



IMPACTO AMBIENTAL DE LOS SISTEMAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU TRATAMIENTO JURÍDICO

Pablo Rafael Banchio¹

Resumen: La incorporación de la dimensión ambiental en la regulación de la inteligencia artificial (IA) representa un desafío normativo que no puede resolverse mediante una simple trasposición de marcos regulatorios europeos o norteamericanos. Por el contrario, requiere de un enfoque adaptativo que considere las capacidades jurídicas, institucionales y técnicas propias de la región, así como sus particularidades socioeconómicas y ambientales. Este trabajo analiza las principales tensiones que emergen entre el desarrollo tecnológico y la protección ambiental, destacando el riesgo de *greenwashing*, la necesidad de estándares de cumplimiento verificables y la importancia de mecanismos de supervisión efectivos. Asimismo, se examinan las oportunidades para consolidar una gobernanza ambiental y digital convergente, capaz de articular los principios de sostenibilidad, innovación y derechos humanos en contextos de alta complejidad tecnológica.

Palabras clave: inteligencia artificial, regulación ambiental, cómputo de hiperescala, gobernanza digital, sostenibilidad.

Environmental impact of artificial intelligence systems and their legal treatment

Abstract: The integration of the environmental dimension into the regulation of artificial intelligence (AI) represents a regulatory challenge that cannot be addressed through the mere transplantation of European or North American frameworks. Instead, it requires an adaptive approach that takes into account the region's legal, institutional, and technical capacities, as well as its unique socioeconomic and environmental conditions. This paper examines the main tensions between technological development and environmental protection, with

¹ Doctor en Derecho Privado y Posdoctor en Principios Fundamentales y Derechos Humanos (Argentina). Posdoctor *cum laude* en Nuevas Tecnologías y Derecho (Italia). Posdoctor en Globalización y Derechos Humanos (Italia). Magíster en Derecho Empresario (UA). Especialista en Asesoría Jurídica de Empresas (UBA). Profesor del Master en Digitalización y Derechos Humanos, Universidad Euro-Mediterránea (EMUNI), Director del Posdoctorado en Derechos Humanos e Inteligencia Artificial (Italia) (<https://www.universitavirtuale.eu/post-dottorato>). Coordinador Académico del Doctorado en Ciencias Jurídicas de la Facultad Interamericana en Ciencias Sociales (FICS) (<https://fics.edu.py/ciencias-juridicas/>). Miembro del Centro di Studi Giuridici e di Ricerca Internazionale (CSGRI) (<https://www.centrodistudi.eu>). Miembro del Centro de Estudios de Derecho Privado de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires.



particular attention to the risks of greenwashing, the need for verifiable compliance standards, and the importance of effective monitoring mechanisms. It also explores the opportunities to strengthen a convergent environmental and digital governance, capable of integrating sustainability, innovation, and human rights principles within highly complex technological contexts.

Keywords: artificial intelligence, environmental regulation, hyperscale computing, digital governance, sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de un análisis jurídico-doctrinal orientado a la comprensión integral del impacto ambiental de las tecnologías emergentes, y en particular de los sistemas de inteligencia artificial de gran escala, resulta imprescindible abordar las dimensiones energéticas, hídricas, materiales y de ciclo de vida desde una perspectiva que conjugue el derecho ambiental, el derecho internacional de los derechos humanos y la regulación económica global.

A modo de ilustrar al lector acerca de la diversidad de aplicaciones que presentan las tecnologías de alto rendimiento, resulta pertinente señalar algunos ejemplos paradigmáticos que, lejos de ser meramente técnicos, implican importantes desafíos regulatorios y jurídicos.

En primer lugar, las supercomputadoras —como *Summit* o *Fugaku*—, utilizadas en simulaciones científicas, modelado climático, estudios genéticos o física de partículas, plantean interrogantes sobre el acceso equitativo al conocimiento producido y la posible concentración de capacidades tecnológicas en determinados Estados o corporaciones, con la consecuente asimetría en el ejercicio del poder científico y económico².

La computación en clúster, representada por experiencias como los *Beowulf clusters* en universidades, si bien democratiza parcialmente la investigación, también evidencia la brecha de recursos entre instituciones con mayor financiación y aquellas que carecen de acceso a infraestructuras de esta magnitud. La computación “Grid”, como la implementada en proyectos globales de cooperación científica tales como *LHC@home* del CERN, introduce un escenario novedoso en materia de soberanía digital, pues supone la utilización compartida de recursos distribuidos a escala internacional, lo que genera

² Parra, S. (2020, junio 23). *La japonesa Fugaku supera a Summit como la supercomputadora más poderosa del mundo*. Xataka Ciencia. <https://www.xatakaciencia.com/computacion/japonesa-fugaku-supera-a-summit-como-supercomputadora-poderosa-mundo>



tensiones sobre la titularidad de los datos, la jurisdicción aplicable y la protección de la propiedad intelectual³.

De manera similar, los sistemas de inteligencia artificial (en adelante IA), aplicados al entrenamiento de modelos de lenguaje y al desarrollo de redes neuronales profundas⁴, suscitan debates ético-jurídicos en torno a la responsabilidad por sesgos algorítmicos, la transparencia de los procesos de entrenamiento y los límites a la explotación de datos personales en cumplimiento de normativas como el Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) europeo o legislaciones locales de protección de datos⁵.

Los simuladores aeroespaciales y nucleares, que permiten modelar en tiempo real el comportamiento de satélites, reactores o vuelos espaciales, implican riesgos de seguridad internacional y plantean la necesidad de establecer protocolos jurídicos sobre el uso dual de dichas tecnologías, en tanto pueden servir tanto a fines civiles como militares⁶.

Por su parte, el procesamiento de imágenes médicas, que facilita el análisis de resonancias magnéticas o tomografías para la detección temprana de enfermedades, exige reforzar las garantías de confidencialidad, consentimiento informado y no discriminación en el tratamiento de datos sensibles de salud⁷.

Finalmente, el análisis financiero de alta frecuencia, a través de plataformas que ejecutan miles de transacciones por segundo, revela un campo particularmente crítico para el derecho financiero y bursátil, en tanto su capacidad disruptiva puede afectar la estabilidad de los mercados, demandando mecanismos de supervisión reforzada, transparencia algorítmica y responsabilidad por eventuales manipulaciones o fallos sistémicos⁸.

En suma, estos ejemplos demuestran que el debate sobre las tecnologías de alto rendimiento no puede reducirse a su dimensión técnica, sino que requiere

³ CERN. 2024. *The Worldwide LHC Computing Grid (WLCG)*. <https://home.cern/science/computing/grid>

⁴ Ortiz de Zárate, J. M., Dias, J. M., Avenburg, A., & Gonzalez Quiroga, J. I. 2024. *Sesgos algorítmicos y representación social en los modelos de lenguaje generativo (LLM)*. Fundar. https://fund.ar/wp-content/uploads/2024/03/Fundar_Sesgos_algoritmicos_y_representacion_social_en_los_modelos_de_lenguaje_generativo_CC-BY-NC-ND-4.0-1.pdf

⁵ Banchio, Pablo. 2023. "Nueva legislación europea sobre las plataformas digitales: regulación, implicaciones y desafíos de implementación." *Derecho y Sociedad Digital* 2 (8): 11–26, <https://bit.ly/DerechoySociedadDigital8-2023> y Zenodo, <https://doi.org/10.5281/zenodo.11077619>

⁶ CNEA (Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina). *Diseño y construcción de un simulador digital de reactores y plantas nucleares*. <https://nuclea.cnea.gob.ar/items/f5fafda0-03fa-4b8a-8cbb-55369cac399f>

⁷ Programa Investiga. (2023). *Procesamiento de imágenes biomédicas mediante IA*. <https://www.programainvestiga.org/pdf/guias2023-2024/GuiaintroductorialtemaProcesamientodeimagenesbiomedicasmedianteIA.pdf>

⁸ ESMA (European Securities and Markets Authority) *Regulación de operaciones de alta frecuencia en el mercado financiero*. <https://lbbnrd.org/regulacion-de-operaciones-de-alta-frecuencia-en-el-mercado-financiero>



ser abordado desde una perspectiva jurídico-crítica que identifique riesgos, distribuya responsabilidades y asegure la compatibilidad entre innovación tecnológica y protección de derechos fundamentales.

