

Estudios de Deusto

Revista de Derecho Público

Vol. 74/1 enero-junio 2026

DOI: <https://doi.org/10.18543/ed7412026>

ESTUDIOS

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y JUSTICIA: HACIA UN MARCO JURÍDICO INTEGRAL PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO ÉTICO

Artificial intelligence, environmental sustainability and justice: towards a comprehensive legal framework for ethical technological development

Pedro Jesús Jiménez Vargas

Profesor contratado doctor de Derecho internacional privado
Universidad Internacional de La Rioja, Logroño, España
<https://orcid.org/0000-0002-1184-7288>

<https://doi.org/10.18543/ed.3576>

Fecha de recepción: 14.08.2025

Fecha de aceptación: 20.10.2025

Fecha de publicación en línea: junio 2026

Derechos de autoría / Copyright

Estudios de Deusto. Revista de Derecho Público es una revista de acceso abierto, lo que significa que es de libre acceso en su integridad. Se permite su lectura, la búsqueda, descarga, distribución y reutilización legal en cualquier tipo de soporte sólo para fines no comerciales, sin la previa autorización del editor o el autor, siempre que la obra original sea debidamente citada y cualquier cambio en el original esté claramente indicado.

Estudios de Deusto. Revista de Derecho Público is an Open Access journal which means that it is free for full access, reading, search, download, distribution, and lawful reuse in any medium only for non-commercial purposes, without prior permission from the Publisher or the author; provided the original work is properly cited and any changes to the original are clearly indicated.

Estudios de Deusto. Revista de Derecho Público

© Universidad de Deusto • ISSN 0423-4847 • ISSN-e 2386-9062, Vol. 74/1, enero-junio 2026

<http://www.revista-estudios.deusto.es/>

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y JUSTICIA: HACIA UN MARCO JURÍDICO INTEGRAL PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO ÉTICO¹

Artificial intelligence, environmental sustainability and justice: towards a comprehensive legal framework for ethical technological development

Pedro Jesús Jiménez Vargas²

Profesor contratado doctor de Derecho internacional privado
Universidad Internacional de La Rioja, Logroño. España
<https://orcid.org/0000-0002-1184-7288>

<https://doi.org/10.18543/ed.3576>

Fecha de recepción: 14.08.2025

Fecha de aceptación: 20.10.2025

Fecha de publicación en línea: junio 2026

Resumen

Este estudio analiza cómo se relacionan la inteligencia artificial, la sostenibilidad y la justicia ambiental, proponiendo una forma completa de ver todo el ciclo de vida de la IA. Es muy importante que la justicia algorítmica se aplique a diferentes niveles

¹ Esta publicación se enmarca dentro del Proyecto Precompetitivo de Investigación de la Universidad Internacional de la Rioja (UNIR). Referencia PPI26_25: “El ‘Compliance’ de la Inteligencia Artificial. La implementación de la inteligencia artificial en Derecho a la luz de la Agenda 2030”; y del Proyecto de Innovación Docente Aplicada de UNIR. Referencia PIDA 2526_050: “La aplicación de la Inteligencia artificial a las asignaturas de la Facultad de Derecho de UNIR”, acrónimo EDUCAIA-Educación en Derecho e Inteligencia Artificial.

² Email: pedrojesus.jimenez@unir.net

para solucionar las desigualdades locales, nacionales e internacionales. También es clave proteger los datos como bienes comunes y evitar que se exploten digitalmente. Además, necesitamos modelos de gobierno donde los ciudadanos participen y tengan control democrático, incluyendo a las comunidades más vulnerables. La resiliencia socioecológica es un principio legal importante para adaptar las normas a los riesgos e incertidumbres de la tecnología. Para concluir, se revisarán cuatro limitaciones relevantes al uso actual de la inteligencia artificial para la sostenibilidad: la deformación disciplinaria, la invisibilización de su impacto ambiental, la escasa presencia de justicia ambiental y la escasa participación comunitaria. Se hace necesario afrontar estos retos con el ánimo de poder repensar el desarrollo de una IA más crítica y, a la vez, inclusiva.

Palabras clave

Inteligencia artificial, sostenibilidad ambiental, justicia ambiental, tecnología responsable, resiliencia socioecológica.

Abstract

This study analyzes how artificial intelligence, sustainability, and environmental justice relate, proposing a comprehensive way of looking at the entire AI lifecycle. It is critical that algorithmic justice be applied at different levels to address local, national, and international inequalities. It is also key to protect data as common goods and prevent its digital exploitation. Furthermore, we need models of government where citizens participate and have democratic control, including the most vulnerable communities. Socio-ecological resilience is an important legal principle for adapting regulations to the risks and uncertainties of technology. To conclude, four relevant limitations to the current use of artificial intelligence for sustainability will be reviewed: disciplinary distortion, the invisibility of its environmental impact, the limited presence of environmental justice, and the limited community participation. These challenges must be addressed in order to rethink the development of a more critical yet inclusive AI.

Keywords

Artificial intelligence, environmental sustainability, environmental justice, responsible technology, socio-ecological resilience.

Sumario: I. INTRODUCCIÓN. II. PILARES CONCEPTUALES: SOSTENIBILIDAD, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y JUSTICIA AMBIENTAL. III. EJES PARA UN MARCO JURÍDICO CONCEPTUAL. 1. La interdependencia entre tecnología, ambiente y justicia. 2. Evaluación integral del ciclo de vida de la inteligencia artificial. 3. Justicia algorítmica y justicia ambiental: hacia una inteligencia artificial ecosocialmente justa. 3.1. *Impactos socioambientales y datos como nuevos bienes comunes*. 3.2. *Dimensión multiscalar de la justicia algorítmica ambiental*. 3.3. *Hacia una inteligencia artificial ecosocialmente justa*. 4. Gobernanza participativa y control democrático. 5. Resiliencia socioecológica y adaptación normativa. 6. Intersección y necesidad de un marco integrado. IV. DISCUSIÓN. 1. Fragmentación disciplinaria. 2. Invisibilización del impacto ambiental de la propia IA. 3. Débil incorporación de justicia ambiental. 4. Falta de metodologías participativas en el desarrollo de IA. V. CONCLUSIONES. VI. BIBLIOGRAFÍA.

I. INTRODUCCIÓN

El rápido avance y uso de tecnologías de inteligencia artificial (IA) presenta retos y desafíos nunca antes vistos para cuidar el medio ambiente y lograr una sociedad más justa. Frente a las múltiples crisis ecológicas y las crecientes desigualdades sociales, se vuelve necesario replantear la forma en que comprendemos la relación entre tecnología, medio ambiente y justicia. Necesitamos una visión integrada para ver cómo la IA afecta desde que se crea hasta que se deja de usar. Este estudio muestra una visión crítica desde varios ángulos de cómo se ha de integrar la sostenibilidad, la IA y la justicia ambiental para lograr una IA que sea social y ecológicamente justa con el planeta.

Para ello, y en primer lugar comprobaremos cómo la tecnología, el ambiente y la justicia se necesitan mutuamente. Hay que revisar todo el proceso, desde la extracción de los recursos hasta la implementación y descarte de sistemas de algoritmos. Es necesario analizar la relación entre la justicia algorítmica y la justicia ambiental, con el propósito de proponer un enfoque que articule ambas dimensiones. Este enfoque debe considerar los problemas desde una perspectiva local, nacional e internacional, a fin de reconocer y corregir las asimetrías y desigualdades que atraviesan tanto los ámbitos tecnológicos como los ecológicos. De igual modo, se examinará cómo los datos influyen en el medio ambiente y la sociedad, viéndolos como recursos compartidos. Se pondrá de relieve los peligros de sacar provecho de lo digital y lo importante que es tener leyes que cuiden a las comunidades afectadas. Al mismo tiempo, se subrayará que es urgente tener formas de gobierno donde los ciudadanos participen y haya un control democrático. Así, los pueblos y

comunidades podrán influir verdaderamente en las decisiones sobre tecnología que afectan sus tierras y su forma de vivir.

Esta idea se completa al tomar en cuenta que adaptarse a los cambios en la sociedad y el medio ambiente es algo importante para cambiar las leyes y las políticas públicas, circunstancia que ayudaría a ajustarlas a lo complicado y cambiante de los sistemas técnicos, sociales y ecológicos. Por último, propondremos crear un plan que combine todas estas ideas principales, creando así un conjunto de reglas y principios éticos. De este modo se podrá llegar a una inteligencia artificial que ayude de verdad al medio ambiente, la sostenibilidad y la igualdad social. Con esta idea, se espera sentar las bases para un diálogo entre distintas áreas y a acciones políticas transformadoras, lo que permitirá aprovechar las bondades de la inteligencia artificial para enfrentar los problemas ambientales del mundo, sin repetir ni empeorar las diferencias que ya existen. Así, lograremos avanzar hacia un futuro más justo, democrático y sostenible.

Para progresar en esta área, es crucial promover la cooperación entre tecnólogos, científicos ambientales, políticos y comunidades. Esta cooperación debe valorar la transparencia, la inclusión y la justicia, asegurando que las decisiones sobre la IA no provengan solo de centros económicos o tecnológicos, sino que consideren a todos. Igualmente, se deben crear sistemas de evaluación continua que midan la eficiencia y el impacto social y ambiental de la IA. Solo con un enfoque que combine varias disciplinas podremos construir una IA que ayude al bien común, a la recuperación ambiental y a la creación de sociedades más justas.

II. PILARES CONCEPTUALES: SOSTENIBILIDAD, INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y JUSTICIA AMBIENTAL

Crear un plan que conecte el cuidado del planeta, la inteligencia artificial (IA) y la justicia para todos necesita una comprensión de cómo funcionan las leyes, la ética y las operaciones de cada elemento, y cómo se relacionan entre sí. No podemos abordar estas nociones por separado; tenemos que integrarlas bajo una perspectiva coherente que nos oriente a conocer cómo la tecnología, sobre todo la IA, puede ayudar a los gobiernos a cuidar el ambiente y a las personas.

La sostenibilidad, la IA y la justicia ambiental son elementos o líneas de investigación que dependen uno del otro, y debemos considerarlos cuando pensamos, regulamos y usamos nuevas tecnologías; en este sentido, Camastra y González (2025, p. 6)³, parafraseando a Wynsberghe (2021), detallan

³ Camastra, F. y González, R. (2025). Inteligencia artificial, sostenibilidad e impacto ambiental. Un estudio narrativo y bibliométrico. *Región Científica*, 4(1), 2025355; doi: <https://doi.org/10.58763/rc2025355>

que habría que distinguir entre dos conceptos que recaen en la misma línea de investigación, es decir, «“IA para la sostenibilidad” y “sostenibilidad de la IA”». El primer concepto se ocupa de establecer cómo la IA puede favorecer a la humanidad en el logro de la sostenibilidad medioambiental, mientras que el segundo se centra en la evaluación de la sostenibilidad de la IA». Por otro lado, según Schlosberg (2011, p.26)⁴, un punto clave es que: «la justicia ambiental ya ha incorporado una cierta preocupación por los grupos, las comunidades y los sistemas. En tal caso, la justicia se expresa en términos favorables a las capacidades comunitarias, el funcionamiento y la reproducción social».

Para asegurar que la tecnología beneficie a todos, es crucial que esta sea respetuosa con el medio ambiente y los derechos humanos, especialmente de los más vulnerables. Integrar sostenibilidad, tecnología y justicia ambiental requiere nuevas políticas y prácticas. Debemos mejorar la supervisión, evaluación y transparencia de los algoritmos para comprender su impacto social y ambiental con precisión.

En este contexto proponemos crear un esquema de análisis que podríamos basarlo en cuatro ideas clave que deberían guiar cualquier regla o plan sobre la inteligencia artificial en temas de justicia ambiental: (i) Hay que revisar todo el ciclo de vida de la IA, desde que se sacan las materias primas hasta que se desechan. (ii) Hay que asegurarse de que la IA sea justa a diferentes escalas, considerando las diferencias locales, nacionales y mundiales en cómo se usa y cómo afecta la tecnología. (iii) Debemos animar a que los ciudadanos participen en las decisiones, dando a las comunidades la oportunidad de opinar sobre la tecnología. (iv) Hay que prepararse para que las comunidades se recuperen de los riesgos, los impactos y los cambios que traen consigo el desarrollo tecnológico.

