

1. Introducció

2. Metodologia

2.1. Casos d'estudi

2.2. Anàlisi socioecològica integrada dels parcs
metropolitans

2.3. Monitoratge multinivell

3. Resultats i discussió

3.1. Indicadors (Nivell III)

3.2. Dimensions (Nivell II)

3.3. Valors agregats (Nivell I)

3.4. Quadre de monitoratge multinivel

4. Conclusions

5. Referències

RAÚL VELASCO-FERNÁNDEZ¹,
TARIK SERRANO-TOVAR¹, PAU GUZMÁN²,
JOAN PINO², ISABEL MARTÍN³, JORDI BORDANOVE³,
MARCOS GONZALEZ¹, JOAN MARULL¹

¹ Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona

² CREAM, Universitat Autònoma de Barcelona

³ Àrea Metropolitana de Barcelona

ANÀLISI SOCIOECOLÒGICA INTEGRADA DE LA XARXA METROPOLITANA DE PARCS

1. Introducció

L'interès creixent per la sostenibilitat ha fet que les solucions basades en la natura hagin passat al centre de les polítiques metropolitanes a nivell global (McGranahan et al., 2010) i s'estiguin impulsant polítiques de planejament territorial que incorporen els espais verds com un aspecte clau de la qualitat de vida (Bassou et al., 2020). Els parcs urbans aporten beneficis en la salut i el benestar de la població mitjançant un contacte amb la natura que es va anar perdent amb el desenvolupament industrial i urbà (Chiesura, 2004; Konijnendijk et al., 2013).

La infraestructura verda metropolitana, i en particular la xarxa de parcs urbans, proveeixen de nombrosos serveis ecosistèmics les àrees urbanes que, a més de millorar el benestar de la població, redueixen l'impacte de la societat sobre la natura (Speak et al., 2015). Aquests serveis són especialment rellevants en les metròpolis contemporànies (Costanza et al., 2017). Per això, l'ONU va proposar una classificació dels serveis ecosistèmics en quatre categories principals: provisió, suport, regulació i culturals (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Els parcs urbans, en general, no ofereixen serveis de provisió (com pot ser la producció d'aliments), però poden tenir un paper molt important en els serveis de suport (p.e., manteniment dels cicles naturals), de regulació (p.e., qualitat ambiental de l'entorn urbà) i culturals (p.e., benestar de la població i ús lúdic dels parcs) (Zwierzchowska et al., 2018).

Cada cop hi ha més evidència sobre la contribució de la infraestructura verda en la salut i el benestar de la població (Hartig et al., 2014; James et al., 2015), fet que s'ha fet palès durant la covid-19. A més, els parcs urbans contribueixen a mitigar l'efecte d'illa de calor, així com a adaptar-se a temperatures extremes actuant com a refugis climàtics (Chang et al., 2007; Feyisa et al., 2014), aspecte essencial en l'actual context d'emergència climàtica. No obstant això, els parcs requereixen recursos per al seu bon funcionament i presenten característiques que poden ser sinèrgiques (més arbres, més segrest de carboni i més ombra) o de compromís (més prats regats, una major mitigació de l'efecte d'illa de calor, però un major consum d'aigua) i que cal avaluar correctament.

A partir d'aquests preceptes, l'article que teniu a les mans presenta una anàlisi socioecològica integrada (Padró et al., 2020; Marull et al., 2021) amb l'objectiu

de caracteritzar els parcs metropolitans en base a les funcions i serveis que proveeixen a la societat, tenint en compte els costos associats al manteniment de les seves àrees verdes. Es discuteixen els fonaments de cada indicador socioecològic proposat, i les seves interrelacions, de manera que serveixin per orientar en la gestió i planificació dels parcs, així com per facilitar informació a la ciutadania per tal de posar-los en valor i donar a conèixer les peculiaritats de cada parc.

Disposar de nombrosos indicadors que avaluin els parcs metropolitans, per si mateix no es tradueix necessàriament en la identificació de problemes rellevants i la proposta de millores concretes, ja que cal estructurar la informació d'una manera sistemàtica. El present article pretén complementar estudis previs (Montlleó, 2014), organitzant els indicadors segons la seva contribució socioecològica de forma integrada. El marc analític proposat identifica els possibles reptes i oportunitats de cada parc per tal d'adreçar millores i actuacions específiques respecte de cinc dimensions clau (ús de recursos, serveis de suport, serveis de regulació, salut i benestar, canvi climàtic), en línia amb el Pla de Sostenibilitat de l'AMB (Àrea Metropolitana de Barcelona, 2014). L'objectiu d'aquest article és efectuar una anàlisi socioecològica integrada de sis parcs de l'AMB i oferir una eina multicriteri de monitoratge de la xarxa metropolitana de parcs que en faciliti la gestió tot identificant-hi mancances i potencials de millora.

2. Metodologia

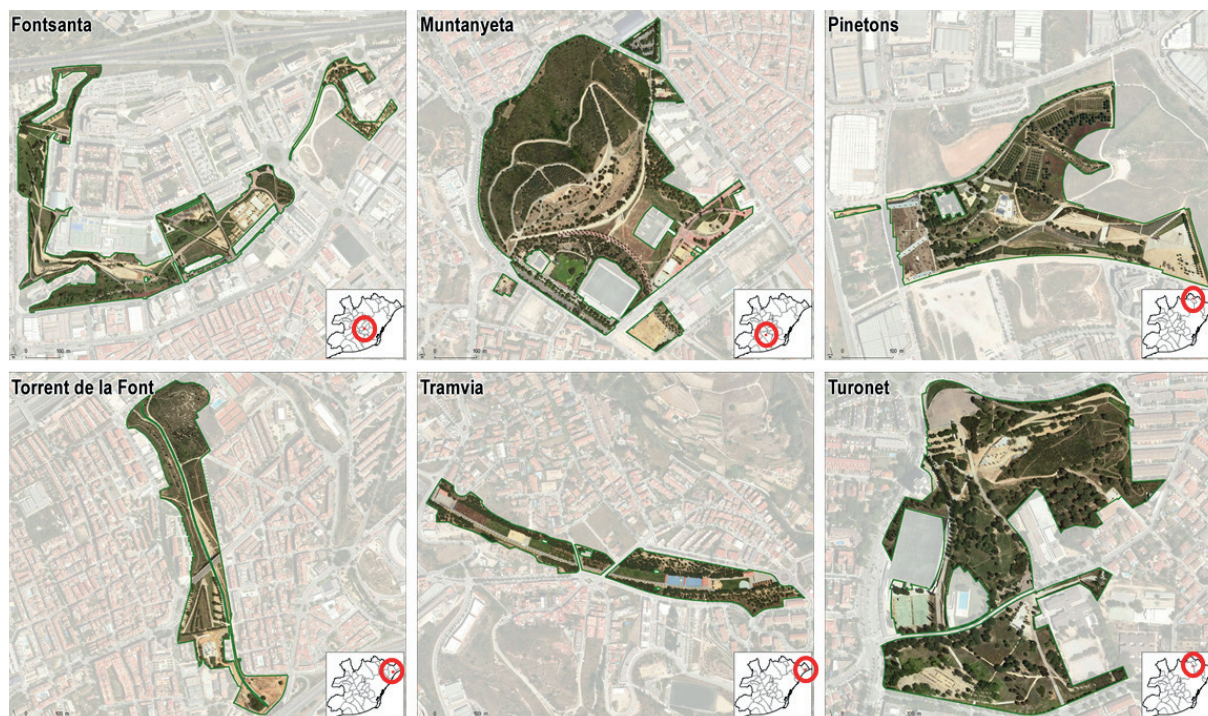
2.1. Casos d'estudi

S'han seleccionat 6 dels 51 parcs que conformen la xarxa de parcs de l'AMB (Figura 1) amb l'objectiu de realitzar una prova pilot. Aquests sis parcs formen part de les dues primeres fases de l'Observatori Metropolità de Papallones (mBMS) (Laboratori Metropolità d'Ecologia i Territori de Barcelona, 2019) i han estat seleccionats per les seves diferents característiques socioecològiques i distribució territorial. A continuació es mostren els sis parcs metropolitans amb el plànol de la seva vista zenital i la seva localització dins l'AMB.