En este contexto, el derecho, como venimos sosteniendo⁹, no puede limitarse a un análisis sectorial, sino que debe incorporar una perspectiva integral basada en los principios del derecho ambiental internacional -prevención, precaución, no regresión y responsabilidad común pero diferenciada- así como en los estándares emergentes de debida diligencia corporativa en materia de derechos humanos y medio ambiente. Este enfoque resulta indispensable para evaluar de manera crítica el rol de las empresas tecnológicas, los Estados y los organismos internacionales en la construcción de una gobernanza capaz de compatibilizar la innovación digital con la protección de los derechos fundamentales y el cumplimiento de los compromisos ambientales globales.

En este marco, resulta necesario profundizar en las distintas aplicaciones que adoptan estas tecnologías, no solo para dimensionar sus alcances técnicos, sino también para identificar las tensiones jurídicas que emergen de su implementación. En primer término, el consumo energético derivado del entrenamiento y del despliegue de modelos computacionales de alta intensidad presenta una elevada variabilidad, determinada por factores como la arquitectura de los algoritmos, la eficiencia operativa de los centros de datos y la composición del *mix* eléctrico que los abastece. Dicho consumo incide directamente en la generación de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que enlaza este fenómeno con las obligaciones internacionales de mitigación y reducción reconocidas en el Acuerdo de París¹⁰ y en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático¹¹. Desde la óptica jurídica, la actividad de las empresas tecnológicas no puede considerarse neutra en términos ambientales, y debe evaluarse bajo el principio de responsabilidad común pero diferenciada, así como bajo los principios de prevención y precaución consagrados en la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo¹².

En segundo lugar, el uso de recursos hídricos por parte de los centros de datos plantea un desafío jurídico relevante. Los sistemas de refrigeración -ya sean de contacto directo o indirecto-, junto con la generación eléctrica necesaria para mantener la infraestructura operativa, implican un consumo significativo de agua que, en zonas con estrés hídrico, puede comprometer el acceso equitativo a este

⁹ Banchio, Pablo. *Nuevas Tecnologías y Derecho*. Perspectivas Jurídicas, Buenos Aires, 2023.

¹⁰ Naciones Unidas. *Acuerdo de París*, 12 de diciembre de 2015, UN Doc. FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1.

¹¹ Naciones Unidas. *Convención Marco sobre el Cambio Climático*, 9 de mayo de 1992, 1771 UNTS 107.

¹² Naciones Unidas. *Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 14 de junio de 1992, A/CONF.151/26 (Vol. I).



recurso vital. Esta situación entra en tensión con el reconocimiento del derecho humano al agua, proclamado por la Asamblea General de la ONU en 2010¹³, y con el deber de los Estados de garantizar su uso sostenible. En tales contextos, la implantación de grandes infraestructuras tecnológicas sin una evaluación de impacto ambiental adecuada vulnera el principio de no regresión ambiental, el cual impide la adopción de medidas que deterioren los niveles de protección previamente alcanzados.

Asimismo, la extracción de materiales críticos —como tierras raras, litio o cobalto— y la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) introducen problemáticas que trascienden el ámbito nacional. La explotación de estos minerales se concentra en regiones con marcos regulatorios débiles, lo que facilita prácticas contrarias al derecho internacional, tales como la vulneración de derechos laborales fundamentales y la afectación de comunidades indígenas, en contravención del Convenio N° 169 de la OIT¹⁴ y de los Principios Rectores sobre Empresas y Derechos Humanos de las Naciones Unidas¹⁵. Por su parte, la acelerada obsolescencia de *hardware* y la acumulación de RAEE generan riesgos tóxicos para la salud humana y el medio ambiente, lo que exige aplicar el principio de responsabilidad extendida del productor, incorporado en la Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos¹⁶ y replicado en legislaciones latinoamericanas como la Ley N.º 27.279 de Gestión de Envases en Argentina, adaptada para incluir residuos tecnológicos¹⁷.

Finalmente, el ciclo de vida y la ubicuidad tecnológica requieren una evaluación comprehensiva que abarque todas las fases, desde el diseño y adquisición de datos, pasando por el entrenamiento e inferencia, hasta el fin de vida del *hardware*. La interdependencia de estas etapas con cadenas globales de suministro, muchas veces opacas, implica la existencia de externalidades negativas de difícil atribución jurídica¹⁸. Esta realidad demanda el fortalecimiento de mecanismos de debida diligencia ambiental y en derechos humanos,

¹³ Asamblea General de la ONU. *Resolución 64/292: El derecho humano al agua y el saneamiento*, 28 de julio de 2010.

¹⁴ Organización Internacional del Trabajo. *Convenio N° 169 sobre pueblos indígenas y tribales*, 27 de junio de 1989, 1650 UNTS 383.

¹⁵ Naciones Unidas. *Principios Rectores sobre las Empresas y los Derechos Humanos: Implementación del marco de Naciones Unidas "Proteger, Respetar y Remediar"*, 2011.

¹⁶ Unión Europea. *Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*, Diario Oficial de la Unión Europea, L 197/38, 24 de julio de 2012.

¹⁷ Ley N.º 27.279. (2016). *Gestión de envases vacíos de fitosanitarios*. Boletín Oficial de la República Argentina.

¹⁸ Banchio, Pablo. 2024. "La protección del ambiente mediante el modelo de economía circular a través de la inteligencia artificial." En *Tratado para a realização efetiva do direito no meio ambiente: novos desafios*, capítulo 65, 1188 p., editado por Jorge Isaac Torres Manrique. Editora Thoth.



conforme a las recomendaciones de la OCDE¹⁹ y de la Propuesta de Directiva Europea sobre diligencia debida corporativa en materia de sostenibilidad²⁰. El principio de transparencia, complementado por el deber de rendición de cuentas, debe articularse normativamente para garantizar que el desarrollo y la utilización de tecnologías de alta intensidad computacional se realicen de forma ambientalmente sostenible y socialmente responsable.

II. HACIA UN MARCO JURÍDICO PARA LA GOBERNANZA AMBIENTAL DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

II.1 Principios éticos aplicables

La configuración de un marco regulatorio eficaz para mitigar los impactos ambientales asociados a tecnologías de alta intensidad computacional requiere, además de instrumentos jurídicos vinculantes, la incorporación de principios éticos operativos que orienten la toma de decisiones tanto en el sector público como en el privado. Estos principios, al actuar como parámetros interpretativos y de integración normativa, contribuyen a alinear la innovación tecnológica con los estándares internacionales de sostenibilidad y derechos humanos²¹.

