

**María Pérez-Ortiz**

*Profesora titular, Centro de Inteligencia Artificial  
de University College London (Reino Unido)*

### 1. Introducció

Segons previsions de les Nacions Unides, l'any 2050 prop del 70% de la població mundial viurà a zones urbanes (enfront del 56% actual) (ONU-Habitat, 2022). Com que el món se segueix urbanitzant a un ritme sense precedents, els problemes als quals s'enfronten les ciutats –mobilitat, prestació de serveis i habitatge, contaminació i salut urbana i ús de recursos, entre altres– esdevenen cada cop més apressants. Degut a aquest ràpid creixement urbà, sorgeix la necessitat de desenvolupar solucions innovadores per garantir que les ciutats siguin habitables, favorables al desenvolupament humà, eficients i respectuoses amb el medi ambient.

Un dels avenços més controvertits a l'hora de fer front a aquests reptes és la integració de la tecnologia i, més concretament, la intel·ligència artificial (IA) als entorns urbans. A més, a mesura que es va generalitzant l'ús de la IA, van sorgint dubtes sobre la seva sostenibilitat, tant mediambiental com social. En aquest capítol explorem el concepte d'IA sostenible i ens centrem en el paper que aquesta ha de tenir en el desplegament d'aquestes tecnologies en entorns urbans. Analitzem les qüestions mediambientals, socials i econòmiques relacionades amb el desplegament de la IA a les ciutats i emfasitzem els avantatges, els reptes i les orientacions per al futur de la IA a la recerca de futurs urbans més sostenibles i equitatius.

### 2. La recerca de la sostenibilitat

La sostenibilitat, sobretot la relativa al desenvolupament, tal com la defineixen les Nacions Unides (Keeble, 1988), té a veure amb la capacitat per fer que el desenvolupament satisfaci les necessitats humanes presents i futures (per exemple, la salut, el benestar, l'educació de qualitat, la feina digna o la igualtat social) i que ho faci dins els límits socioecològics actuals. Sovint es divideix en els tres pilars següents:

La IA sostenible inclou l'ús de la IA per a la sostenibilitat social, mediambiental i econòmica, però també la sostenibilitat de la mateixa IA, en abordar una sèrie de problemes, com ara el seu consum d'energia, l'ús de recursos i l'equitat social.

- **Sostenibilitat mediambiental:** viure tenint en compte els nostres recursos, protegir els nostres ecosistemes i permetre que es desenvolupin. Als entorns urbans, un repte fonamental és reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle i millorar la qualitat de l'aire urbà. Per exemple, les ciutats poden declarar zones de baixes emissions, ampliar el transport públic i fomentar els edificis energèticament sostenibles per reduir la contaminació urbana i pal·liar l'efecte d'illa de calor.
- **Sostenibilitat social:** assolir de manera permanent un bon benestar social. A les ciutats això sol implicar potenciar la inclusió, l'accessibilitat, l'equitat i una vida més sostenible als processos d'urbanització. Un repte actual és crear habitatge assequible i assegurar un accés equitatiu a les zones verdes, el transport i els serveis essencials. Per exemple, els governs de les ciutats poden dissenyar barris d'ús mixt pels quals sigui agradable caminar, que prioritzin la integració social i enjardinar zones amb plantes autòctones per crear entorns més ecològics.
- **Sostenibilitat econòmica:** fer un ús eficient i responsable dels recursos. La dimensió econòmica de la sostenibilitat se centra en les economies justes, verdes i circulars en detriment del creixement econòmic constant. En el context de la sostenibilitat urbana, el quid de la qüestió és el desenvolupament d'economies resilents i que generin baixes emissions de carboni. N'és un exemple la promoció d'infraestructura sostenible que potencii l'ocupació verda i els principis de l'economia circular, com ara la creació de sistemes de mobilitat urbana sostenible (per exemple, la bicicleta compartida o les infraestructures per al vehicle elèctric) i el foment de les empreses locals ecològiques.

