora local.	Elevada, ja que les espècies auxiliars contribueixen a crear un microclima i una qualitat de sòl favorables, fet que beneficia l'espècie principal i incrementa la biodiversitat.	Eficaç per a la prevenció de l'erosió i la recuperació de sòls degradats, atès que les arrels dels arbustos ajuden a retenir el sòl i reduir la pèrdua de nutrients.	Elevada a llarg termini, atès que la tècnica facilita la regeneració natural i l'expansió de les espècies en el terreny de manera progressiva.

Taula 2. Tècniques corresponents a la fase de disseny de la plantació

	<i>Selecció d'espècies al·lòctones adaptades al canvi climàtic</i>	<i>Selecció mixta d'espècies</i>	<i>Plantació amb predominança d'arbustos</i>	<i>Nucleació aplicada</i>
Costos i recursos	Costos variables: la selecció i compra d'espècies adaptades pot ser costosa, i pot requerir estudis previs per identificar les espècies adequades sense riscos invasors.	De moderats a elevats, en funció de la selecció d'espècies i de la necessitat de planificar la distribució i les funcions de cada espècie en la plantació mixta.	De baixos a moderats, ja que els arbustos i plantes baixes solen tenir un cost inferior al dels arbres i requereixen menys recursos en termes de preparació del sòl.	De baixos a moderats, ja que es planta en petites àrees i es permet que la successió natural cobreixi la resta, fet que redueix els costos de plantació.
Durabilitat	Elevada si les espècies es mantenen adaptables a les condicions futures i es fa un seguiment per detectar i prevenir problemes de compatibilitat o invasió.	Elevada si es mantenen les funcions complementàries entre espècies i es fa un seguiment per garantir que es mantinguin els efectes positius a llarg termini.	Elevada en condicions adequades, ja que la vegetació arbustiva pot establir-se i créixer ràpidament, fet que proporciona una coberta sòlida i duradora contra l'erosió.	Elevada, ja que la regeneració natural crea un ecosistema sostenible amb menys necessitat de manteniment a llarg termini.
Complexitat de la implementació	De moderada a elevada, en funció de la disponibilitat de les espècies desitjades i la necessitat d'estudis per comprovar la compatibilitat ecològica amb l'ecosistema local.	Moderada, ja que requereix coneixements específics sobre les interaccions entre espècies i les seves necessitats per assegurar que les espècies acompanyants compleixin el seu paper.	De baixa a moderada, ja que la plantació d'arbustos i plantes de baixa alçària requereix menys preparació del sòl i menys manteniment inicial en comparació amb els arbres.	Moderada, ja que requereix una planificació inicial per distribuir les illes de manera estratègica, però un manteniment mínim després de l'establiment.
Adaptabilitat a diferents entorns	Elevada, ja que les espècies són seleccionades específicament per la seva resiliència climàtica, encara que es necessita assegurar la seva compatibilitat en cada cas concret.	Elevada, ja que es poden seleccionar combinacions d'espècies adaptades a les característiques específiques del sòl i el clima locals per a cada projecte.	De moderada a elevada. Aquesta tècnica és especialment adaptable en entorns amb restriccions per a plantes de gran alçària o en sòls pobres, erosionats o amb poca humitat.	Elevada, adaptable a diversos tipus de terrenys i condicions climàtiques, sempre que el bosc tingui capacitat per regenerar-se de forma natural.
Resiliència al canvi climàtic	Molt elevada, ja que està dissenyada específicament per millorar la resiliència de l'ecosistema davant el canvi climàtic.	Elevada, gràcies a la diversitat d'espècies, que proporciona més estabilitat ecològica i capacitat d'adaptació a les variacions climàtiques.	Moderada, ja que pot ajudar a crear un microclima i protegir el sòl enfront de fenòmens climàtics extrems, tot i que depèn de les espècies escollides.	De moderada a elevada, en funció de les espècies seleccionades. La successió natural pot crear un ecosistema resistent davant dels canvis ambientals.

Taula 2. Tècniques corresponents a la fase de disseny de la plantació

	<i>Selecció d'espècies al·lòctones adaptades al canvi climàtic</i>	<i>Selecció mixta d'espècies</i>	<i>Plantació amb predominança d'arbustos</i>	<i>Nucleació aplicada</i>
Interacció amb la fauna local	De moderada a elevada, en funció de la compatibilitat de les espècies al·lòctones amb la fauna local. Pot proporcionar nous recursos o refugis, però s'ha de monitorar.	Elevada, ja que la diversitat d'espècies pot atraure i suportar una àmplia gamma de fauna, incloent-hi pol·linitzadors, organismes del sòl i altres espècies beneficioses.	Elevada, ja que els arbustos poden proporcionar hàbitats per a insectes, petits mamífers i aus, fet que afavoreix la biodiversitat local.	Elevada, ja que les illes de vegetació ofereixen hàbitats inicials per a la fauna, fet que afavoreix la colonització d'espècies animals a mesura que el bosc creix.
Participació ciutadana	Moderada. Es poden incloure activitats educatives per sensibilitzar sobre l'ús responsable d'espècies al·lòctones i els efectes del canvi climàtic.	Pot incloure la participació ciutadana en la selecció i plantació d'espècies, així com activitats educatives sobre les interaccions entre espècies i la funció dels ecosistemes.	Permet involucrar fàcilment la comunitat en tasques de plantació i manteniment, ja que la plantació d'arbustos requereix menys habilitats i és ideal per a activitats comunitàries.	Pot incloure participació comunitària en la plantació de les illes, fet que promou la sensibilització sobre la restauració ecològica.
Monitoratge i avaluació	Necessària a llarg termini, a fi d'assegurar la compatibilitat amb la flora i la fauna locals, evitar problemes d'invasió i verificar l'efectivitat climàtica de les espècies plantades.	Requereix un seguiment periòdic per comprovar que les espècies auxiliars compleixen les seves funcions i que les interaccions entre espècies es mantenen efectives.	Es recomana un seguiment inicial per assegurar la fixació de les plantes i comprovar la reducció de l'erosió. A llarg termini, el manteniment pot ser mínim.	Es recomana un seguiment inicial per avaluar l'establiment de les illes i posteriorment verificar la successió natural i la regeneració del bosc.
Innovació tecnològica	Moderada, ja que pot implicar l'ús de tecnologies de modelització climàtica per seleccionar les espècies més adequades per a futures condicions climàtiques.	Moderada. Pot incloure l'ús de tècniques modernes per seleccionar espècies adequades i optimitzar la disposició per maximitzar els beneficis ecològics.	Baixa. No requereix tecnologies avançades, però es pot complementar amb tècniques de control de l'erosió, com malles de retenció en àrees molt degradades.	Baixa, ja que es basa en processos ecològics naturals. Pot complementar-se amb tècniques bàsiques de monitoratge del creixement.
Manteniment	Moderat a llarg termini, ja que cal monitorar l'establiment de les espècies, evitar invasions, i comprovar la seva adaptació i els efectes ecològics amb el temps.	Moderat a llarg termini, ja que les espècies auxiliars poden requerir manteniment per assegurar que continuen complint la seva funció sense competir amb l'espècie principal.	Moderat durant els primers anys, per garantir l'establiment de les espècies. Després pot requerir poc manteniment, ja que els arbustos solen ser autogestionables.	Baix després de la implantació de les illes, ja que es confia en la successió natural per a l'expansió de la vegetació en el terreny.

3.3 Anàlisi comparativa de tècniques corresponents a la fase de plantació

La **fase de plantació** consisteix a plantar les espècies vegetals seleccionades al sòl segons el disseny preestablert, bé sigui mitjançant sembra o plantació directa, assegurant que es distribueixen correctament i garantint les condicions òptimes per al creixement. També inclou tots els processos destinats a assegurar la supervivència de les plantes, com la instal·lació d'elements protectors, etc. A continuació, es descriuen breument cadascuna de les tècniques:

- **Hidrosembra:** consisteix a aplicar una barreja de llavors, aigua i fertilitzants sobre el sòl mitjançant maquinària especialitzada.
- **Mètode Cocoon:** consisteix en la col·locació d'estructures esfèriques o «dònuts» de cartró, els quals s'enterren plens d'aigua, fet que permet hidratar i protegir l'arbre durant el primer any de vida. Posteriorment, s'acaben descomponent a terra.
- **Plantació en barrera d'espècies camufladores o repel·lents:** consisteix a plantar una línia d'arbustos o petits arbres de manera compacta per crear una barrera natural que delimiti el perímetre del bosc i impedeixi l'entrada de transeünts, animals, etc.
- **Encoixinament amb pel·lícula biodegradable:** consisteix a cobrir el sòl al voltant de les plantes amb una capa de material biodegradable per protegir-lo de l'erosió, reduir l'evaporació d'aigua, controlar les males herbes i millorar les condicions de creixement de les plantes.



Figura 12. Aplicació d'hidrosembra en el vessant d'un terreny erosionat. Font: Restauración Paisajística, 2018.



Figura 13. Protecció d'un plançó en estadis primerencs mitjançant el sistema Cocoon. Font: CREAM, 2020.



Figura 14. Delimitació del perímetre d'un terreny forestal mitjançant una tanca naturalitzada. Font: Heart of England Forest, 2024.



Figura 15. Encoixinament biodegradable en terreny agrícola. Font: ProExport, 2024.

En la taula comparativa següent es detallen diversos aspectes sobre les diferents tècniques corresponents a la fase de plantació:

Taula 3. Tècniques corresponents a la fase de plantació			
	<i>Hidrosembra</i>	<i>Mètode Cocoon</i>	<i>Encoixinament amb pel·lícula biodegradable</i>
Objectius de la restauració	Millorar la cobertura vegetal de forma ràpida, protegir el sòl contra l'erosió i afavorir la retenció de nutrients en terrenys oberts o amb poca vegetació.	Afavorir l'establiment d'arbres en entorns amb escassa disponibilitat d'aigua, a fi de millorar la supervivència de les plàntules sense necessitat de regadiu continu durant el primer any de vida.	Conservar la humitat del sòl, reduir males herbes i protegir-lo contra l'erosió, a fi d'afavorir el desenvolupament saludable de les plantes.
Ubicació	Talussos, vessants erosionats, talussos de carreteres, espais de difícil accés i zones degradades on es necessiti una cobertura herbàcia ràpida.	Zones àrides, semiàrides i altres amb limitacions hídriques, incloent-hi espais urbans, deserts i àrees de reforestació amb escàs accés a fonts d'aigua.	Zones amb alta radiació solar, pendents o terrenys amb baixa retenció d'aigua. És especialment útil en espais urbans i periurbans.
Context geogràfic	Regions amb una pluviometria mínima per a la germinació, preferentment en climes temperats i mediterranis amb estacionalitat de pluges, i en zones amb risc d'erosió.	Regions amb estacions seques prolongades o amb episodis de sequera, i també en zones de difícil accés on el reg regular resulta complicat.	Climes semiàrids i en regions que necessiten optimitzar els recursos hídrics per establir la vegetació.
Espècies vegetals utilitzades	Espècies herbàcies adaptades al clima local, incloent-hi gramínies i lleguminoses resistents per accelerar la fixació del sòl i promoure la biodiversitat inicial.	Espècies d'arbres adaptades a condicions d'estrès hídric, especialment espècies autòctones resistents a la sequera i ben adaptades a les característiques del sòl de la regió.	Espècies herbàcies i arbustives joves que necessiten estabilitat, però també és compatible amb arbres que requereixin retenció d'humitat en la fase inicial.
Efectivitat en la restauració	Elevada en la protecció contra l'erosió inicial, especialment en terrenys inestables, fet que afavoreix un ràpid establiment de vegetació i la millora estructural del sòl en zones degradades.	Molt elevada en la supervivència d'arbres joves en condicions adverses, ja que es garanteix l'aigua necessària durant els primers mesos, fet que augmenta l'establiment d'arbrat en àrees àrides.	Elevada en la conservació d'aigua i el control de males herbes, fet que facilita l'establiment de les plantes amb un regadiu més eficient.
Costos i recursos	De moderats a elevats, en funció de l'àrea de cobertura i dels materials addicionals (adhesius, fertilitzants), amb un cost d'equipament especialitzat per a la distribució de la mescla.	Cost inicial moderat o alt, a causa de la compra dels dònuts biodegradables Cocoon, amb un estalvi en recursos d'aigua i mà d'obra per evitar regadius recurrents.	Inversió inicial elevada per la pel·lícula biodegradable, però amb estalvi en costos a llarg termini, atès que no cal retirar-la.

Taula 3. Tècniques corresponents a la fase de plantació

	<i>Hidrosembra</i>	<i>Mètode Cocoon</i>	<i>Encoixinament amb pel·lícula biodegradable</i>
Durabilitat	Moderada, atès que les espècies utilitzades poden necessitar regeneració amb el temps, però una cobertura inicial densa afavoreix l'estabilitat i millora les condicions del sòl per a altres espècies.	Elevada durant la fase inicial, atès que el Cocoon es biodegrada al cap d'un any, fet que millora el sòl a llarg termini. Es necessita menys manteniment una vegada l'arbre s'ha establert.	Elevada durant els primers anys, ja que la degradació gradual enriqueix el sòl i manté la funció de cobertura fins que es descompon.
Complexitat de la implementació	Moderada. Es requereix l'ús d'equip mecànic per aplicar la mescla de llavors, aigua i altres additius, però l'extensió de cobertura és més ràpida i uniforme que en altres tècniques manuals de sembra.	Baixa, atès que només cal enterrar els Cocoon al voltant de la plàntula i omplir-los d'aigua. Això permet una instal·lació ràpida sense necessitat d'equipament especialitzat.	Baixa. S'instal·la fàcilment al voltant de les plantes i s'adapta al contorn del terreny per a una cobertura homogènia.
Adaptabilitat a diferents entorns	Elevada en entorns amb sòls pobres o erosionats, tot i que es requereix ajustar les espècies segons el clima i la qualitat del sòl, sobretot per assegurar una germinació efectiva en condicions de baixes precipitacions.	Elevada en entorns secs i amb sòls pobres, ja que la tècnica és flexible i es pot adaptar a diferents tipus d'arbres i sòls. És ideal per a condicions que dificulten el regadiu continu.	Elevada, aplicable en diversos tipus de sòls i climes. La biodegradabilitat evita l'impacte ambiental de les cobertures plàstiques tradicionals.
Resiliència al canvi climàtic	Moderada. Permet una ràpida resposta davant de fenòmens climàtics que causen erosió, però depèn de les condicions de pluja i del tipus d'espècies utilitzades per mantenir-se davant de variacions climàtiques extremes.	Elevada. Enforteix la capacitat de les plàntules per establir-se en condicions de sequera i redueix la dependència d'aigua externa, fet que permet que els arbres siguin més autònoms davant el canvi climàtic.	Elevada, atès que conserva l'aigua i millora el sòl, fet que augmenta la resiliència en condicions de sequera i canvi climàtic.
Interacció amb la fauna local	Moderada. Facilita l'aparició inicial de coberta herbàcia i millora el microhàbitat per a insectes i petits animals, tot i que no ofereix refugi a espècies de mida més gran.	Moderada. No afecta directament la fauna. Amb tot, un cop establerts els arbres, poden convertir-se en hàbitats o proporcionar aliment per a les espècies locals.	Moderada. Proporciona matèria orgànica en descompondre's, fet que millora el sòl per a petits organismes. Té un impacte directe mínim en fauna més gran.
Participació ciutadana	Baixa, ja que en la fase de sembra s'han d'emprar equips especialitzats.	Moderada. Ofereix la possibilitat de participar en la plantació inicial i en el seguiment dels arbres.	Participació enfocada a projectes comunitaris i educatius sobre sostenibilitat que involucrin la ciutadania en la instal·lació i el manteniment.

Taula 3. Tècniques corresponents a la fase de plantació

	<i>Hidrosembra</i>	<i>Mètode Cocoon</i>	<i>Encoixinament amb pel·lícula biodegradable</i>
Monitoratge i avaluació	Necessària durant les primeres setmanes, a fi d'avaluar la germinació i el creixement. Es poden fer controls periòdics per estudiar la cobertura vegetal i l'estabilitat del sòl en relació amb l'erosió.	Necessària durant el primer any per comprovar l'eficàcia de la tècnica i l'estat de les plàntules. S'han de fer avaluacions posteriors per avaluar l'establiment dels arbres sense suport extern d'aigua.	Seguiment inicial per assegurar una correcta col·locació i revisió del procés de degradació fins a la descomposició completa.
Innovació tecnològica	Moderada. La tècnica requereix màquines per a la distribució líquida, que permeten una aplicació eficient, sobretot en àrees d'accés complicat.	Moderada, gràcies a l'ús del material Cocoon biodegradable per al suport de les plàntules en zones d'escassetat d'aigua, amb un disseny eficient per a la conservació d'humitat i nutrients.	Moderada. Utilitza materials biodegradables per substituir el plàstic convencional.
Manteniment	Baix després de la sembra inicial, encara que es pot necessitar una nova aplicació en zones amb baix èxit de germinació o amb plagues que afectin el creixement herbaci.	Baix després de la sembra inicial, encara que es pot necessitar una nova aplicació en zones amb baix èxit de germinació o amb plagues que afectin el creixement herbaci.	Baix. El material es degrada gradualment sense necessitat de retirada, tot i que es recomana alguna revisió ocasional durant els primers anys.