2.2. Anàlisi socioecològica integrada dels parcs metropolitans

L'estudi es fonamenta en una Anàlisi Socioecològica Integrada (SIA), model que analitza la contribució de la infraestructura verda al sistema metropolità consi-

Figura 1. Parcs urbans analitzats i la seva localització a l'Àrea Metropolitana de Barcelona.



derant diverses dimensions interrelacionades: el metabolisme, la biodiversitat, el paisatge, el canvi climàtic, els serveis ecosistèmics i la cohesió social (Marull et al., 2019). Aquesta metodologia i els seus indicadors han estat desenvolupats en col·laboració amb el Pla Director Urbanístic de l'AMB (Padró et al., 2020). L'objectiu de la SIA és disposar d'una eina que permeti el tractament del territori com a sistema i doni suport a les polítiques de planejament territorial, considerant les múltiples dimensions de la infraestructura verda metropolitana de manera simultània, tot analitzant les interaccions entre els diversos indicadors socioecològics.

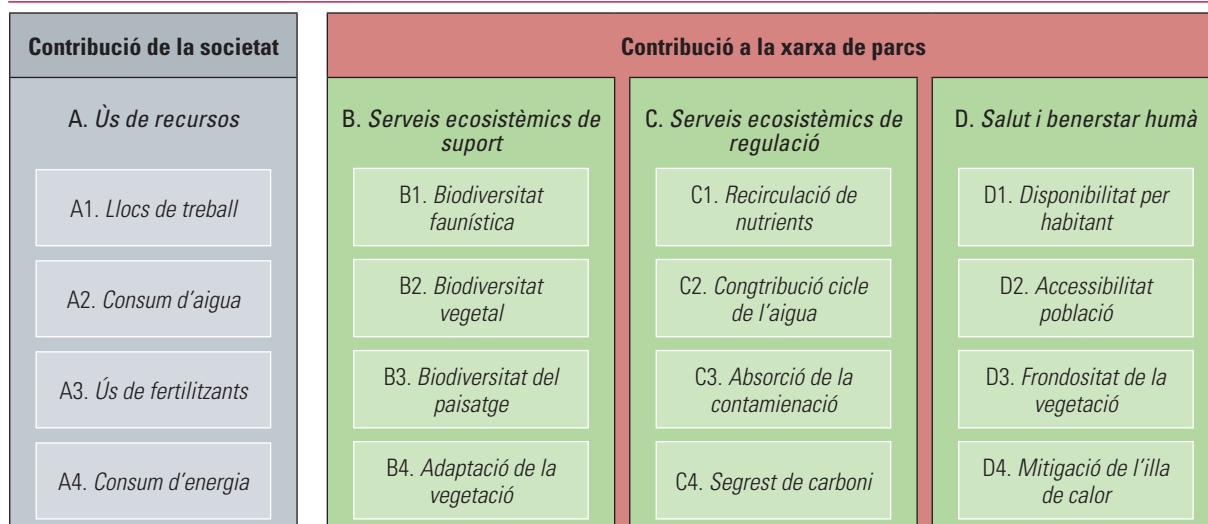
Per aplicar la SIA a l'estudi dels parcs metropolitans s'ha desenvolupat una bateria de 16 indicadors estructurats en cinc dimensions en què cada dimensió es caracteritza per quatre indicadors socioecològics comple-

mentaris (Figura 2). Les dades provenen principalment d'empreses de manteniment dels parcs i de l'aixecament de dades cartogràfiques recopilades per l'AMB.

A continuació es descriuen les diverses dimensions i indicadors que configuren el model.

A. Ús de recursos: El manteniment dels parcs metropolitans requereix recursos humans (treball) i metabòlics (aigua, materials, energia). Per tal de caracteritzar-los des del punt de vista del metabolisme social (Giampietro, 2011), s'han seleccionat quatre indicadors (Taula 1). Seguint el 'model flux-fons' proposat per Georgescu-Roegen (1971), podem classificar la força de treball i l'ús del sòl com a variables 'fons' (es conserven) i l'aigua, els fertilitzants i l'energia com a variables 'flux' (es consumeixen o es produeixen). Caracteritzant les relacions fons-flux i fons-fons podrem

Figura 2. Esquema de l'anàlisi socioecològica integrada de la xarxa metropolitana de parcs.



Font: E Mitigació i adaptació al canvi climàtic.

Taula 1. Descripció dels indicadors que conformen la dimensió A. *Ús de recursos*

Indicador	Què mesura?	Comentari
<i>Llocs de treball</i>	Recursos humans per al manteniment de la superfície verda dels parcs. Es mesura en hores de treball per hectàrea de superfície verda.	En queda exclòs el treball per al manteniment d'equipaments dels parcs que no ofereixen serveis ecosistèmics.
<i>Consum d'aigua</i>	Quantifica els recursos d'aigua blava per hectàrea de parc. L'aigua blava fa referència a l'aigua subministrada per la societat, en aquest cas l'aigua de reg i de boca. L'indicador no comptabilitza el consum d'aigua verda de les plantes, és a dir, l'aigua que prové de la pluja o del subsol de forma natural	El consum de recursos hídrics pot representar un important cost ambiental per al manteniment dels parcs, fet pel qual la seva anàlisi s'ha complementat amb altres indicadors que tenen relació amb l'ús que es fa de l'aigua.
<i>Ús de fertilitzants</i>	Quantifica els recursos agroquímics que s'apliquen als parcs. Aquesta dada no tan sols és rellevant per mesurar el cost del manteniment dels parcs, sinó també pel possible efecte dels fertilitzants en la circulació de nutrients i el manteniment de la qualitat del sòl. S'expressa en quilograms de fertilitzants per hectàrea.	L'ús fertilitzants provoca la dependència d' <i>inputs</i> externs, i té el potencial d'alterar els cicles biogeoquímics naturals del sòl, provocant desequilibris de nutrients i contaminació en el sòl i l'aigua.
<i>Consum d'energia</i>	Mesura el consum d'energia total del parc en megajoules per hectàrea. Inclou tant el consum d'electricitat de la xarxa com el consum de combustibles de la maquinària per fer les tasques de manteniment de la vegetació. Per tal de poder sumar les magnituds de dos vectors energètics amb diferents qualitats, com l'electricitat i el combustible, els valors s'han passat a equivalents tèrmics d'energia primària utilitzant el mètode de substitució parcial (Giampietro i Sorman, 2012), assumint un factor de conversió tèrmic del 38,6% per a l'electricitat i del 100% per als combustibles.	A causa de la manca de dades de consum d'electricitat als parcs de la Font Santa i del Torrent de la Font i Turó de l'Enric, aquest consum s'ha estimat amb la mitjana per hectàrea dels altres parcs.

obtenir el rendiments biofísics dels parcs, des de la perspectiva de l'economia circular.

