

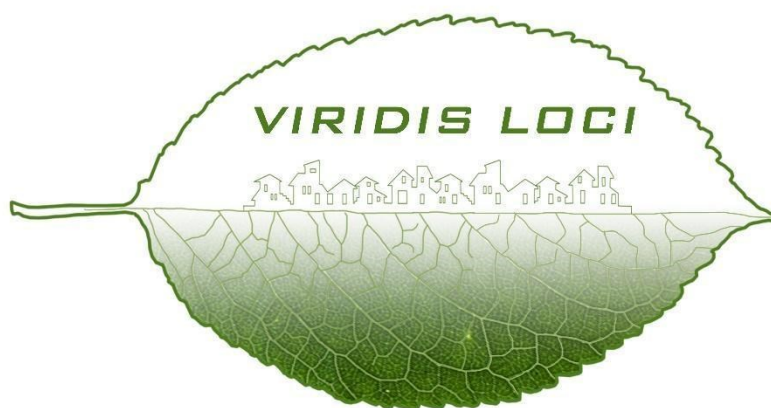


Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Erasmus+

Vademécum per a la planificació verde urbana sostenible





Aquest document ha estat desenvolupat dins del projecte Erasmus Plus “Viridis Loci” (2021 - 1 - IT01- KA220 - VET – 000025302).

El suport de la Comissió Europea en relació a la producció d'aquesta publicació no constitueix una aprovació del seu contingut, que recolza únicament les opinions dels autors, i la Comissió no es fa responsable de l'ús que pugui fer-se de la informació contenida en ella.

Tipus de resultat: Metodologies/directrius – Marc metodològic per la seva implantació



Vademècum per a la planificació verda urbana sostenible

Índex:

1. Descripció del projecte
2. Objectius del document
3. Serveis Ecosistèmics – definició
4. Anàlisi i quantificació dels serveis ecosistèmics
5. Conclusions i propers passos
6. Apèndix

1. Descripció del projecte

El projecte Viridis Loci (VL) té com a objectiu proporcionar formació professional especialitzada i transferència de competències en la gestió correcta de zones verdes i parcs en municipis a tècnics públics i privats que estiguin interessats en abordar una gestió professional avançada de la naturalesa urbana a les tres illes europees: Cerdenya, Illes Balears i Madeira. La República Checa ha contribuït al desenvolupament del projecte com un país europeu on "la cultura de les zones verdes ben gestionades a les ciutats com a proveïdors de serveis socials i ecosistèmics per a tota la comunitat" està profundament establerta.

Els socis del projecte provenen de quatre àrees europees: Itàlia, Espanya, Portugal i la República Checa. Els socis italians són ANCI Sardegna (líder del projecte), Fito-consult i ATM Consulting ; el soci espanyol és la FELIB (Federació d'Entitats Locals de les Illes Balears); el soci portuguès és AREAM (Agencia Regional de Energía y Medio Ambiente de la Región Autónoma de Madeira). El soci txec és ABA International (una associació internacional d'educació i organisme de certificació sense ànim de lucre).

El consorci va presentar aquest projecte per tres raons principals:

- 1) Sostenibilitat ambiental i lluita contra el canvi climàtic: emfatitza el paper de les àrees verdes/parcs ben gestionats dins de les ciutats i municipis en general com a proveïdors de serveis ecosistèmics (beneficis que les persones obtenen de la naturalesa, per exemple, regulació del clima, captura de CO₂, millora de la qualitat de l'aire, valors culturals, salut pública i conservació de la biodiversitat).
- 2) Augmentar la inclusió. El projecte es desenvoluparà en tres contextos insulars del sud d'Europa que, per la seva geografia, tendeixen a estar aïllats i en desavantatge econòmic permanent en comparació amb altres regions del continent.

- 3) El projecte es desenvoluparà en tres contextos insulars del sud d'Europa que, per la seva geografia, tendeixen a estar aïllats i en desavantatge econòmic permanent en comparació amb altres regions del continent.
- 4) Superar la bretxa de coneixement amb l'ús de les tecnologies TIC per impartir una metodologia de treball altament tecnològica i innovadora.

El projecte es desenvolupa en tres contextos insulars del sud d'Europa que, a causa de la seva geografia, tendent a estar aïllats i en alguns casos, desavantatge econòmic permanent en comparació amb altres regions del continent.

Les illes tendeixen a quedar-se retrasades en termes econòmics i els processos d'innovació impactant negativament a les comunitats que resideixen a les illes. Las taxes d'atur en las illes son altes, amb excepció de les Illes Balears, con pics dramàtics entre els joves i superiors a les mitjanes nacionals respectives.

2. Objectius del document

El «Vademècum per a la planificació verda urbana sostenible» és un resultat clau dins de l'oferta del projecte Viridis Loci. En efecte, el següent document té com a objectiu:

- Introduir nous conceptes i competències dirigides als actors actius en la planificació urbana i territorial;
- Proposar solucions digitals capaces de quantificar els beneficis ambientals (es a dir, els serveis Ecosistèmics) que ofereix la vegetació urbana;
- Millorar la consciència de les parts interessades sobre els beneficis de la vegetació urbana i les solucions basades en la naturalesa.

Tot això conduirà a una planificació i un manteniment urbà més conscient i, per tant, un augment de la sostenibilitat a les zones urbanes.