Tot i que sovint concebem la sostenibilitat com si es referís només al pilar mediambiental, els tres exemples anteriors de sostenibilitat mediambiental, social i econòmica palesen que els tres pilars estan interconnectats i que cal considerar-los en conjunt. Tal com ho va expressar el filòsof mediambiental John Muir (2023[1911]), «Quan hom intenta aïllar una sola cosa, descobrim que aquesta està connectada amb tot el que hi ha a l'Univers». Igualment, les ciutats són sistemes complexos i, com a tal, cal considerar-les en conjunt i adoptar plantejaments que resolguin objectius múltiples i tinguin en compte els pilars social, mediambiental i econòmic.

### 3. La confluència de la tecnologia i la sostenibilitat

Podrien els avenços tecnològics influir en la nostra capacitat per garantir un futur sostenible? (GACGC, 2019). És fonamental que entenguem l'impacte que té la tecnologia en la sostenibilitat, sobretot a mesura que tecnologies disruptives com la IA acceleren el canvi global impulsat per l'ésser humà a un ritme sense precedents i sense una agenda unificada clara.

En aquests darrers anys, ha sorgit un nou conjunt de principis desitjables per a la sostenibilitat en relació amb els sistemes d'IA (Vinueza, 2020; Van Wynsberghe, 2021). En concret, la IA sostenible és un marc en ràpida evolució que pretén donar forma al desenvolupament, el desplegament i l'ús de tecnologies d'IA de manera mediambientalment, socialment i èticament responsable cercant l'equilibri entre els riscos i les oportunitats de la IA.

En la seva essència, la IA sostenible també té en compte les tres dimensions principals de la sostenibilitat: el pilar social, el mediambiental i l'econòmic. No obstant això, la IA sostenible és més que la suma de les seves parts: inclou l'ús de la IA per a la sostenibilitat social, mediambiental i econòmica, però també —i això és important— la sostenibilitat de la mateixa IA (Van Wynsberghe, 2021), en abordar una sèrie de problemes, com ara el seu consum d'energia, l'ús de recursos i l'equitat social, entre altres, per garantir que les solucions d'IA contribueixin de manera positiva a la societat i al medi ambient al llarg del temps.

Un dels reptes més importants a l'hora de desenvolupar IA sostenible és fer front a la petjada ecològica de la mateixa IA. Els sistemes d'IA, en especial els models a gran escala com els que s'utilitzen en l'aprenentatge profund, necessiten una enorme capacitat de càlcul, cosa que provoca un gran consum d'energia i altes emissions de carboni. Per exemple, segons una estimació de 2019, entrenar un sol gran model de llenguatge pot emetre tant carboni com cinc cotxes en tot el seu cicle de vida (Strubell et al., 2019) i és probable que aquesta estimació hagi augmentat considerablement des d'aleshores. Això té en compte només l'entrenament, però no la petjada derivada del seu ús (per exemple, s'estima que crear una imatge amb IA generativa consumeix tanta energia com carregar un telèfon mòbil (Heikkilä, 2023)). A més de les emissions derivades del funcionament de la IA, és important tenir en compte l'energia incorporada, és a dir, la petjada de carboni relacionada amb la producció, el transport i l'eliminació del *hardware* utilitzat per a la IA, com ara els servidors i els processadors gràfics. Així, la IA sostenible pretén minimitzar tant l'impacte mediambiental del funcionament com el derivat de l'energia incorporada fomentant uns algorismes més eficients energèticament com ara la quantització o la destil·lació de models.

Deixant de banda els seus impactes mediambientals, la sostenibilitat social de la IA també és un problema apressant. Si no es dissenyen amb cura, els sistemes d'IA poden reforçar les desigualtats socials preexistents, degut als biaixos dels algorismes o a un accés desigual a les tecnologies d'IA. Per tant, es requereix la creació de sistemes d'IA que fomentin la inclusió social i l'equitat, de manera que es garanteixi que els grups marginats no resultin perjudicats per les decisions impulsades per la IA en àmbits com la contractació de treballadors, l'habitatge o la justícia penal. Per això, cal incloure qüestions ètiques i relacionades amb els drets humans en el disseny i la implementació de la IA, amb marcs de transparència, rendició de comptes i governança robustos que protegeixin contra danys no intencionats. Per a una anàlisi més aprofundida de l'equitat en els sistemes d'IA, vegeu el capítol sobre equitat d'aquesta monografia.