Por lo tanto, la idea principal es guiar la creación de reglas éticas y legales para la IA que vayan de la mano con la sostenibilidad y la igualdad. Estas ideas no solo mostrarán preocupación por cómo vivimos ahora y cómo viviremos en el futuro, sino que también cuestionarán si los modelos de tecnología están poniendo los beneficios y el dinero por encima de la justicia y el cuidado del medio ambiente.

Ante un planeta al límite y un aumento constante de las desigualdades sociales, se vuelve imprescindible replantear las dimensiones éticas, políticas y ambientales que sustentan el desarrollo y la distribución de las tecnologías. «Cuando empezó a utilizarse la expresión “problemas ecológicos”⁵, en los

⁴ Schlosberg, D. (2011). Justicia ambiental y climática: De la equidad al funcionamiento comunitario. *Ecología Política*, (41), 25–35.

⁵ Según Attfield «Estos problemas son en parte de carácter científico, pero la ciencia y la tecnología por sí solas no pueden resolverlos, porque se trata de lo que se debe hacer,

años sesenta y setenta, a menudo estos problemas parecían relativamente de poca dimensión y localizados, pero hoy en día es difícil resistir a la impresión de que tanto su alcance como su extensión son globales, y que lo que está en juego es nada menos que el futuro del planeta» (Attfield, 2010)⁶.

La necesidad de preservar el planeta nos fuerza a mirar los impactos que la tecnología causa a los ecosistemas, desde que se crean hasta que se desechan. La inteligencia artificial, que sirve para todo, necesita que analicemos bien cuánta energía usa, si está empeorando la extracción de recursos, y si puede ayudar a frenar el cambio climático, administrar lo que escasea y bajar los problemas para la sociedad y el medio ambiente. La justicia ambiental, como principio jurídico y político nos muestra lo injusto que es el mundo digital, interpelando directamente a quién decide sobre las tecnologías, quién gana con ellas y quién paga o soporta los costos, que a menudo no se ven o se ignoran. Este enfoque nos permitirá cambiar el rumbo de la digitalización hacia un modelo más justo para todos, basado en los derechos humanos y en la equidad entre las futuras generaciones.

En el vínculo entre sostenibilidad, inteligencia artificial y justicia ambiental, esta última requiere criterios técnicos, políticos y éticos al decidir. Organizaciones no gubernamentales (ONG) y movimientos sociales han insistido en que el público participe de forma real y amplia al crear políticas climáticas, tanto a nivel local como global. Esta participación debe ser un mecanismo inclusivo que dé prioridad a comunidades marginadas, como se expresa en documentos importantes como los Principios de Bali sobre Justicia Climática⁷ y la Iniciativa por la Justicia Ambiental y el Cambio Climático (EJCC, 2002)⁸. Ambos establecen que comunidades locales y pueblos indí-

y el intento de solucionarlos implica recurrir a valores y principios éticos, y por consiguiente a la ética ambiental». En *La ética ambiental y la sostenibilidad global* (2010) pág.75.

⁶ Attfield, R. (2010). *La ética ambiental y la sostenibilidad global*. En *Ética ambiental y políticas internacionales* (pp. 69–87). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); enlace web: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000148678_spa.locale=es

⁷ Bali Principles of Climate Justice Published by International Climate Justice Network | By | Wednesday, August 28, 2002 [Consultado 27/07/2025]; enlace web: <https://www.corpwatch.org/article/bali-principles-climate-justice>

⁸ Iniciativa de Justicia Ambiental y Cambio Climático (EJCC): «EJCC es una coalición diversa de redes de justicia ambiental, religiosas, justicia climática, políticas y de defensa de los derechos humanos de Estados Unidos que trabajan por la justicia climática. Su coalición, basada en el consenso, desarrolla proyectos, programas y documentos para educar a los responsables políticos y conectar con miles de personas en comunidades de todo el país sobre los efectos del cambio climático y la injusticia ambiental, mediante la organización comunitaria, la investigación, la educación y la formación de coaliciones. La misión de EJCC es educar y movilizar a la población de Norteamérica para la creación e

genas tienen derecho a participar en todas las etapas del proceso político: desde identificar necesidades, pasando por la planificación, aplicación y seguimiento legal, hasta la evaluación de políticas. Este proceso debe respetar el consentimiento libre, previo e informado y el derecho a rechazar proyectos que amenacen sus territorios y formas de vida.

Además, a esta base se adhiere el Comité Consultivo Público Conjunto (CCPC)⁹ de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) el cual enfatizó en su foro público de 2021 que el cambio climático trasciende lo puramente ambiental, pues está ligado a la vivienda, la economía, la salud, la educación y los derechos sociales. Por lo tanto, la justicia ambiental exige una transformación sistémica que involucre a los ciudadanos, sobre todo a los jóvenes, en las decisiones, las leyes y la justa distribución de recursos, más allá de una simple solución técnica.

En este sentido, es muy importante que la aplicación de las tecnologías, como la IA, en la administración del medio ambiente se base en principios de gobierno democrático, claridad e igualdad. Si la IA se usa sin tomar en cuenta la justicia, podría repetir o agravar los problemas que ya existen. Para tener una sostenibilidad que incluya a todos, es necesario que la tecnología se administre de modo que todos puedan participar. Las sugerencias del CCPC que apoyan esta idea que proponen elementos importantes para lograr una justicia ambiental real como son¹⁰:

- Primero, se sugiere buscar e intercambiar las mejores formas de integrar la justicia ambiental en las políticas del gobierno, ya que muchas de las herramientas que se usan ahora pueden aumentar las diferencias si no se cambian.

implementación de políticas climáticas justas tanto en el contexto nacional como internacional. Ofrece herramientas para activistas, blogs, legislación, noticias y medios de comunicación». Fuente UNECE (United Nations Economic Commission for Europe), en español: Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas; enlace web: <https://aarhusclearinghouse.unece.org/resources/environmental-justice-and-climate-change-initiative-ejcc>

⁹ El CCPC es el Comité Consultivo Público Conjunto de la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) de América del Norte, un organismo trinacional formado por Canadá, Estados Unidos y México. El CCPC tiene como función principal asesorar al Consejo de la CCA sobre temas relacionados con el medio ambiente, especialmente dentro del marco del Acuerdo de Cooperación Ambiental (ACA); enlace web: <https://www.cec.org/es/>

¹⁰ Las sugerencias del CCPC (Comité Consultivo Público Conjunto) fueron elaboradas con el objetivo de: Contribuir a una justicia ambiental real y efectiva en América del Norte, especialmente en el contexto de la lucha contra el cambio climático. Fuente disponible en: https://www.cec.org/files/documents/ccpc_recomendaciones_consejo/jpac-advise-21-02-es.pdf

- Segundo, es clave guardar información y compartir historias exitosas en las que las personas más vulnerables han sido más fuertes gracias a soluciones justas y adecuadas para su lugar.
- Tercero, es urgente dar más poder a las organizaciones de la comunidad y a los pueblos originarios dándoles recursos, modelos y herramientas para que puedan conseguir dinero y manejar sus propios planes para adaptarse al clima.
- Cuarto, es importante mejorar la educación y la información sobre el medio ambiente, usando diferentes medios para que todas las comunidades, incluso las que tienen problemas con el idioma o no tienen internet, puedan ser parte de la conversación sobre el clima.
- Quinto, es bueno crear leyes fuertes sobre el cambio climático y la justicia ambiental, que incluyan estos principios en las reglas del país y protejan a las personas que defienden el medio ambiente.
- Sexto, es bueno promover que los jóvenes participen y crezcan profesionalmente, sobre todo los que vienen de comunidades originarias y marginadas, mediante becas, programas de apoyo y lugares para participar siempre.

Integrar estas recomendaciones es muy importante para asegurar que los avances tecnológicos, como la IA, se mantengan unidos a los principios de justicia y sostenibilidad. Incluir las opiniones de las comunidades vulnerables, reconocer su conocimiento y asegurar que participen de forma real es algo que debemos hacer por ética y es clave para afrontar el cambio climático de forma justa y duradera.

III. EJES PARA UN MARCO JURÍDICO CONCEPTUAL

1. *La interdependencia entre tecnología, ambiente y justicia*

En el mundo de hoy, donde la tecnología avanza de forma vertiginosa y la crisis ecológica global es una realidad, el derecho necesita crear leyes que reconozca la interdependencia del desarrollo científico-tecnológico, el cuidado del ambiente y la justicia social. Crear una idea que unifique el cuidado del planeta, la inteligencia artificial (IA) y la igualdad ambiental no solo es algo positivo desde el punto de vista teórico y ético, sino que es algo que debemos hacer por ley, según se deriva de muchas normas nacionales e internacionales. Por lo tanto, como estos tres elementos están relacionados, necesitamos un modo de ver el derecho que sea interdisciplinario, que abarque varios temas y que avance poco a poco, dejando atrás otras visiones más fragmentadas del derecho.

Hoy no podemos enfocarnos en innovación o propiedad intelectual al regular la IA; de igual modo tampoco podemos ignorar el impacto de las tecnologías digitales en el ambiente y las personas cuando analizamos problemas

ambientales. Esta visión integradora responde a principios clave del Derecho Ambiental, el Derecho Internacional de los Derechos Humanos y el Derecho Constitucional moderno. Algunos de esos principios son los siguientes:

El *principio de justicia ambiental*, esto significa que tenemos que pensar en cómo debemos compartir los beneficios y las externalidades negativas ambientales de las decisiones tecnológicas entre diferentes grupos, especialmente cuando hay una gran brecha de desigualdad estructural.

El *principio de precaución ecológica*, esta idea o principio fue incorporado en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1992)¹¹ donde los países deben responder ante las amenazas contra el medio ambiente actuando de forma preventiva aun cuando no estén al cien por cien seguros de cuántos o cuáles serán los efectos.

El *principio de sostenibilidad*, La idea de mantener un equilibrio sostenible se consolidó en la Agenda 2030 de Naciones Unidas, que establece los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como marco global para integrar el desarrollo económico, la equidad social y la protección del medio ambiente. Paralelamente, el Acuerdo de París de (2015)¹² constituye el principal tratado internacional en materia de cambio climático, orientado a limitar el aumento de la temperatura global y a reforzar la resiliencia frente a sus efectos.

Teniendo esto en cuenta, el desarrollo y cómo usamos la inteligencia artificial debe pasar por un filtro legal. No basta con ver si las tecnologías son útiles o si funcionan bien, sino también si respetan los derechos básicos, si cuidan el medio ambiente como un bien jurídico que nos pertenece a todos y si son justas para las siguientes generaciones. Esto ya se reconocía en el Informe Brundtland del 87¹³, y ahora los tribunales constitucionales de varios

¹¹ El principio de precaución ecológica fue efectivamente incorporado en la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de 1992, específicamente en el Principio 15 que declara lo siguiente: «*Con el fin de proteger el medio ambiente, el enfoque precautorio deberá ser ampliamente aplicado por los Estados según sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente*». Fuente. Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro; enlace web: <https://www.un.org/es/conferences/environment/rio1992>

¹² El Acuerdo de París es un tratado internacional sobre el cambio climático jurídicamente vinculante. Fue adoptado por 196 Partes en la COP21 en París, el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. Fuente Naciones Unidas [Consultado 27/07/2025]; enlace web: <https://unfccc.int/event/cop-21>

¹³ En el documento, y en particular en el capítulo 2, se explica el desarrollo sostenible entendiendo el mismo como aquel que “satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, pero vaticina que los beneficios del progreso tecnológico casi siempre tienden a ir acom-

países latinoamericanos lo están retomando¹⁴. Desde ese informe del 87, la idea de sostenibilidad ambiental ha dado un giro enorme.