3.4 Anàlisi comparativa de tècniques corresponents a la fase de gestió i manteniment

La **fase de gestió i manteniment** consisteix a fer tasques periòdiques per assegurar el creixement i la salut de la vegetació plantada, com el reg, la neteja de males herbes, la protecció contra plagues i malalties, així com la substitució de plantes mortes o malmeses. Aquesta fase és clau per garantir la sostenibilitat a llarg termini del bosc o la plantació.

A continuació, es descriuen breument cadascuna de les tècniques de la fase de gestió i manteniment que són objecte de comparació:

- **Reg per exsudació:** sistema de reg localitzat en què l'aigua s'aplica per exsudació a través dels petits porus de la paret, de manera que es forma una línia d'humitat contínua i uniforme en tota la longitud de la línia de reg.
- **Polímers hidroabsorbents:** materials sintètics capaços d'absorbir grans quantitats d'aigua i retenir-les. Formen una gelatina o una estructura semblant a un gel, fet que permet millorar la retenció d'aigua i controlar la humitat del sòl.
- **Aclarida baixa:** tècnica de silvicultura que consisteix a eliminar arbres o branques de les parts més baixes d'una massa forestal per afavorir el creixement dels arbres restants.
- **Podes i talls de rejuveniment:** tècniques de silvicultura que consisteixen a tallar branques velles, mortes o malmeses d'arbres adults per afavorir el creixement de nous brots i millorar la qualitat general de la massa forestal.



Figura 16. Reg per exsudació. Font: *Metsa*, 2023.



Figura 17. Polímers hidroabsorbents a la base d'un brot jove. Font: *Portal Frutícola*, 2017.



Figura 18. Aclarida baixa al Parc del Foix (Alt Penedès). Font: *El 3 de Vuit*, 2020.



Figura 19. Poda de l'arbrat en un parc urbà. Font: *Ajuntament de Barcelona*, 2024.

En la taula comparativa següent es detallen diversos aspectes sobre les diferents tècniques corresponents a la fase de gestió i manteniment:

Taula 4. Tècniques corresponents a la fase de gestió i manteniment				
	<i>Reg per exsudació</i>	<i>Polímers hidroabsorbents</i>	<i>Aclarida baixa</i>	<i>Podes i talls de rejuveniment</i>
Objectius de la restauració	Mantenir un subministrament constant d'humitat per promoure un creixement saludable de les arrels i minimitzar l'estrès hídric en les plantes.	Millorar la retenció d'humitat del sòl per assegurar que les plantes tinguin accés a l'aigua, especialment durant sequeres, a fi de fomentar un creixement saludable i establir un ambient adequat per a la vegetació.	Millorar la salut del bosc mitjançant la regulació de la densitat de la vegetació, a fi d'afavorir els arbres més vigorosos i assegurar una millor distribució de llum i nutrients.	Millorar la salut i la forma dels arbres, a fi de reduir el risc de caiguda de branques i estimular el creixement de brots nous.
Ubicació	Zones amb baixa humitat o en terrenys àrids i semiàrids.	Terrenys àrids, semiàrids i noves plantacions amb baixa disponibilitat d'aigua.	Boscos madurs i joves, especialment en àrees on es busca fomentar la creació d'un estrat dominant saludable i equilibrat.	Boscos urbans, parcs, jardins i zones agrícoles, amb un enfocament particular en arbres madurs que necessiten manteniment.
Context geogràfic	Regions amb climes calorosos i secs, on es necessiten sistemes de reg eficients.	Regions amb climes variats, especialment en zones amb escassetat d'aigua o on es preveu variabilitat climàtica. Són ideals per a entorns on les condicions d'humitat poden ser poc fiables.	Diversos tipus de boscos, des de temperats fins a tropicals, amb l'objectiu de gestionar la competitivitat entre arbres per potenciar el creixement dels més adequats.	Qualsevol context geogràfic on es trobin arbres madurs, especialment en zones amb alta pressió ambiental o on es requereixi una gestió activa de la vegetació.
Espècies vegetals utilitzades	Compatible amb una àmplia gamma d'espècies vegetals, incloent-hi arbres, arbustos i plantes herbàcies que necessiten un reg regular i constant.	Funcionen amb diverses espècies vegetals, incloent-hi arbres, arbustos i plantes herbàcies. En milloren el desenvolupament, sobretot en situacions de sequera.	Generalment utilitzada en boscos mixtos i d'espècies autòctones. Se seleccionen aquelles espècies que mostrin un bon potencial de creixement i adaptació a les condicions locals.	Generalment aplicable a una gran varietat d'espècies, tant autòctones com exòtiques, tenint en compte les seves necessitats específiques i la seva capacitat de resposta a la poda.

Taula 4. Tècniques corresponents a la fase de gestió i manteniment

	<i>Reg per exsudació</i>	<i>Polímers hidroabsorbents</i>	<i>Aclarida baixa</i>	<i>Podes i talls de rejuveniment</i>
Efectivitat en la restauració	Molt elevada en la conservació d'aigua i en la reducció de l'evaporació. Millora les condicions del sòl per al desenvolupament de les arrels.	Són molt efectius per augmentar la capacitat del sòl per retenir aigua, fet que millora les condicions per al creixement de les arrels i augmenta la supervivència de les plantes els primers anys.	Efectiva per millorar la salut general del bosc, ja que redueix la competència entre arbres, però pot donar lloc a productes de dimensions més reduïdes, fet que pot limitar els beneficis econòmics immediats.	Molt elevada, atès que promou el creixement i la salut de les plantes, amb resultats visibles en poc temps. Si es fa correctament, pot millorar la resiliència dels arbres davant de plagues i malalties.
Costos i recursos	Costos d'instal·lació moderats, amb una inversió inicial per a les mànegues poroses, però amb un estalvi significatiu en aigua i recursos a llarg termini.	Costos moderats d'instal·lació, amb bon retorn d'inversió a llarg termini gràcies a la reducció de la necessitat de reg i manteniment. Poden suposar estalvis significatius en zones amb recursos hídrics limitats.	Costos moderats associats a l'aplicació, amb un bon potencial de rendiment a llarg termini mitjançant la creació d'un bosc més vigorós, tot i que pot haver-hi una inversió inicial en mà d'obra.	Costos moderats associats a la mà d'obra i l'equip necessari per a la poda, però els beneficis a llarg termini en salut i forma dels arbres poden compensar aquesta inversió inicial.
Durabilitat	Elevada, ja que les mànegues poden durar diversos anys amb un manteniment mínim, amb un desgast natural limitat.	Elevada, atès que manté l'efectivitat durant diversos anys abans de degradar-se. Això els converteix en una solució viable a llarg termini per a la gestió de l'aigua en plantacions i boscos urbans.	Els efectes són sostenibles a llarg termini si s'aplica de manera adequada, atès que es fomenta el creixement saludable dels arbres seleccionats i es manté l'equilibri de l'ecosistema.	Efectes immediats en la salut de les plantes. Si es fa de manera regular, pot garantir una vida més llarga i productiva dels arbres.
Complexitat de la implementació	Moderada. Exigeix una planificació acurada per al disseny de la xarxa de mànegues i una instal·lació correcta per garantir una distribució uniforme de l'aigua.	Baixa, ja que la incorporació al sòl és un procés senzill sense necessitat de tecnologia complexa. Això facilita que es pugui adoptar en projectes de reforestació.	Relativament senzilla d'aplicar, però exigeix un bon coneixement de la dinàmica del bosc i la identificació dels arbres que cal conservar. Es necessiten tècniques adequades per evitar danys a la vegetació restant.	Requereix coneixement i experiència en tècniques de poda per evitar danys a les plantes. La formació pot ser necessària per garantir que s'apliquin mètodes adequats.

Taula 4. Tècniques corresponents a la fase de gestió i manteniment

	<i>Reg per exsudació</i>	<i>Polímers hidroabsorbents</i>	<i>Aclarida baixa</i>	<i>Podes i talls de rejuveniment</i>
Adaptabilitat a diferents entorns	Elevada. Pot ajustar-se a diferents tipus de sòls i condicions climàtiques, atès que les mànegues es poden dissenyar per a necessitats específiques.	Molt elevada, ja que poden aplicar-se en diversos tipus de sòls i condicions climàtiques per millorar la retenció d'aigua.	Alta adaptabilitat, ja que es pot aplicar en diversos ecosistemes forestals, sempre que s'ajustin les tècniques a les condicions locals i als objectius de restauració específics.	Elevada, atès que permet ajustar les tècniques de poda a les condicions locals i a les espècies específiques, de manera que es millora l'eficàcia en diversos ecosistemes.
Resiliència al canvi climàtic	Elevada. Permet gestionar millor els recursos hídrics en condicions de sequera i adaptar-se a la variabilitat climàtica.	Elevada, atès que contribueix a millorar la gestió de l'aigua i ajuda les plantes a resistir períodes de sequera prolongats, per adaptar-se a condicions climàtiques canviants.	Contribueix a la resiliència del bosc al canvi climàtic, fet que millora la salut dels arbres i la seva capacitat per suportar estrès ambiental, com ara sequeres o plagues.	Ajuda a millorar la resiliència dels arbres davant del canvi climàtic, ja que fomenta un creixement saludable i una millor capacitat per afrontar condicions adverses.
Interacció amb la fauna local	Moderada, ja que proporciona un ambient humit que pot atraure fauna local, fet que permet millorar l'ecosistema.	Impacte moderat sobre la fauna local i interacció limitada amb animals grans. Pot afavorir indirectament la biodiversitat, atès que millora les condicions del sòl.	Pot millorar l'hàbitat per a diverses espècies animals, ja que una vegetació més sana i diversificada ofereix refugis i recursos alimentaris.	Pot afavorir la biodiversitat, pel fet de millorar l'hàbitat i l'accés a aliments per a diverses espècies d'animals, però cal tenir en compte les necessitats específiques de la fauna en fer la poda.
Participació ciutadana	Baixa. La instal·lació dels sistemes de reg va a càrrec d'operaris especialitzats.	De baixa a moderada. Si hi ha participació ciutadana en la fase de manteniment, els voluntaris poden encarregar-se de reemplaçar els polímers que estiguin malmesos o esgotats.	Pot fomentar la participació comunitària en la gestió forestal, i involucrar les persones en el procés de selecció i aclarida d'arbres.	Pot implicar la comunitat en el procés de poda, mitjançant la promoció de l'educació sobre el manteniment dels arbres i la importància de la seva salut en el medi ambient.

Taula 4. Tècniques corresponents a la fase de gestió i manteniment

	<i>Reg per exsudació</i>	<i>Polímers hidroabsorbents</i>	<i>Aclarida baixa</i>	<i>Podes i talls de rejuveniment</i>
Monitoratge i avaluació	Requereix un seguiment periòdic per assegurar que el sistema funciona correctament i que les plantes reben la quantitat d'aigua necessària.	Requereixen un seguiment per verificar l'eficàcia de la retenció d'aigua i l'estat dels polímers. Les avaluacions periòdiques del sòl ajuden a ajustar les estratègies de reg.	És essencial monitorar la salut del bosc i l'efectivitat de les aclarides a través de seguiments periòdics per garantir que els objectius de restauració es compleixin.	És crucial monitorar l'efecte de les podes en la salut i el creixement dels arbres per ajustar tècniques i pràctiques en futures intervencions, a fi de garantir una gestió sostenible.
Innovació tecnològica	Moderada. Tot i que utilitza tecnologia relativament simple, hi ha avenços en materials que milloren la durabilitat i l'eficiència de les mànegues.	Elevada, amb investigació contínua que millora els materials per obtenir més bon rendiment i més biodegradabilitat, per desenvolupar polímers més eficients i respectuosos amb el medi ambient.	De baixa a moderada, amb noves tècniques de gestió forestal i eines per al monitoratge del bosc, que poden millorar l'eficiència de les aclarides i fer-ne un seguiment més efectiu.	De baixa a moderada. Les noves tècniques i eines per a la poda han millorat l'eficiència i la precisió, però la tècnica bàsica de poda és coneguda des de fa temps.
Manteniment	Baix. Necessita poc manteniment una vegada instal·lat, amb revisions per evitar obstruccions i la garantia d'un subministrament d'aigua adequat.	Baix manteniment una vegada aplicats, amb revisions periòdiques per assegurar que els polímers funcionen adequadament i per identificar si s'han degradat o han perdut efectivitat.	Manteniment mínim un cop aplicades les aclarides, però és important seguir observant la salut dels arbres i fer ajustos, si cal.	Requereix un manteniment regular per assegurar que els arbres mantinguin la salut i la forma adequades. Les podes s'han de programar en funció del creixement de les plantes i les necessitats de cada espècie.

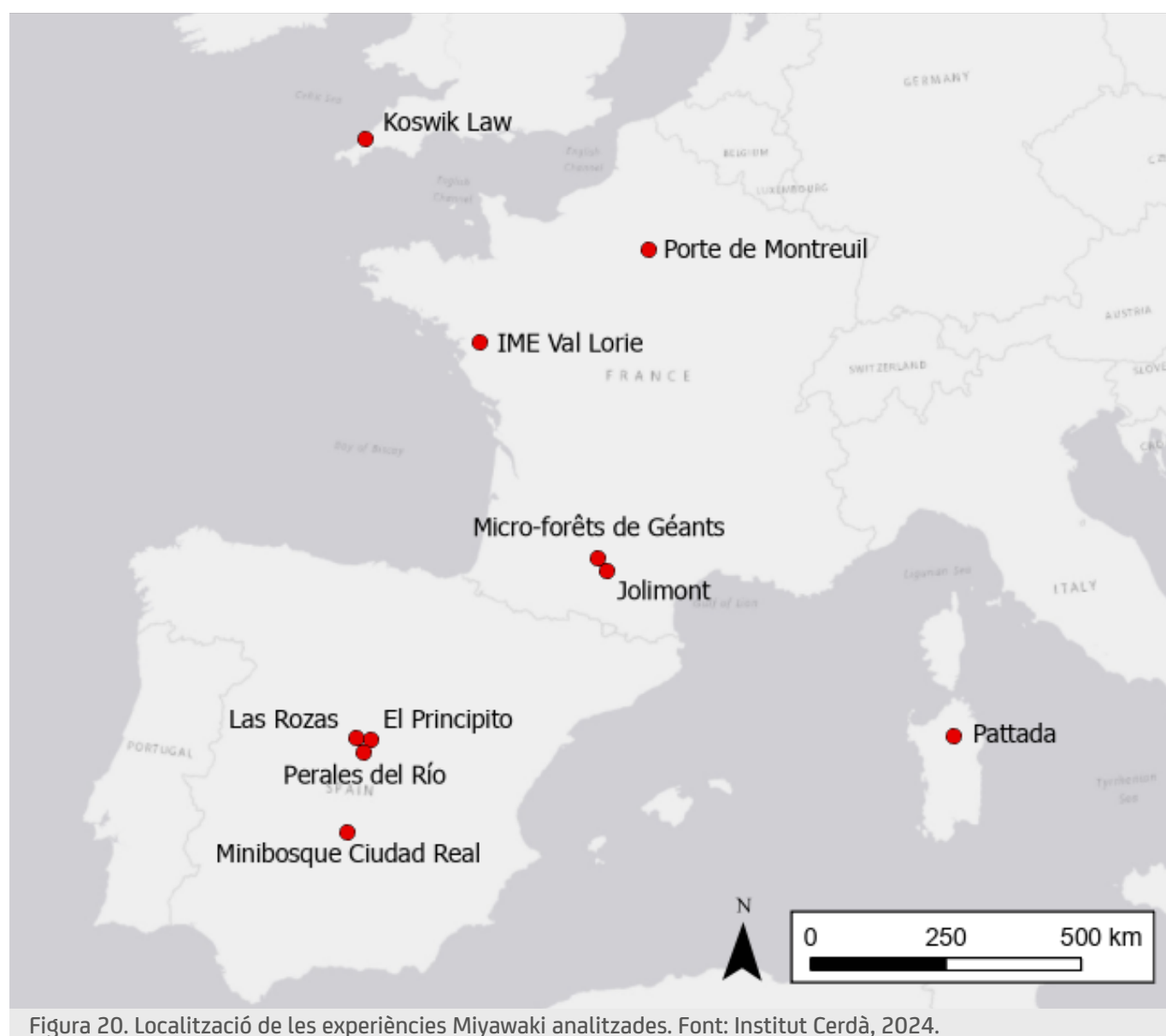
A tall de conclusió, es podria dir que el mètode Miyawaki és una tècnica multifase, atès que incorpora en el procediment accions que engloben tot el procés de regeneració forestal, des de la planificació i l'anàlisi del terreny fins a la gestió i el manteniment del bosc, passant per la fase de plantació. Per tant, el mètode Miyawaki permet una regeneració forestal completa i funcional, ja que duu a terme una successió d'accions que tenen en compte el conjunt forestal. No es fa una anàlisi aïllada del sòl, ni es duen a terme podes sistemàtiques per controlar una única espècie, sinó que el mateix mètode parteix d'un enfocament integral del sistema, de manera que les diferents fases estan entrelaçades: la preparació del terreny s'efectua amb l'objectiu que afavoreixi un mètode de plantació determinat i que la plantació en condicioni el manteniment posterior.