Pel que fa a la sostenibilitat econòmica, la IA té el potencial tant d'impulsar com de trastocar el desenvolupament sostenible. La IA pot optimitzar les infraestructures urbanes, les xarxes elèctriques i els sistemes de transport, fomentant un ús més eficient dels recursos i reduint els residus a les ciutats. També pot facilitar la transició a una economia circular millorant processos com la gestió de la cadena de subministrament, la reducció de residus i l'optimització del cicle de vida dels productes. No obstant això, si no es gestiona amb cura, la IA pot agreujar les desigualtats econòmiques, en automatitzar llocs de feina sense crear noves oportunitats

La IA sostenible no només és un subconjunt de tecnologies dissenyades específicament per a la sostenibilitat, sinó que també implica reconfigurar tot el camp de la IA per garantir que contribueix sistemàticament al benestar social, mediambiental i econòmic a llarg termini.

laborals o en augmentar la concentració de la riquesa. Per tant, la IA sostenible aposta per models econòmics impulsats per IA que donin prioritat als beneficis socials a llarg termini en detriment dels guanys a curt termini, cosa que garanteix que els guanys econòmics derivats de la IA es distribueixen de manera equitativa.

Algunes de les preguntes que caldria plantejar-se en el disseny de sistemes d'IA en el context de la sostenibilitat són les següents (Vinuesa, 2020; Van Wynsberghe, 2021):

- Com es compensen els impactes directes i indirectes de la tecnologia de la IA sobre la societat, el medi ambient i l'economia? Com podem dissenyar sistemes d'IA que siguin més sostenibles des del començament? Quin marc per a l'avaluació dels riscos ens pot ajudar a preveure'n les conseqüències involuntàries abans que sorgeixin?
- Com podem tenir en compte el sistema sociotecnològic més ampli que envolta la IA, que inclou les repercussions socials sobre les persones que usen aquestes tecnologies i hi estan afectades? Quines accions podem emprendre per desenvolupar una IA que estigui en consonància amb la conservació dels recursos naturals per a les generacions actuals i futures, fomenti models econòmics sostenibles i respecti els valors socials fonamentals de les diferents comunitats?
- Com podem potenciar el canvi al llarg de tot el cicle de vida de la IA –des de la generació d'idees, l'entrenament i el refinament fins a l'avaluació, la implementació i la governança– per assolir major sostenibilitat ecològica i equitat social? Quines mesures són necessàries per garantir que els sistemes d'IA operen dins els límits ecològics del nostre planeta, pel que fa, per exemple, al consum d'energia, l'ús d'aigua dolça i la dependència en minerals escassos?

En definitiva, la IA sostenible fomenta un enfocament en què la IA actua com a palanca per assolir objectius de sostenibilitat, augmentant els esforços per mitigar el canvi climàtic, reduir la desigualtat i potenciar economies inclusives i resilents, alhora que garanteix que el desenvolupament i l'ús de les mateixes tecnologies d'IA compleixin els principis de la sostenibilitat. Cal reconèixer que les tecnologies, incloent-hi la IA, poden suposar riscos extrínsecs i intrínsecs per a la sostenibilitat. Pel que fa als riscos intrínsecs, tot i que la tecnologia no s'apliqui de manera directa a problemes de sostenibilitat, si és defectuosa, poc robusta o poc equitativa, pot perjudicar de manera no intencionada els objectius de sostenibilitat agreujant la desigualtat, els danys ecològics o la inestabilitat econòmica per vies indirectes. Per tant, la IA sostenible no només és un subconjunt de tecnologies dissenyades específicament per a la sostenibilitat, sinó que també implica reconfigurar tot el camp de la IA per garantir que contribueix sistemàticament al benestar social, mediambiental i econòmic a llarg termini.

#### 4. IA sostenible en entorns urbans

Tot i que hi comença a haver més marcs per a la sostenibilitat de la IA (Vinuesa, 2020; Van Wynsberghe, 2021; Wu, 2022; Wilson, 2022; Nishant, 2020), actualment molts pocs treballs se centren en els futurs

urbans (Yigitcanlar, 2020; Bibri, 2021; Pastor-Escuredo, 2022). Amb aquest objectiu aquí volem presentar una perspectiva que exemplifica els fonaments que serien necessaris per garantir que els sistemes d'IA desplegats a les ciutats no només són avançats tecnològicament, sinó també responsables, equitatius i beneficiosos tant per al medi ambient com per a les poblacions urbanes.