Ya no se trata solo de proteger el entorno y manejar los recursos naturales; la idea de la sostenibilidad ambiental ha evolucionado considerablemente hasta tomar en cuenta todos los elementos que influyen en cómo se relacionan los aspectos del desarrollo sostenible: lo ambiental, lo social y lo económico. Así que, «asegurar la sostenibilidad ambiental va más allá de dejar la naturaleza como está. Se trata más bien de encontrar un equilibrio entre mantener los ecosistemas funcionando y que puedan recuperarse, para que así se adapten a los cambios y a los problemas, incluso a los que nosotros causamos» (Meadows et al., 1972)¹⁵.

Cuidar los recursos naturales es clave para que el planeta siga conservándose de forma sostenible. Esto significa usarlos inteligentemente, sin

pañados de una distribución injusta, mientras que los costes suelen recaer sobre los más pobres o sobre los que están por nacer. Por ello, el informe apunta que el desarrollo –incluyendo la innovación tecnológica– ha de ser sometido a criterios éticos y de sostenibilidad que conduzcan a un modelo de desarrollo que sea socialmente justo, ambientalmente responsable y equitativo a largo plazo. Fuente: Naciones Unidas, Asamblea General. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: Nuestro futuro común* (A/42/427); enlace web: https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf

¹⁴ *Corte Constitucional de Colombia*: Sentencia T-622 de 2016: Reconocimiento del derecho fundamental al ambiente sano como parte del derecho a la vida digna y orden al Estado para que proteja los ecosistemas esenciales para que este derecho se garantice; en: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/t-622-16.htm>. Sentencia SU-698 de 2017: Declaración de la obligación estatal de tomar medidas para poder garantizar que se pueda acceder al agua potable, enlazando sostenibilidad ambiental y derechos humanos; enlace web: <https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2017/su698-17.htm>. *Corte Suprema de Justicia de Chile*: Rol N° 1182018 (27 de agosto de 2018) Sentencia de la Corte Suprema de Justicia en materia de la protección del medio ambiente (2021): Conservación de humedales urbanos y orden de mitigaciones de daños ambientales, reconociendo que el deber estatal de conservar la biodiversidad es parte del interés público. <https://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1345>. *Corte Interamericana de Derechos Humanos (CIDH)*: Caso de la Comunidad Indígena Sawhoyamaya vs Paraguay (2006): Reconocimiento del derecho indígena del territorio en conexión con el derecho al ambiente sano y su sostenibilidad para poder garantizar su cultura y su subsistencia; enlace web: https://www.corteidh.or.cr/ver_ficha_tecnica.cfm?nId_Ficha=327&lang=es. *Corte Constitucional de Ecuador*: Sentencia No. 001-17-SCN-CC, de fecha 19 de abril de 2017: Se reconoce a la naturaleza como sujeto de derechos y se establece que el Estado debe garantizar la protección integral del medio ambiente para la sostenibilidad, enlace web: <https://bit.ly/44BR8Wq>.

¹⁵ Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. Universe Books. <https://archive.org/details/limitstogrowthre00mead>

derrochar estos recursos, porque son la base de nuestra vida y de todo lo demás, como la economía. Hablamos del agua, los minerales, la tierra y la vida que hay en ella. Tenemos que usarlos sin malgastarlos sobre todo aquellos que en la naturaleza cuesta más recuperarlos.

Tenemos que ser cuidadosos al usar los recursos naturales, usándolos a un ritmo en que la naturaleza pueda reponerlos para evitar daños y no perder o dañarlos, por lo tanto, es importante mantener el aire y agua limpios, la polinización y un clima estable. El derecho a un ambiente sano está ganando reconocimiento legal, y es responsabilidad del Estado regular el desarrollo científico y tecnológico. La Corte Interamericana de Derechos Humanos, en su Opinión Consultiva OC-23/17¹⁶, establece que la protección ambiental es clave para el disfrute de derechos como la vida, la salud y la participación cultural.

Un enfoque basado en los derechos de desarrollo sostiene que todos los pueblos y las naciones deberían tener derecho al desarrollo salir de la pobreza antes de asumir cualquier responsabilidad mitigar el cambio climático. Es quizás el enfoque de los derechos humanos para el clima. La justicia que encarna más claramente la justicia ambiental. El cambio climático es simplemente una nueva forma de violar derechos humanos básicos, y la justicia climática significa garantizar esos derechos que ya hemos reconocido. «Este enfoque refleja las preocupaciones de los movimientos, donde los principios de justicia ambiental y climática están compuestos en gran parte por afirmaciones de diversos derechos, incluyendo el derecho básico a estar libre del cambio climático, sus impactos relacionados y otras formas de destrucción ecológica» (Schlosberg, y Collins, 2014, p.365)¹⁷.

Así, el desarrollo de tecnologías como la IA plantea dudas sobre su repercusión ecológica, sus algoritmos y la ausencia de control democrático en su origen y utilización. Esto obliga a incorporar criterios normativos integrados que permitan analizar el desarrollo tecnológico desde una lógica de derechos, de justicia ambiental y de gobernanza responsable. Crear leyes más justas, que protejan el planeta y sean democráticas, requiere considerar la separación de “técnico” y lo “legal” o jurídico. Resulta innegable cómo los avances tecnológicos impactan nuestro día a día, a la sociedad y al entorno natural. En consecuencia, se vuelve esencial establecer normas justas y claras que impulsen la colaboración y el compromiso.

¹⁶ Opinión Consultiva OC-23/17 emitida por la Corte Interamericana de Derechos Humanos el 15 de noviembre de 2017, solicitada por Colombia sobre medio ambiente y derechos humanos; enlace web: https://www.corteidh.or.cr/docs/opiniones/seriea_23_esp.pdf?utm

¹⁷ Schlosberg, D. and Collins, L.B. (2014), From environmental to climate justice: climate change and the discourse of environmental justice. *WIREs Clim Change*, 5: 359-374; doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.275>

Fundamentalmente, se destaca la urgencia, incluso la exigencia jurídica, de replantearnos el progreso tecnológico, especialmente en lo que respecta a la inteligencia artificial. Debemos pensar en los límites de nuestro planeta, en los derechos de las personas y en cómo solucionar las diferencias sociales. Así, construiremos una forma de pensar un nuevo marco normativo que se centre en la vida, la justicia y el cuidado del medio ambiente. Bajo este panorama, la tecnología puede convertirse en una gran aliada del medio ambiente, siempre y cuando la usemos con cuidado y pensemos en cómo afecta a todo el sistema. Por ejemplo, la inteligencia artificial puede mejorar procesos, evitar el despilfarro o ayudarnos a usar los recursos naturales de forma más inteligente. Pero, como explicaron Vinuesa et al. (2020, p.3)¹⁸ «también puede tener efectos negativos si no consideramos cosas importantes, como la energía que se gasta al entrenar los programas o la basura tecnológica que generamos».

Hoy estos desafíos deben ser abordados bajo leyes que hagan que la tecnología sea responsable con el planeta. Los gobiernos tienen que controlar cómo la IA afecta el medio ambiente y a los ciudadanos, siguiendo acuerdos internacionales como el Convenio sobre la Diversidad Biológica¹⁹, y lo que dice la jurisprudencia ambiental de los tribunales nacionales e internacionales.

Es importante que las leyes tengan en cuenta todo el proceso de la IA, desde que se extraen los minerales para hacer hardware hasta que se gestionan los residuos tecnológicos. Esto debería ser una cuestión obligatoria, y no solo algo técnico.

¹⁸ Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I. et al. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nat Commun* 11, 233 (2020); doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>

¹⁹ A pesar de que el convenio no menciona la IA (creado antes de que esta llegara a tal utilidad) sí plantea límites y marcos para la protección del medio, límites y marcos que pueden y deben ser trasladados a la regulación de la tecnología nueva con el impacto medioambiental que estamos discutiendo. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) es un instrumento internacional puesto a disposición de las partes suscriptoras de un instrumento internacional mediante el cual se establece una serie de principios y un marco normativo para la adopción de políticas nacionales que garanticen la conservación de la biodiversidad y la promoción del desarrollo sostenible. En definitiva, el CDB fue adoptado en la Cumbre de la Tierra celebrada en 1992 en Río de Janeiro, y tiene como finalidad primigenia la protección de la diversidad biológica, el uso sostenible de los componentes de la biodiversidad y el acceso a los recursos genéticos así como la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos. Fuente: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (1992). Convenio sobre la Diversidad Biológica; enlace web: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-la-biodiversidad/conservacion-de-la-biodiversidad-en-el-mundo/cb_mundo_convenio_diversidad_biologica.html

2. *Evaluación integral del ciclo de vida de la inteligencia artificial*

Para desarrollar buenas y un marco normativo para la inteligencia artificial, se necesita revisar todo su camino desde el inicio, como una forma legal de verificar y garantizar la sostenibilidad ambiental y su conformidad con los derechos humanos. Este enfoque que proviene de las reglas ambientales y requiere que analicemos cada paso de la tecnología: desde dónde sacamos los materiales, cómo hacemos que los programas aprendan, cómo se usa y se cuida el sistema, hasta lo qué hacemos con él cuando ya no sirve o lo reciclamos por su obsolescencia.

Desde el punto de vista jurídico esto quiere afirmar que las empresas son responsables de todo lo que hacen, respondiendo al principio de responsabilidad extendida del productor, algo que apoya la ONU con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente «Esto se aplica a las empresas con tecnología que generan externalidades negativas que dañan el ambiente. Estas empresas no solo deben ser responsables en el momento de la comercialización y o producción, sino en todo el proceso, desde buscar materiales hasta el uso de energía, la contaminación, los desechos electrónicos y su impacto sobre el clima y a la naturaleza» (PNUMA)²⁰.

Esta premura se vuelve aún más crítica si observamos el panorama presente, donde la IA se ha posicionado como un recurso fundamental en la transformación digital de diversos campos, entre ellos el medioambiental. Su aptitud para automatizar labores, analizar extensas cantidades de información y producir pronósticos intrincados la han transformado en un instrumento preciado para abordar retos mundiales como el calentamiento global, la merma de la diversidad biológica y el manejo responsable de los bienes naturales. Muestra de esto es el empleo de sistemas de aprendizaje automático para anticipar sucesos climáticos severos, identificar la tala de bosques a través de fotos de satélite, o vigilar especies amenazadas por medio de sensores a distancia y vehículos aéreos no tripulados (Reichstein et al., 2019²¹; Rolnick et al., 2019)²².

Igualmente, en áreas cruciales como la energía y la agricultura, la IA ha probado ser valiosa al perfeccionar las redes eléctricas inteligentes, predecir el

²⁰ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Fuente: Naciones Unidas; en: <https://www.un.org/ruleoflaw/es/un-and-the-rule-of-law/united-nations-environment-programme/>

²¹ Reichstein, M., Camps Valls, G., Stevens, B. et al. Deep learning and process understanding for data driven Earth system science. *Nature* 566, 195–204 (2019) doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0912-1>

²² Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., Kochanski, K., Lacoste, A., Sankaran, K., ... & Bengio, Y. (2019). Tackling climate change with machine learning. arXiv preprint arXiv:1906.05433; doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.05433>

consumo de energía, o gestionar eficazmente el riego y las plagas. Estas implementaciones exponen su capacidad revolucionaria desde una perspectiva sostenible. Estas aplicaciones muestran su capacidad de transformación ecológica. Aun así, este buen pronóstico no debe esconder los impactos ambientales que la IA produce, sobre todo si su desarrollo no sigue criterios de sostenibilidad o no está regulado por principios de ecoeficiencia tecnológica.

Uno de los principales problemas es la alta demanda de energía y materiales que requiere el entrenamiento de modelos complejos de IA, sobre todo los de aprendizaje profundo. Investigaciones como la de Strubell et al. (2019)²³ indican que entrenar un modelo lingüístico grande puede producir emisiones de carbono semejantes a las de un carro durante toda su vida útil. A esto se suma el alto consumo de minerales para hacer el hardware especializado necesario, como GPU, ASICs y chips avanzados²⁴. Fabricar estos componentes tiene un impacto ambiental importante y, a menudo, implica prácticas de extracción injustas que afectan a comunidades en países en desarrollo.