Per tant, el mètode Miyawaki aporta un enfocament global del conjunt de l'ecosistema, atès que agrupa les tècniques de disseny, plantació i gestió i manteniment sota un únic marc d'actuació. L'objectiu és assegurar una regeneració forestal ràpida, diversa, eficient i sostenible, orientada a crear boscos madurs i autòctons amb una alta densitat i biodiversitat.

4 Exemples d'implementació del mètode Miyawaki

Aquest apartat recull un total de 10 experiències destacades d'implementació del mètode Miyawaki en diferents contextos temporals i geogràfics. Per a cadascun d'aquests exemples, es presenta una fitxa d'anàlisi que inclou informació clau com el municipi, el país, la descripció i extensió del bosc, les espècies de fauna i flora presents, la densitat de població de

la zona i la data d'implementació. A més, es tenen en compte altres aspectes, com ara la presència d'aules ambientals, els agents implicats en el procés i els costos associats, a fi de facilitar una visió detallada dels recursos i impactes necessaris per dur a terme projectes similars.



Pattada				
Municipi	Pattada (Sardenya)	Densitat de població	17,32 hab./km ²	
País	Itàlia	Data d'implementació	Maig del 1997	
Descripció	<p>És el primer bosc establert mitjançant el mètode Miyawaki en un context mediterrani. El maig del 1997 s'hi van fer dues plantacions de manera simultània, situades en zones forestals, al nord-est del nucli urbà, separades 2 quilòmetres l'una de l'altra en línia recta. La primera parcel·la (P1) es va plantar a la zona muntanyosa de Sos Vanzos, al costat d'un llac artificial, a una altitud de 760 metres sobre el nivell del mar. Aquesta parcel·la té una extensió de 4.500 metres quadrats i un pendent de 4°. Per a la preparació del terreny no es va afegir sòl nou, sinó que es van barrejar els 20 centímetres de sòl més superficials. El terreny va ser dividit en un total de 13 línies rectes de 3,5 centímetres d'amplada cadascuna, que travessaven el terreny d'un extrem a l'altre, en les quals es van plantar els plançons, de forma que la plantació no va ser aleatòria, sinó estructurada. En total, es van plantar 1.759 plançons de 32 espècies diferents. La densitat resultant va ser de 0,39 plançons per metre quadrat (equivalent a 1 plançó cada 2,56 m²). També es van fer operacions de <i>mulching</i> amb palla, serradures i restes vegetals herbàcies (<i>Trifolium subterraneum</i> L. triturat), per tal de prevenir la sequedat del sòl. D'altra banda, la segona parcel·la (P2) es va establir a la zona forestal de Uca de S'Abba Lughida, amb una extensió de 1.000 metres quadrats i a una altitud de 885 metres. En aquest cas, es van plantar 1.828 plançons de 17 espècies diferents. La densitat resultant va ser d'1,8 plançons per metre quadrat. En aquest cas, la distribució d'espècies al terreny va ser aleatòria, i per al <i>mulching</i> es va emprar únicament serradures. En ambdós casos es van plantar espècies pioneres locals (<i>Pinus pinaster</i> a P1 i arbusts variats a P2), juntament amb espècies successives tardanes, per millorar la resiliència de la comunitat vegetal. Posteriorment, 11 anys després de la plantació (2008), el percentatge de supervivència de les plantes va ser del 37% a P1 i del 20% a P2. Les espècies pioneres van ser les que van presentar més taxes de supervivència.</p>			
Extensió del bosc	P1: 4.500 m ² P2: 1.000 m ²	Arbres plantats inicialment	P1: 1.759 exemplars (32 espècies) P2: 1.828 exemplars (17 espècies)	
Espècies de fauna presents	–			
Llista de les principals espècies vegetals	Espècies arbòries		Espècies arbustives i herbàcies	
	Els percentatges indiquen la proporció de l'espècie en relació amb el total de plançons plantats.			
	P1	P2	P1	P2
	<i>Pinus pinaster</i> L. (pinastre), 30,9 %	<i>Quercus suber</i> L. (alzina surera), 28,6 %	<i>Arbutus unedo</i> L. (arbocer), 6,1 %	<i>Juniperus oxycedrus</i> L. (càdec), 8,9 %
	<i>Quercus ilex</i> L. (alzina), 23,7 %	<i>Quercus ilex</i> L. (alzina), 28,6 %	<i>Ligustrum vulgare</i> L. (olivereta), 4,3 %	<i>Ligustrum vulgare</i> L. (olivereta), 1,2 %
	<i>Quercus pubescens</i> Willd. (roure mar-tinenc), 17,3 %	<i>Pinus pinaster</i> L. (pinastre), 23,8 %	<i>Spartium junceum</i> L. (ginesta), 4,3 %	<i>Myrtus communis</i> L. (murta), 1,2 %
			<i>Illex aquifolium</i> L. (grèvol), 3,4 %	
Presència d'aula ambiental	No.			
Agents implicats	Universitat de Tuscia, Direcció Regional Forestal de Sardenya i Agència Italiana de Cooperació al Desenvolupament.			
Costos	Si bé no es disposa de la despesa exacta que va suposar la implantació d'ambdós boscos, es dedueix que la necessitat de mà d'obra va ser alta i els costos de plantació van ser bastant elevats, a causa de l'alta densitat de plantació dels plançons. D'altra banda, els costos de manteniments van ser pràcticament nuls.			

Pattada

imatges

Plantació (1997) Esquerra: P1, Dreta: P2



Bosc madur (2008) Esquerra: P1, Dreta: P2



Porte de Montreuil			
Municipi	París (concretament a Porte de Montreuil, 20è districte de París)	Densitat de població	31.740 hab./km ²
País	França	Data d'implementació	Març del 2018
Descripció	<p>El bosc es va desenvolupar en un terreny situat entre el Boulevard Péripherique i l'Avénue Gallieni, a la Porte de Montreuil, situat al límit fronterer entre els departaments de París i Seine-Saint-Denis. Com que se situava al voral de la carretera, es van haver de prendre precaucions addicionals per protegir la plantació, la qual es va delimitar amb tanques metàl·liques que limitaven l'accés per als transeünts a l'interior del bosc. Després de la plantació, la vegetació va créixer de forma densa i uniforme a la superfície ocupada. Actualment, els arbres més alts superen els 4 metres d'alçària i el conjunt del bosc té una representació equitativa dels diferents estrats. La plantació va esdevenir autosuficient al cap de tres anys (primavera del 2021), moment en què la densitat i el creixement de les plantes va arribar al màxim, fins al punt que actualment ja no és possible travessar el bosc. Aquesta iniciativa s'articula com la primera plantació duta a terme per l'associació Boomforest, en el marc del pressupost participatiu de París (edició del 2016), el qual va despertar l'interès de 14.329 votants.</p>		
Extensió del bosc	400 m ²	Arbres plantats inicialment	1.200
Espècies de fauna presents	No s'han fet prospeccions de fauna en aquest bosc.		
Llista de les principals espècies vegetals	Espècies arbòries		Espècies arbustives i herbàcies
	Els percentatges indiquen la proporció de l'espècie en relació amb el total de plançons plantats.		
	<i>Fraxinus excelsior</i> (freixe de fulla gran), 84 exemplars (7%) <i>Populus nigra</i> (pollancre ver), 84 exemplars (7%) <i>Quercus petraea</i> (roure de fulla grossa), 84 exemplars (7%) <i>Quercus robur</i> (roure pèrol), 84 exemplars (7%) <i>Tilia cordata</i> (til·ler de fulla petita), 84 exemplars (7%) <i>Tilia platyphyllos</i> (til·ler de fulla grossa), 84 exemplars (7%) <i>Fagus sylvatica</i> (faig), 80 exemplars (6,66%) <i>Ulmus glabra</i> (om de muntanya), 80 exemplars (6,66%) <i>Ulmus minor</i> (om comú), 80 exemplars (6,66%)		<i>Ilex aquifolium</i> (grèvol), 8 exemplars (0,66%) <i>Prunus mahaleb</i> (cirerer de guilla), 8 exemplars (0,66%) <i>Sambucus nigra</i> (saüc), 8 exemplars (0,66%) <i>Juniperus communis</i> (ginebró), 6 exemplars (0,5%) <i>Cornus mas</i> (corneller), 3 exemplars (0,25%) <i>Corylus avellana</i> (avellaner), 3 exemplars (0,25%) <i>Crataegus monogyna</i> (arç blanc), 3 exemplars (0,25%) <i>Prunus spinosa</i> (aranyoner), 3 exemplars (0,25%) <i>Rosa canina</i> (gavarrera), 3 exemplars (0,25%)
Presència d'aula ambiental	No.		
Agents implicats	Administració local de París, ONG i associacions sense ànim de lucre (Boomforest i Urban Forests), 40 voluntaris de SUGi Project (entitat impulsora de boscos urbans per promoure la biodiversitat, augmentar la resiliència climàtica i dotar de benestar les ciutats), i comunitat local.		
Costos	18.000 euros, finançats pel pressupost participatiu de París del 2016.		

Porte de Montreuil

Imatges

Plantació (2018)



Bosc madur (2023)



Micro-forêts de Géants

Municipi	Tolosa (districte de Rangueil)	Densitat de població	4.261 hab./km ²
País	França	Data d'implementació	Març del 2020
Descripció	<p>El bosc està situat a l'extrem sud-oriental de la ciutat, al districte de Rangueil. En la fase de preparació del terreny, es va barrejar el sòl i es va enriquir amb fertilitzants. Els plançons, que no superaven els 12 mesos d'edat, van ser facilitats per l'associació Arbres et Paysages d'Autan. En total, es van plantar 21 espècies diferents de tres estrats de vegetació (arbres, arbustos, i plantes i flors), amb una densitat de tres plantes per metre quadrat. Una vegada feta la plantació, el bosc es va envoltar amb una reixa metàl·lica per protegir la vegetació d'animals herbívors. Els plançons van créixer ràpidament i van assolir mig metre d'alçària passats tres mesos de la plantació. Seguint les recomanacions del mètode Miyawaki, es va establir un manteniment lleuger durant els primers tres anys, que incloïa desherbar, regar i aplicar capes d'encoixinament, així com reparar la tanca en cas que aquesta s'hagués deteriorat. El projecte Micro-forêts de Géants es va iniciar arran de la convocatòria de projectes de conscienciació de la biodiversitat de Toulouse Métropole. Hi van participar una trentena de voluntaris, que van excavar, plantar i encoixinar els plançons, així com alumnes de dues classes de sisè de primària de l'escola La Prairie, que van participar en un projecte educatiu per promoure la consciència sobre la biodiversitat local.</p>		
Extensió del bosc	400 m ²	Arbres plantats inicialment	1.200 arbres (21 espècies)
Espècies de fauna presents	Conills, eriçons, pardals, i diverses espècies d'insectes.		
Llista de les principals espècies vegetals	<p>Espècies arbòries</p> <p><i>Quercus robur</i> (roure pènel) <i>Quercus pubescens</i> (roure de fulla petita) <i>Alnus glutinosa</i> (vern) <i>Acer campestre</i> (auró blanc) <i>Prunus avium</i> (cirerer) <i>Sorbus domestica</i> (servera) <i>Malus sylvestris</i> (pomer bord) <i>Pyrus pyraster</i> (perer bord) <i>Fraxinus excelsior</i> (freixe de fulla gran) <i>Tilia cordata</i> (til·ler de fulla petita) <i>Ulmus minor</i> (om comú) <i>Mespilus germanica</i> (nespler)</p>	<p>Espècies arbustives i plantes</p> <p><i>Cornus sanguinea</i> (sanguinyol) <i>Prunus spinosa</i> (aranyoner) <i>Ligustrum vulgare</i> (olivereta) <i>Viburnum lantana</i> (tortellatge) <i>Lonicera xylosteum</i> (xuclamel xilosti) <i>Euonymus europaeus</i> (boneter europeu) <i>Sambucus nigra</i> (saüc) <i>Rosa canina</i> (roser silvestre) <i>Juniperus communis</i> (ginebre) <i>Rubus caesius</i> (romequeró)</p>	
Presència d'aula ambiental	No.		
Agents implicats	Urban Forest Europe, Ajuntament de Tolosa, Toulouse en Transition, Toulouse Métropole, Collectif Micro-forêts Toulouse, Consell Regional d'Occitània, Arbres et Paysages d'Autan, Rural Master, Boston Storage, AEN La Prairie.		
Costos	7.838,00 euros (inclou preparació del terreny, adquisició de plançons, procés de plantació, tancament del recinte amb tanques i reg de les plantes).		

Micro-forêts de Géants

Imatges



El Principito			
Municipi	Alcobendas (Comunitat de Madrid)	Densitat de població	2.537 hab./km ²
País	Espanya	Data d'implementació	Novembre del 2022
Descripció	<p>El projecte es va dur a terme en una zona verda ubicada davant del centre educatiu Lycée Français Saint-Exupéry. Aquesta zona presentava alguns arbres (àlbers, sureres, etc.) amb problemes de creixement. L'objectiu del projecte era crear un espai de biodiversitat que, alhora, servís de transmissió de coneixements a l'alumnat de l'escola a través de la tècnica de reforestació Miyawaki. La fase preparatòria va consistir en una anàlisi del sòl per comprendre les deficiències quant a matèria orgànica, compacitat del sòl i elements minerals presents. Tres setmanes abans de la plantació, es va emprar maquinària per descompactar el terreny i barrejar el sòl fins a una profunditat de 50 centímetres, i s'hi va afegir una combinació de retenidors d'aigua, fertilitzants i microorganismes. En aquest context, es van utilitzar fertilitzants orgànics, concretament fems i vermicompost, els quals van nodrir el sòl i van permetre obtenir un terra menys compacte. Així mateix, es va distribuir una capa de palla sobre el sòl per protegir-lo, mantenir la biodiversitat i afavorir el creixement dels arbres. Es van triar plançons d'entre un i dos anys de vida amb alçàries d'entre 20 i 70 centímetres. La densitat de plantació va ser d'entre 3 i 5 plantes per metre quadrat. Pel que fa a la varietat de plantes, es van plantar entre 25 i 30 espècies de diferents estrats de manera aleatòria. Els arbres es van lligar a tutors amb una corda de jute per sostenir-los i evitar que es dobleguessin durant els primers mesos. Al cap de nou mesos, el percentatge de supervivència de les plantes va ser del 83 %, mentre que l'alçària mitjana de les tres espècies més altes era de dos metres d'alçària, aproximadament. Les plantes que no van sobreviure van nodrir el sòl i van afavorir el creixement de les plantes supervivents.</p>		
Extensió del bosc	400 m ²	Arbres plantats inicialment	1.600 (27 espècies)
Espècies de fauna presents	Papallones, borinots, abelles, cucs de terra, marietes, aranyes i formigues.		
Llista de les principals espècies vegetals	Espècies arbòries <i>Quercus ilex</i> (alzina) <i>Quercus faginea</i> (roure de fulla petita) <i>Olea europaea</i> (olivera) <i>Pinus pinea</i> (pi pinyer) <i>Celtis australis</i> (lledoner) <i>Acer campestre</i> (auró blanc) <i>Fraxinus angustifolia</i> (freixe de fulla estreta)	Espècies arbustives i plantes <i>Arbutus unedo</i> (maduixer) <i>Phillyrea angustifolia</i> (aladern de fulla estreta) <i>Crataegus monogyna</i> (espígol) <i>Rhamnus alaternus</i> (aladern) <i>Pistacia lentiscus</i> (llentiscle) <i>Cistus albidus</i> (estepa blanca) <i>Lavandula stoechas</i> (tomaní) <i>Thymus vulgaris</i> (fariçola) <i>Salvia rosmarinus</i> (romaní) <i>Hedera helix</i> (heura) <i>Lonicera implexa</i> (didalets)	
Presència d'aula ambiental	No. Tot i això, al bosc s'hi han impartit diversos programes d'ensenyament i s'han abordat temes com els aspectes tècnics de la creació forestal, el sòl, l'impacte dels arbres a l'entorn, així com l'arbre com a tema de literatura i art.		
Agents implicats	SUGi Project; MiniBigForest España; classes de 1r, 5è i 6è del Lycée Français de Madrid Saint-Exupéry; mares, pares i professorat voluntari; classes d'una escola veïna.		
Costos	8.000 euros. Aquest bosc està finançat per l'Ajuntament d'Alcobendas, FAGUO, Greenflex i l'Associació FDE-Ensamble.		