**Impacte mediambiental en els sistemes d'IA urbans.** Un dels problemes rellevants de la IA és el seu impacte mediambiental, que inclou, entre altres, el seu considerable consum d'energia i d'aigua dolça (Luccioni, 2024). En entorns urbans, on la IA s'utilitza cada cop més en aplicacions com sistemes intel·ligents de regulació del trànsit, xarxes elèctriques i gestió dels edificis, les demandes acumulades d'aquests sistemes poden ser molt importants. Les tecnologies d'IA a les ciutats poden tenir un gran impacte mediambiental degut a la seva dependència dels centres de dades i dels recursos computacionals. Un enfocament sostenible de la IA urbana implicaria optimitzar aquests sistemes perquè siguin eficients energèticament, amb tècniques com l'aprenentatge automàtic en dispositius petits (*tiny machine learning*), les pràctiques de computació ecològica de *software*, la destil·lació del coneixement, i la poda o quantització de models. Això també pot implicar aprendre a partir de conjunts de dades més petits, però d'alta qualitat (és a dir, fer més amb menys), usant energia renovable, fomentant models sostenibles de producció i consum i minimitzant la petjada de carboni a l'hora de desplegar la IA a tota una ciutat. Per exemple, les xarxes intel·ligents que funcionen amb IA poden ajustar de manera dinàmica el consum d'energia basant-se en dades obtingudes en temps real, cosa que redueix els residus i fomenta la integració de fonts d'energia renovable com la solar i l'eòlica. L'aprenentatge federat obre una altra via prometedora per a la sostenibilitat de la IA urbana. En comptes de dependre de centres de dades centralitzats, amb aquesta tècnica es poden entrenar models més petits directament en dispositius descentralitzats, com els sensors de l'Internet de les Coses (IdC) incrustats en la infraestructura urbana. Així es redueix la necessitat de transmetre grans quantitats de dades a servidors centralitzats, fet que redueix el consum d'energia en el processament i l'emmagatzemament de dades. Aprofitant els recursos informàtics locals ja existents, l'aprenentatge federat també redueix la demanda agregada de *hardware* i mitiga la petjada ecològica de les operacions d'IA massives. A més, millora la privacitat i la seguretat de les dades, ja que manté la informació sensible en dispositius locals, cosa que redueix la necessitat de compartir dades i alhora fomenta pràctiques d'IA sostenibles.

**Sostenibilitat social: igualtat i equitat.** A mesura que les ciutats adopten cada cop més la IA per impulsar serveis com la seguretat, l'assistència sanitària i la distribució de recursos, és fonamental que aquests sistemes contribueixin a la sostenibilitat social fomentant la igualtat, l'equitat i la inclusió. En l'urbanisme, per exemple, la IA sostenible es pot aprofitar per identificar i abordar les desigualtats, com ara garantint als barris desfavorits un accés equitatiu al transport, a l'assistència sanitària i a l'educació. No obstant això, el component social de la IA sostenible no només implica la finalitat del seu ús, el disseny

Les tecnologies d'IA a les ciutats poden tenir un gran impacte mediambiental degut a la seva dependència dels centres de dades i dels recursos computacionals. Un enfocament sostenible de la IA urbana implicaria optimitzar aquests sistemes perquè siguin eficients energèticament.