En primer lugar, los principios de precaución y prevención imponen la obligación de evaluar exhaustivamente los impactos potenciales antes de la implementación de infraestructuras o modelos de gran escala, adoptando, siempre que sea posible, alternativas tecnológicas menos intensivas en consumo de energía, agua y materiales. El principio de precaución, recogido en el Principio 15 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo²² y en instrumentos como el Convenio de Aarhus²³, adquiere particular relevancia frente a la incertidumbre científica inherente a la evaluación de riesgos ambientales de tecnologías emergentes.

En segundo término, la justicia intergeneracional y climática demanda que el desarrollo tecnológico no transfiera cargas ambientales desproporcionadas a generaciones futuras ni agrave la vulnerabilidad de comunidades ya expuestas a

¹⁹ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). *Guía de la OCDE de debida diligencia para una conducta empresarial responsable*, París, 2011.

²⁰ Comisión Europea. *Propuesta de Directiva sobre diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad (CSDDD)*, COM(2022) 71 final, Bruselas, 2022.

²¹ Banchio, Pablo. 2024. "Algorética: una disciplina para la moderación ética de algoritmos y programas de inteligencia artificial". Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12806322> *Derecho y Sociedad Digital*, 3(11) 3-27, <https://bit.ly/DerechoySociedadDigital11-2024>

²² Naciones Unidas. *Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, 1992.

²³ Naciones Unidas. *Convenio de Aarhus sobre Acceso a la Información, la Participación del Público en la Toma de Decisiones y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales*. Aarhus, 1998.



riesgos socioambientales. Este principio se encuentra implícito en el Preámbulo del Acuerdo de París²⁴ y ha sido desarrollado por la doctrina en conexión con el concepto de "deuda ecológica"²⁵, planteando un deber ético-jurídico de equidad temporal y espacial.

El principio de quien contamina paga -reconocido en el Principio 16 de la Declaración de Río y en diversas legislaciones nacionales-, junto con el concepto de responsabilidad extendida del productor (EPR), impone la internalización de los costos ambientales derivados de todo el ciclo de vida del *hardware* y de los servicios asociados. Este enfoque obliga a fabricantes y proveedores de servicios a asumir los gastos de gestión, reciclaje y disposición final de componentes, evitando la externalización de dichos costos a la sociedad o al medio ambiente.

Por su parte, el principio de diligencia debida en materia ambiental y de derechos humanos, consagrado en los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos²⁶ y en la Propuesta de Directiva Europea sobre diligencia debida corporativa en materia de sostenibilidad²⁷, requiere que los actores económicos identifiquen, prevengan, mitiguen y rindan cuentas por los impactos negativos generados en toda su cadena de valor, incluyendo la obtención de materias primas, el transporte, la producción, la operación y la disposición final.

Asimismo, la transparencia y rendición de cuentas constituyen ejes imprescindibles para garantizar la trazabilidad de insumos, la publicación de metodologías de medición de huella ambiental y la verificación independiente de resultados. Estos principios, reforzados por el antes referido Convenio de Aarhus y por estándares voluntarios como el *Global Reporting Initiative* (GRI)²⁸, fortalecen la capacidad de la sociedad civil y de los órganos reguladores para ejercer un control efectivo sobre las actividades tecnológicas²⁹.

Finalmente, el principio de proporcionalidad en clave de innovación responsable establece que las exigencias regulatorias deben graduarse en función del riesgo y la intensidad de recursos empleados, evitando imponer cargas desmedidas que obstaculicen innovaciones socialmente beneficiosas. Este

²⁴ Naciones Unidas. *Acuerdo de París*. Conferencia de las Partes de la CMNUCC, París, 2015.

²⁵ Joan Martínez Alier. *El ecologismo de los pobres: Conflictos ambientales y lenguajes de valoración*. Barcelona: Icaria, 2020.

²⁶ Naciones Unidas. *Principios Rectores sobre Empresas y Derechos Humanos*. Nueva York, 2011.

²⁷ Comisión Europea. *Propuesta de Directiva sobre diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad* COM(2022)71 final. Bruselas, 2022.

²⁸ Global Reporting Initiative (GRI). *Sustainability Reporting Standards*. Amsterdam: GRI, 2016.

²⁹ Banchio, Pablo. 2023. Gobierno electrónico para la transparencia y buena gobernanza en la administración pública. *Derecho y Sociedad Digital*, 2(7) 19-28.
<https://bit.ly/DerechoySociedadDigital7-2023>

Zenodo: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10908608>



criterio se alinea con el enfoque de “tecnología adaptativa” promovido por la OCDE³⁰ y con el concepto de *responsible research and innovation* (RRI) desarrollado en el marco del programa “Horizonte 2020” de la Unión Europea³¹.

II.2 Brechas regulatorias

El entramado normativo que regula los impactos ambientales asociados a tecnologías de alto rendimiento computacional se encuentra actualmente fragmentado en distintos ámbitos regulatorios, cada uno con niveles de cobertura y efectividad dispares. Si bien existen bases jurídicas relevantes en materia ambiental, digital y de gobernanza corporativa, éstas rara vez reconocen las particularidades operativas y de impacto que presenta la IA a hiperescala.

En el plano ambiental y de productos, los marcos regulatorios sobre residuos electrónicos, sustancias peligrosas, ecodiseño, eficiencia energética y gestión del agua —como la *Directiva 2012/19/UE* (RAEE)³², la *Directiva 2011/65/UE* (RoHS)³³, la *Directiva 2009/125/CE* (Ecodiseño)³⁴ o la *Directiva 2006/32/CE* (Eficiencia energética)³⁵— proporcionan herramientas normativas valiosas, pero no han sido diseñados para abordar las exigencias y externalidades específicas del cómputo de hiperescala.

La ausencia de disposiciones que vinculen el impacto ambiental de la infraestructura digital con obligaciones específicas para desarrolladores y operadores de IA representa una laguna regulatoria significativa.

En el ámbito digital y de gobernanza de IA, instrumentos emergentes como el “Reglamento de Inteligencia Artificial de la Unión Europea” (Artificial Intelligence Act)³⁶ o las directrices de gestión de riesgos y transparencia

³⁰ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). *Science, Technology and Innovation Outlook*. París: OECD Publishing, 2018.

³¹ Comisión Europea. *Responsible Research and Innovation: Europe's Ability to Respond to Societal Challenges*. Bruselas: European Commission, 2014.

³² Unión Europea. *Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 197, 2012.

³³ Unión Europea. *Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de junio de 2011, sobre la restricción del uso de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 174, 2011.

³⁴ Unión Europea. *Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se instaure un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía (Ecodiseño)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 285, 2009.

³⁵ Unión Europea. *Directiva 2006/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 114, 2006.

³⁶ Comisión Europea. *Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (Artificial Intelligence Act)*, COM/2021/206 final. Bruselas, 2021.



tecnológica ofrecen una oportunidad para incorporar la dimensión ambiental en la evaluación de conformidad y en la clasificación de riesgos. Sin embargo, esta integración es todavía incipiente, y la mayoría de las normativas priorizan los riesgos éticos y de derechos fundamentales sin otorgar un tratamiento equivalente a los impactos ambientales³⁷.

En lo que respecta a criterios ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) y reporte de sostenibilidad, iniciativas como la *Corporate Sustainability Reporting Directive*³⁸ en la UE o los estándares del *International Sustainability Standards Board*³⁹ introducen obligaciones de transparencia que podrían captar la huella ambiental de la IA. No obstante, la falta de métricas armonizadas y específicas para el sector tecnológico dificulta la comparabilidad y verificabilidad de la información, generando riesgos de subestimación del impacto real.