Esto evidencia un efecto contraproducente: herramientas diseñadas para favorecer la sostenibilidad ambiental pueden, en la práctica, generar impactos negativos si no se aplican normas y prácticas responsables en su desarrollo. Desde el punto de vista legal, este problema exige replantear el diseño regulatorio de la IA desde una perspectiva ética de responsabilidad ecológica, incorporando evaluaciones previas de sus efectos en el clima, la energía y los materiales.

Igualmente, se necesita claridad en los procesos algorítmicos. La falta de transparencia en muchos modelos de IA, sobre todo en los de caja negra, plantea problemas para la responsabilidad y el control ciudadano. Esto

²³ Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and policy considerations for deep learning in NLP. Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 3645–3650. Association for Computational Linguistics; doi: <https://doi.org/10.18653/v1/P19-1355>

²⁴ El desarrollo de tecnologías como la inteligencia artificial precisa hardware especializado (GPU, ASICs, chips avanzados), la fabricación de los cuales depende del uso intensivo de minerales (litio, cobalto, tierras raras), cuyos impactos ambientales generan disturbios sociales (contaminación, consumo excesivo de agua o violación de derechos de los humanos en zonas de extracción). Estos componentes (NVIDIA A100, TPU de Google, SoC de altas prestaciones), son responsables, y por tanto generan una necesidad urgente de generar leyes que regulen el impacto ambiental de estas, armonizando así con acuerdos internacionales (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 1992) y la jurisprudencia ambiental. Sentencias como la Sentencia 001-17-SCN-CC de la Corte Constitucional del Ecuador, que reconoce derechos a la naturaleza, o la Sentencia de la Corte Suprema de Chile que protege humedales y otros ecosistemas urbanos, muestran que el derecho puede garantizar formas de tecnologías compatibles con la sostenibilidad.

empeora cuando estas tecnologías se usan en situaciones delicadas, sin hablar antes con las comunidades afectadas ni permitirles participar, lo que va en contra de la justicia ambiental y la democracia. Para solucionar esto, han aparecido ideas como la IA ecológica (Schwartz et al., 2019)²⁵, que busca crear modelos que usen poca energía, sean eficientes y empleen hardware sostenible. También, la explicabilidad algorítmica (XAI) y la ecología computacional intentan añadir herramientas para entender, revisar y vigilar las decisiones automáticas, fomentando la transparencia, la ética científica y la eficiencia ecológica.

La explicabilidad algorítmica, o más conocida por sus siglas en inglés (XAI – eXplainable Artificial Intelligence) es un campo de estudio que se enmarca dentro de la inteligencia artificial cuyo objetivo consiste en hacer comprensibles y transparentes los procesos de toma de decisiones de los sistemas automatizados, especialmente aquellos basados en el aprendizaje automático (machine learning) y las redes neuronales profundas (Doshi-Velez y Kim, 2017)²⁶. Por su parte, la ecología computacional o sustainability computational es un campo interdisciplinar novedoso cuyo fin es equilibrar los aspectos sociales, económicos y ambientales mediante la computación o técnicas de ciencias de la computación, matemáticas, ciencias de la información para lograr un objetivo que es el diseño de sistemas inteligentes que utilizan los recursos con eficiencia, de forma sostenible y ética, y que manejan la transparencia y la justicia ambiental.

Por otra parte, el “edge computing”²⁷ se convierte en una opción para tener una IA más sostenible porque repartimos el procesamiento y reducimos el consumo energético de los centros de datos; se estudia cómo los sistemas inteligentes pueden contribuir a la economía circular o la gestión de residuos urbanos o la gestión de las energías renovables usando el “monitoring” y la previsión de problemas en infraestructuras críticas.

El monitoring, o monitoreo, es una de las bases de la sostenibilidad en sistemas de edge computing, ya que permite hacer la predicción y el mantenimiento preventivo procesando los datos de forma local anticipándose a los fallos, lo que se traduce en una optimización de los recursos energéticos utilizados, así como en una reducción del coste operativo para esa

²⁵ Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Green AI. *Communications of the ACM*, 63(12), 54–63; doi: <https://doi.org/10.1145/3381831>

²⁶ Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. *arXiv preprint arXiv:1702.08608*; doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1702.08608>

²⁷ El edge computing es una de las claves para hacer la IA más sostenible: permite dispersar la carga computacional, haciendo que se consuma menos energía, respondiendo más rápido, además de disminuir el impacto ambiental del procesamiento masivo de datos.

infraestructura; el propio control en tiempo real del consumo energético permite a los dispositivos adaptar los recursos a los que se necesita solamente consumiendo los que realmente son necesarios, ahorrando energía; también se contribuye a la disminución del tráfico de datos y de las emisiones, ya que procesamos la información cerca del origen y solo se envían los datos necesarios, de forma que es posible reducir también el tráfico en las redes y en los grandes centros de datos, disminuyendo la huella del carbono.

En resumen, evaluar la IA no debe ser sólo un aspecto técnico o económico, sino que se debe incorporar a un marco jurídico ambiental que contemple principios como la prevención, la precaución, la no degradación de los sistemas ecológicos, etc. O el principio de la equidad intergeneracional. Solo con un análisis legal serio, basado en la ciencia y con las personas participando, se puede asegurar que la IA ayude a lograr la sostenibilidad ecológica, la justicia social y la igualdad en el planeta.

3. Justicia algorítmica y justicia ambiental: hacia una inteligencia artificial ecosocialmente justa

La integración de la inteligencia artificial (IA) en la sostenibilidad ambiental presenta nuevas vías para predecir riesgos, gestionar recursos, mitigar el cambio climático y proteger la biodiversidad. Su aplicación, sin embargo, implica consideraciones éticas, sociales, políticas y ambientales. La incorporación de la IA en la administración del medio ambiente suscita diversos desafíos de tipo estructural que precisan directrices regulatorias e institucionales intrincadas. En este contexto, la estrecha relación entre la justicia ambiental y la algorítmica, hace posible un enfoque que considera la sostenibilidad como un asunto de reparto del poder, reconocimiento cultural y participación democrática, más allá de ser solo un problema técnico.

La justicia ambiental se muestra como una idea política que revela las diferencias en cómo se reparten los impactos sobre el medio ambiente y las ventajas que ofrecen los recursos naturales. Para Schlosberg (2007, pp. 49-54)²⁸ «la justicia ambiental no solo debe verse como una distribución equitativa de la carga y los beneficios ambientales, sino que también debe contemplar el reconocimiento de la historia de los grupos históricamente oprimidos y su participación en la toma de decisiones sobre su territorio y su forma de vivir, como los pueblos indígenas, las comunidades rurales y las minorías raciales quienes pueden experimentar una gran carga por la extracción de recursos y contaminación del medio ambiente; que incluso son históricamente las que

²⁸ Schlosberg, D. (2007). *Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature*. Oxford University Press; enlace web: <https://www.referat.am/library/34/58e350c41ae37.pdf>

han estado en desequilibrio en sus relaciones con la naturaleza y cuando se han buscado soluciones, estas permanecen en un estado o nivel de exigencia social en cuanto a los beneficios que les devuelven».

En paralelo, la justicia algorítmica se presenta como una respuesta normativa al uso creciente de sistemas automatizados. Estos sistemas toman decisiones con grandes consecuencias para los derechos humanos y la vida diaria de las personas. Esta justicia incluye la no discriminación algorítmica, la igualdad en el diseño, el acceso y el control de los sistemas de IA. De igual modo, busca la protección real frente a decisiones automatizadas injustas. El artículo 26 del Pacto de Derechos Civiles y Políticos señala que por cualquier motivo (por ejemplo, el uso de tecnologías) debe tener igualdad y evitar el rechazo²⁹. En el mundo, guías como la recomendación de la UNESCO sobre la ética de la IA (2021)³⁰ o el Reglamento (UE)2024/1689³¹, señalan que es

²⁹ Artículo 26. «Todas las personas son iguales ante la ley y tienen derecho sin discriminación a igual protección de la ley. A este respecto, la ley prohibirá toda discriminación y garantizará a todas las personas protección igual y efectiva contra cualquier discriminación por motivos de raza, color, sexo, idioma, religión, opiniones políticas o de cualquier índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición social». Fuente: Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos; enlace web: <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/international-covenant-civil-and-political-rights>

³⁰ Párrafo 67: «Los Estados Miembros deberían aplicar políticas para promover y aumentar la diversidad y la inclusión en los equipos de desarrollo de la IA y los conjuntos de datos de entrenamiento, de modo que estos sean un reflejo de su población, así como para velar por la igualdad de acceso a las tecnologías de la IA y sus beneficios, en particular para los grupos marginados, tanto de zonas rurales como urbanas». Fuente: UNESCO (2021): Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial; enlace web: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380455_spa.locale=es

³¹ Párrafo 27: «Por «transparencia» se entiende que los sistemas de IA se desarrollan y utilizan de un modo que permita una trazabilidad y explicabilidad adecuadas, y que, al mismo tiempo, haga que las personas sean conscientes de que se comunican o interactúan con un sistema de IA e informe debidamente a los responsables del despliegue acerca de las capacidades y limitaciones de dicho sistema de IA y a las personas afectadas acerca de sus derechos. Por «diversidad, no discriminación y equidad» se entiende que los sistemas de IA se desarrollan y utilizan de un modo que incluya a diversos agentes y promueve la igualdad de acceso, la igualdad de género y la diversidad cultural, al tiempo que se evitan los efectos discriminatorios y los sesgos injustos prohibidos por el Derecho nacional o de la Unión. Por «bienestar social y ambiental» se entiende que los sistemas de IA se desarrollan y utilizan de modo sostenible y respetuosa con el medio ambiente, así como en beneficio de todos los seres humanos, al tiempo que se supervisan y evalúan los efectos a largo plazo en las personas, la sociedad y la democracia. La aplicación de esos principios debe traducirse, cuando sea posible, en el diseño y el uso de modelos de IA». Fuente: Reglamento (UE) 2024/1689; enlace web: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj>

clave la igualdad, la transparencia, la explicabilidad y fomentar la participación y la responsabilidad de las empresas.

Los enfoques ambiental y algorítmico coinciden en un mismo análisis estructural: la tecnología no es neutral. El avance y uso de la IA muestra decisiones que incluyen valores, intereses y relaciones de poder. Desde este punto de vista, la tecnología puede copiar exclusiones históricas, crear nuevas formas de extractivismo y afianzar jerarquías coloniales o tecnocráticas, sobre todo cuando se usa sin transparencia, sin consulta previa y sin respeto por los lugares y saberes tradicionales.

3.1. Impactos socioambientales y datos como nuevos bienes comunes

En el campo ambiental, la IA ofrece la posibilidad de optimizar el uso de recursos, crear modelos de los peligros o riesgos del clima, administrar los ecosistemas o acelerar el cambio o la transición energética. Sin embargo, estas ventajas a menudo vienen acompañados de costos sociales y ecológicos inesperados. El entrenamiento de modelos complejos, como los –de deep learning– o aprendizaje profundo, usan mucha energía y requieren de equipos especiales cuya producción aumenta la extracción de minerales clave, lo que afecta los ecosistemas delicados y a las comunidades del Sur Global. A esto se ha denominado “la paradoja verde”: tecnologías creadas para la protección ambiental que, si no se evalúan con atención, terminan siendo perjudiciales.

Por otra parte, la IA también se emplea en la supervisión ambiental, la minería, la agricultura o la gestión del agua, frecuentemente sin asegurar que las comunidades afectadas controlen los datos generados en sus territorios. Esto conduce a lo que autores como Temper et al. (2015)³² y Mejías y Couldry (2019)³³, han llamado “extractivismo de datos”: una forma actual de despojo que extrae información en lugar de minerales, sin consulta, consentimiento o distribución de beneficios compartidos. Este tipo de colonialismo digital empeora cuando los modelos traídos del Norte Global (EE. UU. Europa) no se adaptan a las situaciones sociales, ecológicas o culturales del Sur Global (América del Sur, África o partes de Asia)

La inteligencia artificial (IA) aplicada en el campo ambiental da la posibilidad de mejorar los recursos, administrar los ecosistemas y crear modelos

³² Temper, L., del Bene, D. & Martinez-Alier, J., (2015) “Mapping the frontiers and front lines of global environmental justice: the EJAtlas”, *Journal of Political Ecology* 22(1), 255-278. doi: <https://doi.org/10.2458/v22i1.21108>

³³ Mejías, U.A & Couldry, N. (2019). “Colonialismo de datos: repensando la relación de los datos masivos con el sujeto contemporáneo”. *Virtualis*, 10 (18), 78-97, ISSN 2007-2678.

de los peligros del clima, pero esta innovación trae consigo impactos sociales y ecológicos que deben abordarse con un marco legal fuerte y coherente con los derechos humanos y ambientales.