El Principito

Imatges



Perales del Río

Municipi	Perales del Río, Getafe (Comunitat de Madrid)	Densitat de població	6.188 hab./km ²
País	Espanya	Data d'implementació	Febrer del 2021 (1a plantació) Març del 2022 (2a plantació)
Descripció	El bosc es va plantar l'any 2021 sobre un antic enderroc. L'objectiu principal era regenerar la biodiversitat autòctona d'una zona que antigament era un alzinar. Les primeres tasques de plantació es van fer el febrer del 2021, en un terreny de 160 metres quadrats. Atès l'èxit de la plantació inicial, un any més tard, el març del 2022, el terreny es va ampliar fins a assolir els 450 metres quadrats. Es van plantar un total de 2.000 plançons de 43 espècies diferents. Les principals espècies plantades van ser alzines, alzines sureres, roures, coscolls, arç negre, ginesta i altres plantes mediterrànies. La densitat de plantació va ser de dos arbres, tres arbustos i quatre plantes per metre quadrat, fet que afavorí una competència natural que impulsà un creixement ràpid i autosostenible. Les tasques de gestió i manteniment del bosc les duen a terme voluntaris locals i associacions, incloent-hi activitats educatives amb escoles de la zona.		
Extensió del bosc	450 m ²	Arbres plantats inicialment	2.000 (43 espècies)
Espècies de fauna presents	Actualment, el bosc està en expansió i ha començat a recuperar la fauna autòctona, especialment insectes i aus.		
Llista de les principals espècies vegetals	Espècies arbòries	Espècies arbustives	Espècies herbàcies
	<i>Quercus ilex</i> (alzina) <i>Quercus coccifera</i> (garric) <i>Quercus suber</i> (alzina surera) <i>Quercus faginea</i> (roure de fulla petita) <i>Fraxinus excelsior</i> (freixe de fulla gran) <i>Olea europaea</i> (olivera) <i>Ficus carica</i> (figuera) <i>Malus domestica</i> (pomera) <i>Sambucus nigra</i> (saüc) <i>Prunus dulcis</i> (ametller) <i>Arbutus unedo</i> (maduixer) <i>Tamarix gallica</i> (tamariu) <i>Populus alba</i> (àlber) <i>Cornus sanguinea</i> (sanguinyol)	<i>Rhamnus lycioides</i> (arçot) <i>Crataegus monogyna</i> (arç blanc) <i>Retama</i> spp. (ginesta) <i>Pistacia lentiscus</i> (llentiscle) <i>Cornus</i> spp. (cornus) <i>Jasminum fruticans</i> (gessamí groc) <i>Phillyrea angustifolia</i> (aladern de fulla estreta) <i>Rosa eglanteria</i> (gavarró) <i>Rosa stellata</i> (roser silvestre) <i>Ligustrum vulgare</i> (olivereta) <i>Macrochloa tenacissima</i> (espart) <i>Cistus ladanifer</i> (cistus)	<i>Salvia officinalis</i> (sàlvia) <i>Salvia rosmarinus</i> (romani) <i>Lavandula angustifolia</i> (lavanda) <i>Lonicera etrusca</i> (lligabosc etrusc) <i>Lonicera implexa</i> (didalets) <i>Cistus albidus</i> (estepa blanca) <i>Origanum vulgare</i> (orenga) <i>Glycyrrhiza glabra</i> (regalèssia) <i>Hedera helix</i> (heura) <i>Echium vulgare</i> (llengua de bou) <i>Cistus monspeliensis</i> (estepa negra) <i>Satureja montana</i> (sajolida) <i>Lavandula stoechas</i> (tomaní) <i>Thymus vulgaris</i> (farigola) <i>Thymus serpyllum</i> (serpoll)
Presència d'aula ambiental	No. No obstant això, s'han dut a terme tallers amb alumnes de les escoles del barri (IES Ignacio Aldecoa, Col·legi Santa Teresa, CEIP Julián Besteiro, escola infantil La Luna).		
Agents implicats	Ajuntament de Getafe (proporciona el terreny, l'aigua, la fullaraca, protectors, preparació del sòl, etc.), ARBA Madrid (aporta assessorament tècnic i donacions en forma de plançons), IMIDRA (proporciona coneixements tècnics per al disseny del bosc Miyawaki i la major part dels plançons), Centre Cívic de Perales del Río, altres entitats col·laboradores (La Gran Bellotada Ibèrica, Getafe Central, Plàntate, AsbioGetafe, Byopolin, Árboles contra el Cambio Climático, Operación Encina).		
Costos	No s'especifiquen costos.		

Perales del Río

Imatges



Jolimont Primary Forest

Municipi	Tolosa	Densitat de població	4.261 hab./km ²
País	França	Data d'implementació	Febrer del 2022
Descripció	<p>El microbosc es troba davant d'una escola primària, en una zona de gespa poc utilitzada. En primer lloc, es van encarregar plançons autòctons a vivers socis, com Arbres et Paysages d'Autan, i es van dur a terme els treballs de preparació i fertilització del sòl amb compost i fems. També es va instal·lar una tanca al voltant del bosc per impedir l'accés a transeünts. L'alumnat de l'escola Jolimont, prèvia formació mitjançant tallers de sensibilització sobre els microboscos, va efectuar la plantació el febrer del 2022, amb la participació de veïnat de la zona. Posteriorment, es van organitzar jornades de manteniment periòdiques per eliminar males herbes. Actualment, el microbosc és sa i es registra una baixa mortalitat dels arbres (96 % de taxa de supervivència). L'alçada mitjana de les tres espècies més altes és d'1,3 metres (2023).</p>		
Extensió del bosc	400 m ²	Arbres plantats inicialment	1.200 (22 espècies)
Espècies de fauna presents	Mosques, mosquits, sargantanes, ocells, abelles, xinxes roges, aranyes, etc.		
Llista de les principals espècies vegetals	<p>Espècies arbòries</p> <p><i>Tilia cordata</i> (til·ler), 25 exemplars <i>Sorbus torminalis</i> (moixera de pastor), 75 exemplars <i>Fraxinus excelsior</i> (freixe), 60 exemplars <i>Quercus robur</i> (roure pèrol), 15 exemplars <i>Quercus pubescens</i> (roure martinenc), 45 exemplars <i>Prunus avium</i> (cirerer), 80 exemplars <i>Acer platanoides</i> (erable), 70 exemplars <i>Carpinus betulus</i> (carpi), 20 exemplars <i>Acer campestre</i> (auró blanc), 140 exemplars <i>Corylus avellana</i> (avellaner), 10 exemplars <i>Pyrus pyraister</i> (perera borda), 125 exemplars <i>Malus sylvestris</i> (pomera silvestre europea), 125 exemplars</p>		<p>Espècies arbustives i plantes</p> <p><i>Ligustrum vulgare</i> (olivereta), 50 exemplars <i>Cornus sanguinea</i> (sanguinyol), 90 exemplars <i>Lantana</i>, 50 exemplars <i>Prunus spinosa</i> (aranyoner), 45 exemplars <i>Rosa canina</i> (roser silvestre), 40 exemplars <i>Crataegus</i>, 35 exemplars <i>Genista anglica</i> (ginestola ànglica), 30 exemplars <i>Sambucus nigra</i> (saüc), 15 exemplars <i>Rhamnus</i>, 10 exemplars <i>Viburnum</i> (viburn), 10 exemplars</p>
Presència d'aula ambiental	No.		
Agents implicats	Toulouse en Transition, SUGi Project, Col·lectiu de Microboscos Urbans de Tolosa, Ajuntament de Tolosa, Regió d'Occitània, Arbres et Paysages d'Autan, Récup'Occitanie, alumnes de l'escola de primària de Jolimont i veïns del barri.		
Costos	Al voltant de 6.000 euros.		

Jolimont Primary Forest

Imatges



IME Val Lorie

Municipi	Nantes	Densitat de població	4.958 hab./km ²
País	França	Data d'implementació	Febrer del 2020
Descripció	<p>IME Val Lorie és un institut d'educació mèdica per a joves amb discapacitat intel·lectual, situat a l'oest de França, en una zona industrial d'alta densitat. Els principals objectius que es volien assolir amb la plantació del bosc eren millorar les condicions ambientals per als joves del centre educatiu, regenerar biodiversitat dins d'una zona industrial d'alta densitat, regular la temperatura mitjançant la seva capacitat de refrigeració i millorar la qualitat de l'aire.</p> <p>Prèviament a la plantació, es van fer les tasques següents: analitzar el sòl i preparar el terreny (remoure la capa superficial del sòl i afegir compost verd) i seleccionar les espècies natives. La plantació es va fer el febrer del 2020, i van participar-hi dos voluntaris de l'associació MiniBigForest, juntament amb el professorat i alumnes de l'institut. Es van plantar un total de 540 plançons en 180 metres quadrats. La densitat resultant va ser de tres arbres per metre quadrat. Les 30 espècies natives emprades eren de tres estrats de vegetació diferents (arbusts, arbres petits i arbres grans). Les tres espècies principals que formen el bosc són la fràngula (<i>Frangula alnus</i>), la moixera de pastor (<i>Sorbus torminalis</i>) i el roure de fulla gran (<i>Quercus petraea</i>).</p> <p>Transcorregut un any i mig de la plantació (2021), la taxa de supervivència de les plantes era del 85 %, i l'arbre més gran (vern) feia 4 metres d'alçada. L'espècie amb un creixement més lent era el faig europeu, amb una alçada mitjana de 30 centímetres, aproximadament. Simultàniament, es va desenvolupar de forma natural una capa herbàcia amb un marcat domini del gram negre (<i>Potentilla reptans</i>), un bioindicador de sòls força humits, que explica el ràpid creixement dels verns. En aquest punt, atès que els arbres ja havien assolit una alçada significativa i no estaven en competència directa amb l'estrat herbaci, es van aturar les actuacions de desbrossament, a excepció de petites clapes situades al peu dels arbres de mida reduïda.</p> <p>Després de dos anys i mig de la plantació (2022), l'estrat herbaci es continuava desenvolupant correctament, amb un domini del gram negre i el quallallet (<i>Galium verum</i>), en un grau més baix, tot i que la resta del bosc va veure alentit el seu ritme de creixement a causa del període de sequera estival. En general, però, el bosc continua sent un bon suport docent i demostra ser un lloc d'experimentació i observació per a joves amb discapacitat i el seu professorat.</p>		
Extensió del bosc	180 m ²	Arbres plantats inicialment	540 (30 espècies)
Espècies de fauna presents	<p>Aus: merla (<i>Turdus merula</i>), pit-roig (<i>Erithacus rubecula</i>), mallerenga carbonera (<i>Parus major</i>), mosquiter comú (<i>Phylloscopus collybita</i>).</p> <p>Invertebrats: gasteròpodes, artròpodes, insectes. En concret, borinots (<i>Bombus</i>), marietes (<i>Coccinellidae</i>), escarabats verds (<i>Psilothrix viridicoerulea</i>), mosca sirfídia (<i>Syrphidae</i>).</p> <p>Mamífers: guilla (<i>Vulpes vulpes</i>)</p>		
Llista de les principals espècies vegetals	Espècies arbòries		Espècies arbustives i plantes
	<p><i>Frangula alnus</i> (fràngula)</p> <p><i>Sorbus torminalis</i> (moixera de pastor)</p> <p><i>Quercus petraea</i> (roure de fulla grossa)</p> <p><i>Alnus glutinosa</i> (vern)</p> <p><i>Fagus sylvatica</i> (faig europeu)</p>	<p><i>Prunus avium</i> (cirerer)</p> <p><i>Pyrus communis</i> (perera)</p> <p><i>Quercus robur</i> (roure pènel)</p> <p><i>Betula pendula</i> (bedoll comú)</p> <p><i>Acer campestre</i> (auró blanc)</p>	<p><i>Leucanthemum Silver Princess</i> (marga-rida blanca)</p> <p><i>Potentilla reptans</i> (gram negre)</p> <p><i>Hippophae rhamnoides</i> (arç groc)</p> <p><i>Rhamnus cathartica</i> (espina vera)</p>
Presència d'aula ambiental	Sí. L'aula ambiental es complementa amb un galliner, una zona de compostatge i una zona d'horts.		
Agents implicats	MiniBigForest, SUGi Project, professors, famílies i alumnes de l'escola, altres entitats col·laboradores (Ba'bees, l'Étincelle RH, teraBell Group, VUPAR, TAN DEM, Agence Z&Ko).		
Costos	8.000 euros en total, finançats pel govern local, donacions privades (7.200 dòlars donats per part de SUGi Project) i contribucions voluntaris.		

IME Val Lorie

Imatges



Koswik Law			
Municipi	Saint Columb Major (Cornwall)	Densitat de població	190 hab./km ²
País	Anglaterra, Regne Unit	Data d'implementació	Juliol del 2021
Descripció	<p>El bosc de Koswik Law se situa al pati de l'escola Saint Columb Major Academy, a la regió de Cornwall, a l'extrem sud-occidental d'Anglaterra. La plantació es va fer el juliol del 2021, en una parcel·la de 600 metres quadrats, en la qual es van plantar 1.800 plançons de 12 espècies endèmiques diferents. La densitat mitjana resultat va ser de tres arbres per metre quadrat. La plantació va ser dirigida per SUGi Project, per bé que també hi van col·laborar alumnes de primària de l'escola.</p> <p>15 mesos després de la plantació, el bosc va augmentar significativament tant en alçària com en densitat. Les espècies pioneres s'acostaven als tres metres d'alçària i es creaven les condicions perfectes per a les espècies que busquen condicions de semiombra, com l'avellaner (<i>Corylus avellana</i>) i el grèvol (<i>Ilex aquifolium</i>). El bedoll pubescent (<i>Betula pubescens</i>) és actualment l'espècie més alta del bosc (2,80 m), amb un perímetre mitjà del tronc de 30 mil·límetres. Per contra, com era d'esperar, els roures creixen més lentament, però la seva taxa de creixement s'assimila a la d'un entorn natural de bosc temperat. En conjunt, hi ha hagut un augment significatiu de l'alçària i la densitat del bosc. En particular, el bedoll, el salze i el saüc creixen correctament.</p> <p>D'altra banda, la cobertura del sòl també és òptima, amb una reducció notable de la pressió de les males herbes. A finals del 2023, la taxa de supervivència de les plantes era del 85 %.</p>		
Extensió del bosc	600 m ²	Arbres plantats inicialment	1.800 (12 espècies)
Espècies de fauna presents	Cargols, diversos insectes i aràcnids.		
Llista de les principals espècies vegetals	Espècies arbòries		Espècies arbustives i plantes
	<i>Betula alba</i> (bedoll comú) <i>Betula pubescens</i> (bedoll pubescent) <i>Corylus avellana</i> (avellaner) <i>Sambucus nigra</i> (saüc) <i>Salix L.</i> (salze) <i>Quercus</i>		<i>Ilex aquifolium</i> (grèvol)
Presència d'aula ambiental	No.		
Agents implicats	SUGi Project (promotor del bosc), One Tree Planted (soci forestal), alumnes de l'escola St Columb Major Academy.		
Costos	8.000 euros.		