B. Serveis ecosistèmics de suport: Els serveis ecosistèmics de suport identifiquen aspectes clau de la qualitat ecològica dels espais verds metropolitans pel que fa a l'hàbitat per les espècies i el manteniment de la seva biodiversitat (Baró et al., 2016). Els quatre indicadors seleccionats (Taula 2) són la base per a una bona provisió d'altres serveis ecosistèmics i determina la resiliència ecològica de la infraestructura verda envers estressos i perturbacions diverses (Benedict i MacMahon, 2002).

C. Serveis ecosistèmics de regulació: Els serveis de regulació caracteritzen la contribució ecosistèmica que fan els espais verds en conservar la qualitat de l'aire i el sòl, proveint control sobre inundacions i malalties, així com facilitant la pol·linització o temperant el clima, posem per cas, de manera que els quatre indicadors seleccionats (Taula 3) són essencials per al manteniment d'infraestructures verdes multifuncionals (Baró et al., 2016; Padró et al., 2020).

D. Salut i benestar humà: En els darrers anys ha anat creixent l'evidència científica que demostra els efectes positius dels parcs urbans sobre la salut i el ben-

Taula 2. Descripció dels indicadors que conformen la dimensió B. *Serveis ecosistèmics de suport.*

Indicador	Què mesura?	Comentari
<i>Biodiversitat faunística</i>	Avalua la diversitat de papallones i d'arbres dels parcs, respectivament, utilitzant l'índex de Shannon i Weaver (1949). Aquest índex mesura la diversitat considerant l'abundància de cada espècie, i té un rang teòric de 0 a 5. Valors inferiors a 2 es consideren baixos, i valors superiors a 3, alts en diversitat d'espècies.	Es calcula amb les dades d'arbres disponibles a la cartografia dels parcs metropolitans de l'AMB.
<i>Biodiversitat vegetal</i>		Caracteritza el nombre d'espècies i l'abundància de papallones de cada parc reportat per l'Observatori Metropolità de Papallones (mBMS).
<i>Funcionament del paisatge</i>	El valor mitjà de l'Índex de Connectivitat Ecològica dins de cada parc (Marull & Mallarach, 2005). La connectivitat ecològica quantifica la capacitat del territori per connectar processos ecològics i poblacions de diverses espècies, i té un rang de 0 a 10.	Serveix per entendre si l'estructura del parc i del seu entorn afavoreix les connexions de poblacions de diverses espècies o les bloqueja, un factor clau per al manteniment de la biodiversitat en la infraestructura verda metropolitana.
<i>Adaptació de la vegetació</i>	Grau de xeroficitat pels parcs. Aquest indicador quantifica quina és la proporció d'espècies vegetals de cada parc adaptada al clima, amb la tendència a l'estress hidric que caracteritza el context mediterrani on es troba l'AMB. Per calcular la xeroficitat es va utilitzar el coeficient d'evapotranspiració de cada espècie existent als parcs (Ke).	Per sota de 0,4 del valor de Ke es considera una espècie com a xeròfila, i es quantifica l'abundància d'individus d'espècies xeròfiles del total de vegetació al parc. Els coeficients d'espècie provenen de Martín et al. (2003), i les dades dels individus de cada espècie estan disponibles a la cartografia dels parcs de l'AMB.

Taula 3. Descripció dels indicadors que conformen la dimensió C. *Serveis ecosistèmics de regulació.*

Indicador	Què mesura?	Comentari
<i>Reciclatge de nutrients</i>	Relació entre els nutrients que circulen internament al parc per processos ecològics enfront de la introducció de nutrients de fonts externes mitjançant fertilitzants o adobs. Es mesura quantes vegades la vegetació del parc recircula nitrogen al sòl a través dels processos de producció vegetal i enterrament de biomassa en descomposició, comparat amb el que s'aporta de la fertilització externa.	Les dades de les característiques de la vegetació i producció provenen de la cartografia dels parcs de l'AMB, i les dades per al càlcul dels nutrients dels fertilitzants externs provenen de les empreses de manteniment dels parcs i de la composició química dels adobs.
<i>Contribució al cycle de l'aigua</i>	Caracteritza l'aportació dels parcs al cycle hidrològic del territori on es troben. Els entorns urbans presenten un problema ambiental en cobrir el sòl amb grans superfícies pràcticament impermeables que obstreuen el cycle natural de l'aigua a en impedir la infiltració al sòl.	La infiltració d'aigua és bàsica per a la recàrrega dels aquífers i el manteniment de la humitat del terra que requereixen les plantes per viure. Les dades de superfícies permeables/impermeables provenen de la cartografia de l'AMB.
<i>Absorció de la contaminació</i>	Es mesura la contribució de cada parc a la qualitat de l'aire. Es calcula l'absorció per la vegetació de partícules en suspensió (PM10) i diòxid de nitrogen (NO2). Ambdós contaminants tenen greus impactes en la salut humana i han estat associats amb malalties respiratòries, risc d'asma o mortalitat infantil (Khreis et al., 2019; WHO, 2013).	S'ha calculat el nombre d'arbres per espècie de cada parc, a partir de la cartografia dels parcs metropolitans de l'AMB, i els coeficients d'absorció de les diferents espècies d'arbres de Barcelona (Baró et al., 2014).
<i>Segrest de carboni</i>	El CO2 fixat per l'arbrat dels parcs, fet que contribueix a mitigar un dels principals gasos que provoquen el canvi climàtic. Per a aquest càlcul s'ha utilitzat la capacitat de segrest de carboni de cada espècie d'arbre aplicant-hi els coeficients de Chaparro i Terradas (2009).	El nombre d'arbres per espècie de cada parc s'ha obtingut de la cartografia de l'AMB.

estar de la població (James et al., 2015). Els quatre indicadors seleccionats (Taula 4) recullen aquesta important contribució dels parcs segons les característiques de la vegetació i de la població que els utilitza.

E. *Mitigació i adaptació al canvi climàtic:* Aquesta dimensió s'ha construït de manera transversal, a partir

d'un indicador seleccionat de cadascuna de les dimensions ja presentades. Els parcs metropolitans poden contribuir a la mitigació del canvi climàtic reduint el *Consum d'energia* (A4) i augmentant el *Segrest de carboni* (C4). Finalment, els parcs metropolitans també poden jugar un paper important en l'adaptació al canvi climàtic, mitjançant l'*Adaptació de la vegetació* (B4) i la *Mitigació de l'illa de calor* (C4).