La veritable sostenibilitat social d'aquests sistemes d'IA també ha de tenir en compte l'ètica del seu procés de desenvolupament, garantint pràctiques justes al llarg de tot el cicle de vida de la IA, potenciant ciutats més justes i inclusives i abordant alhora les desigualtats globals en la producció de la IA.

d'algoritmes que minimitzin els biaixos i la garantia que les comunitats marginades no es vegin perjudicades per les decisions basades en la IA, sinó també abordar les implicacions ètiques del desenvolupament i el desplegament dels sistemes d'IA. Molts d'aquests són entrenats i mantinguts per treballadors de comunitats del Sud Global que estan mal pagats i fan jornades maratonianes (Rowe, 2023), els quals sovint estan contractats per terceres empreses. Aquesta mà d'obra, imprescindible per entrenar molts dels sistemes d'IA, posa en relleu les profundes desigualtats existents en la cadena de subministrament de la IA global, atès que aquests operaris sovint treballen en condicions precàries i alhora paguen el peatge de dur a terme tasques repetitives i infravalorades. La veritable sostenibilitat social d'aquests sistemes també ha de tenir en compte l'ètica del seu procés de desenvolupament, garantint pràctiques justes al llarg de tot el cicle de vida de la IA, cosa que contribueix a fomentar la sostenibilitat social potenciant ciutats més justes i inclusives i abordant alhora les desigualtats globals en la producció de la IA.

**Governança ètica i rendició de comptes.** Els sistemes d'IA urbans s'han de regir per marcs ètics robustos que donin prioritat a la transparència i la rendició de comptes. Les parts interessades i els governs municipals han de garantir que els sistemes d'IA siguin explicables i els processos de presa de decisions clars; això generaria confiança i garantiria que es puguin identificar i abordar de seguida tots els errors o conseqüències no desitjades. Per exemple, els sistemes d'IA usats per a la vigilància o l'ordre públic a les ciutats s'han de dissenyar amb estructures clares de rendició de comptes, que protegeixin la privacitat i els drets civils dels ciutadans. Per a una anàlisi més aprofundida sobre l'aplicació pràctica d'aquests principis als sistemes d'IA, vegeu el capítol sobre transparència i rendició de comptes d'aquest volum.

**Sostenibilitat econòmica a les ciutats.** Perquè la IA sigui sostenible en entorns urbans, també ha de ser econòmicament viable a llarg termini, cosa que implica desenvolupar sistemes d'IA que s'integrin sense problemes amb la infraestructura urbana ja existent, s'adaptin a la demanda futura i es construeixin per a un ús a llarg termini. Les ciutats poden potenciar models d'economia circular fomentant la reutilització i el reciclatge de les tecnologies, les dades i el *hardware* de la IA, amb la qual cosa es redueixen els residus i els costos.

**Concordança amb els objectius de sostenibilitat urbana.** Els sistemes d'IA desplegats a les ciutats no només han de potenciar els objectius de sostenibilitat urbana –com ara reduir la contaminació o millorar la salut pública i la qualitat de vida–, sinó també garantir que el mateix ús de les tecnologies d'IA contribueixi a la sostenibilitat. Una manera d'aconseguir-ho és reutilitzant l'energia i els recursos que fa servir la infraestructura d'IA. Per exemple, reutilitzar l'excedent de calor procedent dels centres de dades –un important subproducte derivat de les demandes computacionals de la IA– pot reduir el consum total d'energia. A Estocolm, el projecte de Parcs de Dades d'Estocolm<sup>1</sup> ha demostrat que la calor residual dels centres de dades es pot desviar per utilitzar-la com a calefacció en edificis residencials i comercials, cosa que palesa que la infraestructura d'IA es pot integrar en un model d'economia circular en concordança amb els objectius climàtics i alhora reduir

1. Vegeu <https://stockholmdataparks.com/>

les necessitats d'energia de la societat. A part de l'eficiència de recursos (que es relaciona amb el concepte de la sostenibilitat de la pròpia IA), la IA pot servir per optimitzar els sistemes urbans quant a la sostenibilitat. Aprofitant la IA per millorar la gestió dels recursos, reduir el consum d'energia i fomentar les iniciatives de resiliència climàtica, les ciutats poden fer front a problemes apressants com el canvi climàtic i la urbanització. Per exemple, les zones urbanes són especialment vulnerables als efectes del canvi climàtic, com ara temperatures més altes o fenòmens meteorològics extrems. La IA pot proporcionar analítica predictiva avançada i sistemes d'alerta primerenca per als riscos climàtics. Aquests sistemes poden avisar les autoritats de potencials perills mediambientals i permetre una resposta ràpida, fet que ajuda a mitigar els efectes de la contaminació urbana sobre la salut i el medi ambient.