Koswik Law

Imatges



Minibosque (Ciudad Real)

Municipi	Ciudad Real (Castilla La Mancha)	Densitat de població	262 hab./km ²
País	Espanya	Data d'implementació	Setembre del 2023 (plantació) Març del 2024 (obertura al públic)
Descripció	<p>Amb relació a la plantació, s'han plantat 480 exemplars d'espècies autòctones i al·lòctones aclimatades en un espai de 1.900 metres quadrats. D'altra banda, al sòl es va col·locar una coberta vegetal de fragments de fusta i es van instal·lar diversos troncs secs, per afavorir la presència d'insectes descomponedors i pol·linitzadors. Respecte al manteniment, només es restauraran les plantes que s'hagin assecat durant el primer any, es regaran únicament els tres primers anys i no es faran servir herbicides ni insecticides.</p> <p>Aquest minibosc constitueix una prova pilot amb l'objectiu d'esdevenir una àrea verda al polígon industrial Larache, que està força degradat. Servirà, alhora, per contrarestar els efectes de l'illa de calor provocada per les altes temperatures. A més, pretén fomentar la consciència ambiental i sensibilitzar sobre la importància i els beneficis socials dels boscos Miyawaki, així com animar a la participació ciutadana.</p> <p>El projecte s'emmarca en els plans d'impuls del medi ambient canvi climàtic (PIMA-CC) per a la posada en marxa d'accions de lluita contra el canvi climàtic del Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic, en col·laboració amb la Junta de Comunitats i l'Ajuntament de Ciudad Real.</p>		
Extensió del bosc	1.900 m ²	Arbres plantats inicialment	480 (22 espècies)
Espècies de fauna presents	Diversos insectes (escarabats, formigues, etc.).		
Llista de les principals espècies vegetals	Espècies arbòries		Espècies arbustives i plantes
	<p><i>Arbutus unedo</i> (arboç) <i>Celtis australis</i> (lledoner) <i>Fraxinus ornus</i> (freixe de flor) <i>Juniperus oxycedrus</i> (càdec) <i>Malus domestica</i> (pomer) <i>Pinus halepensis</i> (pi blanc) <i>Quercus ilex</i> (alzina) <i>Quercus suber</i> (alzina surera) <i>Taxus baccata</i> (teix)</p>		<p><i>Ilex aquifolium</i> (grèvol) <i>Laurus nobilis</i> (llorer) <i>Ligustrum vulgare</i> (olivereta) <i>Myrtus communis</i> (murta) <i>Phillyrea angustifolia</i> (aladern de fulla estreta) <i>Phillyrea latifolia</i> (aladern de fulla ampla) <i>Salvia rosmarinus</i> (romaní) <i>Salvia officinalis</i> (sàlvia) <i>Spartium junceum</i> (ginesta) <i>Retama sphaerocarpa</i> (ginesta vimenera) <i>Genista scorpius</i> (argelaga borda) <i>Thymus vulgaris</i> (fariçola) <i>Viburnum tinus</i> (marfull)</p>
Presència d'aula ambiental	No, però s'hi promouen activitats ambientals. S'han fet 15 tallers a escoles i 12 més per a associacions i famílies amb una durada aproximada d'una hora i mitja.		
Agents implicats	Ajuntament de Ciudad Real (Secció de Parcs i Jardins), Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic, Junta de Comunitats de Castella-la Manxa (JCCM), participació ciutadana, escoles d'educació primària. L'actuació ha estat encarregada a l'empresa Agromoral Obras y Servicios, SL.		
Costos	71.775 euros, finançats per la JCCM mitjançant fons Next Generation EU.		

Minibosque (Ciudad Real)

Imatges



Las Rozas			
Municipi	Las Rozas de Madrid	Densitat de població	1.608 hab./km ²
País	Espanya	Data d'implementació	Gener del 2024
Descripció	<p>El bosc està localitzat al centre de la trama urbana del municipi, en una parcel·la prèviament abandonada del carrer Siete Picos. Els objectius principals del bosc urbà eren crear un refugi climàtic per a la població, augmentar la presència de biodiversitat, promoure la sostenibilitat urbana i l'educació ambiental, a més de reforçar la inclusió social.</p> <p>En primera instància, es va dur a terme una anàlisi del sòl, que va revelar uns baixos continguts de nutrients, especialment de matèria orgànica. A més, el terreny es caracteritzava pel fet de tenir un elevat pendent, de manera que es van haver de col·locar travesses de fusta per reduir l'erosió. En el procés de selecció d'espècies es van triar espècies autòctones de fulla caduca que aportessin un valor ornamental en determinades èpoques de l'any, així com espècies fructíferes per a l'ús i el gaudi tant de la població com de la fauna local. La plantació es va fer el gener del 2024, si bé va abraçar 575 metres quadrats dels 750 disponibles, atès que també es va incloure un parc per a gossos, així com un petit passeig amb bancs d'estada per als vianants. Es van plantar un total de 3.000 plançons, amb una densitat mitjana de cinc individus per metre quadrat. A la perifèria de la parcel·la es van plantar 40 plançons de quatre espècies fructíferes, amb una distància mínima de tres metres entre individus, perquè els fruits fossin accessibles tant per als veïns i veïnes com per a la fauna local. La resta de plançons es van distribuir de forma heterogènia a la resta de la parcel·la, procurant barrejar espècies diferents a cada metre quadrat. Amb relació al manteniment, es preveu que sigui exhaustiu durant els tres primers anys, en què s'haurà de regar la parcel·la amb mànega de dispersió (a baixa pressió, per evitar danys), almenys dues vegades al mes, exceptuant els mesos de pluges intenses. S'aplicarà a tot el terreny. Per contra, s'evitarà aplicar pesticides i fertilitzants de qualsevol tipus.</p>		
Extensió del bosc	575 m ²	Arbres plantats inicialment	3.000 (19 espècies)
Espècies de fauna presents	No comptabilitzat (el primer mostreig es preveu a la primavera del 2025).		
Llista de les principals espècies vegetals	<p>Espècies arbòries</p> <p><i>Laurus nobilis</i> (llorer), 270 exemplars <i>Acer campestre</i> (auró blanc), 270 exemplars <i>Morus nigra</i> (morera negra), 250 exemplars <i>Juglans regia</i> (noguer), 210 exemplars <i>Malus sylvestris</i> (pomer silvestre), 150 exemplars <i>Pyrus bourgaeana</i> (perera silvestre), 150 exemplars <i>Pistacia terebinthus</i> (cornicabra), 150 exemplars <i>Prunus avium</i> (cirerer), 150 exemplars <i>Morus alba</i> (morera blanca), 145 exemplars <i>Sorbus aucuparia</i> (servera de caçadors), 140 exemplars</p>	<p>Espècies arbustives i plantes</p> <p><i>Rosa canina</i> (roser silvestre), 250 exemplars <i>Tamarix africana</i> (tamariu), 150 exemplars <i>Corylus avellana</i> (avellaner), 150 exemplars <i>Sorbus domestica</i> (servera), 150 exemplars <i>Crataegus monogyna</i> (arç blanc), 150 exemplars <i>Cornus sanguinea</i> (sanguinyol), 125 exemplars <i>Prunus dulcis</i> (ametller), 10 exemplars <i>Punica granatum</i> (magraner), 10 exemplars <i>Ficus carica</i> (figuer), 10 exemplars</p>	
Presència d'aula ambiental	No. Tot i això, l'Ajuntament de Las Rozas va dissenyar un programa d'educació ambiental de caràcter gratuït durant el primer trimestre de l'any 2024 amb l'objectiu de contribuir a l'aprenentatge, l'educació amb valors i el respecte per al medi ambient a través de l'experimentació, l'autodescobriment i el joc.		
Agents implicats	Fundació Life Terra, Volterra Ecosystems, SL, Ajuntament de Las Rozas, Fundació Trébol, One Tree Planted (finançament del projecte), EFEVerde (cobertura mediàtica).		
Costos	5.000 euros, aproximadament.		

Las Rozas

Imatges



5 Requisits bàsics per a l'extrapolació al context metropolità

La majoria d'experiències de restauració ecològica basades en el mètode Miyawaki s'han aplicat en regions caracteritzades per climes tropicals o temperats freds. Aquests règims climàtics solen tenir una pluviometria distribuïda uniformement al llarg de l'any. Per contra, en regions amb clima mediterrani, el règim pluviomètric no és homogeni, sinó que hi ha un marcat període de sequera estival, mentre que els episodis de pluja es concentren a la primavera i a la tardor. La sequera estival, juntament amb el potencial risc de desertificació (agreujat, a més, pel canvi climàtic), confereixen a la vegetació mediterrània unes característiques particulars, que s'han de tenir en compte a l'hora d'aplicar el mètode Miyawaki.

En l'apartat següent es descriuen detalladament els factors que cal tenir en compte per aplicar els principis descrits al mètode Miyawaki en el context metropolità, d'acord amb característiques com ara les projeccions climàtiques fins a finals de segle, les espècies vegetals autòctones del territori, els trets predominants dels sòls o la funcionalitat ecològica de la fauna present als boscos mediterranis. L'anàlisi correcta d'aquests components, juntament amb la seva evolució durant les pròximes dècades, són elements clau per adaptar les tècniques de restauració ecològica a les condicions específiques del territori i promoure una regeneració ambiental resilient i autosuficient a llarg termini.

5.1 Projeccions climàtiques previstes a la regió mediterrània a finals del segle XXI i les seves conseqüències

La conca mediterrània comprèn el mateix mar Mediterrani i els països i regions que la limiten, i destaca per la seva excepcional riquesa ambiental i sociocultural. Així, la regió té una identitat històrica i ambiental única malgrat les innegables variacions en l'entorn, les condicions socioeconòmiques i les tradicions culturals.

Segons el sisè informe d'avaluació (AR6) de l'IPCC (Grup Intergovernamental sobre el Canvi Climàtic), publicat l'any 2023, la regió mediterrània és considerada

una àrea crítica de biodiversitat (*hotspot*) del canvi climàtic. Això es deu al fet que, tot i no ser la regió amb la taxa d'escalfament projectada més alta del planeta, presenta una elevada exposició i vulnerabilitat de la població i dels ecosistemes envers els efectes del canvi climàtic, en comparació amb altres regions.

Actualment, la conca mediterrània està en procés d'assolir un increment de temperatura d'1,5 °C respecte al període 1995-2014, i s'espera que aquest augment continuï al llarg del segle XXI, de manera que es podria arribar a augments de 3,0 °C a finals de segle, segons els models més pessimistes. Prenent com a referència aquest escenari, es preveu que es produeixin els efectes climàtics següents al conjunt de l'àmbit mediterrani:

- En primer lloc, es preveu que les futures **taxes d'escalfament anual i estival** siguin un 20% i un 50% més elevades que la mitjana mundial, respectivament. L'escalfament estival serà especialment marcat al nord de la conca mediterrània: certes regions podrien registrar increments de la temperatura mitjana de fins a 3,8 °C durant els mesos de juny, juliol i agost.
- Les **temperatures extremes i les onades de calor** augmentaran en intensitat, nombre i durada al llarg del segle, especialment a l'estiu, i es preveu que siguin cada vegada més recurrents.
- Quant a la **precipitació mitjana anual**, es preveu que les precipitacions disminueixin aproximadament un 4% per cada grau centígrad d'escalfament global, per a totes les estacions a la conca central i sud, i sobretot a l'estiu i a la conca nord. Per tant, un augment de 3,0 °C a finals de segle suposaria una reducció mitjana del 12% de la precipitació mitjana anual.
- Pel que fa als **episodis extrems de precipitació**, es preveu que augmentin al nord, potencialment acompanyats d'un augment de les inundacions sobtades. Aquestes tendències accentuaran el gradient entre les zones del nord (ja caracteritzades per esdeveniments més intensos) i les del sud, on els esdeveniments de precipitació extrema són comparativament més seus.

- A més, l'augment generalitzat de la demanda evaporativa i una certa disminució de les precipitacions podrien accentuar **els episodis de sequera a la regió mediterrània** durant el transcurs del segle XXI. De forma general, es preveu que les sequeres siguin més intenses, més freqüents i més llargues.
- Finalment, quant a **l'increment del nivell del mar**, la tendència a l'acceleració és robusta, tot i que diferents mètodes i horitzons temporals indiquen taxes de canvi lleugerament diferents. De cara a l'any 2100, és probable que el nivell del mar augmenti al voltant de 0,91 metres segons l'escenari d'emissions més pessimista.

Aquestes tendències són generalistes per al conjunt de la conca mediterrània. No obstant això, aquesta regió es caracteritza pel fet de presentar una gran variabilitat interna quant a topografia i climatologia, de manera que els canvis climàtics no es manifestaran de forma homogènia, sinó que algunes zones podrien patir una afectació més gran que altres. En la figura següent es poden observar tant el nivell d'afectació com la incidència geogràfica dels diferents factors climàtics:

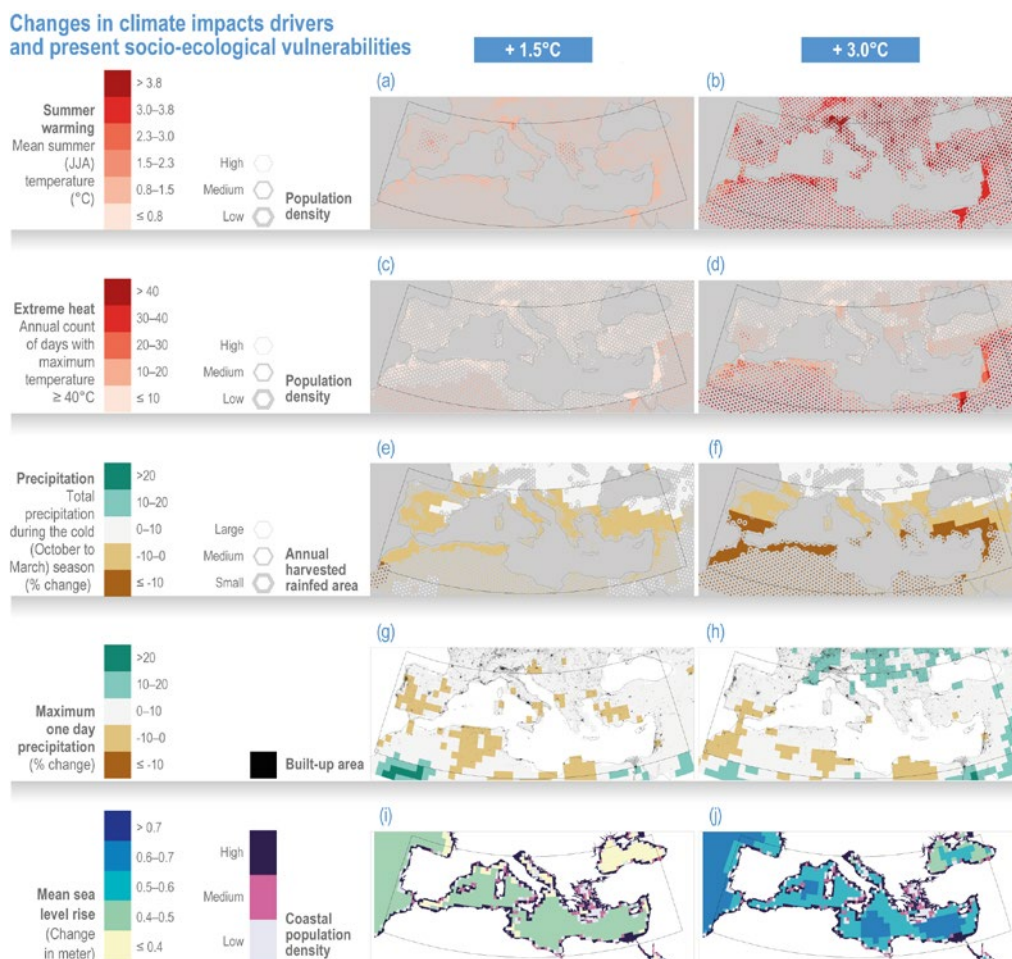


Figura 21. Canvis en els factors d'impacte climàtic respecte al període 1995-2014 per l'escalfament global d'1,5 °C (columna esquerra) i 3,0 °C (columna dreta). Font: sisè informe d'avaluació de l'IPCC (2023). CCP4, Regió Mediterrània, p. 2239.

La regió mediterrània és predominantment vulnerable als impactes de l'escalfament global, en particular, a les onades de calor prolongades i més intenses, l'augment de la freqüència d'episodis de sequera en un clima conceptualment sec i el risc d'inundacions costaneres. Les incerteses sobre el moment, la durada, la intensitat i l'interval entre fenòmens climàtics extrems posen en especial risc alguns sectors econòmics, com l'agricultura i el turisme.

De cara a finals del segle XXI, les projeccions apunten a una reducció del 6 % al 14 % dels recursos hídrics al sud d'Europa, i per tant, de l'àrea metropolitana de Barcelona. Aquest fet agreujarà l'estrès hídric existent, especialment en sectors com l'agricultura, amb dèficits significatius previstos per al 2030. Els boscos mediterranis, situats al límit de les seves àrees de distribució, veuran afectada la seva salut i productivitat per l'augment de la freqüència de sequeres i la intensitat dels incendis forestals.