Taula 4. Descripció dels indicadors que conformen la dimensió D. *Salut i benestar humà.*

Indicador	Què mesura?	Comentari
<i>Disponibilitat per habitant</i>	Els indicadors comuns europeus suggereixen establir un buffer de 300 metres des del límit de cada parc, que equivaldria a un accés al parc de 5 minuts a peu. Es mesura comptabilitzant la població que queda en aquesta àrea d'influència.	Per a aquest càlcul s'ha utilitzat la cartografia dels parcs metropolitans de l'AMB, creuant dades demogràfiques per seccions censals de l'IDESCAT (idescat.cat) i del cadastre (sedecatastro.gob.es).
<i>Accessibilitat de la població</i>	Nombre de persones socioeconòmicament vulnerables en l'àrea d'influència de cada parc (a 300 metres). Es mesura a partir d'una estimació de la població amb rendes baixes per secció censal (Antón-Alonso et al., 2017), definida com la població amb rendes inferiors al 50% de la mediana metropolitana.	Està relacionat amb la gentrificació verda (Anguelovski et al., 2018; Rigolon i Németh, 2020), que pot reduir els efectes positius dels parcs sobre la salut de les persones més vulnerables.
<i>Frondositat de la vegetació</i>	Es mesura amb una mitjana anual de l'Índex de Vegetació de Diferència Normalitzada (NDVI). Per al seu càlcul s'han utilitzat imatges del satèl·lit Sentinel 2 disponibles a l'Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC).	Influeix en la contribució dels espais verds a la salut i el benestar de la ciutadania.
<i>Mitigació de l'illa de calor</i>	S'utilitza un índex que considera les característiques dels parcs urbans que contribueixen a mitigar l'efecte d'illa de calor (Serrano-Tovar et al., 2021), com ara la superfície del parc, la frondositat de la vegetació i la del seu entorn, la proporció d'àrea verda, blava, regada i d'ombra de cada parc i la seva àrea d'influència tèrmica. L'efecte d'illa de calor causat per la major absorció de temperatura pels espais urbanitzats intensifica els problemes de salut d'aquestes onades.	Les temperatures extremes contribueixen a les defuncions per malalties respiratòries i cardiovasculars (Robine et al., 2008). Les previsions del canvi climàtic indiquen que les onades de calor seran cada cop més freqüents i intenses. Els parcs tenen la capacitat de mitigar aquest efecte i refredar no tan sols la seva superfície sinó també la de la seva àrea d'influència.

2.3. Monitoratge multinivell

Plantejar els problemes de sostenibilitat des d'una visió sistèmica implica gestionar diversos indicadors (16 en el nostre cas). Per tal de facilitar-ne la interpretació s'acostumen a generar índexs compostos que agreguen la informació dels indicadors i permeten elaborar rànquings de fàcil lectura. Aquestes solucions han estat criticades pel fet de dificultar una comprensió més precisa i holística dels problemes en agrupar la informació (Munda, 2005), així com la identificació de sinergies i compromisos que exigeixen els complexos problemes relacionats a la sostenibilitat de les àrees metropolitanes (Padró et al., 2020). Per tal de donar resposta a aquest repte, presentem els resultats per mitjà d'un monitoratge multinivell.

El nivell III s'adreça a usuaris amb coneixement expert. La informació de cadascun dels 16 indicadors es mostra de forma precisa i detallada per orientar decisions de planejament i gestió, així com per a l'anàlisi científica. En aquest sentit, els resultats els expressem en les unitats precises de cada indicador i amb una escala cromàtica de colors que permet identificar ràpidament les diferències entre parcs. A més, la taula s'acompanya amb un gràfic radar en què els resultats s'han normalitzat sobre la mitjana de cada indicador per tal de poder estudiar els patrons.

El nivell II s'adreça a usuaris que volen saber de forma general en quines de les cinc dimensions analitzades destaca cada parc. Els resultats de cada indicador s'agreguen per a cada dimensió a partir de la normalització realitzada pels gràfics radars de 0 a 4. Aquest tipus d'informació serveix per orientar usuaris i gestors sobre les característiques generals dels parcs metropolitanos. Per interpretar aquests resultats cal tenir en compte que els valors són relatius, és a dir, que les qualitats dels parcs són avaluades enfront dels altres parcs i no sobre valors de referència mínims o màxims, que permetrien identificar mancances o bondats generalitzades.

Per últim, el nivell I s'adreça al gran públic i consisteix en un rànquing que compara de forma generalista les qualitats socioecològiques dels parcs metropolitanos estudiats. Mitjançant l'agregació dels valors de les cinc dimensions del nivell II i invertint el valor dels pesos de la dimensió A *Ús de recursos*, en ser un cost que cal reduir, obtenim un únic valor per a cada parc que permet ordenar-los segons la seva contribució relativa. El valor d'aquest índex socioecològic va de 0 a 20, on 20 indica que el parc analitzat presenta els millors valors en comparació amb els altres parcs.

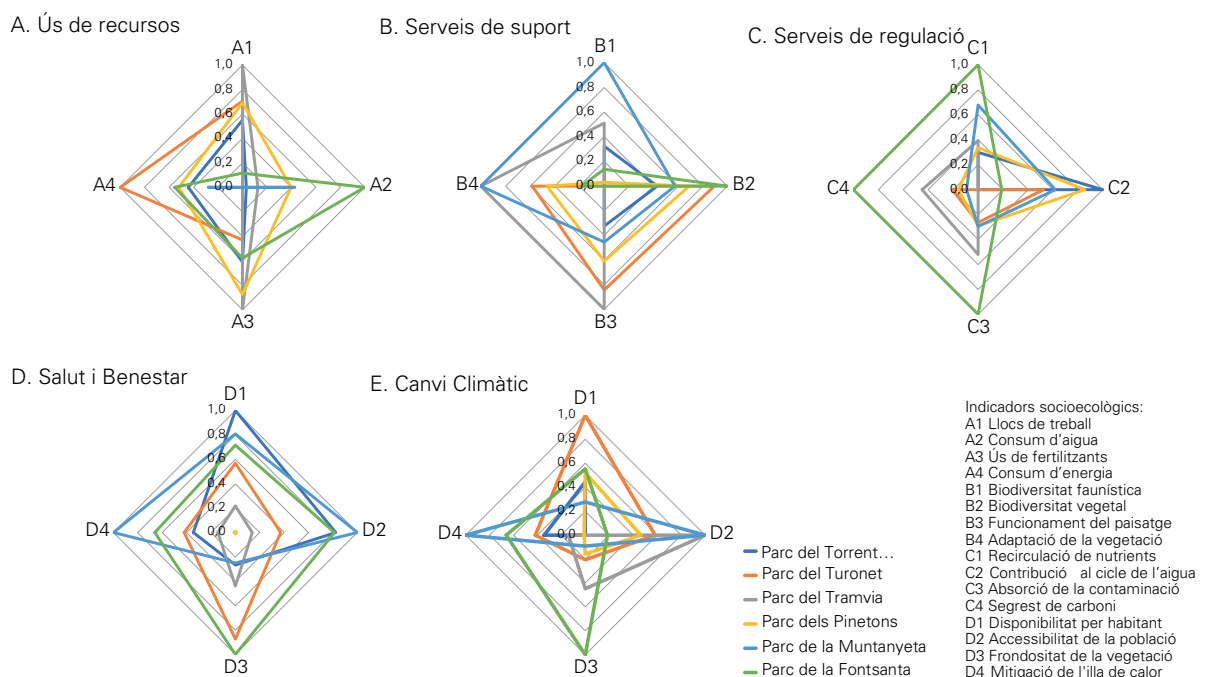
3. Resultats i discussió

3.1. Indicadors (Nivell III)

En les següents taules comparatives fem una representació multicriteri en què cada indicador socioecològic s'expressa en les unitats de mesura corresponents, mantenint la informació original de les dimensions de cada aspecte estudiat. Per facilitar-ne la interpretació, els valors de les Taules 5 a 9 es visualitzen amb colors que varien d'intensitat depenent de si són majors o menors que la mitjana dels sis parcs estudiats. Les taules es complementen amb un gràfic radar (Figura 3).