El Vademècum respon directament a una necessitat creixent, com sembla clar en el compromís de les parts interessades i dels ciutadans, interessats en noves e innovadores metodologies per avaluar i valorar la vegetació urbana, incloses les digitals. El document ha de considerar-se com una brúixola per navegar a través de conceptes nous i com un punt de partida per aprendre sobre les últimes solucions digitals que poden aplicar a nivell urbà. No obstant, per a aquells especialment interessats en aplicar les metodologies exposades, podria ser útil explorar més a fons la literatura rellevant (veure Apèndix) i tenir en compte que cada entorn té les seves pròpies característiques específiques i, per tant, també podria ser necessària la calibració i validació en entorns específics.

En general, la necessitat de proposar un Vademècum capaç de visualitzar un nou enfocament per avaluar, gestionar i planificar la vegetació urbana sorgeix de la creixent importància i complexitat que avui revisten les infraestructures verdes urbanes. De fet, és evident que millora la qualitat de vida dels habitants urbans permeten assolir els objectius de l'Agenda 2030, entre ells la sostenibilitat ambiental, social i econòmica.

Degut a aquesta creixent importància i també a una major sensibilitat dels ciutadans, en els últims anys molts projectes de desenvolupament a nivell de ciutat varen

considerar el paper ambiental i sociocultural de les àrees verdes urbanes sota una llum renovada, ja que la "regeneració urbana" es va convertir en una prioritat. Sense embargo, avui en dia, no existeixen marcs acceptats per avaluar el valor de la vegetació urbana i els serveis ecosistèmics que proporciona. Això com a resultat projectes freqüentment tancats no aporten millores tangibles dels entorns urbans o, en el millor dels casos, millores que no es poden quantificar.

De fet, els marcs d'avaluació actualment disponibles ofereixen resultats qualitius i subjectius, amb números i un possible valor econòmic que depenen d'un conjunt limitat d'indicadors, sovint derivats d'altres branques científiques i adaptades als ecosistemes urbans.

Per tot això, és necessari un enfocament nou, amb la característica de ser de caràcter quantitatiu. En el seu nucli, la quantificació de la vegetació urbana i els serveis ecosistèmics. La vegetació urbana –que avarca tots els arbres, arbustos, gespa i la resta de vegetació de les ciutats–, si es gestiona adequadament, pot exercir un paper important per garantir una bona qualitat de vida i afrontar els reptes fixats per l'Agenda 2030, ajudant a aconseguir diversos Objectius de Desenvolupament Sostenible: de fet, en els entorns urbans poden oferir diversos serveis ecosistèmics, com la purificació de l'aire, la regulació del clima global, la regulació de la temperatura, la mitigació de l'escorrentia, així com oportunitats recreatives, augmentant els valors estètics. En poques paraules, la vegetació urbana pot ajudar a que les ciutats vegin més segures, més sanes, més riques i més atractives, amb beneficis agrupats en categories socials, comunals, ambientals i econòmiques.

A pesar d'aquest paper central, la vegetació urbana no s'ha considerat una prioritat pels tomadors de decisions, pel que els recursos pressupostos s'assignen a altres àrees, percebudes com a més importants. Encara que, la majoria de les vegades, se la veu simplement com un cost, a pesar dels estudis han demostrat que els beneficis dels arbres urbans superen els costos en proporcions d'entre 1,37 i 3,09 amb un valor estimat dels SE proporcionats de US\$3,8 mil milions per any als Estats Units d'Amèrica. Així, a pesar d'anys d'investigacions i degut a l'entorn urbà difereix del natural, la vegetació urbana viu en

condicions inhòspites, per lo que la seva vida útil és limitada – un arbre urbà viu en mitjana entre 19 i 28 anys – el que afecta la seva capacitat de proporcionar beneficis a llarg termini. Degut a això, als anys, molts investigadors han començat a desenvolupar estratègies per millorar l'impacte de la naturalesa en els assentaments humans, atorgant un paper científic primari – però amb moltes possibilitats de creixement – a la naturalesa urbana, la seva implementació i la seva gestió, el que és crucial per assegurar les contribucions òptimes al benestar fisiològic, sociològic i econòmic de les societats urbanes. La vegetació urbana ha d'estudiar des d'un enfocament integrat, interdisciplinari, participatiu i estratègic per planificar i gestionar la seva presència a les ciutats i als seus voltants. Per tant, al tractar-se d'una qüestió interdisciplinària, la planificació i gestió de la vegetació urbana és molt complexa i s'ha d'abordar diversos temes, com l'ecologia del paisatge, l'arboricultura, la planificació urbana i les ciències ambientals, al temps que satisfan els diferents interessos de les parts interessades, principalment els ciutadans, les autoritats públiques, els investigadors i les indústries implicades.

Avui en dia, aquests temes necessiten un fort suport d'investigació per aconseguir un desenvolupament a llarg termini, que s'han d'abordar quatre components principals:

1. la conservació, implementació i adaptació d'àrees naturals dins de les ciutats, amb la finalitat de millorar la seva adequació a l'entorn urbà, millorant així els serveis ecosistèmics prestats;
2. la configuració espacial de les àrees verdes urbanes: els sistemes bé dissenyats i planificats poden assegurar una millor conservació de la biodiversitat, vinculant les àrees rurals i urbanes;
3. la gestió de la vegetació urbana – aspecte que encara necessita d'esser aprofundit – desenvolupant plans locals i personalitzats, sent així capaços de satisfer necessitats peculiars;
4. una millora en els processos de presa de decisions ha de ser més participativa i transparent amb dades quantitatives proporcionades per marcs confiablès.

El següent document vol representar un primer assaig en aquesta direcció, mostrant una metodologia i eines que poden implementar-se en contextos urbans per aconseguir un nivell de gestió més conscient.