Quant als riscos climàtics, l'augment del nivell del mar generarà riscos significatius a les zones costaneres

baixes del Mediterrani, incloent-hi inundacions més freqüents, erosió costanera i més vulnerabilitat de les ciutats costaneres, especialment les localitzades als deltes fluvials i les planes inundables. Aquests riscos seran amplificats pel desenvolupament urbà ràpid, la gestió deficient de les aigües pluvials i l'augment de superfícies urbanes segellades. A més, l'erosió de les platges arenoses afectarà negativament el turisme i la recreació, mentre que els petits ports, comuns a la regió, afrontaran interrupcions operatives significatives. Amb el temps, les inundacions evolucionaran cap a escenaris de permanència i retrocés de la línia costanera, fet que agreujarà encara més els impactes socioeconòmics i ambientals.

Tal com es pot apreciar a la figura següent, Catalunya, juntament amb altres països del sud-oest d'Europa, presenta un alt índex de confiança envers l'augment de pràcticament tots els factors climàtics, incloent-hi afectacions als ecosistemes terrestres i marins, així com un augment en la freqüència i intensitat dels incendis forestals, períodes de sequera, riscos litorals, etc.

Key risks in the Mediterranean and their location for SSP5-RCP8.5 by 2100

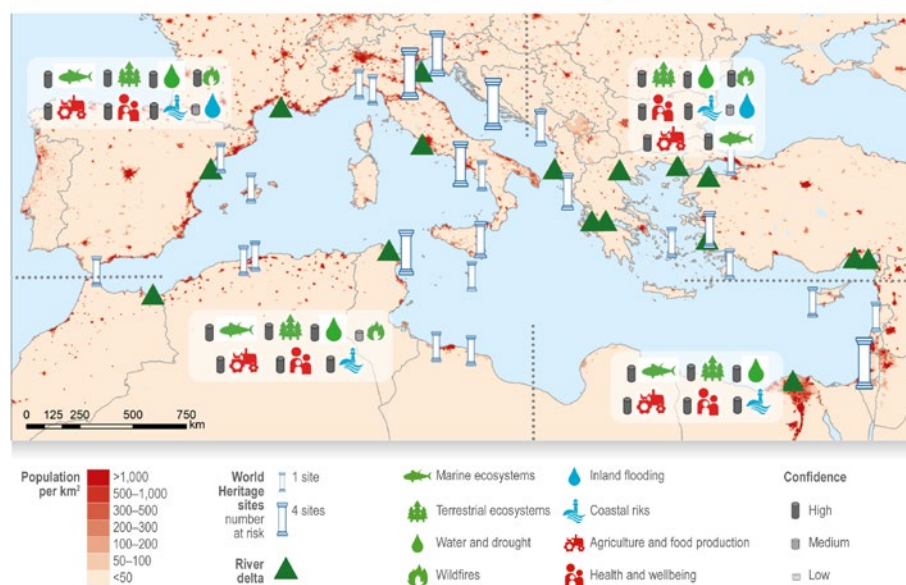


Figura 22. Riscos clau a la Mediterrània i ubicació a la regió mediterrània per a SSP5-RCP8.5 per a l'any 2100. Font: sisè informe d'avaluació de l'IPCC (2023). CCP4, Regió Mediterrània, p. 2248.

A part de veure's amenaçada per un conjunt de factors ambientals adversos, l'alta densitat de població de l'àrea metropolitana de Barcelona (1.542 hab./km²) amplifica la magnitud dels riscos climàtics, ja que hi ha més exposició de persones i infraestructures, l'efecte d'illa de calor s'amplifica, es produeix una saturació dels serveis bàsics (subministrament d'aigua i electricitat, etc.), i els episodis de contaminació atmosfèrica es veuen agreujats per l'alta densitat de focus emissors, entre altres factors. A més, el territori presenta una casuística particular: en una superfície reduïda es concentren àrees particularment vulnerables a riscos naturals, com ara el delta del Llobregat, susceptible a patir inundacions i desbordaments.

5.2 Boscos mediterranis i grau de tolerància o sensibilitat a la sequera i a l'augment de temperatures

Els **boscos mediterranis** són ecosistemes densos i compactes, caracteritzats per una vegetació adaptada a condicions climàtiques extremes, amb estius calorosos i secs, i hiverns suaus. La seva estructura presenta una estratificació característica, amb una capa arbòria dominada per espècies com l'alzina (*Quercus ilex*), el pi blanc (*Pinus halepensis*) i el roure martinenc (*Quercus pubescens*), i una coberta densa d'arbustos com el llentiscle (*Pistacia lentiscus*) o l'arboç (*Arbutus unedo*). L'alçària dels arbres sovint no supera els 10 o 15 metres, fet que contribueix a una aparença baixa. Aquests boscos es caracteritzen pel fet de tenir arrels profundes, una adaptació que minimitza la pèrdua d'aigua, de forma que les plantes poden sobreviure durant períodes perllongats de sequera. Tot i la seva densitat, la productivitat dels boscos mediterranis és limitada, amb una regeneració pausada que fa que calgui molt temps per recuperar la biomassa després de pertorbacions.



Figura 23. El bosc de Collserola, un clar exemple de bosc mediterrani, situat al cor de l'àrea metropolitana de Barcelona. Font: Parc Natural de Collserola, 2022.

Malgrat la seva resiliència, aquests ecosistemes estan sotmesos a greus amenaces, les quals s'estan intensificant amb el canvi climàtic. L'augment sostingut de les temperatures i la disminució de les precipitacions provoquen episodis de sequera més freqüents i prolongats, que debiliten els arbres i redueixen la seva capacitat de regeneració. Els incendis forestals també representen un risc creixent, ja que l'acumulació de biomassa seca i les llargues onades de calor amplien la temporada de risc i en multipliquen la intensitat. Les pluges torrencials, cada cop més freqüents, erosionen el sòl i comprometen l'estabilitat de les arrels, fet que agreuja encara més la vulnerabilitat del bosc. Finalment, els nous escenaris climàtics comportaran un increment de la vulnerabilitat de la vegetació mediterrània, que serà més susceptible de patir malalties o estar afectada per patògens diversos.

A continuació, es descriuen les principals espècies autòctones que formen el bosc mediterrani, així com la seva capacitat adaptativa davant dels escenaris climàtics futurs. Aquestes espècies es caracteritzen pel fet d'estar ben adaptades a les condicions climàtiques i edàfiques. A més, són compatibles entre elles, és a dir, poden coexistir en un mateix ecosistema. Aquesta combinació les fa especialment idònies per a la implementació en l'àmbit d'un petit bosc urbà de creixement ràpid.

Alzina (*Quercus ilex*)

Els alzinars són una de les formacions forestals més característiques i abundants dels ecosistemes mediterranis. A l'àrea metropolitana, aquests boscos es troben principalment a les zones de muntanya baixa



Figura 24. Donada la seva naturalesa mediterrània, l'alzina està molt ben adaptada a les altes temperatures i a l'escassetat hídrica, motiu pel qual s'empra cada vegada més com a arbrat en parcs i jardins. Font: Àrea Metropolitana de Barcelona, 2018.

i mitjana, on formen densos alzinars des del nivell del mar fins als 1.400 metres d'altitud, aproximadament. També són presents en un gran nombre de parcs i jardins metropolitans.

L'alzina és una espècie molt ben adaptada al clima mediterrani, amb una gran capacitat de rebrot i resistència a la sequera. A l'àrea metropolitana forma boscos densos amb un sotabosc ric en arbustos i lianes, com ara el marfull (*Viburnum tinus*), l'arboç (*Arbutus unedo*), el llentiscle (*Pistacia lentiscus*) i l'aladern (*Rhamnus alaternus*). Molts d'aquests alzinars tenen una estructura amb una gran densitat de peus de rebrot i arbres relativament baixos. Tot i això, en zones menys intervingudes se'n poden trobar exemplars centenaris de grans dimensions.

Pel que fa a l'adaptabilitat als escenaris climàtics futurs, l'alzina mostra una bona tolerància a l'augment de les temperatures, així com als períodes de sequera. La seva fulla perenne, petita i coriàcia, així com el seu sistema radicular profund, li permeten resistir condicions de sequera prolongada.

No obstant això, els escenaris més extrems de canvi climàtic —que preveuen un augment de més de 4 °C a finals del segle XXI— podrien suposar un repte per a aquests boscos. L'augment de les temperatures i la disminució de les precipitacions previstes per al futur podrien afectar negativament el creixement i la regeneració dels alzinars, especialment en les zones més seques i càlides de l'àrea metropolitana. En aquestes condicions, es podria observar una migració altitudinal dels alzinars cap a zones més elevades i fresques, així com una possible substitució per espècies més resistents a la sequera, com ara els matollars.

D'aquesta manera, tot i la seva resistència innata, els episodis de sequera extrema i prolongada podrien provocar defoliacions i mortalitat en alguns individus, especialment en zones amb sòls poc profunds

o terrenys amb una elevada exposició solar, orientats al sud. A més, l'augment de les temperatures podria afavorir l'aparició de plagues i malalties procedents d'àmbits tropicals.

En termes de gestió forestal, la capacitat d'arrelament profund de l'alzina li permet sobreviure en sòls pobres i àrids, fet que proporciona estabilitat al sòl i actua com a refugi per a diverses espècies d'animals i vegetals. La seva adaptabilitat al canvi climàtic es reflecteix en la resiliència als períodes de sequera prolongats. Així doncs, aquesta espècie és una opció excel·lent per a la restauració ecològica en zones vulnerables als canvis climàtics.

Pi blanc (*Pinus halepensis*)

El pi blanc és una espècie de coníferes originària de la regió mediterrània, la qual està molt estesa a l'àrea metropolitana de Barcelona i es pot trobar en un rang altitudinal que va des del nivell del mar fins als 1.000 metres d'altitud. Geogràficament, es localitza sobretot a la serra de Collserola i als sectors muntanyosos del Vallès Occidental i el Baix Llobregat. Aquests boscos solen presentar una estructura irregular, amb arbres que poden arribar fins als 20 metres d'alçària, tot i que generalment són menys robustos que altres espècies de pins.

El pi blanc és una espècie oportunista que ha colonitzat extensament els conreus abandonats i les àrees afectades per incendis. La seva capacitat de colonització es veu afavorida pel fet de ser una espècie piròfita,⁸ ja que, després d'un episodi de foc, molts dels pinyons que contenen les pinyes seròtines arriben al sòl, on troben un medi ric en nutrients (les cendres) i sense competència d'altres plantes, de manera que acaben colonitzant les zones cremades.

A més, el pi blanc s'utilitza en la regeneració de terrenys degradats, atès que té una gran capacitat per

⁸ Espècie vegetal adaptada i resistent al foc.



Figura 25. Les acícules del pi blanc, molt fines i flexibles, permeten reduir les pèrdues d'aigua per evapotranspiració. Font: Ferrer, C., 2013.

colonitzar sòls erosionats, gràcies al creixement ràpid i a l'arrelament profund, dos factors que ajuden a estabilitzar el sòl, de manera que s'evita la pèrdua de terres per erosió.

Pel que fa a l'adaptabilitat al canvi climàtic, el pi blanc mostra una notable tolerància a condicions extremes. Aquesta espècie pot suportar un rang de temperatures molt ampli, des de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ fins a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, i necessita una pluviometria anual mínima de només 250 mil·límetres, tot i que els nivells òptims se situen entre els 600 i els 700. Aquestes característiques li confereixen una gran resistència a la sequera i a les altes temperatures.

El pi blanc està ben adaptat a les condicions mediterrànies, incloent-hi períodes de sequera prolongada. Les seves fulles amb forma d'agulla, prima i punxeguda, són una adaptació que li permet reduir la

pèrdua d'aigua. A més, la seva capacitat per créixer en terrenys pobres i la seva tolerància a sòls calcaris li proporcionen avantatges en condicions edàfiques difícils. Així, la capacitat competitiva del pi blanc enfront de les alzines pot augmentar amb l'aridificació i amb la recurrència de les pertorbacions.

Tot i la seva resistència, hi ha alguns estudis que demostren que el valor ecològic i econòmic dels boscos de pi blanc pot decreïxer en el context del canvi climàtic. La disminució de les precipitacions podria augmentar l'estrès hídric d'aquesta espècie en algunes zones, especialment en el cas de sòls poc profunds o d'elevat pendent, fet que en comprometria la supervivència. En última instància, hi ha diverses malalties que afecten el pi blanc i que poden anar en augment a causa del canvi climàtic, com la processionària del pi (*Thaumetopoea pityocampa*), la qual destrueix les acícules i redueix la capacitat fotosintètica de l'arbre.

Arboç (*Arbutus unedo*)

L'arboç és una planta amb flor que pot arribar a fer fins a 10 metres amb les branques joves enrogides i peludes, i amb una capçada ovalada. Té fulles coriàcies d'entre 4 i 10 centímetres, les quals li permeten minimitzar la transpiració. Les flors, d'uns 7 mil·límetres, són blanques o verdoses, en forma de campaneta, dirigides cap avall amb l'extrem caragolat cap enfora, i es presenten reunides en grups. Floreix entre els mesos d'octubre i gener. El fruit és una baia esfèrica, carnosa i groguenca per dins i granulada, i aspra per fora, amb un color vermellós molt intens quan madura. A més, presenta un sistema radicular profund, fet que li permet accedir a reserves d'aigua en sòls secs.

És una espècie autòctona del territori català, de forma que està molt ben adaptada al clima mediterrani. Es pot trobar en zones climàtiques costaneres, d'interior i de muntanya. Tolera certa proximitat al mar, però no està tan adaptada als ambients costaners en comparació amb altres arbustos. Quant a la idoneïtat respecte a l'exposició solar, li convenen tant les situacions de ple sol com les de mitja ombra o ombra suau. No tolera els sòls molt calcaris i suporta els mitjanament calcaris.

Amb relació a la resistència i al grau d'adaptació a les condicions climàtiques futures, és una espècie tolerant a la calor, atès que suporta les situacions en què hi ha períodes de calor excepcionals, sempre que es facin regs addicionals. Pel que fa a la resistència a la sequera, a diferència d'altres espècies mediterrànies, és força sensible a aquest fenomen, atès que necessita la humitat de manera gairebé constant (pluviositat anual > 1.000 mm/any). En aquest sentit, necessita un consum hídric moderat i pot sobreviure períodes d'entre un a tres mesos de sequera.

Amb tot, l'arboç presenta una adaptabilitat moderada als escenaris climàtics futurs. En primer lloc, la



Figura 31. Exemplar d'arboç. Font: *Guia del verd urbà*, Diputació de Barcelona, 2015.

seva capacitat de regeneració es veu afectada quan els períodes de sequera extrema es prolonguen. A més, té una sensibilitat notable a l'augment sostingut de les temperatures, especialment en zones on les màximes superen els 30 °C durant llargs períodes. No obstant això, és capaç de rebrotar després d'incendis forestals, de forma que podria esdevenir un bon mecanisme de revegetació en àrees cremades, sempre que l'exposició solar no sigui excessivament elevada.



Figura 33. Exemplant de marfull. Font: *Guia del verd urbà*, Diputació de Barcelona, 2015.

Marfull (*Viburnum tinus*)

El marfull és un arbust perennifoli mediterrani típic d'aquestes formacions vegetals que pot arribar a superar els tres metres d'alçària. Les seves fulles fan entre 4 i 10 centímetres, i són planes, amples i endurides. Aquest model de fulla, anomenat *laurifoli*, és el model d'èxit als territoris de clima humit sense fred ni estacions desfavorables. Té flors petites, blanques o lleugerament rosades, agrupades en corimbos densos als extrems de les branques. La floració es produeix durant les darreres setmanes d'hivern o a l'inici de la primavera, si bé pot començar força abans i acabar força més tard. Els fruits són carnosos, d'uns 5 o 6 mil·límetres, maduren al començament de l'hivern i tenen un color blavós metàl·lic.

És una espècie autòctona del clima mediterrani. A l'àrea metropolitana de Barcelona es pot trobar en zones litorals, d'interior i de muntanya, i pot créixer en zones situades fins a 1.200 metres d'altitud. Tolera certa proximitat al mar i té afinitat per a qualsevol situació d'exposició solar, des de ple sol fins a situacions d'ombra densa. Pot viure en sòls molt calcaris i accepta l'aigua de reg amb alts continguts de carbonat càlcic.

És una espècie resistent a onades de calor. Presenta una tolerància moderada a la sequera gràcies a les seves fulles rígides i perennes, que ajuden a reduir la pèrdua d'aigua. No obstant això, prefereix condicions amb una pluviositat anual moderada o elevada, de manera que és més freqüent trobar-lo en ambients humits o subhumits.