A. *Ús de recursos*: A la Taula 5 podem veure que el parc del Tramvia mostra el requeriment més alt d'hores de treball per hectàrea i d'ús de fertilitzants. Per contra, presenta el menor consum d'energia i un consum relativament baix d'aigua. El parc de la Font Santa presenta el major consum d'aigua per hectàrea i un requeriment moderat dels altres recursos. Pel que fa al consum d'energia, el parc del Turonet presenta el major valor amb diferència, tot i que els consums dels parcs de la Font Santa i del Torrent de la Font i Torrent de l'Enric han estat estimats (per manca de dades). Pel que fa al parc de la Muntanyeta, presenta el menor requeriment de treball i ús de fertilitzants. Per últim, el parc dels Pinetons presenta un ús mitjà-alt de tots els recursos.

Figura 3. Indicadors socioecològics per a cadascuna de les dimensions dels parcs metropolitanos.



Taula 5. Valors dels indicadors de la dimensió A. *Ús de recursos per a cada parc.*

A. Ús de recursos	Parc de la Font Santa	Parc de la Muntanyeta	Parc dels Pinetons	Parc del Torrent...	Parc del Tramvia	Parc del Turonet
A1 Llocs de treball (hores/ha)	79	28	330	268	464	335
A2 Consum d'aigua (m ³ /ha)	2.830	1.500	1.432	580	803	508
A3 Ús de fertilitzants (kg/ha)	6,7	3,7	8,3	6,9	8,9	6,0
A4 Consum d'energia (MJ/ha)	70.769	54.688	68.923	64.358	38.516	96.886

Taula 6. Valors dels indicadors de la dimensió B. *Serveis ecosistèmics de suport per a cada parc.*

B. Serveis de suport	Parc de la Font Santa	Parc de la Muntanyeta	Parc dels Pinetons	Parc del Torrent...	Parc del Tramvia	Parc del Turonet
B1. Biodiversitat faunística (Índex de Shannon)	3,0	3,8	2,9	3,2	3,4	2,9
B2. Biodiversitat vegetal (Índex de Shannon)	4,6	3,1	3,5	2,6	1,1	4,2
B3. Funcionament del paisatge (Índex de connectivitat ecològica)	4,0	5,2	5,6	4,9	6,7	6,3
B4. Adaptació de la vegetació (% de xeroficitat)	56%	81%	65%	51%	81%	68%

B. *Serveis ecosistèmics de suport:* A la Taula 6 podem veure com el parc de la Muntanyeta presenta els millors serveis de suport, amb els valors més alts de biodiversitat faunística i d'adaptació de la vegetació. Per contra, el parc dels Pinetons se situa a la part baixa, però destacant per un bon nivell d'adaptació climàtica de la vegetació. Les diferències entre biodiversitat faunística i vegetal (mesurada amb papallones i arbres, respectivament) ens indiquen que són indicadors complementaris de biodiversitat, ja que la proliferació de papallones es relaciona més amb la vegetació dels prats florits i menys amb la vegetació arbòria. Respecte de l'índex de connectivitat ecològica, s'observa que

els parcs que estan més endinsats en la trama urbana (com el Parc de la Font Santa o el del Torrent de la Font i Turó de l'Enric) presenten valors més baixos, en no estar tan connectats amb espais naturals com els boscos de l'AMB. Finalment, podem observar que els parcs de la Muntanyeta i el Tramvia presenten alts valors d'adaptació de la vegetació pel fet de tenir grans zones cobertes de pins pinyoners (*Pinus pinea*) i pins blancs (*Pinus halepensis*), espècies ben adaptades al clima i resistents a l'escassetat d'aigua.

C. *Serveis ecosistèmics de regulació:* A la Taula 7 podem observar que el parc de la Font Santa té els millors

Taula 7. Valors dels indicadors de la dimensió C. *Serveis ecosistèmics de regulació per a cada parc.*

C. Serveis de regulació	Parc de la Font Santa	Parc de la Muntanyeta	Parc dels Pinetons	Parc del Torrent...	Parc del Tramvia	Parc del Turonet
C1. Recirculació de nutrients (N recirculat/aportat)	226	190	152	148	158	114
C2. Contribució cicle de l'aigua (% superfície permeable)	77%	86%	91%	94%	73%	84%
C3. Absorció contaminació (Kg PM10 + NO ₂)	2.588	1.086	1.075	460	1.569	1.022
C4. Segrest de carboni (Tones de CO ₂)	5,77	1,37	1,69	0,92	3,09	1,92

Taula 8. Valors dels indicadors de la dimensió D. *Salut i benestar humà* per a cada parc.

D. <i>Salut i benestar humà</i>	Parc de la Font Santa	Parc de la Muntanyeta	Parc dels Pinetons	Parc del Torrent...	Parc del Tramvia	Parc del Turonet
D1. <i>Població d'influència</i> (Població a 300 m)	14.578	16.158	2.326	19.403	6.085	114
D2. <i>Població vulnerable</i> (Pob. <50% renda mediana)	2.052	2.485	157	2.075	480	84%
D3. <i>Frondositat</i> (NDVI)	0,42	0,37	0,35	0,37	0,38	1.022
D4. <i>Mitigació illa de calor</i> (índex)	5,0	6,6	3,6	3,8	4,0	1,92

serveis de regulació respecte de la recirculació de nutrients, l'absorció de contaminants i el segrest de carboni, tot i que presenta una de les superfícies menys permeables, cosa que fa que no contribueixi tant al cicle de l'aigua. Per contra, la pràctica totalitat de la superfície del parc del Torrent de la Font i Turó de l'Enric és permeable (94%), motiu pel qual, juntament amb el parc dels Pinetons (91%), se situen com els que més contribueixen al cicle de l'aigua. El parc del Torrent de la Font i Turó de l'Enric també destaca per una baixa absorció de contaminants i segrest de carboni. D'altra banda, el parc de la Muntanyeta ofereix uns bons resultats generals excepte per les xifres de segrest de carboni, a causa del tipus d'arbres que abunden al parc.

D. *Salut i benestar humà*: A la Taula 8 podem observar que el parc del Torrent de la Font i Turó de l'Enric és el parc amb major disponibilitat per habitant, en tenir en un radi de 300 metres més de 19.000 habitants. Però és el parc de la Muntanyeta el que presenta un major nombre de població vulnerable, que gairebé arriba a les 2.500 persones. De prop el segueix el parc de la Font Santa, amb una gran quantitat de població d'influència i el major valor de frondositat de la vegetació juntament amb el parc del Turonet (0,42). Pel que fa al potencial per mitigar l'efecte d'illa de calor, la Muntanyeta torna a presentar-se en primer lloc, seguit de prop pel parc de la Font Santa. Per contra, el parc dels Pinetons presenta els pitjors resultats pel que fa a la seva contribució a la salut i el benestar: baixa població d'influència total i vulnerable, així com la pitjor frondositat de la vegetació i mitigació de l'efecte d'illa de calor.

E. *Mitigació i adaptació al canvi climàtic*: A la Taula 9 podem observar que el parc de la Muntanyeta torna a despuntar en aquesta dimensió en mostrar un alt percentatge d'adaptació de la vegetació, el millor índex de mitigació d'efecte illa de calor i un moderat consum d'energia. El parc del Tramvia el segueix de prop compartint el primer lloc en l'índex d'adaptació, superant-lo en el segrest de carboni i sent el parc que presenta un menor consum d'energia, tot i que el seu índex de mitigació de l'efecte d'illa de calor es queda a la part mitjana-inferior. Per la seva banda, el parc de la Font Santa presenta el millor valor de segrest de CO₂, amb 5,8 tones anuals, prop del doble que el parc del Tramvia, que és el segon, amb 3,1 tones de CO₂ segrestades.