**La IA per a la planificació i la urbanització de les ciutats.** La IA transforma la planificació i la urbanització de les ciutats (Jha, 2021) i fomenta una major sostenibilitat social, mediambiental i econòmica. Analitzant grans conjunts de dades sobre creixement demogràfic, ús del terreny, patrons de mobilitat i factors mediambientals, entre molts altres, la IA pot ajudar urbanistes i legisladors a dissenyar ciutats més sostenibles i eficients usant els anomenats bessons digitals. Per exemple, els models d'IA poden predir com els canvis en la infraestructura, com ara la construcció de noves carreteres o l'ampliació de la xarxa de transport públic, afectaran els patrons del trànsit, els nivells de contaminació i el consum d'energia. Això ajuda els planificadors a anticipar-se al futur i a dur a terme una prospectiva responsable, la qual cosa permet prendre decisions amb major coneixement de causa que promoguin la sostenibilitat a llarg termini. La IA també es pot usar per optimitzar l'ús del terreny i les polítiques de zonificació, de manera que es garanteixi que s'arriba a un equilibri entre la urbanització i la preservació de les zones verdes i els recursos naturals. Això és especialment important a les ciutats que experimenten un creixement ràpid, on la demanda d'habitatge i infraestructura sovint comporta la dispersió urbana i la pèrdua de valuosos ecosistemes. No obstant això, més enllà de la seva aplicació als sistemes urbans, és fonamental que el desenvolupament i el desplegament de la mateixa IA estiguin en consonància amb les pràctiques sostenibles. Tot i que els bessons digitals són eines molt potents per simular diferents escenaris de l'urbanisme, la seva sostenibilitat depèn de l'eficàcia dels models de la IA subjacent i de la infraestructura que hi dona suport. Tanmateix, tal com apunten molts estudis (Andersson, 2021), cal assenyalar que els bessons digitals construïts amb IA poden constituir un enfocament més eficient dels recursos que les seves simulacions físiques equivalents, atès que es poden executar en unitats centrals de processament (CPU) d'ordinadors portàtils en uns pocs segons, en contraposició de la necessitat de superordinadors durant dies.

Perquè la IA sigui sostenible en entorns urbans, també ha de ser econòmicament viable a llarg termini, cosa que implica desenvolupar sistemes d'IA que s'integrin sense problemes amb la infraestructura urbana ja existent, s'adaptin a la demanda futura i es construeixin per a un ús a llarg termini.

## 5. Recomanacions polítiques i observacions finals

La innovació i la tecnologia tindran un paper cada cop més central en la planificació de futurs urbans sostenibles (ONU-Habitat, 2022). Tal com analitzem amb la llista de recomanacions polítiques que presentem a continuació, el disseny i el desplegament de la tecnologia ha de dissenyar-se per adaptar-se a la gran diversitat de contextos urbans:

### a. Recomanacions sobre sostenibilitat mediambiental

- La urgència per descarbonitzar les economies urbanes ha d'impulsar la **convergència de les tecnologies verdes i les tecnologies intel·ligents**. Les polítiques s'han de centrar en l'eficiència energètica, la conservació del medi ambient i la resiliència, cosa que inclou l'establiment de normes per a la IA verda que donin prioritat als algoritmes i el *hardware* eficients energèticament, així com la creació d'economies circulars al voltant dels centres de dades, per exemple, reciclant la calor residual. Les polítiques de gestió del cicle de vida han de fomentar el subministrament responsable, la reutilització i el reciclatge del *hardware* per a la IA per minimitzar els residus electrònics.
- Les avaluacions d'impacte han de ponderar acuradament si el desplegament de la IA per a projectes de sostenibilitat justifica els costos mediambientals de la tecnologia, com destaquen treballs previs (Dixon, 2022). És essencial disposar de nous marcs per mesurar i comparar tots els costos de la IA al llarg de tot el cicle de vida i garantir una avaluació exhaustiva de la sostenibilitat.
- Comencen a sorgir sistemes de classificació amb estrelles per a l'eficiència energètica de la IA (Luccioni, 2024), els quals s'han d'afegir als dispositius urbans de l'Internet de les Coses per proporcionar informació valuosa als usuaris perquè entenguin millor l'impacte mediambiental de les eines que utilitzen i així les puguin adoptar de manera més responsable.
- La col·laboració i les associacions publicoprivades poden impulsar el desenvolupament de tecnologies d'IA sostenibles a zones urbanes. Crear **consorcis de ciutats per a la IA sostenible** pot fomentar l'associació entre governs, empreses tecnològiques i institucions de recerca per abordar reptes urbans com ara la gestió de l'energia, el transport i la reducció de residus. Les ciutats han d'incentivar el desenvolupament de la IA sostenible establint desgravacions fiscals o subvencions per a empreses que desenvolupin solucions d'IA respectuoses amb el medi ambient.
- La resiliència urbana i les infraestructures intel·ligents han de tenir el suport de **polítiques que fomentin la IA per a la resiliència climàtica i de la biodiversitat**, cosa que inclou sistemes d'alerta primerenca potenciats per IA per a catàstrofes naturals, punts d'inflexió quant a la pèrdua de biodiversitat i fenòmens climàtics extrems.