Actualment, el factor limitador de la distribució del marfull cap a l'interior de l'àrea metropolitana (i en cotes elevades) és el rigor hivernal. És d'esperar que, amb l'augment global de temperatura i la manca de fredorades, avanci terra endins per la vall del Llobregat, de manera que es podria arribar a consolidar en sectors de mitjana i alta muntanya. El marfull té una gran capacitat de rebrotada després d'un incendi, de manera que pot arribar a ser la planta dominant en àrees afectades per incendis reiterats. Per tant, és possible que, amb la incidència del canvi climàtic, aquesta espècie es retiri de zones litorals per avançar cap a l'interior del territori metropolità.

Algunes espècies presents en aquest tipus d'ecosistema són:

Estrat arbori	
Nom científic	Nom comú
<i>Quercus ilex ssp. ilex</i>	Alzina
<i>Pinus halepensis</i> *	Pi blanc
<i>Quercus faginea</i> **	Roure de fulla petita
<i>Quercus cerrioides</i> **	Roure cerrioide
<i>Sorbus domestica</i> **	Servera
<i>Acer monspessulanum</i> ***	Auró negre
<i>Corylus avellana</i> ***	Avellaner
Estrat arbusti	
Nom científic	Nom comú
<i>Viburnum tinus</i>	Marfull
<i>Rhamnus alaternus</i>	Aladern
<i>Phillyrea latifolia</i>	Aladern de fulla ampla
<i>Arbutus unedo</i>	Arboç
<i>Pistacia lentiscus</i>	Llentiscle
<i>Erica arborea</i>	Bruc boal
<i>Bupleurum fruticosum</i>	Matabou
<i>Osyris alba</i>	Ginestó
<i>Lonicera implexa</i>	Lligabosc mediterrani
<i>Rosa sempervirens</i>	Roser englantiner

<i>Clematis flamula</i>	Vidiella
<i>Smilax aspera</i>	Arítjol
<i>Ruscus aculeatus</i>	Galzeran
<i>Asparagus acutifolius</i>	Esparreguera boscana
<i>Rubia peregrina</i>	Rogeta
<i>Olea europaea var. oleaster</i> *	Olivera
<i>Calicotome spinosa</i> *	Argelaga negra
<i>Rubus ulmifolius</i> *	Esbarzer comú
<i>Cistus albidus</i> *	Estepa blanca
<i>Cistus salviifolius</i> *	Estepa borrera
<i>Crataegus monogyna</i> **	Arç blanc
<i>Daphne laureola</i> **	Lloretet
<i>Vitex agnus-castus</i> ***	Aloc
<i>Jasminum fruticans</i> ***	Gessamí groc
<i>Colutea arborescens</i> ***	Espantallops

Estrat herbaci	
Nom científic	Nom comú
<i>Hedera helix</i>	Heura
<i>Carex halleriana</i>	
<i>Arisarum vulgare</i> *	Rapa de frare
<i>Ampelodesmos mauritanicus</i> *	Càrritx
<i>Brachypodium retusum</i> *	Llistó
<i>Euphorbia characias</i> *	Lleteresa vesquera
<i>Carex distachya</i> *	
<i>Cyclamen balearicum</i> *	Pa porcí
<i>Viola alba</i> **	Violeta
<i>Asplenium adiantum-nigrum ssp. Onopteris</i> **	Falzia negra
<i>Brachypodium sylvaticum</i> **	Fenàs de bosc
<i>Euphorbia amygdaloides</i> **	Lleteresa de bosc
<i>Tamus communis</i> **	Corriola de cavall
<i>Origanum vulgare</i> ***	Orenga
<i>Oryzopsis miliacea</i> ***	Herba nuosa

* Tolerància a llocs més secs o amb més exposició al sol.

** Pròpies de llocs més ombrívols o humits.

*** Al·lòctones o no pròpies de la comunitat, però interessants per incrementar la biodiversitat.

D'altra banda, així com els alzinars i les pinedes, una altra de les formacions vegetals més representatives de la Mediterrània és **la màquia**, que inclou diferents tipus de matollar, formacions arbustives substitutòries que responen a la destrucció d'altres formacions forestals més madures, o bé que s'estableixen a partir dels prats que han deixat de ser pertorbats per l'activitat humana en zones més eixutes i amb menys terra. Per exemple, a Collserola trobem màquies de bruc (*Erica arborea*) i arboç (*Arbutus unedo*), que rebroten amb força després d'un incendi o d'una estassada i que poden arribar a ser molt abundants.

La màquia és una formació vegetal arbustiva força densa, d'alçària variable (generalment entre 0,7 i 3 m), molt representativa del paisatge mediterrani i constituïda per espècies de fulla perenne. Formades sobretot per arbustos mediterranis escleròfil·les de

fulla petita, el paper ecològic d'aquestes formacions vegetals és essencial per la seva capacitat de retenció de l'aigua de pluja, de protecció del sòl i de refugi per a la fauna.

A continuació, es descriuen les principals espècies autòctones presents a la màquia que es poden trobar a l'àrea metropolitana de Barcelona.

Garric (*Quercus coccifera*)

El garric és una planta semblant a l'alzina, però de port arbustiu. És, doncs, un petit arbret molt ramificat que sol arribar fins als 2 metres d'alçària. Cobert de fulles perennes de color verd intens, dures i amb els marges punxants, arriba a crear formacions molt denses i comunitats permanents. El seu fruit és un aglà que floreix d'abril a maig i fructifica durant l'agost de l'any següent.



Figura 34. El garric és considerat el germà petit de l'alzina.
Font: *Guia del verd urbà*, Diputació de Barcelona, 2015.

El garric, autòcton a la major part de la façana mediterrània peninsular, té presència en zones climàtiques litorals, d'interior i de muntanya, i és especialment establert al sud del massís del Garraf, al límit sud-occidental metropolità. Es desenvolupa sense dificultats a les franges costaneres, li convenen tant les situacions de ple sol com les de mitja ombra o ombra suau, i prolifera sobre terrenys calcaris, pedregosos i sòls pobres. Altament resistent a les temperatures elevades, el garric té unes demandes hídriques baixes o moderades, entorn de 500 o 800 mil·límetres anuals. Malgrat la seva resistència a períodes secs, no tolera l'estrès hídric prolongat, especialment si les sequeres són extremadament greus durant un llarg període de temps. Pel que fa a temperatures mínimes, resisteix glaçades de fins a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

De forma general, el garric està ben adaptat a les condicions climàtiques futures, i podria arribar a substituir els alzinars en regions on les característiques edàfiques i de retenció d'aigua siguin limitadores. Tot i això, la seva subsistència pot veure's amenaçada en el futur si els períodes de sequera són molt perllongats.

Ullastre (*Olea europaea*)

És un arbre que pot assolir 6 metres d'alçària, però molt sovint està en estat arbustiu. Té fulles perennes i les branques inferiors en general són espinoses.

Habita en regions càlides i seques de clima temperat de la regió mediterrània, predominantment en terrenys pedregosos, garrigues i formacions del litoral. En aquest sentit, mostra una marcada preferència per sòls calcaris i climes costaners, calorosos i sense ombra.

A més, l'ullastre és una planta amb una elevada resistència a les sequeres i, com a tal, té estructu-

res de protecció a les fulles per evitar perdre l'aigua, però les temperatures massa baixes ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$) poden ser letals fins i tot per a arbres madurs. Creixen bé en sòls lleugers, inclús en sòls argilosos, sempre que estiguin ben drenats. En contraposició, sobre sòls rics emmalalteixen i produeixen olives de menys qualitat. Poden créixer en sòls amb pH d'entre 5,5 i 8,5.

Llentiscle (*Pistacia lentiscus*)

El llentiscle és un arbust de forma arborescent,⁹ amb una alçària mitjana d'entre 4 a 5 metres i una amplada que oscil·la entre 1 i 5 metres. La seva escorça és de color vermellós a les branques joves, i amb el temps es torna grisa. Les fulles són perennes i estan compostes per entre 4 i 10 folíols,¹⁰ endurits i de forma el·líptica. Són de color verd, però a l'hivern agafen tons vermellosos. La floració es produeix de



Figura 30. Llentiscle. Font: *Guia del verd urbà*, Diputació de Barcelona, 2015.

⁹ Forma ramificacions anàlogues a les branques d'un arbre.
¹⁰ Cadascuna de les divisions d'una fulla composta.

març a maig. Les flors són petites, d'un color groc o vermellós. Quant al fruit, és carnós, semblant a una oliva petita. Al principi és de color verd, després vermellós i finalment es torna de color negre, quan ja és madur.

És una espècie autòctona del territori català, de forma que està molt ben adaptada al clima mediterrani, concretament a les condicions climàtiques costaneres i d'interior. Es pot trobar fins a una cota màxima de 800 metres, aproximadament. Per tant, es tracta d'una planta que es desenvolupa bé a primera línia de mar. Quant a l'exposició solar, li convenen les situacions de ple sol, de forma que es desenvolupa bé en zones de solell orientades al sud. D'altra banda, presenta una elevada resistència a la calor, de manera que pot viure en sòls molt calcaris. També és capaç d'adaptar-se a terrenys rocosos i pot rebrotar després d'un incendi forestal o d'una tala.

Pel que fa a la resistència i al grau d'adaptabilitat a les condicions climàtiques futures, es tracta d'una espècie altament resistent a la calor, atès que pot viure en zones on la temperatura màxima mitjana del mes més càlid és superior a 28 °C. És també una planta molt resistent a la sequera, ja que resisteix una certa aridesa (pluviositat anual < 500 mm/any). A més, presenta un consum hídric molt baix: pot arribar a tolerar períodes de més de cinc mesos de sequera.

Per tant, tenint en compte totes aquestes condicions, el llentiscle és una espècie molt adaptable a les condicions canviants pròpies del clima mediterrani intensificat pel canvi climàtic, ja que presenta una sèrie de característiques que fan que tingui un alt grau d'adaptació al canvi climàtic: és una planta resistent a les altes temperatures, suporta períodes perllongats de sequera, té unes baixes necessitats hídriques i es pot regenerar fàcilment després d'episodis d'incendis forestals.

Algunes espècies presents en aquest tipus d'ecosistema són:

Estrat arbori	
Nom científic	Nom comú
<i>Quercus coccifera</i>	Garric
<i>Olea europaea var. sylvestris</i>	Olivera
<i>Pinus halepensis</i> *	Pi blanc
<i>Ceratonia síliqua</i> ***	Garrofer
Estrat arbustiu	
Nom científic	Nom comú
<i>Pistacia lentiscus</i>	Llentiscle
<i>Chamaerops humilis</i>	Margalló
<i>Rhamnus lycioides</i>	Arçot
<i>Smilax aspera</i>	Arítjol
<i>Rubia peregrina</i>	Rogeta
<i>Asparagus acutifolius</i>	Esparreguera boscana
<i>Erica multiflora</i>	Bruc d'hivern
<i>Juniperus oxycedrus ssp. rufescens</i>	Càdec
<i>Rosmarinus officinalis</i> *	Romaní
<i>Euphorbia dendroides</i> *	Lleterassa
<i>Cneorum tricoccon</i> *	Olivella
<i>Juniperus phoenicea ssp. phoenicea</i> *	Savina
<i>Calicotome spinosa</i> ***	Argelaga negra
<i>Osyris alba</i> ***	Ginestó
<i>Retama sphaerocarpa</i> ***	Ginesta vimetera
<i>Cistus albidus</i> ***	Estepa blanca
<i>Cistus salviifolius</i> ***	Estepa borrera
<i>Lavandula latifolia</i> ***	Barballó
<i>Genista hispanica</i> ***	Argelagó
<i>Genista biflora</i> ***	Ginesta
<i>Santolina chamaecyparissus</i> ***	Espernallac
<i>Ulex parviflorus</i> ***	Gatosa
Estrat herbaci	
Nom científic	Nom comú
<i>Brachypodium retusum</i>	Llistó
<i>Carex halleriana</i>	

<i>Arisarum vulgare</i> *	Apagallums
<i>Asparagus stipularis</i> *	Esparreguera marina
<i>Asparagus albus</i>	Esparreguera de gat
<i>Whitania frutescens</i> *	Buferà
<i>Prasium majus</i> *	Arangí bord
<i>Thymus vulgaris</i> ***	Farigola
<i>Sideritis scordioides</i> ***	Rabet de gat
<i>Helichrysum stoechas</i> ***	Flor de mort
<i>Phagnalon rupestre</i> ***	Herba santa borda
<i>Globularia alypum</i> ***	Foixarda
<i>Fumana ericoides</i> ***	Herba del setge
<i>Lithospermum fruticosum</i> ***	Cua de gat

* Tolerància a llocs més secs o amb més exposició al sol.
 ** Pròpies de llocs més ombrívols o humits.
 *** Al·lòctones o no pròpies de la comunitat, però interessants per incrementar la biodiversitat.

5.3 Característiques predominants dels sòls presents als municipis metropolitans

L'àrea metropolitana de Barcelona ocupa un total de 636 quilòmetres quadrats, que s'estenen al llarg de 36 municipis. El seu entorn destaca per la presència d'espais antropitzats amb sòls alterats i poc fèrtils.

El territori metropolità comprèn una gran varietat d'usos del sòl, des dels àmbits agrícoles del delta del Llobregat fins a les zones totalment urbanitzades del pla de Barcelona i les grans àrees verdes dels massissos del Garraf, Collserola i la serralada de Marina, entre d'altres.

Dins d'aquest àmbit, la composició dels sòls té una gran importància, ja que intervé en una sèrie de funcions tant ecològiques (producció de biomassa, filtratge de contaminants, reserva d'hàbitats biològics, etc.) com lligades a l'activitat humana (font de matèries primeres i patrimoni cultural). Des del punt de vista general, els sòls metropolitans presenten una gran diversitat, determinada per factors com ara la topografia, la litologia, el clima mediterrani i l'alt impacte

derivat de les activitats antròpiques. Segons el Soil Taxonomy (el sistema històricament emprat en les cartografies de sòls a Catalunya), hi ha vuit grans tipus de sòls, els quals es poden observar en el mapa següent:

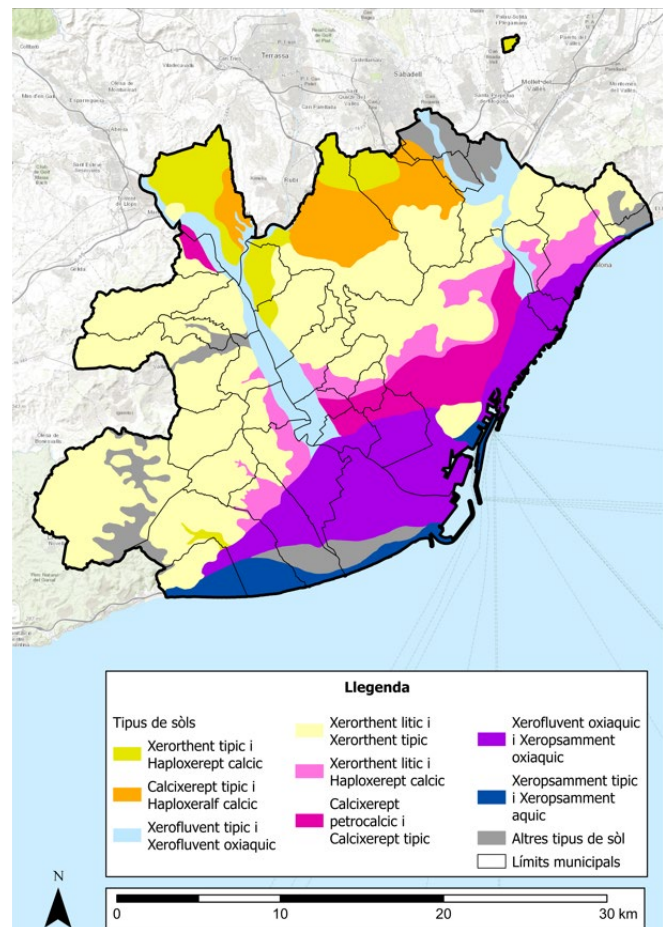


Figura 35. Principals tipus de sòls a l'àrea metropolitana de Barcelona, segons la classificació Soil Taxonomy (SSS, 2014). Font: elaboració pròpia a partir del Mapa de sòls de Catalunya 1:250.000 (2019).

- **Xerorthent típic i haploxerept càlcic:** sòls desenvolupats a partir de roques de diferents litologies i els dipòsits procedents de la seva meteorització als peus de vessants de pendents suaus i moderats. Són sòls de superficials a profunds, ben drenats, amb textures mitjanes i pocs elements grossos. El pH oscil·la entre mitjanament bàsic a lleugerament alcalí, i el contingut de carbonat càlcic varia d'alt a molt alt.