Desde el punto de vista del derecho, es clave reconocer que la estructura tecnológica que apoya a la IA, incluyendo los equipos especiales, está relacionada con la extracción de minerales clave, lo que causa efectos negativos en los ecosistemas delicados y las comunidades débiles. Aquí, el derecho ambiental y constitucional ordena al Estado proteger el medio ambiente sano y los derechos colectivos, usando principios como el principio de precaución, que pide tomar medidas preventivas ante peligros inciertos pero que podrían ser graves. Por lo tanto, la regulación debe cubrir todo el ciclo de vida de la tecnología, poniendo límites legales a la explotación minera y revisando el impacto ambiental relacionado con la producción tecnológica.

La gestión de datos de la Inteligencia Artificial en áreas específicas debe entenderse como bienes comunes digitales. Los datos territoriales y socioambientales son recursos colectivos que requieren protección legal para asegurar su uso justo y la soberanía de las comunidades originarias y locales. La extracción de datos es una forma moderna de despojo que viola derechos básicos como la autodeterminación, privacidad, propiedad colectiva y derechos culturales. El derecho internacional reconoce la consulta previa como un derecho clave para pueblos indígenas y comunidades, extendiendo esta protección al ámbito digital para proteger su autonomía y saberes. Las leyes deben asegurar que la recopilación y uso de datos en territorios comunitarios cumplan con estos estándares, evitando la explotación sin consentimiento o distribución de ganancias.

Finalmente, la importación de algoritmos sin adaptación local puede generar discriminación o violaciones de derechos. Las leyes constitucionales y de derechos humanos dictan que la igualdad, no discriminación y participación deben guiar el diseño, aplicación y evaluación de tecnologías. La ley debe demandar transparencia, supervisión y rendición de cuentas para prevenir sesgos y exclusión.

Desde una perspectiva legal, es precisa la creación de un marco regulatorio que: (i) Salvaguarde el medio ambiente y a las comunidades de las repercusiones tecnológicas. (ii) Considere y regule los datos territoriales como recursos compartidos. (iii) Asegure los derechos de consulta, consentimiento y participación de las poblaciones y comunidades perjudicadas. (iv) Fije deberes definidos para la claridad y la rendición de cuentas en el manejo y progreso de la IA. Este es el único modo de progresar hacia un desarrollo tecnológico que sea sostenible para el medio ambiente, justo para la sociedad y legítimo ante la ley.

3.2. Dimensión multiescalar de la justicia algorítmica ambiental

Ante los retos de integrar la inteligencia artificial (IA) en ambientes sociales y ambientales complejos, es vital buscar una justicia algorítmica a varias escalas. Esto implica no solo corregir sesgos técnicos y la falta de claridad de los modelos automatizados. Implica también crear normas para detectar y arreglar desequilibrios en la vida de la tecnología, desde cómo se diseña y entrena, hasta cómo se gobierna y afecta al entorno. Para lograrlo, la justicia algorítmica debe tener tres dimensiones: distributiva, de procedimiento y de reconocimiento.

Respecto a la distribución, es importante examinar a quienes favorecen las tecnologías y a quienes perjudican. Esto suscita interrogantes sobre si el poder tecnológico está muy concentrado en ciertos sectores y cómo afecta a las comunidades más vulnerables. En cuanto al procedimiento, debemos considerar quién decide, cómo y basándose en qué información. Es importante examinar cómo se decide el diseño y la implementación de las nuevas tecnologías. En cuanto al reconocimiento, se debe analizar quiénes son visibles o ignorados en los modelos de datos, en la toma de decisiones y en los sistemas de control algorítmicos.

A nivel local, esto significa dar a las comunidades afectadas por la IA en sectores como la agricultura, el agua o la minería, la oportunidad real de participar en su diseño, seguimiento y valoración. Como señala McQuillan (2022, p.145)³⁴ «no se trata solo de tener un control de los algoritmos desde arriba o de forma técnica, sino de promover el uso de la tecnología basado en el cuidado, el bien común y el respeto por la diversidad cultural. Esta participación debe ir más allá de una simple consulta y debe incluir conocimientos locales, derechos culturales, prioridades sociales y ambientales y herramientas legales que aseguren que su voz sea tomada en cuenta».

A nivel nacional, es necesario crear leyes que valoren el impacto ambiental, social y distributivo de los sistemas automatizados. Estas leyes deben ser claras sobre las obligaciones de transparencia, responsabilidad y valoración de impactos para los actores públicos y privados. También deben reconocer el derecho a reclamar contra decisiones automatizadas injustas, según el principio de igualdad del Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos. La revisión de algoritmos, la explicación de los modelos y el acceso a la lógica de las decisiones automatizadas deben ser derechos garantizados por las leyes nacionales.

A nivel internacional, es urgente avanzar hacia un control digital global más justo, democrático y responsable con el medio ambiente. La concentración del poder tecnológico en pocas empresas y países amenaza la

³⁴ McQuillan, D. (2022). Resisting AI: An anti-fascist approach to artificial intelligence. Bristol University Press; doi: <https://doi.org/10.51952/9781529213522>

independencia tecnológica, la equidad global y la justicia ambiental. Por eso, la comunidad internacional debe impulsar acuerdos legales que establezcan cooperación, transferencia de tecnología, reconocimiento de los derechos digitales y ambientales y control sobre los datos. La IA debe estar al servicio de la sostenibilidad, con una ética de responsabilidad global y respeto por los derechos humanos y de la naturaleza, integrando principios del derecho ambiental internacional y el derecho al desarrollo sostenible.

Para una transición tecnológica justa y sostenible, no basta con medir la eficiencia de los modelos de IA. Es clave preguntar cómo se reparten sus beneficios y riesgos en distintos lugares y grupos sociales. Muchos de los métodos para valorar los algoritmos se limitan a métricas cuantitativas como –precisión, recall o F1-score³⁵–, sin considerar cómo afectan a las comunidades según su clase, género, cultura, lugar o historia de exclusión. Por ello, es importante ampliar los criterios de valoración para incluir la justicia distributiva, la justicia del conocimiento y la justicia ambiental, basándose en las ideas de autores como Schlosberg (2007) y las críticas al uso excesivo de datos (Temper et al., 2021).

Un ejemplo claro de estas desigualdades se encuentra en el uso de modelos predictivos de incendios forestales. Estos modelos a menudo dan prioridad a las áreas urbanas sobre los territorios indígenas. Al hacerlo, ignoran el conocimiento tradicional y perpetúan ideas coloniales. Este tipo de sesgo, que no siempre es intencional, muestra que incluso los modelos más avanzados pueden mantener injusticias históricas si no se crean con una perspectiva que considere diferentes aspectos sociales, la participación de todos y las características del territorio.

Este enfoque de la justicia en los algoritmos requiere crear indicadores legales y sociales para juzgar cómo la IA afecta a diferentes niveles:

³⁵ Los sistemas de algoritmos normalmente se evalúan con métricas técnicas tales como la precisión, el recall y el F1-score, métricas que analizan el rendimiento del modelo y optan por ignorar el impacto social. En ningún momento estas métricas tienen en cuenta que las predicciones algorítmicas pueden producir reacciones diferentes, y al mismo tiempo, las decisiones algorítmicas tienen un impacto diferente en las personas en función de su clase, género, cultura y contexto histórico. De esta manera, se propone ampliar los criterios de evaluación de los algoritmos para abordar la dimensión de la justicia distributiva, así como del conocimiento y la dimensión ambiental, siguiendo a autores como Schlosberg (2007); Temper et al. (2015). Solamente de tal forma se podrá evaluar la IA de manera ética y justa. *Vid en:* Schlosberg, D. (2007). *Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature*. Oxford University Press; enlace web: <https://www.referat.am/library/34/58e350c41ae37.pdf>; y en Temper, L., del Bene, D. & Martínez-Alier, J., (2015) “Mapping the frontiers and front lines of global environmental justice: the EJAtlas”, *Journal of Political Ecology* 22(1), 255-278; doi: <https://doi.org/10.2458/v22i1.21108>

personas, comunidades, regiones y el mundo en general. Esto significa hacer evidentes las diferencias en el acceso, el control y la representación, buscar una distribución equitativa de los riesgos y beneficios, y rechazar la creencia de que la tecnología es neutral. Raji y Buolamwini (2019)³⁶ y Slack et al. (2020) señalan que los algoritmos repiten los sesgos que se encuentran en los datos y en la sociedad. Por lo tanto, la equidad en los algoritmos debe ser un principio fundamental desde el comienzo del diseño y la formación de los modelos, no solo una corrección posterior.

Según los mencionados autores «los algoritmos tienden a imitar los sesgos de los datos o de la sociedad, reproduciendo injusticias ambientales en comunidades vulnerables. Por lo tanto, la equidad algorítmica ambiental no debe considerarse como algo a corregir después, sino que debe considerarse desde el momento del diseño y entrenamiento de los modelos de machine learning. Además, algunas de las técnicas explicativas del tipo LIME o SHAP pueden estar en una actitud engañosa que oculta el sesgo, generando dificultades a la hora de detectar injusticias que deben ser tenidas en cuenta, por lo tanto, es muy importante que establezcamos propuestas mucho más robustas que nos aseguren explicaciones ajustadas y justas que eviten que las desigualdades ambientales sean invisibilizadas gracias a sistemas automatizados»³⁷.

En consecuencia, un diseño justo de algoritmos debe involucrar procesos de participación y debate, un protocolo de consulta libre e informada, mecanismos legales para la responsabilidad y revisiones éticas. Estas revisiones deben juzgar no solo el rendimiento estadístico de los modelos, sino también si están en línea con los principios de justicia social y cuidado del medio ambiente. Únicamente de esta modo se pueden desarrollar tecnologías que contribuyan de forma real a la sostenibilidad, los derechos humanos y la equidad entre generaciones.

Fomentar una inteligencia artificial que respete el medio ambiente y cuente con protección legal no implica una renuncia al avance tecnológico, sino más bien redirigirlo hacia objetivos democráticos, inclusivos y responsables con el medio ambiente. Esto requiere cambiar, por un lado, la forma en que se diseña la tecnología, dejando de lado la idea de que la eficiencia es lo único importante y, por otro lado, también requiere fortalecer las

³⁶ Raji, I. D., & Buolamwini, J. (2019). Actionable auditing: Investigating the impact of publicly naming biased performance results of commercial AI products. In Proceedings of the AAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES '19) (pp. 429–435). Association for Computing Machinery. doi: <https://doi.org/10.1145/3306618.3314244>

³⁷ Slack, D., Hilgard, S., Jia, E., Singh, S., & Lakkaraju, H. (2020). Fooling LIME and SHAP: Adversarial attacks on post hoc explanation methods. In Proceedings of the AAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES '20), 180–186. Association for Computing Machinery. doi: <https://doi.org/10.1145/3375627.3375830>

herramientas legales para el control social, la transparencia y la participación. La IA no es neutral; sus efectos son sociales, políticos y ambientales. Por lo tanto, es necesario replantear el desarrollo tecnológico, aplicando criterios de justicia algorítmica que contemplen diversos niveles. De este modo, la tecnología podría convertirse en un instrumento para reducir las desigualdades, en lugar de agravarlas.

3.3. Hacia una inteligencia artificial ecosocialmente justa

Para construir una IA ecosocialmente justa, es necesario cambiar los enfoques de la cultura tecnológica de hoy. La sostenibilidad del planeta y la justicia social no deberían ser solo criterios secundarios o mejoras técnicas para disminuir el impacto ambiental. Es vital redefinir los objetivos del desarrollo tecnológico y fijar condiciones de validez basadas en la ética, lo social y lo ecológico; en esta redefinición de objetivos se debería:

Dar prioridad a la eco-sostenibilidad en todo el ciclo de la IA; esto implica un enfoque completo, desde la obtención de materiales hasta el desecho final. Para ello se requieren políticas y normas, por ejemplo, para una minería controlada, para las energías renovables y el fomento de la reparación y el reciclaje. La sostenibilidad debe convertirse en el eje central en la innovación tecnológica, evitando la “paradoja verde” donde las tecnologías supuestamente protectoras dañan el medio ambiente.