La contratación pública se configura como una palanca estratégica para incentivar el desarrollo y adopción de soluciones tecnológicas más eficientes en el uso de recursos, mediante la inclusión de criterios verdes en licitaciones y compras gubernamentales. Sin embargo, los lineamientos de contratación sostenible varían significativamente entre jurisdicciones y, en muchos casos, carecen de referencias explícitas a la eficiencia energética y la sostenibilidad hídrica de centros de datos y servicios en la nube.

Finalmente, persisten brechas clave que, como desarrollaremos infra, obstaculizan la eficacia de la gobernanza ambiental aplicada a la IA:

(i) la inexistencia de métricas comunes, verificables y sectorialmente adaptadas para medir el impacto ambiental del cómputo de hiperescala; (ii) la insuficiente trazabilidad en las cadenas de suministro de *hardware*, lo que dificulta la identificación de impactos en origen; (iii) la dispersión de responsabilidades entre desarrolladores de IA, proveedores de infraestructura *cloud* y usuarios finales, lo que erosiona la rendición de cuentas; y (iv) el riesgo de *greenwashing*, entendido como la comunicación ambiental engañosa, que amenaza la credibilidad de los compromisos voluntarios de sostenibilidad en el sector tecnológico, como ampliaremos en el punto subsiguiente.

³⁷ Banchio, Pablo. 2025. "Reglamento de la UE sobre Inteligencia Artificial. Un análisis integral de su alcance y desafíos" *Amicus Curiae*, 14, pp. 3-14 <https://amicuscuriaequorum.wordpress.com/wp-content/uploads/2025/07/volume-14-2025.pdf> y Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15127896>

³⁸ Unión Europea. *Directiva (UE) 2022/2464 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de diciembre de 2022, relativa a la presentación de información sobre sostenibilidad por parte de las empresas (Corporate Sustainability Reporting Directive)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 322, 2022.

³⁹ International Sustainability Standards Board (ISSB). *General Sustainability-related Disclosure Requirements (IFRS S1)*. Londres: IFRS Foundation, 2023.



II.3 Desafíos jurídicos principales

El despliegue masivo de infraestructuras y modelos de IA de alto consumo energético y material plantea un conjunto de desafíos jurídicos que demandan respuestas normativas sofisticadas, capaces de conciliar la innovación tecnológica con la preservación ambiental y la equidad socioeconómica. Estos desafíos, de naturaleza transversal y multiescalar, afectan tanto a la formulación de estándares como a la asignación de responsabilidades y a la eficacia de los mecanismos de cumplimiento.

Un primer reto reside en la medición y verificabilidad de impactos ambientales. La ausencia de estándares internacionales robustos para cuantificar, de manera comparable y verificable, el consumo de energía, el uso de agua y las emisiones de carbono asociadas tanto al entrenamiento como a la inferencia de modelos de IA, dificulta la aplicación coherente de principios como el de “quien contamina paga”⁴⁰ y compromete la transparencia exigida por marcos ESG. Iniciativas como la *ISO 14064* sobre huella de carbono⁴¹ o las métricas propuestas por el *Partnership for AI* ofrecen avances parciales⁴², pero no han alcanzado el grado de especificidad y obligatoriedad requerido para el cómputo a hiperescala.

En segundo lugar, la atribución y reparto de responsabilidades presenta una complejidad particular en ecosistemas tecnológicos caracterizados por cadenas de valor fragmentadas. La coexistencia de fabricantes de *hardware*, proveedores de servicios en la nube (*cloud*), desarrolladores de modelos, integradores de soluciones y usuarios empresariales genera zonas grises normativas que dificultan la identificación de sujetos pasivos de obligaciones ambientales⁴³. Sin un marco claro de asignación de responsabilidades —potencialmente inspirado en regímenes de responsabilidad solidaria o compartida⁴⁴— se corre el riesgo de que las cargas regulatorias recaigan de manera desproporcionada sobre los eslabones menos poderosos de la cadena.

La fragmentación regulatoria constituye un tercer desafío, dado que las divergencias entre jurisdicciones nacionales y regionales elevan los costos de

⁴⁰ Unión Europea. *Principio 16 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, 1992.

⁴¹ International Organization for Standardization (ISO). *ISO 14064-1:2018. Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. Ginebra: ISO, 2018.

⁴² Partnership on AI. *Environmental Impact Assessment Metrics for AI Models*. Partnership on AI, 2022.

⁴³ See European Commission. *Study on Liability for Artificial Intelligence*, Publications Office of the European Union, 2020.

⁴⁴ Comisión Europea. *Proposal for a Regulation on European Liability for AI Systems*, COM/2022/347 final. Bruselas, 2022.



cumplimiento, fomentan el arbitraje normativo y reducen la efectividad de las políticas ambientales⁴⁵.

El contraste entre las exigencias de la Unión Europea en materia de sostenibilidad digital y la menor densidad normativa en otras regiones genera un terreno fértil para la relocalización estratégica de actividades de alto impacto hacia entornos regulatorios más laxos.

Un cuarto elemento crítico es la existencia de asimetrías de información y poder. Los proveedores “hiperescaladores” concentran datos técnicos esenciales -incluyendo métricas de consumo energético, eficiencia de refrigeración y emisiones asociadas- que resultan indispensables para la rendición de cuentas y el escrutinio público⁴⁶. Esta concentración informativa confiere a dichos actores una posición de ventaja frente a reguladores y competidores, y obstaculiza la generación de métricas independientes.

El riesgo de bloqueo tecnológico emerge cuando requisitos regulatorios mal diseñados, aunque bien intencionados, consolidan la posición de incumbentes al imponer costes de cumplimiento que sólo grandes corporaciones pueden afrontar⁴⁷. Sin medidas de apoyo específicas para pequeñas y medianas empresas (PYMES) y para comunidades de desarrollo de código abierto, se corre el riesgo de erosionar la diversidad y resiliencia del ecosistema innovador, en contravención de principios de competencia leal⁴⁸.

Finalmente, el cumplimiento transfronterizo plantea un desafío sistémico. La aplicación efectiva de la responsabilidad extendida del productor (EPR)⁴⁹, la realización de auditorías ambientales y la imposición de sanciones requiere mecanismos cooperativos entre jurisdicciones, capaces de abordar cadenas globales de suministro y flujos de datos. Sin instrumentos multilaterales o acuerdos bilaterales robustos, las obligaciones ambientales corren el riesgo de ser fragmentadas, ineficaces o eludidas mediante complejas estructuras societarias internacionales⁵⁰.

II.4 Riesgos a gestionar y salvaguardas

La construcción de un régimen jurídico eficaz para la sostenibilidad de la IA y

⁴⁵ Banchio, Pablo. 2023. Gobierno electrónico... cit..

⁴⁶ OECD. *AI and Data Governance: Challenges in Large-scale Cloud and AI Deployment*, Paris: OECD Publishing, 2021.

⁴⁷ European Commission. *Digital Markets Act (Regulation (EU) 2022/1925)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 265, 2022.

⁴⁸ Coyle, Diane. *Markets, Firms, and Innovation in the Digital Economy*. London: Routledge, 2018.

⁴⁹ Unión Europea. *Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 197, 2012.