3. Serveis ecosistèmics – definicions

Els socis de Viridis Loci estan profundament creuen que és necessari introduir i definir adequadament el concepte de Serveis Ecosistèmics.

El terme Serveis Ecosistèmics (SE) va ser introduït als principis dels anys 80 i desenvolupat durant la següent dècada, sobretot gràcies a les investigacions de Daily i Costanza. Aquest darrer va realitzar una de les primeres estimacions globals per calcular el valor total dels SE proporcionats anualment per la Terra a la humanitat, amb una quantitat resultant entre 16.000 i 54.000 billones de dòlars.

Aquests estudis han estat a les investigacions posteriors desenvolupades en camps limitats, que s'han integrat per primera vegada a escala internacional gràcies a l'avaluació dels ecosistemes del Mil·lenni. En ella, els SE es defineixen com els beneficis que la humanitat obté, o pot obtenir, dels ecosistemes. Costança va proposar 17 tipus de SE, mentre que la MEA els redueix a 4 categories principals, senyalant fortament les estresses relacions – amb diferent potencialitat i intensitat – entre els SE i el bé estar humà en termes de seguretat, subministrament de material essencial, salut i relacions socials – tots els aspectes fonamentals per garantir la llibertat a les eleccions i accions. El MEA analitza el concepte de SE aplicant la idea de valor d'ús directe (per indicar els beneficis derivats de l'ús directe, el valor pot obtenir-se mitjançant enquestes), o indirecte (per indicar els beneficis derivats de processos, per tant no disponibles directament, com els processos que condueixen a la formació del sòl, la purificació de l'aigua, la pol·linització...). A més, el MEA afegeix la declinació del valor de SE en diferents nivells individuals i futurs (indicant el valor que estem disposats a l'assignatura a la necessitat de conservació i transmissió a les properes generacions dels recursos naturals, per tant, no utilitzant una part de els recursos naturals disponibles).

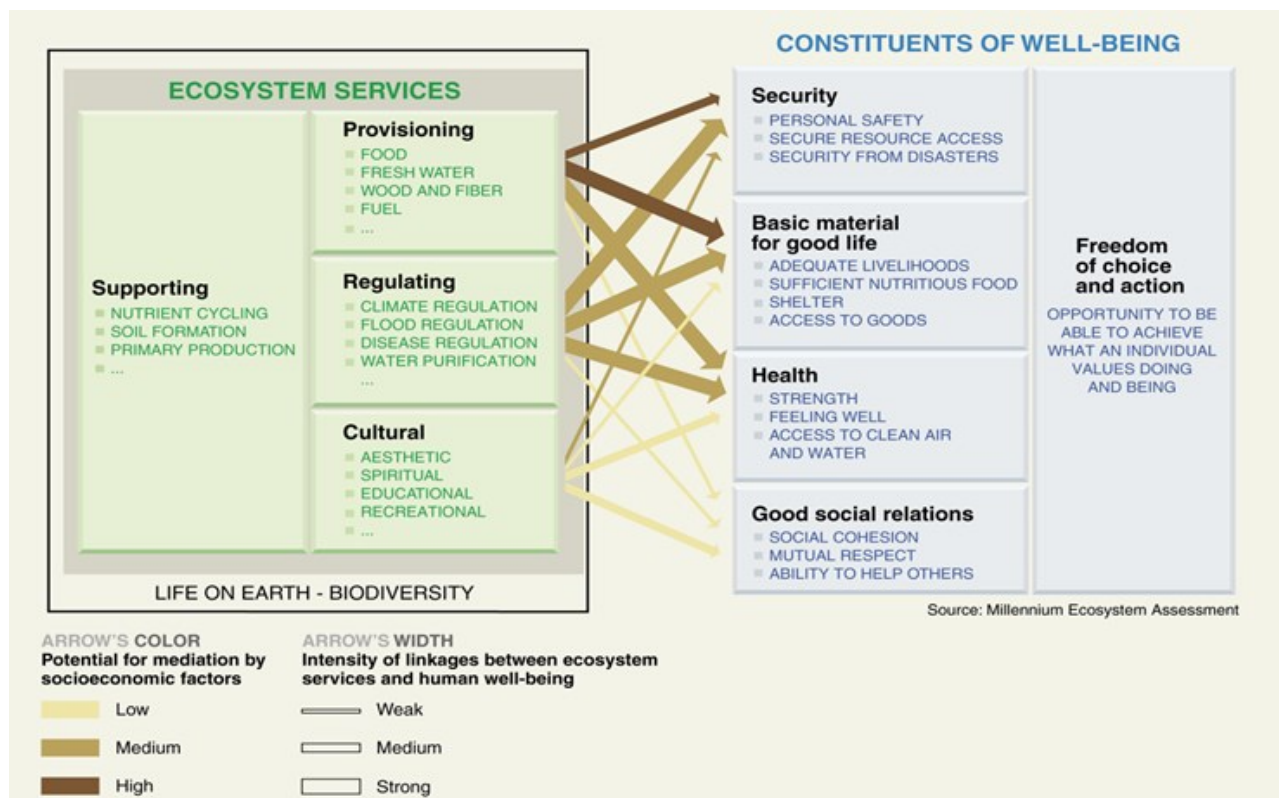


Fig. 1 Serveis ecosistèmics, la seva classificació i relacions amb el bé estar humà. Font: Avaluació de los Ecosistemes del Mil·lenni, 2005.

La MEA representa una fita fonamental: no només defineix les quatre categories de SE, sinó que crida l'atenció dels acadèmics i les parts interessades sobre l'estat de degradació dels ambients naturals, i que més del 60% de la SE van ser classificats com a risc.