Fomentar la autodeterminación tecnológica de pueblos y comunidades significa reconocer su derecho a decidir sobre las tecnologías que impactan sus vidas. Este derecho debe tener soporte jurídico, extendiendo mecanismos de consulta a los procesos tecnológicos y asegurando la soberanía sobre datos y resultados generados localmente. Esto podrá ayudar a la justicia social, impedir el extractivismo digital y promover la equidad y la dignidad de los pueblos. Consideramos que, para democratizar el poder en la creación y administración de la IA, es clave impulsar modelos de gobierno participativos, así como tecnologías de código abierto y comunitarias. La gobernanza algorítmica debe cambiar las estructuras verticales y tecnocráticas para incorporar procesos de deliberación inclusivos, donde las comunidades, organizaciones sociales, académicos y gobiernos trabajen juntos para fijar metas, normas éticas y formas de control. Las tecnologías de código libre promueven la transparencia, la revisión social y la adaptación local, lo que reduce el riesgo de monopolios y la exclusión tecnológica.

Para prevenir sesgos en los sistemas de IA y asegurar que integren diversos tipos de conocimiento –ancestrales, locales y científicos– es fundamental considerar la diversidad epistémica al crear datos, métricas y objetivos. Este enfoque pluralista asegurará que los sistemas de IA reflejen las

realidades complejas de los territorios, se reconozcan diferentes perspectivas y valores, y se promueva la justicia en el desarrollo de soluciones tecnológicas.

Reconocer a la naturaleza como titular de derechos; tal y como se plantea en los enfoques de justicia ecológica y derechos de la Madre Tierra, significa que la IA debe proteger los derechos de los ecosistemas y seres vivos, además de los derechos humanos. Esto cuestiona la visión centrada en el ser humano, e integra una ética que busca el respeto a la naturaleza en todo el ciclo tecnológico.

Solo si se integran de forma lógica los principios de justicia ambiental y algorítmica al crear, usar y dirigir la inteligencia artificial, se podrá evitar que esta tecnología mantenga o aumente las desigualdades sociales y los daños al medio ambiente. La IA debería ser una herramienta para mejorar la sociedad y el medio ambiente, ayudando a construir sociedades democráticas, incluyentes y que se puedan mantener. En conclusión, se busca avanzar hacia una IA ecosocialmente justa, que cambie los modelos que explotan, centralizan y usan la tecnología sin participación, para crear una inteligencia artificial diversa, participativa, ética y dedicada a mejorar la vida en todas sus formas.

4. *Gobernanza participativa y control democrático*

Para evitar que las tecnologías de IA que afectan al medio ambiente reproduzcan desigualdades y dañen aún más la ecología, es fundamental que su gestión sea participativa. Esto implica dejar atrás las formas centralizadas y tecnocráticas de tomar decisiones. En su lugar, se necesitan procesos donde se delibere de forma inclusiva y en igualdad de condiciones, reconociendo a todos los actores sociales implicados: comunidades afectadas, pueblos originarios, científicos, políticos y organizaciones civiles, entre otros.

Desde el punto de vista jurídico, este plan se fundamenta en el derecho a la participación ciudadana, garantizado a nivel internacional con instrumentos como el artículo 25 del Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos³⁸,

³⁸ Artículo 25: «Todos los ciudadanos gozarán, sin ninguna de las distinciones mencionadas en el artículo 2, y sin restricciones indebidas, de los siguientes derechos y oportunidades: a) Participar en la dirección de los asuntos públicos, directamente o por medio de representantes libremente elegidos; b) Votar y ser elegidos en elecciones periódicas, auténticas, realizadas por sufragio universal e igual y por voto secreto que garantice la libre expresión de la voluntad de los electores; c) Tener acceso, en condiciones generales de igualdad, a las funciones públicas de su país». Fuente: Naciones Unidas, Pacto Internacional de Derechos Civiles y Políticos; enlace web: <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/international-covenant-civil-and-political-rights>

el Convenio 169 de la OIT³⁹ y el Acuerdo de Escazú⁴⁰; estos instrumentos obligan a consultar de forma anticipada, libre e informada a los grupos cuyos derechos puedan verse afectados. En concreto, estas normas obligan a los gobiernos a asegurar condiciones materiales y simbólicas para una intervención real, que vaya más allá de la simple consulta, creando así un derecho genuino a decidir sobre los efectos tecnológicos y ambientales.

Por ejemplo, este modelo toma ideas de iniciativas y experiencias como la ciencia ciudadana; según Gabrys (2013, p.5)⁴¹ «las decisiones de qué es aquello que se considera relevante y cómo se muestran y representan los datos ambientales no son asunto exclusivamente del momento del monitoreo y de la toma de datos, sino que continúan durante los distintos usos posteriores que se le dan a la información. Además, los ciudadanos pueden intervenir en diferentes momentos del proceso de captación de la información, siendo parte de la recopilación, del análisis y de la comunicación de la información, incluso interviniendo en la elaboración de las políticas».

Estas iniciativas buscan la unión de científicos, creadores de tecnología y el público para producir y validar conocimiento. En el tema de la IA ambiental, estos enfoques ayudan a que las herramientas tecnológicas atiendan necesidades verdaderas, que tienen un lugar y son importantes para la cultura. Así, se evita forzar soluciones que no encajan, que no toman en cuenta los conocimientos locales y lo que las comunidades consideran importante y prioritario.

³⁹ Artículo 32: «Los Estados establecerán mecanismos eficaces para la reparación justa y equitativa por esas actividades, y se adoptarán medidas adecuadas para mitigar las consecuencias nocivas de orden ambiental, económico, social, cultural o espiritual». Esta disposición avala que la gestión participativa de las tecnologías ambientales de IA ha de llevar a la inclusión en pie de igualdad por parte de las comunidades afectadas y de los pueblos originarios desde el diseño y la toma de decisiones, sin caer en una consulta meramente simbólica y/ o tardía. La participación no debe considerarse algo opcional, sino un derecho jurídicamente exigible, tanto en desarrollo como en medio ambiente. Fuente. Organización Internacional del Trabajo (OIT) Convenio sobre pueblos indígenas y tribales, 1989 (núm. 169); enlace web: https://normlex.ilo.org/dyn/nrmlx_en/f?p=NORMLEX_PUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C169

⁴⁰ El Acuerdo de Escazú –a través de los artículos 6 y, sobre todo el 7– impone a los Estados parte garantizar consultas públicas anticipadas, libres e informadas en decisiones ambientales, en particular cuando el ejercicio de los derechos de las comunidades vulnerables podría verse afectado. Además, se alinea con un enfoque de derechos humanos en el que se relacionan información, participación y justicia ambiental. Fuente: CEPAL (2018) Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe (Acuerdo Escazú), enlace web: <https://www.cepal.org/es/acuerdodeescazu>

⁴¹ Gabrys, J. (2016). Practicing, materialising and contesting environmental data. *Big Data & Society*, 3(2). doi: <https://doi.org/10.1177/2053951716673391>

Además, la participación real requiere abordar y corregir las exclusiones del pasado que han dejado de lado a grupos como comunidades indígenas, zonas rurales y mujeres en el acceso y manejo de tecnologías. Incluirlos no solo es una exigencia de justicia social, sino también un factor que hará mejorar la innovación al sumar diferentes puntos de vista y saberes tradicionales; además, ayudará a crear sistemas más sostenibles y equitativos (Temper et al., 2021).

En este manejo, la claridad algorítmica y la responsabilidad son elementos muy importantes, debido a que los modelos de IA a menudo se trabajan sin que las personas los entiendan, por lo tanto, es preciso crear formas de control institucionalizadas. Esto incluye revisiones hechas por personas ajenas, hacer pública información fácil de entender, grupos de supervisión de muchas áreas y leyes que obliguen a explicar las decisiones automáticas. Estas ideas se deben basar en leyes administrativas, como hacer públicos los actos gubernamentales, dar razones para las decisiones y el control judicial de la legalidad.

En esta línea, el trabajo de Crawford (2021) expone la dimensión política y material de la IA, revelando que su supuesta neutralidad técnica esconde realidades más complejas. Crawford enfatiza que la IA está ligada a estructuras de poder económicas y sociales, haciendo esencial una gobernanza crítica y colectiva en su diseño e implementación; según el autor «la inteligencia artificial es entonces una idea, una infraestructura, una industria, una forma de ejercer poder y una manera de ver; también es una manifestación de capital altamente organizado respaldado por vastos sistemas de extracción y logística, con cadenas de suministro que envuelven todo el planeta» (Crawford, 2021 p.26)⁴². Entender la IA como una infraestructura sociotécnica con impacto en los derechos humanos, los ecosistemas y las formas de vida requiere marcos legales sólidos y con legitimidad democrática para su gobernanza. La viabilidad de la tecnología, al igual que la democracia, depende al final de la práctica de la justicia y de la imposición de límites al poder (Franklin, 2004)⁴³

La gobernanza participativa necesita ser flexible y adaptable para responder a los rápidos cambios tecnológicos y a los contextos socioecológicos dinámicos. Esto implica marcos regulatorios que permitan la revisión periódica, mecanismos de ajuste basados en evidencia y estructuras institucionales que hagan más fácil la creación conjunta de normas entre Estados, la sociedad civil, la comunidad científica y las comunidades afectadas. La tecnología

⁴² Crawford, K. (2021). *Atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*. Yale University Press.

⁴³ Franklin, Ursula M. *The Real World of Technology*. Rev. ed. Toronto, Ont.: House of Anansi Press, 2004; enlace web: <https://ms.z-library.sk/book/2364185/de6a85/the-real-world-of-technology.html>

no puede avanzar más rápido que el derecho, y el derecho debe asegurar los principios de equidad, sostenibilidad y dignidad.

El esquema de gobernanza necesita integrar medios estructurados para reasignar el poder tecnológico. Esto impulsará la autonomía de la información, el derecho a cuestionar resoluciones automatizadas y la participación obligatoria en la determinación de los propósitos y usos de los sistemas de IA. Estos factores establecen un marco legal para la democracia digital, donde los ciudadanos participen activamente en el diseño y la supervisión de las tecnologías que forman su entorno, en lugar de ser solo receptores pasivos de las decisiones algorítmicas.

En resumen, la gobernanza participativa de la IA ambiental no es un simple añadido ni una declaración vacía, sino un principio legal y político clave para formar sociedades más justas, resistentes y sostenibles. Hacer accesible la tecnología implica repartir el control sobre el saber y las decisiones, garantizar que los más perjudicados participen de verdad, y crear leyes que pongan por delante la vida, los derechos y la justicia ecosocial antes que la eficiencia técnica o los beneficios de las empresas. Solo así podremos lograr un progreso tecnológico ético, legalmente protegido y aceptado por la sociedad.

5. *Resiliencia socioecológica y adaptación normativa*

En un tiempo de profunda transformación en el medio ambiente y la tecnología, el derecho debe cambiar y fortalecer sus leyes para que los sistemas sociales y ecológicos puedan resistir y hacer frente mejor los nuevos problemas y desafíos que emergen; es decir, no solo resistir el colapso, sino también recuperarse de los daños, adaptarse a los cambios y transformarse sin perder su función y valores principales. En este sentido, el desarrollo y uso de la inteligencia artificial (IA) debe ir de la mano con la resiliencia social, ecológica y legal, en lugar de solo buscar la eficiencia o reducir los daños por separado.