⁵⁰ Naciones Unidas. *Acuerdo de París sobre Cambio Climático*, 2015; United Nations. *Convention on the Law of the Sea*, 1982.



del cómputo de hiperscala requiere no solo el establecimiento de obligaciones materiales claras, sino también la identificación de riesgos estructurales que pueden comprometer la coherencia de las políticas ambientales y tecnológicas. Entre estos riesgos destacan el *greenwashing*, la concentración de mercado, el desplazamiento geográfico de impactos y los *trade-offs* regulatorios. La gestión de tales desafíos exige la integración de salvaguardas jurídicas robustas, apoyadas en estándares internacionales y en principios del derecho ambiental y de la regulación digital.

En primer lugar, el fenómeno del *greenwashing*, entendido como la comunicación engañosa, imprecisa o selectiva respecto del desempeño ambiental de una organización, representa una amenaza estructural para la eficacia de los marcos regulatorios⁵¹. No se trata únicamente de un problema reputacional, sino de una distorsión de la base empírica sobre la que se apoyan las decisiones de política pública, las inversiones sostenibles y las preferencias de consumo informado⁵².

Frente a este riesgo, la estandarización de metodologías de medición y verificación se vuelve esencial. Normas como la ISO 14064:2018 sobre cuantificación y verificación de emisiones de gases de efecto invernadero reducen la discrecionalidad interpretativa y fortalecen la comparabilidad de datos⁵³. A ello se suma la Directiva (UE) 2022/2464 sobre informes de sostenibilidad corporativa⁵⁴, que introduce la obligación de auditorías externas independientes, garantizando la integridad y verificabilidad de la información divulgada.

Desde una perspectiva sancionatoria, la imposición de multas proporcionales y medidas correctivas encuentra respaldo en el Principio 10 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, que consagra el derecho de acceso a información ambiental veraz como requisito indispensable para la participación ciudadana⁵⁵. De este modo, la transparencia y la fiscalización pública se consolidan como antídotos regulatorios frente a la instrumentalización del discurso verde.

⁵¹ Delmas, Magali A., y Vanessa C. Burbano. "The Drivers of Greenwashing." *California Management Review* 54, no. 1 (2011): 64–87.

⁵² Banchio, Pablo. 2023. "La inteligencia artificial como agregado de valor en la economía circular." *Revista de Derecho Empresario*, Año III (8), mayo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7649604>. <https://www.ijeditores.com/pop.php?option=articulo&Hash=767f29f10b18c79bde2c1f0515f652e4>

⁵³ International Organization for Standardization (ISO). *ISO 14064-1:2018. Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. Ginebra: ISO, 2018.

⁵⁴ European Union. *Directive (EU) 2022/2464 on Corporate Sustainability Reporting*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 284, 2022.

⁵⁵ Naciones Unidas. *Principio 10 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro, 1992.



En segundo lugar, el endurecimiento de los requisitos ambientales, aunque necesario, puede tener efectos anticompetitivos si no se acompaña de mecanismos de equidad regulatoria. Las empresas de “hiperescala”, gracias a sus mayores recursos financieros y tecnológicos, se encuentran en posición de absorber más fácilmente los costos de cumplimiento, consolidando posiciones dominantes en detrimento de las pequeñas y medianas empresas⁵⁶. Para contrarrestar este efecto, la literatura propone la aplicación de exenciones proporcionales para PYMES, así como el fomento de políticas de interoperabilidad y estándares abiertos, que eviten el bloqueo tecnológico (*lock-in*) y faciliten la competencia en igualdad de condiciones. Este enfoque se alinea con el Principio de Equidad recogido en el Acuerdo de París⁵⁷, que aboga por una distribución justa de cargas y beneficios, así como con el Reglamento (UE) 2022/1925⁵⁸, cuyo objetivo es prevenir prácticas de cierre y abuso de posición dominante en entornos digitales.

En tercer lugar, el carácter global de las cadenas de suministro digitales y energéticas facilita el desplazamiento de impactos ambientales hacia jurisdicciones con regulaciones más laxas, lo cual contraviene el Principio de Responsabilidades Comunes pero Diferenciadas (PCD) establecido en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático⁵⁹. Para evitar esta externalización ambiental, resulta indispensable imponer requisitos extraterritoriales de debida diligencia, que obliguen a las empresas a garantizar que sus proveedores cumplen estándares equivalentes a los nacionales o regionales⁶⁰.

Este enfoque se ve reforzado por el Reglamento (UE) 2023/1115 relativo a productos libres de deforestación⁶¹, que establece obligaciones de trazabilidad para toda la cadena de valor, y por la Directiva (UE) 2024/1760 sobre diligencia debida corporativa en materia de sostenibilidad⁶², que introduce un deber general de verificación ambiental y de derechos humanos a lo largo de las operaciones globales de las empresas. Con ello se busca prevenir el *dumping* ambiental y garantizar una competencia leal en mercados interconectados.

⁵⁶ Banchio, Pablo. 2023. "La inteligencia artificial" cit.

⁵⁷ Naciones Unidas. *Acuerdo de París sobre Cambio Climático*, 2015.

⁵⁸ European Union. *Digital Markets Act (Regulation (EU) 2022/1925)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 265, 2022.

⁵⁹ United Nations. *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*, 1992.

⁶⁰ Comisión Europea. *Proposal for Corporate Sustainability Due Diligence Directive*, COM/2022/71 final, 2022.

⁶¹ European Union. *Regulation (EU) 2023/1115 on Deforestation-free Products*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 182, 2023.

⁶² European Union. *Directive (EU) 2024/1760 on Corporate Sustainability Due Diligence*. Diario Oficial de la Unión Europea, 2024.



Finalmente, la regulación en la intersección entre lo ambiental y lo tecnológico enfrenta inevitables tensiones regulatorias (*trade-offs*) entre objetivos concurrentes. Así, los sistemas de medición en tiempo real diseñados para optimizar el consumo energético pueden requerir la recopilación masiva de datos operativos, lo cual plantea riesgos en términos de protección de datos personales y seguridad informática⁶³. El Reglamento General de Protección de Datos (RGPD, 2016/679) ofrece un marco de referencia claro mediante los principios de *privacy by design* y *security by design* (arts. 25 y 32)⁶⁴, que permiten integrar salvaguardas desde la fase de concepción de los sistemas tecnológicos. Paralelamente, el Principio de Precaución, consagrado en el artículo 191 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE)⁶⁵, exige documentar públicamente los criterios de decisión, evaluar los co-beneficios y ponderar los impactos antes de la adopción de medidas regulatorias. De esta manera, se establece una arquitectura regulatoria que reconoce las tensiones, pero también habilita su gestión transparente y democrática.

III. OBLIGACIONES JURÍDICAS PROPUESTAS PARA CADA ACTOR EN LA CADENA DE VALOR DE LA IA

La configuración de un régimen jurídico ambiental específico para la IA y el cómputo de hiperescala requiere un enfoque de responsabilidades diferenciadas, que asigne obligaciones proporcionales a la posición, capacidades y huella ambiental de cada actor en la cadena de valor.

Tal diferenciación no solo permite evitar la dispersión de responsabilidades y la concentración injustificada de cargas, sino que además favorece la internalización efectiva de los costes ambientales, en coherencia con el principio de “quien contamina paga” recogido en el artículo 191 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea (TFUE)⁶⁶.

III.1 Fabricantes de *hardware*

A estos agentes les correspondería el cumplimiento de obligaciones vinculadas a la fase de diseño y producción. En este sentido, resulta pertinente la imposición de requisitos de ecodiseño obligatorio, conforme a la Directiva

⁶³ European Commission. *Trade-offs in AI Governance: Environmental vs. Digital Protection*, Brussels: European Commission, 2021.