Les quatre categories inclouen serveis d'aprovisionament (per exemple, béns materials com aliments, aigua potable, fusta, fibres, plantes medicinals); serveis de regulació (per exemple, processos ambientals que tenen efectes sobre el capital natural, així com activitats antropogèniques), i serveis culturals (per exemple, principalment sense materials, com a enriquiment espiritual, desenvolupament cognitiu, activitats recreatives, valors i experiències estètiques, sistemes) de coneixement o de relacions socials. A aquestes tres categories principals, s'agrega serveis de suport, per indicar processos fonamentals –per exemple, la producció d'oxigen atmosfèric, la formació i protecció del sòl, el cicle de l'aigua, la formació i el manteniment d'hàbitats– necessaris per mantenir els tres primeres categories.

En els últims anys, el concepte de SE ha guanyat encara més importància gràcies a l'Agenda 2030 i a l'assoliment dels seus objectius, que senyalen la importància de proporcionar SE per al benestar humà: per exemple, l'objectiu 11 de l'Agenda destaca la necessitat de sostenibilitat a les nostres ciutats, establint objectius precisos s'hauran d'aconseguir l'any 2030:

- *11.6 Reducció de l'impacte ambiental negatiu per càpita, prestant especial atenció a la qualitat de l'aire i la gestió de residus urbans.*
- *11.7 Proporcionar accés universal als espais públics verds segurs, inclosos i accessibles, especialment per a dones, nens, ancians i persones amb discapacitat.*
- *11.a Reforçar vincles econòmics, socials i ambientals positius entre les zones urbanes, periurbanes i rurals, potenciant la planificació del desenvolupament nacional i regional.*
- *11.b Millora considerable de les ciutats que adopten i implementen polítiques i plans integrats per fomentar la inclusió, l'eficiència dels recursos, la mitigació i l'adaptació al canvi climàtic i la resistència als desastres, que promouen i implementen la gestió holística del risc de desastres a tots els nivells, seguint la Estratègia de Sendai para la Reducció del Risc de Desastres 2015-2030.*

Per aquesta raó, és fonamental preservar, millorar i implementar àrees verdes en àrees urbanes i periurbanes, potenciant i avaluant l'oferta de SE, per aconseguir els ambiciosos objectius de l'Agenda 2030 i garantir entorns sostenibles i agradables per als ciutadans habitants.

4. Anàlisi i quantificació dels serveis ecosistèmics

Des d'aquest punt de partida acadèmic, els socis de Viridis Loci pretenen traduir en una guia pràctica i aplicable a les situacions de treball quotidianes, centrant-se en què la vegetació urbana pot oferir en termes de serveis ecosistèmics. En les darreres dècades, molts estudis han demostrat la importància de la vegetació urbana i els arbres urbans en la prestació de serveis ecosistèmics, com la captació d'aigua de pluja i la refrigeració de l'entorn construït, així com la captura de contaminants de l'aire. Com s'ha dit, fins ara no era possible mesurar

i donar un valor financer a aquests serveis ecosistèmics. Tenia molt poc coneixement concret sobre els beneficis dels espais verds per a les nostres ciutats.

Actualment, existeixen diferents metodologies per realitzar un anàlisi de l'arbrat urbà. La majoria de les vegades, l'objectiu de l'avaluació és establir els valors econòmics dels arbres i/o l'avaluació del risc dels arbres. Per exemple, un sistema molt estès a Itàlia es basa en l'avaluació de factors fixos - la definició del que es deixa en part a la subjectivitat de l'avaluador- multiplicat per un coeficient de preu, anomenat "preu unitari", que és una dècima part del preu d'un arbre amb deu cm² d'àrea basal (per exemple, que tingui 3,57 cm de diàmetre o 11 cm de circumferència), presa d'una llista de preus de viver. Esta metodologia considera diferents paràmetres d'arbre (valor estètic, estat fitosanitari, mida i posició) multiplicats pel valor econòmic per arribar a un valor econòmic global de l'arbre. No obstant, la majoria de les vegades, el valor final és molt baix en comparació amb les mides i dimensions reals dels arbres: per exemple, està clar que un arbre amb una circumferència d'11 cm no pot considerar-se igual a un exemplar madur amb una circumferència de més de 200 cm. Per tant, la informació que sorgeix d'aquest tipus d'avaluació sol ser enganyosa i no precisa.

En quant a l'avaluació de riscos dels arbres, per lo general, els avaluadors segueixen protocols específics –per exemple, el protocol ISA– per avaluar les condicions estàtiques dels arbres i després decidir les intervencions necessàries segons un procés lògic basat en quatre fases fonamentals: anamnesi, diagnòstic, pronòstic i prescripció. L'objectiu és, per tant, diferent i no inclou la quantificació dels serveis ecosistèmics, sinó que es refereix principalment a la gestió de riscos. En els protocols més comuns, el primer pas fonamental és avaluar individualment cada arbre, completant un formulari VTA (Visual Tree Assessment), que informa sobre les característiques de l'arbre i els defectes visibles, amb informació general sobre l'entorn en el que està arrelat. De ser necessari, l'avaluador pot aprofundir l'anàlisi amb eines i tècniques adequades (per exemple, dendodensímetre , tomografia sònica, proves de tir amb el mètode SIM) amb el fi d'investigar més a fons l'estabilitat d'un arbre, amb l'atribució final de una qualificació (A, B, C, C/D, D), que

representa la propensió a la falla, establint controls en els anys següents, o bé manteniments o remocions de l'arbre (qualificació C/ D y D) a realitzar de forma immediata.