### b. Recomanacions sobre sostenibilitat social

- Atès que totes les dimensions de la IA sostenible estan interrelacionades, el desplegament de la IA ètica i responsable també és una dimensió fonamental als entorns urbans. Els sistemes d'IA s'han d'auditar pel que fa a l'equitat per evitar la discriminació i la desigualtat social. La creació de **junes d'ètica de la IA local** ha de garantir que els projectes urbans d'IA estan en consonància amb les normes de privacitat, equitat i rendició de comptes.
- La seguretat i la privacitat de les dades també són àmbits prioritaris. Cal aprovar **lleis contundents sobre la privacitat de les dades**



**urbanes** per protegir les dades personals que recopilen els sensors, les càmeres i les aplicacions mòbils, i això n'inclou l'anonimització i l'ús amb consentiment explícit. A més, són necessaris marcs transparents i segurs per a l'intercanvi de dades entre els governs, les empreses privades i els desenvolupadors d'IA per assegurar un ús responsable de les dades dels ciutadans que no en comprometi la privacitat.

- Per potenciar la comprensió i el suport de la ciutadania, les polítiques han de promoure **la participació pública i l'alfabetització digital**. Les ciutats han de fomentar **models de governança participativa** que impliquin els ciutadans en els processos de presa de decisions en matèria d'IA i alhora han de llançar campanyes d'alfabetització digital per formar la ciutadania en les tecnologies d'IA, l'impacte d'aquestes tecnologies i la protecció dels seus drets.
- Garantir un **accés igualitari als serveis públics potenciats per IA**, especialment per a les comunitats marginades i desafavorides, és crucial per assolir la inclusió.
- Fomentar la **ciència oberta** és prioritari, a fi de permetre les auditories públiques d'aquests sistemes i alhora garantir mesures robustes de ciberseguretat per protegir les dades sensibles i els serveis públics. La transparència també és clau, per la qual cosa calen regulacions que exigeixin que els sistemes d'IA usats en els serveis públics siguin explicables perquè tant les parts interessades com la ciutadania pugin entendre com es prenen les decisions.

### c. Recomanacions generals

- Per tal d'abordar l'impacte econòmic de la IA, les polítiques han de **fomentar la transició laboral i el desenvolupament de la mà d'obra**. Cal destinar finançament públic a programes de reciclatge laboral que ajudin els treballadors en la transició a noves feines, sobretot en sectors emergents en què l'automatització pot generar pèrdues de llocs de treball. Fomentar el creixement del nombre de llocs de treball verds basats en IA, com ara els que estan relacionats amb la gestió de l'energia renovable i la infraestructura urbana sostenible, pot impulsar més el creixement econòmic sostenible.
- Són essencials els marcs de supervisió i rendició de comptes per garantir que els sistemes d'IA concorden amb els objectius de sostenibilitat a llarg termini. Les **avaluacions obligatòries d'impacte de la IA**, semblants a les avaluacions d'impacte mediambiental, han d'avaluar els efectes socials, econòmics i mediambientals del desplegament de la IA a les ciutats. La supervisió i l'auditoria contínues dels sistemes d'IA urbans poden ajudar a garantir que segueixen sent adaptables als nous reptes i a les consideracions ètiques.
- Cal **incloure qüestions sobre normes mediambientals, socials i de governança** que tinguin en compte la sostenibilitat de les dades, els algorismes i els recursos computacionals usats per les empreses, així com el suport donat a les fonts d'energia renovables i les economies computacionals circulars.