Aquest tipus de sòl es troba majoritàriament al límit septentrional de l'àrea metropolitana, concretament al Papiol i a la zona universitària de Bellaterra, a Cerdanyola del Vallès. És favorable per al desenvolupament de vegetació esclerofilla, especialment espècies adaptades a l'escassetat hídrica i a la pobresa edàfica, com el pi blanc (*Pinus halepensis*) o l'alzina (*Quercus ilex*). També permet el desenvolupament d'una rica comunitat d'arbusts mediterranis, com el marfull (*Viburnum tinus*), l'arboç (*Arbutus unedo*) i la mata (*Phillyrea angustifolia*). A més, les condicions moderadament càlciques beneficien espècies com la farigola (*Thymus vulgaris*) i altres plantes aromàtiques.

- **Calcixerept típic i haploxeralf càlcic:** sòls desenvolupats a partir dels dipòsits de meteorització de roques de diferent litologia a la depressió del Vallès. Són sòls molt profunds, ben drenats, amb textures mitjanes o moderadament fines i un contingut abundant d'elements grossos. Presenten moltes acumulacions secundàries de carbonat càlcic, que donen lloc a un horitzó càlcic. A més, alguns perfils també mostren revestiments argilosos, fet que dona lloc a la formació d'horitzons argílics. El pH és de lleugerament bàsic a lleugerament alcalí, i els continguts de carbonat càlcic, de mitjans a alts.

Aquests sòls afavoreixen vegetacions adaptades a sòls poc profunds i amb una presència moderada de nutrients. S'hi desenvolupa una vegetació dominada per boscos d'alzines sureres (*Quercus suber*) en zones amb certa humitat residual i pins blancs (*Pinus halepensis*) en pendents més assolellats i secs. La vegetació arbustiva associada inclou el marfull (*Viburnum tinus*) i el garric (*Quercus coccifera*), mentre que a les zones més erosionades o amb menys acumulació de sòl es troben espècies com la ruda (*Ruta graveolens*).

- **Xerofluent típic i xerofluent oxiaquic:** sòls desenvolupats a partir de dipòsits al·luvials als fons de vall i terrasses de trams de riu. Molt profunds,

de ben drenats a moderadament drenats, amb textures mitjanes o moderadament grosses i un contingut variable d'elements grossos. Presenten poc desenvolupament edàfic. Alguns perfils poden mostrar taques i concrecions lligades a processos redox. El pH fluctua entre mitjanament àcid i lleugerament alcalí, i els continguts de CaCO_3 són molt variables. Per tant, aquests sòls afavoreixen una vegetació adaptada a condicions variables d'humitat. El bosc de ribera és la formació forestal més abundant, amb presència d'espècies com els pollancre (*Populus alba*), els oms (*Ulmus minor*) i els salzes (*Salix alba*).

- **Xerorthent lític i xerorthent típic:** sòls desenvolupats a partir de roques de diferents litologies a la major part de les divisòries i vessants de pendent fort de les serralades del sistema mediterrani. Són superficials o molt superficials, ben drenats, amb textures mitjanes o grosses. Presenten poc desenvolupament edàfic. Al territori metropolità, aquests sòls són els majoritaris quant a extensió territorial, i es desenvolupen sobre pissarres i esquists, de manera que presenten un pH de mitjanament àcid a lleugerament àcid, i uns continguts de carbonat càlcic nuls o molt baixos.

A l'àrea metropolitana de Barcelona trobem dues grans extensions que presenten aquest tipus de sòl: la serra de Collserola i el complex de les muntanyes d'Ordal - massís del Garraf. A la serra de Collserola predominen les formacions vegetals de pi blanc (*Pinus halepensis*) i alzina (*Quercus ilex*), amb una capa arbustiva rica en espècies mediterrànies. D'altra banda, a les zones del massís del Garraf, les condicions extremes del terreny calcari, pobre en nutrients i amb alta permeabilitat, propicien el domini d'espècies arbustives de matollar esclerofille, com el garric (*Quercus coccifera*), el llentiscle (*Pistacia lentiscus*) i el romaní (*Salvia rosmarinus*).

- **Xerorthent lític i haploxerept càlcic:** sòls desenvolupats a partir de roques de diferents litologies, riques en carbonats i dels dipòsits procedents de

la seva meteorització als peus dels vessants de muntanyes. Són sòls superficials o moderadament profunds, ben drenats i amb textures mitjanes o grosses i un contingut variable d'elements grollers. Aquests sòls es localitzen en una zona de transició entre el vessant sud dels relleus de la serralada Litoral i les zones planes del delta del Llobregat i del pla de Barcelona. Tot i tractar-se de terrenys altament urbanitzats, potencialment s'hi pot desenvolupar un bosc mixt amb presència d'espècies arbòries de pi blanc (*Pinus halepensis*) acompanyat d'una gran varietat d'arbustos típicament mediterranis.

- **Calcixerept petrocalcic i calcixerept típic:** sòls desenvolupats a partir dels dipòsits de meteorització rics en carbonat càlcic, principalment localitzats al centre del pla de Barcelona. Són sòls de superficials a molt profunds, ben drenats, amb textures mitjanes. Presenten moltes acumulacions secundàries de carbonat càlcic, que donen lloc a horitzons càlcics i petrocàlcics. El pH varia entre mitjanament bàsic a lleugerament alcalí.

Aquestes característiques del sòl deriven en una alta presència de carbonats i una capa dura calcària que limita el desenvolupament profund de les arrels. Per tant, les espècies vegetals més ben adaptades són les que puguin proliferar en condicions de sequera i sòls pedregosos. Quant als arbustos, destaquen les màquies de garric (*Quercus coccifera*), el llentiscle (*Pistacia lentiscus*) i matollars de romaní (*Salvia rosmarinus*) i farigola (*Thymus vulgaris*), mentre que en l'estrat arbori predomina el pi blanc (*Pinus halepensis*).

- **Xerofluent oxiaquic i xeropsamment oxiaquic:** sòls desenvolupats a partir de sediments al·luvials i litorals a les àrees deltaïques dels rius Besòs i Llobregat. Són sòls molt profunds, de ben drenats a moderadament ben drenats, amb textures grosses o moderadament grosses. Presenten poc

desenvolupament edàfic i tenen taques a causa dels processos redox que tenen lloc per la presència d'un nivell freàtic oscil·lant. Els pH són de neutres a lleugerament alcalins, i els continguts de CaCO_3 , de mitjans a alts.

En aquestes zones, la vegetació típica està formada per comunitats adaptades a condicions de sòls salins, com els canyissars (*Phragmites australis*), jonqueres (*Juncus* sp.) i salicòrnies (*Salicornia* sp.) en les àrees més salines. En zones menys inundades, poden aparèixer comunitats arbòries com àlbers (*Populus alba*), salzes (*Salix alba*) i altres espècies de ribera, que configuren un paisatge característic dels ecosistemes deltaïcs.

- **Xeropsamment típic i xeropsamment aquic:** sòls desenvolupats a partir de sediments litorals en zones costaneres i deltaïques, en aquest cas concentrades únicament a la franja litoral del delta del Llobregat. Són sòls extremadament profunds, de ben drenats a imperfectament drenats, amb textures grosses. Presenten un desenvolupament edàfic molt escàs. En zones hidromorfes,¹¹ els processos redox vinculats a la línia de costa provoquen la reducció de compostos químics com el ferro o el manganès, fet que dona lloc a taques de tonalitats rogenques i grises. Els pH van de mitjanament bàsics a lleugerament alcalins, i els continguts de CaCO_3 varien entre moderadament alts i alts.

En aquests sòls, la vegetació predominant està composta per espècies herbàcies i arbustives adaptades a la salinitat i a les condicions de sequera estival. S'hi poden trobar comunitats de plantes halòfiles, com salicòrnies (*Salicornia* sp.); gramínies, com *Aristida* sp., i una gran quantitat de canyissars (*Phragmites australis*), així com arbustos com romaní (*Salvia rosmarinus*). Aquestes espècies tenen com a característica compartida una alta resistència enfront de condicions de salinitat i sequera.

¹¹ Sòl o horitzó contínuament saturat d'aigua.

5.4 Funcionalitat ecològica de la fauna present als boscos mediterranis

La fauna present als boscos mediterranis té una important funcionalitat ecològica, ja que contribueix a mantenir l'equilibri i la biodiversitat d'aquests ecosistemes. Aquests animals formen part d'una complexa xarxa de relacions ecològiques, resultat de mil·lennis d'evolució i d'interacció contínua entre els organismes i el seu entorn. A continuació, es descriuen les principals funcions que exerceix la fauna autòctona mediterrània, que són d'especial importància per al funcionament i la conservació dels petits boscos urbans.

La **dispersió de llavors** és una funció ecològica essencial feta per diversos animals. El ratolí de bosc (*Apodemus sylvaticus*) és un exemple destacat d'aquesta activitat, ja que recol·lecta i emmagatzema llavors de diverses espècies vegetals, com les llavors i glans de roure i alzina, per al consum posterior.

En aquest procés, algunes llavors són oblidades o perdudes, fet que permet que germinin en nous indrets. A més del ratolí de bosc, altres espècies, com la garsa (*Pica pica*) i el gaig (*Garrulus glandarius*), també tenen un paper important en la dispersió de llavors, especialment de roures i alzines. Aquestes aus poden transportar llavors a distàncies considerables, de manera que contribueixen a la regeneració i expansió del bosc.

La **pol·linització** és una altra funció vital en l'ecologia forestal, que principalment duen a terme els insectes. A tall d'exemple, l'abella de la mel (*Apis mellifera*) és un pol·linitzador excel·lent, especialment de les plantes mel·líferes, com el romaní, així com altres plantes labiades (per exemple, la ginesta i l'argelaga).

D'altra banda, les papallones, com la papallona reina (*Papilio machaon*), també són pol·linitzadors importants, especialment per a plantes amb flors tubulars.



Figura 36. El ratolí de bosc és un petit mamífer altament efectiu en la regeneració de boscos gràcies a la seva capacitat de dispersió de glans i llavors. Font: Agència UNAL, 2015.



Figura 37. L'abella de la mel és un insecte altament apreciat per la seva proverbial funció pol·litzadora. Font: *El medi natural del Bages i el Moianès*, 2021.

Els escarabats, com el banyarriquer (*Cerambyx cerdo*), tot i que són menys eficients que les abelles, també contribueixen a la pol·lització de certes espècies vegetals, sobretot les espècies de roure. En aquest sentit, la diversitat de pol·litzadors és crucial per mantenir la variabilitat genètica de les poblacions vegetals i assegurar la reproducció del màxim nombre possible d'espècies de plantes.

El **reciclatge de nutrients** és una altra funció clau, feta per diversos invertebrats del sòl. Els cucs de terra, com el cuc de terra comú (*Lumbricus terrestris*), són particularment importants en aquest procés. Aquests animals consumeixen matèria orgànica en descomposició i la barregen amb partícules minerals del sòl, de manera que creen un substrat ric en



Figura 38. El cuc de terra té un paper crucial en el reciclatge de nutrients del subsol. Font: *El medi natural del Bages i el Moianès*, 2021.

nutrients. La seva activitat també millora l'estructura del sòl, atès que augmenten la porositat i la capacitat de retenció d'aigua. A més dels cucs, altres invertebrats, com els isòpodes (com la porqueta de Sant Antoni, *Armadillidium vulgare*) i els milpeus, també contribueixen significativament a la descomposició de la fullaraca i al reciclatge de nutrients.

El **control de poblacions** és una funció ecològica duta a terme principalment per depredadors. La geneta

(*Genetta genetta*), per exemple, és un carnívor àmpliament present al territori català que s'alimenta principalment de petits rosegadors, de manera que ajuda a controlar les poblacions. Les aus rapinyaires, com el xoriguer comú (*Falco tinnunculus*), també tenen un paper important en el control de poblacions de petits mamífers i insectes. Aquests depredadors ajuden a mantenir l'equilibri ecològic i prevenen explosions demogràfiques de les preses, que podrien tenir repercussions negatives per a l'ecosistema forestal.



Figura 45. La geneta és un depredador nocturn. El seu paper com a depredador ajuda a prevenir increments exponencials de poblacions de petits rosegadors. Font: Zoo del Pirineu, 2023.

Finalment, la **modificació física dels hàbitats** és una funció compartida per diversos animals dels boscos mediterranis. El porc senglar (*Sus scrofa*)¹² n'és un exemple destacat. Amb la seva activitat de furgar el sòl en cerca d'aliment, el senglar remou la terra, fet que pot afavorir la germinació de certes espècies vegetals i augmentar l'heterogeneïtat de l'hàbitat. Per contra, pot causar danys a la vegetació del sotabosc i facilitar l'erosió del sòl. Un altre exemple és el teixó (*Meles meles*), que, amb la construcció

dels seus caus subterranis, modifica l'estructura del sòl i crea microhàbitats per a altres espècies.

Totes aquestes funcions ecològiques estan interconnectades i són essencials per al manteniment de la salut i la resiliència dels ecosistemes forestals mediterranis de l'àrea metropolitana de Barcelona. Per tant, és crucial preservar la fauna autòctona, ja que té un paper destacat en la conservació dels boscos i les comunitats vegetals de l'àrea metropolitana.

¹² La sobrepoblació de senglars als entorns urbans de Barcelona ha esdevingut un problema creixent, amb impactes tant ecològics com socials. Aquest fenomen està relacionat amb l'accés fàcil a fonts d'alimentació, la manca de depredadors naturals i l'adaptació d'aquests animals a zones humanitzades. Els senglars causen danys en jardins, espais verds i infraestructures, augmenten el risc d'accidents de trànsit i poden transmetre malalties tant a humans com a altres animals. Les interaccions amb persones, sovint atrets pel menjar, han generat conflictes que posen en evidència la necessitat d'establir mesures de gestió per controlar-ne la població i reduir-ne els impactes.



Figura 39. Parella de senglars a les proximitats de Barcelona. Font: Parc Natural de Collserola, 2020.

6 Bibliografia

- Ali, E., Cramer, W. (2023). *CCP4 Mediterranean Region*.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_CCP4.pdf.
- Campos, M., Montserrat, C., Bardolet, J. (2021). *Críteris bioclimàtics per millorar la qualitat dels espais verds urbans*. Barcelona: Àrea Metropolitana de Barcelona.
<https://www.amb.cat/web/medi-ambient/actualitat/publicacions/detall/-/publicacio/criteris-bioclimatics-per-millorar-la-qualitat-dels-espais-verds-urbans/15192685/11818>.
- Miyawaki, A. (1998). Restoration of urban green environments based on the theories of vegetation ecology. *Ecological Engineering* 11: 157-165.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857498000330>.
- Miyawaki, A. (2004). Restoration of living environment based on vegetation ecology: Theory and practice. *Ecological Research* 19: 83-90.
https://www.researchgate.net/publication/229559553_Restoration_of_living_environment_based_on_vegetation_ecology_Theory_and_practice.
- Miyawaki, A., Fujiwara, K. (1988). Restoration of Natural Environment by Creation of Environmental Protection Forest in Urban Areas. *Bull. Inst. Environ. Sci. Technol., Yokohama Natn. Univ.* 15: 95-102.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Restoration-of-Natural-Environment-by-Creation-of-Miyawaki-Fujiwara/ecdb7e35554cafe3d65016943041e72879113844>.
- Schirone, B., Salis, A., Vessella, F. (2011). Effectiveness of the Miyawaki method in Mediterranean forest restoration programs. *Landscape and Ecological Engineering* 7(1): 81-92.
https://www.researchgate.net/publication/226157594_Effectiveness_of_the_Miyawaki_method_in_Mediterranean_forest_restoration_programs.
- Selga, J., Argimon, X., Farré, C., Cirera, J. (2015). *Guia per a la selecció d'espècies de verd urbà: jardineria*. Barcelona: Diputació de Barcelona.
https://llibreria.diba.cat/cat/llibre/guia-per-a-la-seleccio-d-especies-de-verd-urba-jardineria_60093.
- Selga, J., Terricabras, A., Ibero, A. (2012). *Guia per a la selecció d'espècies de verd urbà: arbrat viari*. Barcelona: Diputació de Barcelona.
https://llibreria.diba.cat/cat/llibre/guia-per-a-la-seleccio-d-especies-de-verd-urba-arbrat-viari_59509.
- Xin, X., Zhang, D., Zhang, Y., Yao, S., Zhang, J. (2020). Evaluating the vegetation restoration potential achievement of ecological projects: A case study of Yan'an, China. *Land Use Policy* 90.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837719308518>.

**Acció
climàtica**



Institut  Cerdà