Aleshores, ¿com és possible avaluar i quantificar els serveis ecosistèmics que ofereixen els arbres urbans?



Fig. 2 Els diversos beneficis que ofereixen els arbres a les zones urbanes. Crèdit: Treeconomics

Entre les diferents eines que s'han desenvolupat en els últims anys, la més precisa i ampliada és I-Tree, desenvolupada pel Departament d'Agricultura dels Estats Units (USDA). Aquest programari pot calcular els diferents beneficis que proporcionen els arbres i arbusts en entorns urbans. Una associació entre el Servei Forestal del USDA i diversos col·laboradors (entre ells The Davey Tree Expert Company, The Arbor Day Foundation, Societat d'Arborists Municipals, Societat Internacional de Arboriculture y Casey Trees) va llançar I-Tree l'any 2006. I-Tree, que té les seves arrels al programa Urban Forest Effects (UFORE) utilitzat pel Servei Forestal de l'USDA per avaluar els diversos beneficis dels arbres en llocs específics, es destaca com una eina revisada per iguals, accessible per a tots sense

càrrega. Els usuaris contribueixen activament a la seva evolució continua I-Tree ampliat el seu abast a nombrosos països europeus, incorporant espècies d'arbres locals i aprofitant dades meteorològiques i de contaminació provinents d'estacions de monitorització europees, facilitades per l'Agència Europea de Medio Ambiente (AEMA). Les dades recents, que cobreixen des de 2015 fins al 2020 per a determinades estacions de monitorització del clima i la contaminació, ressalten els càlculs dels Sistemes Ecosistèmics dins de I-Tree . Esta integració de dades europeus permet als usuaris adaptar l'anàlisi a les seves localitats específiques mitjançant la selecció de les estacions de monitorització corresponent: l'any 2021, la comunitat global d'usuaris de I-Tree va superar els 622 000, amb més de 93 000 usuaris que opera fora de los EE. UU.

I-Tree es compon de 11 programes diferents, com Landscape , County, Design , Hydro , etc.

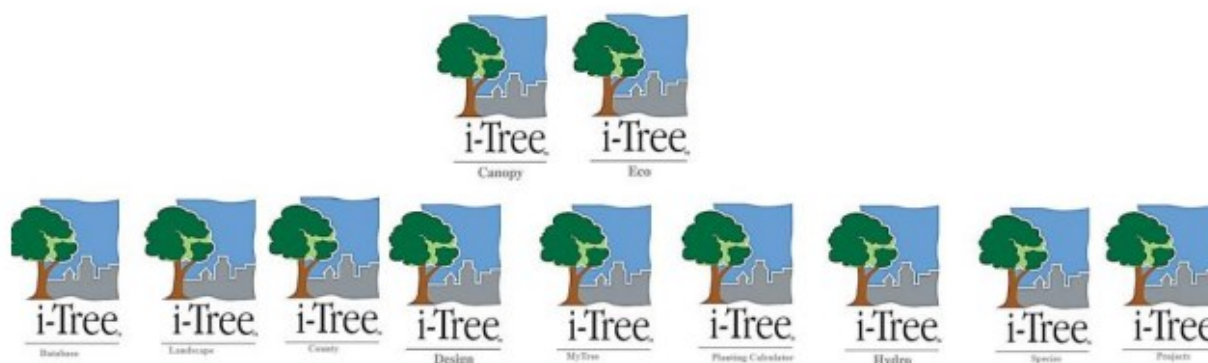


Figura 3: Vista general de la suite I-Tree , amb els diferents programes de programari disponibles de forma gratuïta. Font: I-Tree .

Cada un d'ells se centra en aspectes diferents, ja es troben serveis ecosistèmics específics com Hydro , que aprofundeix en els efectes de l'ús del sòl en la gestió de l'aigua, o escales variades com el paisatge de I-Tree . I-Arbre Canopy i Eco es destaquen com els més utilitzats i adequats per als contextos europeus, ja que integren dades meteorològiques i de contaminació de l'aire. I-Arbre Canopy funciona en línia i s'adapta a àrees més grans, com a veïns, districtes i ciutats. Per un altre costat, I-Tree Eco, disponible com a descàrrega gratuïta per a l'escriptori, avarca d'arbres individuals fins a existències completes d'arbres dins d'una àrea designada. I-Tree Eco és, amb diferència, el programari més utilitzat, i que

ofereix informació sobre tres facetes crucials de l'inventari d'arbres d'una ciutat o zona: estructura, funció i valor econòmic. Els càlculs amb I-Tree Eco poden derivar d'un inventari complet o d'un estudi de parcel·les.

El segon mètode, que empra una selecció de parcel·les distribuïdes aleatòriament de 22,6 metres de diàmetre en tota la zona del projecte, ofereix una visió general holística de l'estructura, la funció i el valor de les existències d'arbres locals, tant públics com a privats. Un estudi de parcel·les resulta especialment adequat per implementar I-Tree Eco en regions extenses, com ciutats enteres o zones boscoses. Al examinar un mínim de 200 parcel·les, sorgeix una descripció precisa dels serveis ecosistèmics en tota la zona del projecte. Per el contrari, un inventari complet avarca tots els arbres dins de l'àrea designada, exemplificat pel Projecte del Millón de Árboles a la ciutat de Nova York, que va inventar els 592.130 arbres municipals, el que va marcar una implementació pionera a gran escala de l-Arbre Eco. Per realitzar un càlcul de I-Tree Eco, es requereixen dades essencials com les espècies i el diàmetre del tronc a nivell d'arbre individual.