- La normativa reguladora de les infraestructures urbanes intel·ligents ha d'assegurar que les **tecnologies d'IA són adaptables, interoperables i redimensionables per a les necessitats urbanes futures**, especialment en camps com la gestió del trànsit, la reducció de residus i l'eficiència energètica.
- Finalment, des de la perspectiva global, cal incentivar la **col·laboració i l'estandardització internacionals**. Les ciutats han de cooperar per desenvolupar normes de sostenibilitat globals per a la IA i compartir bones pràctiques (Strubell, 2019) que garanteixin la concordança amb els objectius internacionals. Les plataformes per compartir coneixement entre ciutats poden contribuir a accelerar l'adopció de pràctiques d'IA sostenible arreu del món.

## Referències bibliogràfiques

Andersson, T. R., et al. «Seasonal Arctic sea ice forecasting with probabilistic deep learning». *Nature Communications*, vol. 12, n.º 1 (2021), p. 5124.

Bibri, S. E. «Data-driven smart sustainable cities of the future: Urban computing and intelligence for strategic, short-term, and joined-up planning». *Computational Urban Science*, vol. 1, n.º 1 (2021), p. 8.

Dixon, B., Pérez-Ortiz, M. i Bieker, J. «Comparing the carbon costs and benefits of low-resource solar nowcasting». *NeurIPS Workshop on Tackling Climate Change with Machine Learning* (2022).

German Advisory Council on Global Change, *Towards Our Common Digital Future*, Flagship Report, 2019.

Heikkilä, M. «Making an image with generative AI uses as much energy as charging your phone», *MIT Technology Review* (2023).

Jha, A. K. et al. «A review of AI for urban planning: Towards building sustainable smart cities». *2021 6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*. IEEE, 2021.

Keeble, B. R. «The Brundtland Report: "Our Common Future"». *Medicine and War*, vol. 4, n.º 1 (1988), p. 17-25.

Luccioni, S., Trevelin, B. i Mitchell, M. «The Environmental Impacts of AI—Primer», 2024.

Muir, J. «My first summer in the Sierra», Dins: *British Politics and the Environment in the Long Nineteenth Century*. Routledge, 1911 (reeditat en 2023), p. 291-296.

Nishant, R., Kennedy, M. i Corbett, J. «Artificial intelligence for sustainability: Challenges, opportunities, and a research agenda». *International Journal of Information Management*, vol. 53 (2020), p. 102104.

ONU- Habitat, «Envisaging the Future of Cities», *World Cities Report 2022*.

Pastor-Escuredo, D., Treleaven, P. i Vinuesa. R. «An Ethical framework for artificial intelligence and sustainable cities». *Ai*, vol. 3, n.º 4 (2022), p. 961-974.

Rowe, N. «Millions of Workers Are Training AI Models for Pennies», *WIRED* (2023).

Strubell, E., Ganesh, A. i McCallum, A. «Energy and policy considerations for modern deep learning research». *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 34, n.º 9 (2020).

Van Wynsberghe, A. «Sustainable AI: AI for sustainability and the sustainability of AI». *AI and Ethics* 1.3 (2021), p. 213-218.

Vinuesa, R. *et al.* «The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals». *Nature Communications*, vol. 11, n.º 1 (2020), p. 1-10.

Wilson, C., i Van Der Velden, M. «Sustainable AI: An integrated model to guide public sector decision-making». *Technology in Society*, vol. 68 (2022), p. 101926.

Wu, C-J. *et al.* «Sustainable AI: Environmental implications, challenges and opportunities». *Proceedings of Machine Learning and Systems*, vol. 4 (2022), p. 795-813.

Yigitcanlar, T., i Cugurullo, F. «The sustainability of artificial intelligence: An urbanistic viewpoint from the lens of smart and sustainable cities». *Sustainability*, vol. 12, n.º 20 (2020), p. 8548.