⁶⁴ European Union. *General Data Protection Regulation (GDPR), Regulation (EU) 2016/679*, 2016.

⁶⁵ European Union. *Treaty on the Functioning of the European Union*, art. 191, 2008.

⁶⁶ Paul Craig y Gráinne de Búrca, *EU Law: Text, Cases, and Materials*, 7.^a ed. (Oxford: Oxford University Press, 2020).



2009/125/CE⁶⁷, que podría ampliarse explícitamente al ámbito digital y a equipos de cómputo de alto rendimiento. Asimismo, se propone la implementación de un pasaporte digital del producto, en línea con la Estrategia de Economía Circular de la Unión Europea, que permita trazar componentes, procedencia de materiales y contenido reciclado.

De igual manera, deberían establecerse límites estrictos en el uso de sustancias peligrosas, coherentes con el régimen de la Directiva 2011/65/UE⁶⁸. En materia de responsabilidad extendida del productor (EPR), es exigible el cumplimiento de metas cuantificadas de recolección y reciclaje de *hardware*, acompañadas por el reconocimiento de un derecho a reparar y a la provisión de repuestos durante un período mínimo legalmente fijado. Estas obligaciones refuerzan la protección contra la obsolescencia programada y aseguran una reducción significativa en la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)⁶⁹.

III.2 Proveedores de nube y centros de datos

Los proveedores de servicios en la nube (*cloud*) y los centros de datos, responsables de gran parte del consumo energético y del uso intensivo de agua en la infraestructura digital, deberían asumir la obligación de reportar de forma auditada indicadores clave como el *Power Usage Effectiveness* (PUE), el *Water Usage Effectiveness* (WUE) y el *Carbon Usage Effectiveness* (CUE). Tales indicadores deberían ajustarse a estándares internacionales verificables, como los desarrollados por el "Green Grid Consortium".

Adicionalmente, se debería exigir la elaboración de planes de descarbonización y de gestión hídrica con metas intermedias vinculantes, alineados con los compromisos de neutralidad climática de la Unión Europea para 2050 (Reglamento (UE) 2021/1119)⁷⁰. Asimismo, se considera jurídicamente exigible la reutilización del calor residual cuando sea técnica y económicamente viable, siguiendo prácticas recogidas en las directrices de eficiencia térmica industrial.

⁶⁷ Unión Europea, *Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se establece un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía*, DO L 285/10.

⁶⁸ Unión Europea, *Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre la restricción del uso de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS II)*, DO L 174/88.

⁶⁹ European Environment Agency, *Electronic Products and Obsolescence in a Circular Economy*, EEA Report No 4/2020, <https://www.eea.europa.eu/publications/>.

⁷⁰ Unión Europea, *Reglamento (UE) 2021/1119 por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática (Ley Europea del Clima)*, DO L 243/1.



En materia de *siting* responsable, toda expansión o implantación de centros de datos debería estar precedida por una evaluación de impacto hídrico y eléctrico que considere la capacidad local de sostener la operación, a fin de evitar la agravación de situaciones de estrés hídrico o la sobrecarga de infraestructuras críticas.

III.3 Desarrolladores de modelos y empresas integradoras

Para los desarrolladores de modelos de IA y empresas integradoras, se propone la creación obligatoria de "*Green Model Cards*", documentos técnicos normalizados que informen sobre el coste computacional, energético e hídrico de cada modelo, así como su huella de carbono estimada⁷¹. Asimismo, los proyectos que superen determinados umbrales de cómputo o uso de agua deberían someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental específica para IA (EIA-IA), inspirada en los marcos de evaluación ambiental para proyectos industriales e infraestructuras críticas⁷².

En el plano de la gestión, deberían establecerse presupuestos de cómputo, con seguimiento periódico y registros de entrenamientos relevantes, de modo que se facilite la trazabilidad jurídica y técnica de los consumos asociados a las fases críticas del ciclo de vida del modelo. Esta obligación fortalecería los mecanismos de rendición de cuentas (*accountability*), previstos en marcos regulatorios emergentes como el Reglamento de la UE sobre IA (AI Act, COM/2021/206 final)⁷³.

III.4 Usuarios empresariales y sector público

En la etapa de demanda, tanto el sector privado como el sector público deben incorporar criterios ambientales explícitos en las compras y contrataciones. Ello incluye la preferencia por soluciones de IA con menor consumo energético e hídrico y con métricas verificadas de sostenibilidad⁷⁴.

El sector público, en particular, tiene un rol estratégico, pues puede generar un efecto multiplicador al integrar requisitos de sostenibilidad en licitaciones y contratos públicos, creando de facto un estándar de mercado. Este criterio resulta

⁷¹ Margaret Mitchell et al., "Model Cards for Model Reporting," en *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (FA19)** (New York: ACM, 2019), <https://doi.org/10.1145/3287560.3287596>

⁷² Per Sandin y Martin Peterson, "AI, Sustainability, and Ethics: An Environmental Impact Assessment Framework for Artificial Intelligence," *AI & Society* 37 (2022): 111–123, <https://doi.org/10.1007/s00146-021-01183-6>.

⁷³ Banchio, Pablo. 2025. "Reglamento de la UE" cit.

⁷⁴ Banchio, Pablo. 2023. Gobierno electrónico... cit



coherente con la Directiva 2014/24/UE sobre contratación pública, que permite introducir cláusulas ambientales en los pliegos licitatorios⁷⁵.

Adicionalmente, se impondría la obligación de aplicar diligencia debida ambiental en los contratos con proveedores de IA, en línea con la Propuesta de Directiva sobre diligencia debida corporativa en sostenibilidad, asegurando que la cadena de suministro cumpla con requisitos ambientales y de derechos humanos⁷⁶. Esta medida se conecta con los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos⁷⁷, que establecen la responsabilidad empresarial de prevenir impactos negativos en derechos humanos y ambientales a lo largo de sus operaciones y cadenas de valor.

IV. CUMPLIMIENTO, SUPERVISIÓN Y REMEDIOS: UN ENFOQUE JURÍDICO-DOCTRINAL PARA LA IA AMBIENTALMENTE SOSTENIBLE

La robustez de un régimen jurídico orientado a la sostenibilidad de la IA y del cómputo de hiperescala depende decisivamente de la configuración de mecanismos confiables de cumplimiento, supervisión y remedios, los cuales no solo deben asegurar la observancia normativa, sino también habilitar la corrección de desviaciones y la restauración de cumplimientos conforme a los principios estructurales del derecho ambiental y tecnológico. En este sentido, la existencia de una autoridad competente dotada de capacidades técnicas sólidas resulta indispensable, pues tal órgano debe disponer de acceso a datos operativos críticos, facultades de auditoría tecnológica, verificación independiente de información y mecanismos de cooperación internacional⁷⁸.

La doctrina ambiental ha reconocido la importancia de instituciones robustas como condición para la efectividad de las normas, de acuerdo con lo previsto en el Programa 21⁷⁹ y en la Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible⁸⁰. De manera análoga, la experiencia comparada en materia de gobernanza digital revela la necesidad de contar con un regulador con competencias transfronterizas, semejante a la función coordinadora de la

⁷⁵ Unión Europea, *Directiva 2014/24/UE sobre contratación pública*, DO L 94/65.