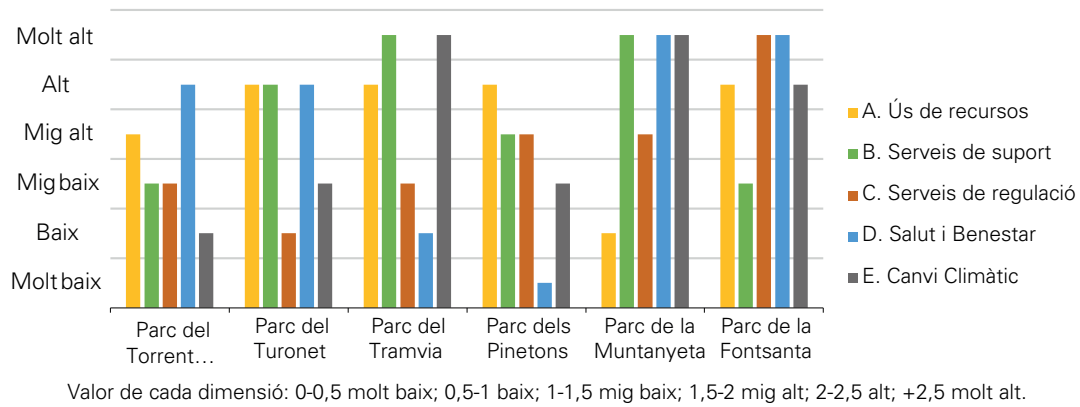
3.2. Dimensions (Nivell II)

Per tal de construir el nivell II d'agregació dels resultats, hem normalitzat i agregat els indicadors per a cadascuna de les dimensions, obtenint cinc índexs compostos que van de 0 a 4 depenent de les característiques relatives de cada parc. Amb aquests valors hem generat una escala qualitativa per valorar la contribució socioecològica de cada parc i el seu ús de recursos amb les categories següents: de 0 a 0,5 molt baixa, de 0,5 a 1 baixa, d'1 a 1,5 mitjana-baixa, d'1,5 a 2 mitjana-alta, de 2 a 2,5 alta i de 2,5 a 4 molt alta. D'aquesta manera, obtenim la Figura 4, on es pot apreciar el valor relatiu de les diverses dimensions avaluades i fer una lectura senzilla i eloqüent de la contribució de cada parc.

Taula 9. Valors dels indicadors de la dimensió E. *Mitigació i adaptació al canvi climàtic* per a cada parc.

E. <i>Mitigació i adaptació al canvi climàtic</i>	Parc de la Font Santa	Parc de la Muntanyeta	Parc dels Pinetons	Parc del Torrent...	Parc del Tramvia	Parc del Turonet
A4. <i>Consum d'energia</i> (MJ/ha)	70.769	54.688	68.923	64.358	38.516	96.886
B4. <i>Adaptació de la vegetació</i> (% de xeroficitat)	56%	81%	65%	51%	81%	68%
C4. <i>Segrest de carboni</i> (Tones de CO ₂)	5,77	1,37	1,69	0,92	3,09	1,92
D4. <i>Mitigació illa de calor</i> (índex)	5,0	6,6	3,6	3,8	4,0	4,5

Figura 4. Comparació qualitativa dels parcs metropolitans per a cada dimensió.

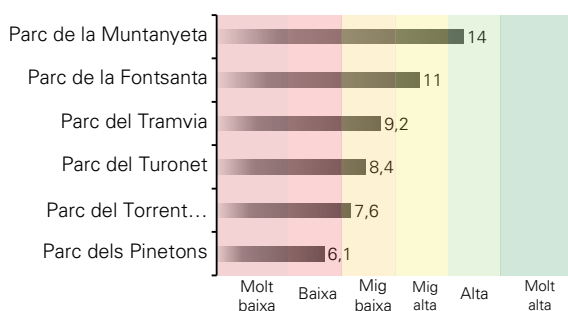


El parc de la Muntanyeta destaca per consumir menys recursos que els altres parcs i tenir uns bons serveis ecosistèmics de suport, de salut i benestar, i de mitigació/adaptació al canvi climàtic. El parc de la Fontsanta el segueix de prop, amb uns millors valors de serveis ecosistèmics de regulació, tot i que fa un ús més intensiu de recursos i els seus serveis ecosistèmics de suport són força pitjors. A la part més baixa hi trobem el parc dels Pinetons, que és el parc que més recursos consumeix, el que menys serveis a la salut i el benestar proveeix i amb uns valors mitjans pel que fa als serveis de suport, regulació i canvi climàtic. Per últim, el parc del Torrent de la Font i Turó de l'Enric i el parc del Turonet se situen a la part mitjana en totes les dimensions, destacant el primer per una baixa contribució a la mitigació i adaptació al canvi climàtic i alta en la salut i benestar, mentre que el segon destaca mostrant la dada més baixa pel que fa als serveis de regulació.

3.3. Valors agregats (Nivell I)

Per últim, agregant totes les dimensions en un únic valor obtenim el rànquing socioecològic general de parcs (Figura 5). Conservant la normalització prèvia, aquest índex relatiu va de 0, quan té una contribució molt baixa de serveis ecosistèmics i un ús molt alt de recursos, a 20, quan té una contribució molt alta de serveis ecosistèmics i un ús molt baix de recursos. Tot i perdre detall d'anàlisi, aquest nivell permet tenir una apreciació ràpida de la qualitat socioecològica general de cada parc. Com es pot apreciar, aquesta corrobora les tendències observades prèviament.

Figura 5. Rànquing de la qualitat socioecològica general de parcs metropolitans avaluats.