Després, I-Tree utilitza aquesta informació per modelar cada arbre, el que facilita els càlculs de l'àrea foliar. Per aconseguir una major precisió, es recomana introduir dades addicionals, com l'ús de la terra, l'alçada dels arbres, les dimensions de les copes, l'estat de salut i l'exposició a la llum. La precisió i l'exhaustivitat d'aquestes dades influeixen significativament en els càlculs dels serveis ecosistèmics resultants. Les dades es poden importar a l'aplicació a través de diversos, com Excel, o els mitjans poden introduir directament. Després de garantir la integritat i la precisió de les dades, s'envia al servidor amb la seu a EE. UU. per als càlculs de I-Tree . En un breu termini de temps, normalment unes poques hores, els usuaris reben una notificació per recuperar els resultats de l'aplicació.

Els paràmetres que utilitza I-Tree com a entrada son diversos i nombrosos. El programari, gràcies a aquestes entrades, podeu calcular les següents sortides:

- Estructura i composició del bosc urbà,
- Emmagatzematge de carboni i segrest de carboni,

- Producció d'oxigen,
- Eliminació de contaminants atmosfèrics (PM 2,5; O₃; NO₂; CO),
- Efectes sobre el cicle de l'aigua (evitació d'escorrenties).

Per a cada un d'aquests resultats, el programari, a més de quantificar-los, pot calcular un valor econòmic, corresponent a les quantitats extretes multiplicades per coeficients monetaris. Cada resultat es quantifica gràcies a l'ús de diferents models matemàtics calibrats i validats per a cada simulació, amb una alta fiabilitat, certificada per múltiples articles científics revisats per pares, així com per altres estudis de cas sobre l'anàlisi de boscos urbans en diferents parts del món. .

Estructura i composició del bosc urbà

El conjunt d'arbres urbans forma el denominat bosc urbà. Conèixer la composició real del bosc urbà és crucial per avaluar i quantificar adequadament els serveis ecosistèmics que proporciona. En aquesta perspectiva, la base de dades té una gran importància: quants més detallats siguin els dades, major serà la precisió de l'anàlisi. I-Tree pot analitzar el bosc urbà, proporcionant, per exemple, un marc complet de les espècies presents, les classes de diàmetre més comunes i el seu origen. A més d'aquests resultats purament informatius, I-Tree pot calcular l'àrea foliar i la cobertura vegetal, que s'utilitza com a metadades per a quantificar els beneficis ambientals.

Emmagatzematge de carboni i segrest de carboni

El paper dels arbres en la mitigació del canvi climàtic és ben conegut, gràcies a la seva capacitat de protegir i emmagatzemar carboni atmosfèric. En particular, els arbres redueixen els nivells de carboni, assegura de l'atmosfera i emmagatzemant-lo en el nou creixement que es desenvolupa l'any després. Per estimar la quantitat de carboni segrestat, el model basat en el seu anàlisi en els diàmetres de cada arbre –proporcionats com a entrada, a l'any considerat 0– i després calcular el creixement anual mitjà estimat, utilitzant

paràmetres específics de gènere i espècie i les condicions de salut proporcionades. Per tant, I-Tree estima el diàmetre dels arbres i el segrest relatiu a l'any 0 + 1.

En canvi, l'emmagatzematge de carboni pot definir com la quantitat de carboni present a la biomassa dels arbres, tant aèria com a subterrània. Per calcular l'emmagatzematge de carboni, el model estima la biomassa total de cada arbre, a partir dels dades medis i de les referències bibliogràfiques. Donat que els arbres amb copa expandida i sotmesos a manteniment, com els analitzats, tendeixen a tenir menys biomassa que els arbres en entorns naturals, on estan calibrats la majoria dels models, I-Tree resol aquest problema multiplicant els resultats per un coeficient estàndard. de 0,8. Aquest ajust no es realitza en els arbres considerats com a conreats en condicions naturals. Finalment, el model multiplica la biomassa seca per 0,5 obtenint així el carboni emmagatzemat en cada arbre.

Producció d'oxigen

La producció d'oxigen és un dels principals i més coneguts beneficis que garanteixen el bosc urbà. L'oxigen produït cada any està directament relacionat amb l'activitat de segrest de carboni. Per tant, l'oxigen total produït es calcula gràcies al carbó segrestat al seu pes atòmic:

$$O_2 \text{ produït (kg/any)} = C \text{ net segrestat (kg/any)} / 32/12$$

És interessant destacar que la producció d'oxigen per la vegetació té un impacte relativament menor des d'un punt de vista global: de fet, la nostra atmosfera conte nivells d'oxigen elevats i estables, principalment gràcies al components aquàtics del planeta.

Eliminació de la contaminació de l'aire

La mala qualitat de l'aire és un problema comú en moltes àrees urbanes i pot causar diversos problemes a la salut humana i els processos dels ecosistemes naturals. La vegetació, especialment en entorns urbans on la pressió antropogènica és màxima, pot conduir a millores en la qualitat de l'aire, per exemple, reduint la seva temperatura, eliminant directament els contaminants i disminuint el consum d'energia en els edificis propers, la

qual cosa en conseqüència. reduir les emissions de contaminants de l'aire a causa del consum d'energia. I-Tree considera l'impacte de la vegetació en l'eliminació dels contaminants urbans més comunes: ozó, diòxid de sofre, diòxid de nitrogen, monòxid de carboni i material particulat (PM) de 2,5 micres.