Desde el punto de vista legal, esta transformación requiere la creación de leyes flexibles que contemplen la duda y la propia incertidumbre de los procesos tecnológicos y ambientales. El derecho, que suele reaccionar a los hechos y ser positivista, necesita prever el futuro y responder con agilidad. Esto implica crear normas dinámicas, revisar las leyes cada cierto tiempo y establecer instituciones que aprendan y se adapten a nueva información y situaciones. Esta idea se basa en el principio de precaución, reconocido en el derecho ambiental internacional, que obliga a actuar para prevenir posibles riesgos, incluso si no hay pruebas científicas completas, sobre todo cuando están en riesgo bienes comunes importantes o derechos básicos.

No obstante, la perspectiva de resiliencia rebasa lo meramente normativo. Un elemento clave es que los sistemas de IA en el entorno deben ayudar a

consolidar la resiliencia socioecológica. Esto supone admitir que las comunidades y los ecosistemas se topan con problemas más usuales y complejos –como sequías graves, incendios, pérdida de biodiversidad o crisis en las instituciones– que exigen adaptación y cambios. Desde esta idea, la IA debe fomentar la eficiencia, la organización local, el aprendizaje en la comunidad y la creación de conocimiento propio del lugar.

Desde esta perspectiva, las leyes deben asegurar que la IA respete e impulse la diversidad biocultural. Esto requiere crear normas que valoren y defiendan el conocimiento ancestral, las costumbres de las comunidades y los derechos grupales sobre sus tierras. Las decisiones judiciales sobre temas ambientales y las normas internacionales sobre los derechos de los pueblos originarios y comunidades locales –como el Convenio 169 de la OIT mencionado anteriormente o la Declaración de la ONU sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas⁴⁴– ofrecen una base legal para esta demanda. También, la idea de justicia entre generaciones obliga a que cualquier política tecnológica busque cuidar el medio ambiente y el bienestar de las personas que vivirán en el futuro.

Un caso específico de esta visión unificada es la creación de sistemas de control del medio ambiente diseñados junto a los habitantes de la zona o comunidades locales. Esto ayudaría a notar pronto los cambios en los ecosistemas y a reaccionar con métodos que se ajustan a lo que el área precisa y a su conocimiento. Estas ideas, si cuentan con el apoyo de leyes correctas, hacen más fuerte la participación de los ciudadanos, el cuidado del medio ambiente por parte de la comunidad y el control del territorio, lo que crea redes fuertes entre la sociedad, la ecología y la tecnología. Desde el punto de vista legal, es clave que haya formas de acceder a estas tecnologías de forma justa, y que existan reglas claras sobre cómo se manejan los datos que se crean, para que no aparezcan nuevos medios de control digital.

La resiliencia normativa demanda entender la IA como parte de un sistema socioecotécnico complejo, donde lo social, lo tecnológico y lo ecológico se entrelazan mutuamente. Desde esta perspectiva, el derecho debe dejar atrás modelos lineales y enfocarse en regímenes legales integrales y transversales, que combinen lo ambiental, tecnológico, social, económico y cultural. La IA debe apoyar una gestión adaptable de los recursos, con procesos

⁴⁴ Artículo 31: «Los pueblos indígenas tienen el derecho a mantener, controlar, proteger y desarrollar su patrimonio cultural, conocimientos tradicionales, y expresiones culturales, incluyendo los recursos genéticos, semillas, medicinas tradicionales, conocimientos sobre la fauna y la flora, técnicas artesanales, y las tecnologías tradicionales pertinentes» Fuente: Naciones Unidas. (2007) Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas. Asamblea General de las Naciones Unidas; enlace web: https://www.un.org/esa/socdev/unpfi/documents/DRIPS_es.pdf

constantes de evaluación, acción, vigilancia y ajuste, como sugieren los enfoques de gobernanza ambiental actuales.

«Es fundamental impedir que las nuevas tecnologías creen dependencias o concentraciones que limiten la independencia de las regiones. En cambio, la ley debe impulsar normas que favorezcan la variedad y la adaptabilidad, cualidades clave para la resistencia a largo plazo» (Folke et al., 2010). Esto requiere incluir protecciones legales contra la obsolescencia planificada, promover normas abiertas y asegurar que los sistemas puedan trabajar juntos, lo que permite la adaptación técnica sin presiones del mercado.

En conclusión, la fortaleza jurídica debe estar ligada a la ética que guía al derecho. Ante una crisis ecológica mundial, el enfoque actual centrado en el ser humano ya no es suficiente. Las leyes deben adoptar una perspectiva que considere a la naturaleza como sujeto de derechos y a la sostenibilidad como una responsabilidad de todos. La IA, al ser una herramienta con gran influencia, debe actuar respetando estas normas éticas. Por lo tanto, la capacidad de adaptación socioecológica y las regulaciones no son fines distintos, sino aspectos que se complementan dentro de un cambio estructural. El derecho debe asegurar que el avance de la inteligencia artificial en el medio ambiente se haga de forma justa, cautelosa y plural, como parte de un cambio hacia un desarrollo sostenible, socialmente equitativo y con una tecnología accesible para todos.

6. *Intersección y necesidad de un marco integrado*

En las últimas décadas, y a partir de la llegada de las tecnologías digitales –inteligencia artificial (IA), big data, internet de las cosas, entre otras– también ha crecido la urgencia de abordar la crisis ecológica, climática y social del siglo XXI. En este sentido se constituye como eje central de discusión la intersección entre sostenibilidad innovación tecnológica y la justicia social, y su transformación socioecológica necesaria para transitar hacia un futuro sostenible, equitativo y resiliente. A pesar del reconocimiento del potencial que estas tecnologías tienen para ayudar en la sostenibilidad, diferentes autores coinciden en que su uso todavía está marcado por una grave fragmentación conceptual e institucional (Temper et al., 2015).

Esta fragmentación se observa en diferentes aspectos y niveles. Primero, las perspectivas técnicas que dirigen el desarrollo de tecnologías sostenibles, como las energías renovables o la IA ambiental, suelen enfocarse en indicadores de eficiencia, rendimiento y crecimiento, sin considerar aspectos éticos, sociales o culturales. Segundo, las normas y la justicia ambiental, aunque promueven la participación y la redistribución del poder, a menudo no tienen las herramientas para comunicarse con los lenguajes técnicos de la innovación. Esta separación entre disciplinas, participantes y niveles de

análisis restringe en gran medida la habilidad de las políticas públicas y las intervenciones tecnológicas para crear cambios importantes hacia una sostenibilidad justa.

En este contexto, varios estudios, como el de Temper et al. (2015), han enfatizado la necesidad de crear un marco que una los aspectos teóricos y prácticos de lo ecológico, lo técnico y lo social. Se debe entender que ninguna solución tecnológica será sostenible si no considera la equidad, la participación y los límites biofísicos del planeta. Igualmente, las propuestas de justicia ambiental deben considerar las capacidades de la tecnología y las infraestructuras digitales para ser más que solo ideas.

Un marco integrado no pretende unificar todas las visiones en una sola, sino conectar diferentes disciplinas, conocimientos y niveles de acción. Por ejemplo, posibilita relacionar el estudio del ciclo de vida de una tecnología (considerando su gasto energético y materiales clave) con análisis de justicia distributiva y participación democrática en las zonas donde se aplica esa tecnología. Igualmente, ayuda a crear políticas de innovación que valoren la eficiencia técnica y que impulsen procesos de debate, economía solidaria y valorización de saberes tradicionales y locales.

Un elemento que se considera parte de este marco es el concepto de transición justa, el cual ha sido acogido por organismos internacionales, movimientos sociales y sectores académicos como un modo de actuar que garantiza que los procesos de descarbonización y transformación ecológica no generen las desigualdades sociales existentes, ni produzcan nuevas formas de exclusión. La transición justa se plantea como una brújula ética que permita garantizar una distribución equitativa de los costes y beneficios de los cambios tecnológicos y ecológicos e impulsa una capacidad de agencia de las comunidades afectadas para tomar decisiones en los asuntos que les conciernen, pues el medio más eficaz de garantizar una auténtica transición justa, exige la construcción de una arquitectura institucional que articule esfuerzos por parte de los sectores público, privado y comunitario, de la acción de sinergia entre políticas de innovación y políticas de justicia social y políticas de protección medioambiental.

La integración de estos elementos demanda reconsiderar el rol del conocimiento en la creación de tecnologías y políticas. La ciencia y la ingeniería han estado bajo el dominio de epistemologías occidentales⁴⁵ y lógicas

⁴⁵ La integración de esos elementos supone una reconsideración del papel del conocimiento en la producción de tecnologías y políticas. La ciencia y la ingeniería han estado controladas en base a ciertas epistemologías occidentales, es decir, determinadas formas de comprender y producir conocimiento que emergen de Europa y han predominado en el pensamiento científico moderno. Las epistemologías en términos generales, y las científicas en particular, que en la tradición occidental y en las ciencias exactas hacen que el co-

extractivas, dejando de lado otros saberes y formas de interactuar con la naturaleza. «Existe un sentido en el que el progreso económico rápido es imposible sin ajustes dolorosos. Las antiguas filosofías deben ser descartadas; las viejas instituciones sociales deben desintegrarse; los lazos de casta, credo y raza deben romperse; y un gran número de personas que no pueden mantenerse al ritmo del progreso deben ver frustradas sus expectativas de una vida cómoda. Muy pocas comunidades están dispuestas a pagar el precio completo del progreso económico» (Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Sociales y Económicos 1951, citado por Escobar 1995, p.4)⁴⁶.

Se requiere, por lo tanto, un marco integrador que dé cabida a una pluralidad epistémica, donde los conocimientos indígenas, campesinos y comunitarios sirvan como base legítima para la creación conjunta de soluciones tecnológicas y ecológicas, en lugar de ser vistos como datos complementarios. Esta perspectiva es más justa y puede ser más útil, ya que las estrategias construidas en colaboración suelen generar mayor apropiación social, resistencia y adaptabilidad a largo plazo.

Por último, poner en marcha este modelo requiere nuevas herramientas institucionales y formas de hacer las cosas, como evaluar los impactos de la tecnología, crear espacios para que los ciudadanos participen en el gobierno, establecer normas éticas para el diseño de la inteligencia artificial, crear leyes para salvaguardar los datos de la comunidad y dar prioridad a la inversión en tecnologías que beneficien a la sociedad. Para que lo técnico, lo ecológico y lo social trabajen juntos, es necesario que los políticos estén dispuestos a ello, que exista colaboración transdisciplinaria esto es, en las áreas que trabajen en conjunto, y que se produzca un cambio cultural en la forma de pensar y hacer la política pública, la ciencia y la tecnología.

En resumen, la urgencia ecológica, la pérdida de confianza en las instituciones y los peligros de una evolución tecnológica excluyente, hacen necesario un enfoque que una los puntos donde ahora hay separación. Este enfoque debe ser capaz de detectar la complejidad de los problemas de hoy y buscar soluciones que estén unidas, sean justas y puedan mantenerse. Unir la justicia

nocimiento sea entendido como universal y descontextualizado, relegando otras formas de saber tradicionales que tienen que ver con la cultura, la socialidad y el territorio. Dicho punto de vista ha sido cuestionado, dado que ha dejado fuera a las epistemologías no occidentales como los saberes indígenas, comunitarios o ancestrales, que también ofrecen modos de producir tecnologías y políticas más justas, más sostenibles e inclusivas. Repensar el papel del conocimiento supone abrir paso a la pluralidad epistémica y aceptar que existen muchas formas de comprender y transformar el mundo.

⁴⁶ Escobar, Arturo. 1995. *Encountering Development: The Making and Unmaking of the Third World*. Princeton, NJ: Princeton University Press; enlace web: https://voidnetwork.gr/wp-content/uploads/2016/09/Encountering_Development-The-Making-and-the-Unmaking-of-the-Third-World-by-Arturo-Escobar.pdf

para el medio ambiente, la innovación en tecnología y la sostenibilidad es clave para pensar y crear un futuro donde se pueda vivir de forma sostenible.

IV. DISCUSIÓN

Si bien la cantidad de estudios realizados sobre la aplicación de la inteligencia artificial (IA) a la sostenibilidad ambiental ha aumentado mucho, la investigación existente deja claro que todavía quedan vacíos en la forma en la que se consideran los aspectos éticos, sociales y ecológicos que aparecen en la IA aplicada. A pesar de que los avances técnicos y científicos son relevantes, su ruptura complica el hecho de entender de una forma total el impacto y la utilidad que tienen estas tecnologías en casos reales y por lo tanto, son cuatro áreas básicas en la que este marco conceptual puede ayudar a entender la situación actual y superar las limitaciones expuestas.