⁷⁶ Unión Europea, *Propuesta de Directiva sobre diligencia debida corporativa en sostenibilidad (CSDDD)*, COM/2022/71 final (Bruselas, 2022).

⁷⁷ Naciones Unidas, *Principios Rectores sobre las Empresas y los Derechos Humanos: Puesta en práctica del marco de las Naciones Unidas de "proteger, respetar y remediar"* (Ginebra: Oficina del Alto Comisionado para los Derechos Humanos, 2011).

⁷⁸ Naciones Unidas. *Principio de instituciones robustas para la gobernanza ambiental*, Programa 21, Río de Janeiro, 1992.

⁷⁹ *Ibíd.*

⁸⁰ Naciones Unidas. *Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible*, Johannesburgo, 2002.



Agencia Europea de Medio Ambiente o a la autoridad de supervisión prevista en el AI Act⁸¹.

La inscripción previa de proyectos de alto impacto y la obligación de notificación inmediata de incidentes ambientales relevantes —como sobreconsumos hídricos, emisiones no previstas o picos de demanda energética— se erigen como herramientas jurídicas de prevención y transparencia que fortalecen la trazabilidad, la cual constituye un requisito indispensable para un control efectivo y para el ejercicio del derecho a un ambiente sano, reconocido en el artículo 41 de la Constitución argentina⁸². Tales exigencias encuentran fundamento en la ya mencionada Convención de Aarhus sobre acceso a la información, participación pública y acceso a la justicia en materia ambiental⁸³, y han sido replicadas en legislaciones nacionales como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en México⁸⁴ y la Ley General del Ambiente argentina⁸⁵.

A su vez, las auditorías ambientales periódicas e independientes aplicadas al cómputo intensivo constituyen un instrumento esencial para validar la eficacia de las obligaciones regulatorias. La necesidad de metodologías estandarizadas se conecta con el deber de vigilancia consagrado en la Directiva 2012/18/UE⁸⁶, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en que intervengan sustancias peligrosas, así como con los sistemas de monitoreo y reporte previstos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático⁸⁷. En el contexto específico de la IA, tales auditorías deberían abarcar métricas de consumo energético, huella hídrica y emisiones de carbono, estableciendo mecanismos verificables de rendición de cuentas (*accountability*) en consonancia con el principio de buena administración pública⁸⁸.

De igual modo, un régimen jurídico eficaz debe prever un catálogo graduado de sanciones y medidas correctivas que combine proporcionalidad y disuasión, incluyendo multas indexadas en función de la huella ambiental y del volumen de facturación de la empresa, órdenes de mitigación, reparación y, en casos graves, la suspensión temporal o definitiva de operaciones. Estas medidas responden al principio de quien contamina paga, reconocido en el Principio 16 de la

⁸¹ European Union. *Proposal for AI Act*, COM/2021/206 final, 2021.

⁸² Constitución de la Nación Argentina, art. 41. Hammurabi ediciones, Buenos Aires, 2003.

⁸³ United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). *Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-making and Access to Justice in Environmental Matters*, Aarhus, 1998.

⁸⁴ México. *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, 1988, reformada.

⁸⁵ Argentina. *Ley General del Ambiente*, Ley 25.675, 2002.

⁸⁶ European Union. *Directive 2012/18/EU on the Control of Major-Accident Hazards (Seveso III)*. Diario Oficial de la Unión Europea, L 197, 2012.

⁸⁷ United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 1992.

⁸⁸ Comisión Europea. *Guidelines on Accountability Mechanisms for AI Systems*, Brussels, 2022.



Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo⁸⁹ y desarrollado en el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación⁹⁰. La incorporación de tales sanciones refuerza la capacidad estatal para internalizar los costos ambientales y evitar la socialización de externalidades negativas derivadas de la IA de gran escala⁹¹.

Finalmente, un sistema de gobernanza ambientalmente sostenible para la IA debe reconocer a la transparencia pública como un pilar fundamental, dado que la publicación de métricas agregadas en paneles abiertos —sobre eficiencia energética, huella hídrica y emisiones asociadas— permitiría un escrutinio social informado y reforzaría la legitimidad de la regulación⁹². Este acceso a la información debe equilibrarse con la protección legítima de secretos comerciales y de derechos de propiedad intelectual, aplicando un criterio de proporcionalidad análogo al exigido por la Convención de Aarhus⁹³ y por estándares internacionales de reporte como los promovidos por la *Global Reporting Initiative*⁹⁴. De esta manera, se fomenta la confianza pública en la gobernanza tecnológica, en línea con el principio de *accountability* democrática y con las exigencias reforzadas de transparencia que plantea el AI Act de la Unión Europea⁹⁵.

V. CONSIDERACIONES PARA ARGENTINA Y AMÉRICA LATINA: INTEGRACIÓN DE LA DIMENSIÓN AMBIENTAL EN LA REGULACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

La incorporación de la dimensión ambiental en la regulación de la IA y el cómputo de hiperescala en América Latina no puede entenderse únicamente como un trasplante normativo de marcos regulatorios europeos o norteamericanos. Por el contrario, requiere partir de las capacidades jurídicas, institucionales y técnicas ya existentes, adaptándolas a las particularidades estructurales, socioeconómicas y ambientales de la región. En este sentido, el enfoque debe alinearse con los principios del Derecho Ambiental consagrados

⁸⁹ Naciones Unidas. *Principio 16, Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, Río de Janeiro, 1992.

⁹⁰ Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal, 1989.

⁹¹ Banchio, Pablo. 2024. "Capitalismo humanista y Derecho Empresarial: una relectura jurídica en la era de la inteligencia artificial." *Revista Argentina de Compliance* 8: 3–9. <https://revistaargentinadecompliance.wordpress.com/wp-content/uploads/2023/11/numero-8.pdf> y Zenodo <https://doi.org/10.5281/zenodo.15784609>.

⁹² Global Reporting Initiative (GRI). *Sustainability Reporting Standards*, 2020.

⁹³ UNECE, *Convention of Aarhus*, 1998.

⁹⁴ *Ibíd.*

⁹⁵ European Union. *AI Act*, COM/2021/206 final, 2021 y Banchio, Pablo. 2025. "Reglamento de la UE" cit



en instrumentos internacionales como la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo⁹⁶, cuyo Principio 4 exige la integración de la protección ambiental en el desarrollo, y el Acuerdo de Escazú⁹⁷, que en su artículo 1 consagra el acceso a la información, la participación pública y la justicia ambiental como derechos fundamentales. Asimismo, las Directrices de la UNESCO sobre la Ética de la Inteligencia Artificial⁹⁸ reconocen expresamente la necesidad de que el desarrollo tecnológico respete los límites planetarios y promueva la sostenibilidad.

En primer lugar, resulta prioritario aprovechar los instrumentos normativos ya existentes. En la región, Argentina cuenta con la Ley 27.279 sobre presupuestos mínimos para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos⁹⁹, mientras que Brasil dispone de la Política Nacional de Resíduos Sólidos¹⁰⁰. Estos marcos, junto con normativas de eficiencia energética como la Resolución 319/1999 en Argentina¹⁰¹ y el Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica en Brasil¹⁰², así como políticas de compras públicas sostenibles, pueden ampliarse para incluir servicios y productos basados en IA. Ello implicaría exigir, en las licitaciones públicas, la presentación de certificaciones de bajo consumo energético, análisis del ciclo de vida y mediciones de huella de carbono e hídrica, en consonancia con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 12 de la Agenda 2030¹⁰³.