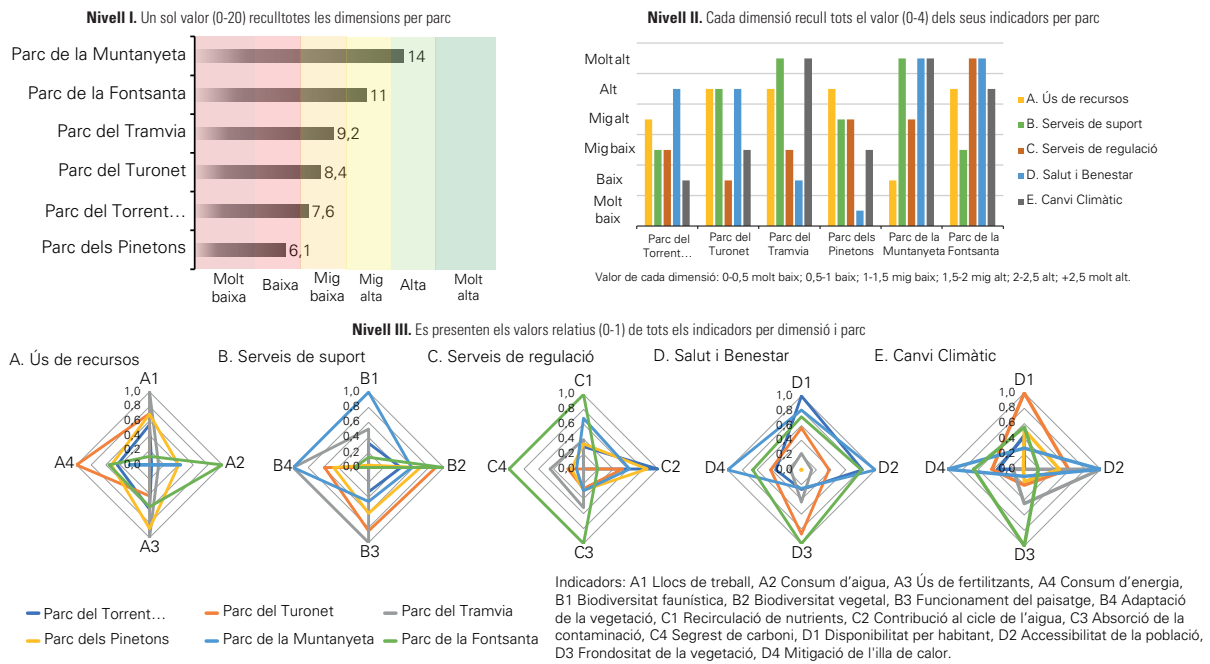
3.4. Quadre de monitoratge multinivell

Si be fraccionar els resultats per nivells permet adequar el nivell d'informació a l'interès i expertesa de les persones receptores de l'anàlisi, el quadre de monitoratge multinivell (Figura 6) permet atreure els usuaris cap a aquells detalls que caracteritzen cada parc i tenir una visió contextualitzada. A més de guanyar transparència sobre els resultats agregats (Nivell I), el fet de presentar la informació agregada juntament amb la detallada permet a les persones receptores de l'anàlisi comparar els parcs en relació amb el que més els interessa. Aquest quadre està pensat per oferir-lo a la ciutadania i a les persones gestores dels parcs en una pàgina web, o programari informàtic, amb un doble objectiu: orientar l'ús i la gestió dels parcs. En aquest sentit, l'eina es podria millorar afegint-hi filtres per criteris concrets que interessin l'usuari, o bé introduint-hi un Sistema de Suport a la Planificació que faciliti la gestió i comunicació de la xarxa metropolitana de parcs.

A tall d'exemple, una persona preocupada per la salut potser no troba interessant el rànquing general, però sí la comparativa per dimensions, on pot comparar els parcs pel que ofereixen en relació amb la salut i el benestar. De fet, el quadre de monitoratge multinivell convidaria a revisar els indicadors de salut i benestar del nivell III, generant oportunitats d'aprenentatge i una valoració més precisa de les múltiples funcions i serveis que ofereix cada parc metropolità.

D'altra banda, el rànquing general pot atreure l'atenció de polítics i societat interessada sobre les qualitats dels parcs urbans que tenen més a prop i proposar-ne millores. Un polític assabentat de la baixa puntuació d'un parc del qual és responsable en el rànquing general podria demanar als tècnics responsables que revisessin com millorar la puntuació. En aquest cas, els tècnics poden anar al detall (nivell III) i observar les característiques específiques que provoquen aquesta baixa puntuació en el rànquing general. Un cop identificat quin indicador interessa millorar, podria buscar el parc que millors resultats presenta en aquest indicador concret per comprendre què els diferencia, fomentant així la difusió de bones pràctiques en la planificació i gestió dels parcs metropolitans.

Figura 6. Quadre de monitoratge multinivell de la qualitat socioecològica dels parcs metropolitans.



4. Conclusions

Els parcs metropolitans són ecosistemes profundament modificats per la societat que requereixen una intervenció activa dels seus gestors. L'anàlisi socioecològica integrada de la xarxa metropolitana de parcs presenta un sistema d'indicadors multicriteri, escalables i modulars, que facilita el monitoratge tècnic i la comunicació a la ciutadania de manera precisa i ajustada a l'usuari. Aquesta anàlisi s'ha aplicat com a prova pilot a 6 dels 51 parcs metropolitans de l'AMB.

L'anàlisi socioecològica integrada ofereix 16 indicadors organitzats en cinc dimensions complementàries que cobreixen l'ús de recursos, els serveis ecosistèmics de suport i de regulació, la contribució a la salut i el benestar de la ciutadania, i la mitigació/adaptació al canvi climàtic. Aquesta aproximació sistèmica ha permès establir quines són les fortaleses i debilitats de cada parc i orientar les persones usuàries i les gestores segons els seus interessos específics.

Dels resultats obtinguts, destaca el parc de la Muntanyeta pel seu baix ús de recursos, com ara fertilitzants, i la bona prestació de serveis ecosistèmics, aportant biodiversitat faunística i adaptació de la vegetació, i contribució a la salut i el benestar de la ciutadania, a més de donar servei a població vulnerable, i una considerable mitigació de l'efecte d'illa de calor. El segueix el parc de la Font Santa, que tot i fer un ús més intensiu de recursos també presenta uns bons serveis ecosistèmics, en què destaquen els de regulació, com l'absorció de contaminants, el segrest de carboni o la recirculació de nutrients. A la part baixa destaquen el parc dels Pinetons i el parc del Torrent de la Font i Turó de l'Enric. El primer per fer un major ús de recursos tot i no proveir dels millors serveis ecosistèmics, presentant els valors més baixos en els indicadors de salut i benestar. A la part mitjana se situen el parc del Tramvia i el parc del Turonet. Mentre que el primer destaca en mitigació i adaptació al canvi climàtic, so-

bretot pel que fa a l'adaptació de la vegetació i el segrest de carboni, contribuint relativament poc a la salut i el benestar, el segon presenta valors mitjans en totes les dimensions i cal baixar al nivell d'indicadors per veure que té un alt consum d'energia i una baixa recirculació de nutrients i biodiversitat faunística, si bé presenta bona frondositat de la vegetació, biodiversitat vegetal i connectivitat ecològica.

L'anàlisi multinivell permet complementar una avaluació dels parcs metropolitans a partir d'un rànquing general (Nivell I), amb un nivell desagregat d'anàlisi per dimensions (Nivell II) i una anàlisi específica per indicadors (Nivell III) que informa dels aspectes socioecològics concrets en què destaca cada parc. Aquesta proposta presenta un gran potencial tant pel que fa a l'explotació dels resultats envers les persones usuàries com per als tècnics responsables d'aquests equipaments. Pel que fa als usuaris, es podria implementar en una aplicació web on donar a conèixer els aspectes més rellevants de cada parc de manera personalitzada. Per als tècnics, el monitoratge multinivell es podria integrar en un sistema de suport a la planificació que permetés optimitzar el tractament dels parcs en funció de les prioritats socials i contextuais, així com fomentar la col·laboració entre els tècnics dels parcs, tot identificant bones pràctiques en aspectes específics.

5. Referències

ANGUELOVSKI, I.; CONNOLLY, J. T.; MASIP, L.; PEARSALL, H. (2018). «Assessing Green Gentrification in Historically Disenfranchised Neighborhoods: A Longitudinal and Spatial Analysis of Barcelona». *Urban Geography* 39(3):458-491. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02723638.2017.1349987>.

ANTÓN-ALONSO, F. et al. (2017). *Innovació i Metròpoli. Innovació Social i Política, Densitat Institucional i Vulnerabilitat Urbana a la Barcelona Metropolitana*.

- ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA; BARCELONA REGIONAL (2014). «Pla de Sostenibilitat Ambiental de l'Àrea Metropolitana de Barcelona 2014-2020», pàg. 392. <http://www.amb.cat/ca/web/medi-ambient/actualitat/publicacions/detall/-/publicacio/memoria-del-psamb/1138518/11818>.
- BARÓ, F. et al. (2014). «Contribution of Ecosystem Services to Air Quality and Climate Change Mitigation Policies: The Case of Urban Forests in Barcelona, Spain». *Ambio*, 43(4):466-479.
- BARÓ, F.; PALOMO, I.; ZULIAN, G. et al. (2016). «Mapping ecosystem service capacity, flow and demand for landscape and urban planning: A case study in the Barcelona metropolitan region». *Land Use Policy*, 57:405-417.
- BASNOU, C. et al. (2020). «Advancing the Green Infrastructure Approach in the Province of Barcelona: Integrating Biodiversity, Ecosystem Functions and Services into Landscape Planning». *Urban Forestry and Urban Greening*, 55:126797.
- BENEDICT, M. A., McMAHON, E. T. (2002). «Green infrastructure: smart conservation for the 21st century». *Renewable Resource Journal*, 12-17.
- CHANG, C. R. et al. (2007). «A Preliminary Study on the Local Cool-Island Intensity of Taipei City Parks». *Landscape and Urban Planning*, 80(4):386-395. doi: 10.1016/j.landurbplan.2006.09.005.
- CHAPARRO, L.; TERRADAS, J. (2009). «Ecological Services of Urban Forest in Barcelona». *Shengtai Xuebao / Acta Ecologica Sinica* 29(August):103. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77952193077&partnerID=40&md5=795f891ba28b314189151dd48da019d3>.
- CHIESURA, A. (2004). «The Role of Urban Parks for the Sustainable City». *Landscape and Urban Planning*. 68(1):129-138. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204603001865>.
- COSTANZA, R. et al. (2017). «Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go?». *Ecosyst. Serv.*, 28:1-16.
- FEYISA, G. L. et al. (2014). «Efficiency of Parks in Mitigating Urban Heat Island Effect: An Example from Addis Ababa». *Landscape and Urban Planning*, 123:87-95.
- GEORGESCU-ROEGER, N.; GREEN, M. J. (1973). 83 The Economic Journal *The Entropy Law and the Economic Process*. <https://academic.oup.com/ej/article/83/330/551-553/5233124>.
- GIAMPIETRO, M. (2011). *The Metabolic Pattern of Societies*. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/9780203635926>.
- GIAMPIETRO, M.; SORMAN, A. H. (2012). «Are Energy Statistics Useful for Making Energy Scenarios?». *Energy* 37(1):5-17. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544211005780>.
- HARTIG, T.; MITCHELL, R.; DE VRIES, S.; FRUMKIN, H. (2014). «Nature and Health». *Annual Review of Public Health*, 35:207-228.
- JAMES, P.; BANAY, R. F.; HART, J. E.; LADEN, F. (2015). «A Review of the Health Benefits of Greenness». *Current Epidemiology Reports*, 2(2):131-142.
- KHREIS, H. et al. (2019). «Outdoor Air Pollution and the Burden of Childhood Asthma across Europe». *European Respiratory Journal*, 54(4):1802194. <http://erj.ersjournals.com/lookup/doi/10.1183/13993003.02194-2018>.
- KONIJNENDIJK, C. C.; ANNERSTEDT, M.; NIELSEN, A. B.; MARUTHAVEERAN, S. (2013). «Benefits of Urban Parks - A Systematic Review». *International Federation of Parks and Recreation Administration*, (January):1-68.
- LABORATORI METROPOLITÀ; BARCELONA PROJECTE CP. (2019). *Anàlisi de la gestió sostenible dels prats florits amb l'objecte d'incrementar la biodiversitat en la xarxa de parcs i platges de l'Àrea Metropolitana de Barcelona. El cas de les papallones diürnes*.
- MCGRANAHAN, G. et al. (2010). *The Citizens at Risk: From Urban Sanitation to Sustainable Cities*. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=0lusBwAAQB-AJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=sanitary+cities+sustainable+cities&ots=4ZCgyDitSC&sig=eVnq1YBOM4Xauxldk0B-mGi80GM> (March 26, 2021).
- MARTÍN, A. et al. (2003). *Manual de Riego de Jardines*, pàg. 264.
- MARULL, J.; MALLARACH, J. M. (2005). «A GIS Methodology for Assessing Ecological Connectivity: Application to the Barcelona Metropolitan Area». *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4):243-262. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204604000799>.
- MARULL, J. et al. (2019). «Cap a una Anàlisi Socioecològica Integrada de la Infraestructura Verda Metropolitana». *Anuari Metropolità de Barcelona 2018 (Del barri a la metròpoli)*.
- MARULL, J. et al. (2021). «A socioecological integrated analysis of the Barcelona metropolitan agricultural landscapes». *Ecosystem Services*, 51:101350. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101350>
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends*. Washington DC: Island Press.
- MONTLLIÓ, M. (2014). *Sistema d'indicadors ambientals dels parcs metropolitans*. [http://www3.amb.cat/repositori/PSAMB/Estudi indicadors parcs.pdf](http://www3.amb.cat/repositori/PSAMB/Estudi%20indicadors%20parcs.pdf).
- MUNDA, G. (2005). «'Measuring Sustainability': A Multi-Criterion Framework». *Environment, Development and Sustainability*, 7(1):117-134. <http://link.springer.com/10.1007/s10668-003-4713-0>.
- PADRÓ, R.; LA ROTA-AGUILERA, M. J.; GIOCOLI, A. et al. (2020). «Assessing the sustainability of contrasting land use scenarios through the Socioecological Integrated Analysis (SIA) of the metropolitan green infrastructure in Barcelona». *Landscape and Urban Planning*, 203, 103905.

RIGOLON, A.; NÉMETH, J. (2020). «Green Gentrification or 'Just Green Enough': Do Park Location, Size and Function Affect Whether a Place Gentrifies or Not?». *Urban Studies*, 57(2):402-420. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0042098019849380>.

ROBINE, J. M. et al. (2008). «Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during the Summer of 2003». *Comptes Rendus - Biologies*, 331(2):171-178.

SERRANO-TOVAR, T.; VELASCO-FERNÁNDEZ, R.; MARULL, J.; GONZÁLEZ-CARRASCO, M. (2020). «Contribució dels parcs metropolitans a la salut i el benestar de la ciutadania». *Anuari Metropolità de Barcelona*.

SHANNON, C. E.; WEAVER, W. (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois: University of Illinois Press.

SPEAK, A. F.; MIZGAJSKI, A.; J. BORYSIK, J. (2015). «Allotment Gardens and Parks: Provision of Ecosystem Services with an Emphasis on Biodiversity». *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4):772-781. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1618866715001004>.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION); HENSCHEL, S.; CHAN, G. (2013). «Health Risks of Air Pollution in Europe – HRAPIE Project New Emerging Risks to Health from Air Pollution – Results from the Survey of Experts». *World Health Organization (WHO)*, pàg. 65. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/234026/e96933.pdf?ua=1.

ZWIERZCHOWSKA, I. et al. (2018). «Multi-Scale Assessment of Cultural Ecosystem Services of Parks in Central European Cities». *Urban Forestry & Urban Greening*, 30:84-97. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1618866717304442>.