1. *Fragmentación disciplinaria*

Una gran parte de la investigación sobre la IA aplicada al medio ambiente viene de campos técnicos como la informática, la ingeniería ambiental y la física del clima. Aunque estos campos son importantes para crear y verificar modelos predictivos y sistemas de monitoreo, a menudo no se conectan directamente con las ideas de las ciencias sociales, las humanidades y los estudios críticos. En particular, no hay vínculos fuertes con las teorías de justicia ambiental, las formas de gobernar con participación y las ideas del sur global, lo que dificulta la comprensión y la evaluación de cómo las tecnologías afectan a las estructuras y a la distribución de recursos (Temper et al., 2015).

Esta división genera un saber especializado que no considera los aspectos sociales, políticos y culturales que influyen en cómo se aplica la IA en el medio ambiente. Por lo tanto, se observa una falta de métodos inter y transdisciplinarios que integren de forma lógica el saber técnico con estructuras sociales y ecológicas complicadas, lo que dificulta una visión completa y crítica de las consecuencias de estas tecnologías.

2. *Invisibilización del impacto ambiental de la propia IA*

Estudios apuntan a que la IA puede ser útil para el medio ambiente, ayudando a bajar emisiones, detectar deforestación o mejorar el uso energético. No obstante, se suelen dejar de lado los impactos ambientales de crear, mantener y desechar la IA (Vinuesa et al., 2020). Se discute poco sobre la huella de carbono al entrenar modelos profundos, la rápida obsolescencia y los nuevos minerales escasos necesarios (litio, cobalto, por ejemplo). Esta carencia

de data dificulta evaluar por completo a la IA como tecnología material y extractiva, lo cual va en contra de la sostenibilidad. Para solucionar esto, se necesita incluir análisis de diseño ecológico tecnológico y economía circular que tengan en cuenta tanto las ventajas funcionales como los costes para el medio ambiente que lleva consigo.

3. *Débil incorporación de justicia ambiental*

En el debate actual sobre IA ética o IA responsable, hay una mayor inquietud por la transparencia, la justicia y la reducción de sesgos en los algoritmos. Pese a esto, son pocos los estudios que usan de forma directa ideas de justicia ambiental para examinar las desigualdades históricas, el colonialismo ambiental y los derechos de las comunidades marginadas en las decisiones y ventajas que ofrece la tecnología (McQuillan, 2022).

En el diseño y uso de sistemas de IA para la gestión ambiental, los enfoques de justicia distributiva, epistémica y de procedimiento aún no se consideran lo necesario. Esto puede llevar a que se mantengan las injusticias existentes y la exclusión política. Es clave preguntarse quién toma las decisiones, quién gana y quién arriesga con la llegada de estas tecnologías, sobre todo donde el ambiente y la sociedad son muy vulnerables. Para asegurar un cambio justo y equitativo hacia la sostenibilidad, es necesario incluir puntos de vista que identifiquen y cuestionen estas relaciones de poder.

4. *Falta de metodologías participativas en el desarrollo de IA*

A pesar de los progresos en ciencia ciudadana, diseño tecnológico conjunto y prácticas colaborativas, las grandes empresas y universidades del norte del planeta (EE.UU. Europa) lideran el desarrollo de la IA. Las comunidades impactadas por problemas socioecológicos a menudo solo actúan como usuarios finales, sin participar en la definición de problemas, el diseño de modelos o la validación de resultados.

La falta de inclusión disminuye la validez y utilidad de las soluciones técnicas. También ignora el conocimiento local que podría mejorar el proceso (Temper et al., 2015). Existe una carencia en la integración de métodos participativos y comunitarios en el desarrollo de la IA ambiental. Llenar este vacío es clave para que la tecnología sea más democrática y transparente, promoviendo la responsabilidad compartida entre creadores y usuarios.

V. CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones recogen los aprendizajes y recomendaciones principales del análisis sobre la IA, la justicia ambiental y la sostenibilidad.

Estas ideas recalcan la importancia de encarar los problemas tecnológicos desde lo legal, social y ecológico, con el fin de promover un progreso tecnológico justo, democrático y respetuoso con el medio ambiente.

Para confrontar los retos y peligros que la IA presenta en el entorno socioecológico, es preciso examinar las normas y los métodos de administración. Se debe asegurar que todos los participantes importantes estén incluidos. La valoración de la IA no debe apoyarse solo en su utilidad técnica o en datos numéricos. Es necesario adoptar una perspectiva completa que tome en cuenta los impactos socioambientales a lo largo de la existencia de la IA. Este desarrollo debe adjuntar la obtención de minerales para la producción de dispositivos, así como la formación, el uso y la eliminación o el reciclaje de las tecnologías. Esta idea ayuda a encontrar y reducir los daños, como el impacto ambiental y las desigualdades sociales, al adjuntar principios de imparcialidad ambiental y sostenibilidad en cada etapa, desde el diseño hasta la implementación de la tecnología.

La justicia algorítmica debe entenderse como una idea que se aplica a muchos niveles: local, nacional e internacional. En el nivel local, es clave que las comunidades perjudicadas participen de forma activa en el diseño y la supervisión de las tecnologías. A nivel nacional, se deben crear reglas que aseguren la honestidad, el seguimiento y la responsabilidad. A nivel internacional, es clave reconocer las diferencias en el poder entre los países en cuanto al avance tecnológico, para buscar una distribución justa de los beneficios y las obligaciones, evitando que el poder se concentre y asegurando que haya soberanía tecnológica y justicia en todo el mundo.

Los datos que se toman de los territorios, sobre todo de comunidades vulnerables, deben ser vistos como bienes comunes protegidos por la ley. Para ello se necesita establecer medios legales que frenen la apropiación de datos sin permiso ni beneficios compartidos, asegurando que la comunidad tenga el control y pueda decidir sobre la tecnología. Las leyes deben fomentar la consulta libre, previa e informada, y asegurar que los datos se manejen de forma que se respeten los derechos colectivos y culturales, evitando nuevas formas de despojo.

Para que las tecnologías de IA sean legítimas, la forma en que se gestionan debe incluir la participación real de diversos grupos sociales, en especial aquellos que han sido marginados. Desde el punto de vista legal, esto implica crear reglas que aseguren los derechos a participar de manera importante, la claridad y transparencia de los algoritmos y formas efectivas de rendir cuentas. La gestión debe ser integradora, reflexiva y adaptable, impulsando un control democrático que una el avance tecnológico con los valores sociales y ambientales, reforzando así la confianza de las personas y la justicia social.

El derecho debe dirigirse hacia reglas flexibles y adaptables que respondan de forma adecuada a la incertidumbre y los peligros propios de las

tecnologías que están apareciendo. Tomando como base el principio de precaución, estas reglas deben proteger los bienes comunes importantes y promover la capacidad socioecológica de recuperarse, adaptarse y transformarse ante los problemas que surjan en los sistemas sociales y naturales. Esto requiere integrar procesos de evaluación continua, participación de la comunidad y ajustes en las reglas que permitan gestionar la complejidad y el cambio constante de la tecnología y el medio ambiente.

Solo si hay un marco legal unido que combine la justicia ambiental, social y algorítmica, se podrá construir una inteligencia artificial que verdaderamente ayude a la sostenibilidad y la igualdad en todo el mundo. Esto exige situar la eco-sostenibilidad como un principio prioritario en todas las fases de avance tecnológico, impulsar la diversidad de conocimientos, reconocer los derechos de la naturaleza y asegurar que los pueblos puedan decidir sobre su propia tecnología. Así, la IA puede cambiar de ser una herramienta de explotación y tecnocrática a un instrumento que impulse la libertad y que promueva sociedades más democráticas, integradoras y respetuosas con el medio ambiente.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Attfeld, R. (2010). La ética ambiental y la sostenibilidad global. En *Ética ambiental y políticas internacionales*, 69–87. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO); enlace web: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000148678_spa.locale=es
- Camastro, F. y González, R. (2025). Inteligencia artificial, sostenibilidad e impacto ambiental. Un estudio narrativo y bibliométrico. *Región Científica*, 4(1), 2025355. doi: <https://doi.org/10.58763/rc2025355>
- Crawford, K. (2021). *Atlas of AI: Power, politics, and the planetary costs of artificial intelligence*. Yale University Press.
- Doshi-Velez, F., & Kim, B. (2017). Towards a rigorous science of interpretable machine learning. arXiv preprint arXiv:1702.08608; doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1702.08608>
- Escobar, Arturo. 1995. *Encountering Development: The Making and Unmaking of the Third World*. Princeton, NJ: Princeton University Press; enlace web: https://voidnetwork.gr/wp-content/uploads/2016/09/Encountering_Development-The-Making-and-the-Unmaking-of-the-Third-World-by-Arturo-Escobar.pdf
- Folke, C., Carpenter, S.R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockstrom, J. (2010). Resilience Thinking: integrating Resilience, Adaptability and Trnsformability. *Elogy and Society*, 15 (4). Article 43; enlace web: <https://edepot.wur.nl/174936>
- Franklin, Ursula M. *The Real World of Technology*. Rev. ed. Toronto, Ont.: House of Anansi Press, 2004; enlace web: <https://ms.z-library.sk/book/2364185/de6a85/the-real-world-of-technology.html>

- Gabrys, J. (2016). Practicing, materialising and contesting environmental data. *Big Data & Society*, 3(2). doi: <https://doi.org/10.1177/2053951716673391>
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). *The limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind*. Universe Books; enlace web: <https://archive.org/details/limitstogrowthre00mead>
- Mejías, U.A & Couldry, N. (2019). “Colonialismo de datos: repensando la relación de los datos masivos con el sujeto contemporáneo”. *Virtualis*, 10 (18), 78-97, ISSN 2007-2678.
- McQuillan, D. (2022). *Resisting AI: An anti-fascist approach to artificial intelligence*. Bristol University Press; doi: <https://doi.org/10.51952/9781529213522>
- Raji, I. D., & Buolamwini, J. (2019). Actionable auditing: Investigating the impact of publicly naming biased performance results of commercial AI products. In *Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES '19)* (pp. 429–435). Association for Computing Machinery; doi: <https://doi.org/10.1145/3306618.3314244>
- Reichstein, M., Camps Valls, G., Stevens, B. et al. Deep learning and process understanding for data driven Earth system science. *Nature* 566, 195–204 (2019) doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-0912-1>
- Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., Kochanski, K., Lacoste, A., Sankaran, K., ... & Bengio, Y. (2019). Tackling climate change with machine learning. arXiv preprint arXiv:1906.05433; doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.05433>
- Schlosberg, D. (2007). *Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature*. Oxford University Press; enlace web: <https://www.referat.am/library/34/58e350c41ae37.pdf>
- Schlosberg, D. (2011). Justicia ambiental y climática: De la equidad al funcionamiento comunitario. *Ecología Política*, (41), 25–35.
- Schlosberg, D. and Collins, L.B. (2014). From environmental to climate justice: climate change and the discourse of environmental justice. *WIREs Clim Change*, 5: 359-374. doi: <https://doi.org/10.1002/wcc.275>
- Schwartz, R., Dodge, J., Smith, N. A., & Etzioni, O. (2020). Green AI. *Communications of the ACM*, 63(12), 54–63; doi: <https://doi.org/10.1145/3381831>
- Slack, D., Hilgard, S., Jia, E., Singh, S., & Lakkaraju, H. (2020). Fooling LIME and SHAP: Adversarial attacks on post hoc explanation methods. In *Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES '20)* (pp. 180–186). Association for Computing Machinery. doi: <https://doi.org/10.1145/3375627.3375830>
- Temper, L., del Bene, D. & Martinez-Alier, J., (2015). “Mapping the frontiers and front lines of global environmental justice: the EJAtlas”, *Journal of Political Ecology* 22(1), 255-278. doi: <https://doi.org/10.2458/v22i1.21108>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I. et al. The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nat Commun* 11, 233 (2020); doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>