Aquestes estimacions sobre l'eliminació de la contaminació atmosfèrica es deriven de diferents models, que consideren les resistències foliars horàries, calculades amb un model híbrid foliar. A més, no està directament relacionada amb la transpiració, les tasques d'eliminació d'aquests contaminants s'han calculat a partir de valors mitjans obtinguts de la literatura, ajustats en funció de la fenologia i l'àrea foliar. En quant a l'eliminació de partícules atmosfèriques fines, el model considera una taxa de resuspensió igual al 50% de les partícules dipositades, que després regressa a l'atmosfera, a causa del clima advers, que en casos particulars també pot conduir a un augment en la concentració de PM 2,5 en l'atmosfera.

Simulació dels serveis ecosistèmics futurs

Per quantificar la provisió de serveis ecosistèmics en el futur, és possible aprofitar l'eina I-Tree Previsió. Esta eina simula el creixement i desenvolupament dels arbres urbans en un període futur. Basant-se en l'avaluació I-Tree Eco realitzat prèviament, el model pot simular l'evolució anual de la comunitat, tenint en compte possibles factors pertorbadors (paràsits, esdeveniments climàtics adversos) que poden alterar el desenvolupament dels arbres. A més, l'eina permet establir alguns paràmetres relacionats amb la vitalitat dels arbres, inclosa la taxa de mort i la taxa de noves plantes/any, que afecta la consistència i la composició de la forestació urbana. D'aquesta manera, l'eina pot simular la prestació dels següents serveis: emmagatzematge de carboni; segrest de carboni; eliminació de la contaminació de l'aire (NO₂, O₃ i SO₂ eliminats).

Resultats

Amb el suport d'aquesta sòlida metodologia i la necessitat de contar amb un conjunt complet de dades, I-Tree pot presentar els seus resultats de diverses maneres, segons les necessitats i interessos de l'usuari. Aquesta proporciona un informe escrit en format pdf.

en el que s'informa dels resultats principals i gràfics de tots els serveis Ecosistèmics referits anteriorment. A més, és possible aprofundir l'anàlisi, per exemple, per avaluar la contribució d'espècimens i/o espècies singulars. Això està pensat específicament per facilitar la comprensió i l'ús per part d'un públic més ampli de parts interessades i, per tant, per fer que els beneficis de la vegetació urbana siguin més comunes.

Els dades es poden utilitzar per a campanyes de sensibilització i difusió personalitzades. Un exemple positiu d'ell és la campanya TreeTag , que s'inicia als Països Baixos i que ara s'està portant a terme en diferents països europeus (més informació a www.treetags.eu). Pius Floris Tree Care va desenvolupar un cartell informatiu (el TreeTag) i ho va aplicar en 150 arbres urbans. Cada cartell ofereix informació sobre els beneficis d'aquest arbre en particular, basant-se en els càlculs d'I-Tree Eco, amb l'objectiu d'implicar als habitants locals en la protecció dels arbres. Les dades de I-Tree se'ls feren encara més accessibles gràcies a una conversió en mètriques més comprensibles, com el nombre de quilòmetres en cotxe que s'estalvia en CO₂, o el nombre de dies d'oxigen per a una persona que produeix aquest arbre.



Fig. 4 Un exemple de TreeTag instal·lat en *Quercus rubra* en los Países Bajos. Crèdit: Pius Floris Boomverzorging .

3. Conclusions i propers passos

El present document té com a objectiu mostrar una de les solucions actualment a l'abast per a avaluar i quantificar els serveis ecosistèmics que proporciona la vegetació urbana, amb una referència especial als arbres urbans.

El projecte Viridis Loci considera que, amb l'aplicació d'aquest enfocament i altres similars, pot aconseguir una major conscienciació dels beneficis de la vegetació urbana, amb conseqüències positives en la planificació de la gestió territorial durant el procés de presa de decisions. La metodologia aquí presentada no pretén oferir una resposta completa ni proporcionar solucions "universals". De fet, es podria afegir diversos punts a l'anàlisi, començant pels serveis ecosistèmics culturals fins a la creació d'hàbitats per a animals i altres capes de vegetació i sòl.

Gràcies a diversos projectes en curs i investigacions passades i actuals, existeix una consciència més generalitzada dins del món acadèmic i professional sobre aquestes necessitats i els esforços per tenir una vegetació urbana valorada per a ciutats habitables i saludables.

Per això, és important mantenir els actors locals informats i actualitzats sobre aquesta temàtica, millorant el seu perfil professional amb l'ús de noves metodologies que puguin facilitar el seu treball diari.

4. Apèndix

Per a major informació i aprofundir en el tema, s'ha de buscar com a font dels següents materials:

- Agencia Europea de Medio Ambiente, 2014. Programa de treball plurianual 2014-2018: Ampliació de la base de coneixements per a la implementació de polítiques i la transició a llarg termini. Agencia Europea de Medio Ambiente, Copenhague, Dinamarca
- Centro de Noticias de las Naciones Unidas . *La ONU adopta nous objectius mundials per treballar un desenvolupament sostenible per a les persones i el planeta l'any 2030* ; Departament d'Asuntos Econòmics i Socials de les Nacions Unides: Nueva York, NY, EE. UU., 2015; doi:10.1080/02513625.2015.1038080
- FAO, 2016. Directrices sobre silvicultura urbana y periurbana, per F. Salbitano , S. Borelli, M. Conigliaro e Y. Chen. FAO Forestal Ponència núm. 178, Organització de les Nacions Unides per a l'Alimentació i l'Agricultura.
- Sociedad Internacional de Arboricultura, 2011. Beneficios de los árboles, disponible a: https://www.treesaregood.org/portals/0/docs/treecare/benefits_trees.pdf
- McPherson, E., Van Doorn, N., De Goede , J., 2016. Estructura, función y valor de los árboles callejeros en California, EE. UU., Urban Forestry & Urban Greening , 17, 104-115.
- Nowak , DJ 2006. Institucionalització de la forestació urbana com una "biotecnologia" per millorar la qualitat ambiental. Urban Forestry & Urban Greening 5: 93–100.
- Roman , LA, Scatena , FN, 2011. Rates de supervivència de arbres callejeros: metaanàlisi de estudis previs y aplicació a una encuesta de campo en Filadelfia, PA, EE. UU., Urban Forestry & Urban Greening , 10.
- Polomski , F., 2017. Cultivar la biodiversidad en la búsqueda de árboles resistentes para sitios urbanos difíciles, Arborist News, Vol. 26, N. 4, 44-49
- Daily , Gretchen C.. "Los servicios de la naturaleza: dependencia social de los ecosistemas naturales (1997)". El futuro de la naturaleza, editat per Libby Robin, Sverker Sörlin i Paul Warde , New Haven: Universitat de Yale Premsa , 2013, pàgs. 454-464. <https://doi.org/10.12987/9780300188479-039>
- Costanza, R., d'Arge , R., de Groot, R. et al. El valor dels serveis ecosistèmics i el capital natural del món. Nature 387, 253–260 (1997). <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005. Ecosistemas y bienestar humano: síntesis. Island Press , Washington, DC.
- Instituto de Recursos Mundiales, 2008. Servicios Ecosistémicos: una guía para los tomadores de decisiones. ISBN 978-1-56973-669-2



- Comune di Milano, 2017. Regolamento d'ús e tutela del verde pubblico e privat . Disponible a: <https://www.comune.milano.it/documents/20126/1003516/Regolamento+d%27uso+e+tutela+del+verde+pubblico+e+privato.pdf/686eb7d4-f765-4c8e-a9d3-ce59e034181a?t=1551271304040>
- Sociedad Internacional de Arboricultura, 2017. Uso del formulari de evaluació bàsica de riscos de arbres de la ISA, disponible a: https://www.isa-arbor.com/education/resources/ISABasicTreeRiskAssessmentForm_Instructions.pdf
- Manual de l'usuari de I- Tree . 2008. Herramientas per a l'avaluació i gestió de boscos comunitaris. Paquet de programari. Disponible a: <http://www.itreetools.org>.
- Nowak , DJ, Crane, DE, 2000. El modelo d'efectes forestals urbanos (UFORE): cuantificación de l'estructura i les funcions dels boscos urbans. En Herramientas integradas para los inventarios de recursos naturales en el siglo XXI, ed. M. Hansen i T. Burk, pàgs . 714-720. St. Paul: North Central Research Station.
- Pataki , DE, Alig , RJ, 2006. Ecosistemas urbanos y el ciclo del carbono en América del Norte, Global Change Biology , Vol. 12, Número 11, 2092-2102.
- Nowak, DJ, Crane, DE, Stevens, JC, Hoehn, RE, Walton, JT, 2008a. Un mètode basat en el terreny per avaluar l'estructura dels boscos urbans i els serveis ecosistèmics. Arboricultura y silvicultura urbana 34: 347–358.
- Nowak, DJ, 1994. Eliminación de la contaminación de l'aire pel bosc urbà de Chicago. En Chicago's Urban Forest Ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project, ed. EG McPherson, DJ Nowak i RA Rowntree , pàgs. 63–81. Radnor : Informe técnico general NE-186 del Servicio Forestal del USDA.
- Nowak, DJ, Hirabayashi, S., Bodine, A., Hoehn, R. 2013. Eliminación modelada de PM2.5 por árboles en diez ciudades de EE. UU. i efectes associats a la salut. Contaminació ambiental. 178: 395-402.
- I- Tree Eco: Ús del model de pronòstic Disponible en: https://www.itreetools.org/documents/273/ECov6Guide_UsingForecast.pdf
- Ditto D. et al., 2016, Desarrollo paso a paso de HIRM-KW: un modelo de escorrentía a escala de campo, Revista Italiana de Agrometeorología.
- Donatelli M., Acutis M., 2001. SOILPAR 2.00: software para estimar parámetros y funciones hidrológicas del suelo, European Diari de Agronomia , Volum 18, Números 3-4, 2003, Pàgines 373-377, ISSN 1161-0301, [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00128-4](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00128-4).
- Collins C., Cook-Monie I., Raum S., 2019. ¿Qué sabe la gente? Servicio ecosistémico, percepción pública y gestión sostenible de los árboles de los parques urbanos en Londres, Reino Unido Urban Forestry & Urban Greening , 43, 126362



- Comisión Europea, Servicio de Cambio Climático – Demostración de educación sobre clima y energía del C3S. Disponible a: <https://edudemo.climate.copernicus.eu/>
- Consejo de Tasadores de Árboles y Paisajes (CTLA), 1992, Guía para la evaluación de plantas, Sociedad Internacional de Arboricultura, Savoy, IL
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2015, Grupo de trabajo interinstitucional sobre el costo social del carbono, 2015. Disponible en: <https://archive.epa.gov/epa/production/files/2016-07/documents/social-cost-carbon.pdf>
- I-Tree en Europa, Pius Floris Boomverzorging , Jahrbuch der Deutsche Baumpflege 2024