En segundo lugar, es necesario estandarizar métricas a nivel regional para evitar la fragmentación regulatoria y facilitar la comparabilidad de datos. La adopción de guías regionales de reporte y auditoría, respaldadas por organismos como la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)¹⁰⁴, el Sistema de Integración Centroamericana (SICA)¹⁰⁵ y la Organización de Estados Americanos (OEA)¹⁰⁶, permitiría a los Estados negociar colectivamente en foros internacionales como la Conferencia de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático¹⁰⁷. Esta estrategia fortalecería una posición común sobre sostenibilidad digital y justicia climática tecnológica¹⁰⁸.

⁹⁶ Naciones Unidas. *Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, 1992.

⁹⁷ Acuerdo de Escazú sobre acceso a la información, participación pública y justicia ambiental, 2018.

⁹⁸ UNESCO. *Directrices sobre la Ética de la Inteligencia Artificial*, 2021.

⁹⁹ Argentina. *Ley 27.279 sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos*, 2010.

¹⁰⁰ Brasil. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*, Ley 12.305/2010.

¹⁰¹ Argentina. Resolución 319/1999 sobre eficiencia energética.

¹⁰² Brasil. Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica (PROCEL).

¹⁰³ Naciones Unidas. *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*, 2015, ODS 12.

¹⁰⁴ CEPAL, *Informe sobre sostenibilidad digital en América Latina*, 2022.

¹⁰⁵ Sistema de Integración Centroamericana (SICA), 2021.

¹⁰⁶ Organización de Estados Americanos (OEA), 2021.

¹⁰⁷ UNFCCC, 1992.

¹⁰⁸ Banchio, Pablo. 2023. "La inteligencia artificial" cit.



Un tercer eje corresponde a los incentivos focalizados. La política fiscal y crediticia debe alinearse con el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas¹⁰⁹, ofreciendo beneficios tributarios, líneas de crédito verde y acceso preferente a fondos climáticos para centros de datos certificados bajo normas como ISO 50001¹¹⁰ (gestión energética) o LEED (edificaciones sostenibles)¹¹¹. De igual modo, se deben priorizar proyectos que reutilicen calor residual, integren energías renovables verificadas y reduzcan la huella hídrica, en consonancia con el principio de prevención y el principio de eficiencia del Derecho Ambiental¹¹².

El cuarto componente se vincula con las capacidades institucionales. La supervisión efectiva exige fortalecer autoridades ambientales y tecnológicas mediante la creación de laboratorios de verificación independientes, capaces de medir con precisión el consumo energético, la huella hídrica y las emisiones de carbono asociadas a sistemas de IA y centros de datos. Estos laboratorios podrían articularse con universidades y organismos internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente¹¹³. Asimismo, la implementación de *regulatory sandboxes* orientados a ensayar políticas de "IA verde" antes de su despliegue definitivo resulta recomendable, en línea con las recomendaciones del "OECD AI Policy Observatory"¹¹⁴.

En quinto lugar, dado que en América Latina predominan las PYMES y las universidades en el ecosistema digital, deben desarrollarse plantillas simplificadas de reporte ambiental y repositorios abiertos con modelos algorítmicos optimizados. La creación de plataformas de cómputo compartido con baja huella ambiental permitiría reducir el riesgo de concentración tecnológica y favorecer la equidad en el acceso a infraestructuras sostenibles. Este enfoque se vincula con el Principio de equidad intergeneracional¹¹⁵ y con el derecho a gozar de los beneficios del progreso científico reconocido en el artículo 15 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales¹¹⁶.

El sexto eje apunta a la integración con marcos normativos internacionales. La regulación ambiental de la IA en América Latina debe alinearse con los compromisos asumidos en el Acuerdo de París sobre Cambio Climático de 2015, el Convenio de Basilea sobre el control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos de 1989 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en

¹⁰⁹ UNFCCC, art. 3, principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas.

¹¹⁰ ISO 50001:2018, *Energy Management Systems*.

¹¹¹ LEED, *Leadership in Energy and Environmental Design*, USGBC.

¹¹² Banchio, Pablo. 2024. "La protección del ambiente mediante", cit.

¹¹³ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2021.

¹¹⁴ OECD AI Policy Observatory, 2020.

¹¹⁵ Naciones Unidas, *Declaración de Río*, Principio 3, 1992.

¹¹⁶ Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, art. 15, 1966.



particular el ODS 12 (producción y consumo responsables) y el ODS 13 (acción por el clima)¹¹⁷. Asimismo, la Declaración Ministerial de la Cumbre de América Latina y el Caribe sobre Inteligencia Artificial¹¹⁸ y los Principios de la OCDE sobre Inteligencia Artificial¹¹⁹ reconocen que la IA debe ser inclusiva, sostenible y respetuosa con el medio ambiente. De esta forma, la normativa ambiental deja de ser un marco paralelo y se convierte en un componente transversal de la gobernanza tecnológica.

En séptimo lugar, la aplicación de los principios del Derecho Ambiental a la tecnología refuerza la legitimidad regulatoria. El principio de prevención impone la obligación de realizar evaluaciones de impacto ambiental digital antes de desplegar infraestructuras de cómputo intensivo, mientras que el principio de precaución -reconocido en la Declaración de Río¹²⁰- justifica medidas regulatorias incluso ante la ausencia de certeza científica. El principio de "quien contamina paga", originado en la Declaración de la OCDE de 1972 y reiterado en el Principio 16 de Río, puede aplicarse a la industria tecnológica mediante tasas específicas sobre emisiones y consumo hídrico de centros de datos. Finalmente, el principio de equidad intergeneracional obliga a garantizar que el desarrollo de la IA no comprometa los recursos de las generaciones futuras¹²¹.

En octavo lugar, la articulación regional y la implementación progresiva constituyen elementos esenciales para maximizar el impacto regulatorio. La creación de un marco latinoamericano de sostenibilidad digital, inspirado en el Reglamento de la UE sobre datos y sostenibilidad tecnológica, permitiría establecer estándares comunes de eficiencia energética para *hardware* de IA, metodologías uniformes para medir la huella de carbono de algoritmos y criterios de transparencia en la contratación pública. Su implementación debería seguir fases piloto, combinadas con incentivos y mecanismos de cooperación público-privada, a fin de evitar que las asimetrías tecnológicas de la región profundicen desigualdades estructurales.

En conclusión, la integración de la dimensión ambiental en la regulación de la IA y el cómputo de hiperescala en Argentina y América Latina no es un ejercicio accesorio, sino una obligación jurídica derivada de compromisos internacionales y de principios consolidados en el Derecho Ambiental. El verdadero desafío

¹¹⁷ Naciones Unidas, *Agenda 2030*, ODS 12 y 13.

¹¹⁸ CEPAL, *Declaración Ministerial sobre Inteligencia Artificial*, 2020.

¹¹⁹ OECD, *Principles on AI*, 2019.

¹²⁰ OECD, *Principio "quien contamina paga"*, 1972; Naciones Unidas, *Principio 16, Declaración de Río*, 1992.

¹²¹ Banchio, Pablo. 2024. "Desafíos legales emergentes del Derecho Empresarial mediante el uso de algoritmos en la era de la inteligencia artificial." *Derecho y Sociedad Digital* 4 (15): 3–20 <https://bit.ly/DerechoySociedadDigital15> y Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15767624>.



consiste en traducir dichos principios en normas y políticas concretas, diseñadas de acuerdo con las particularidades socioeconómicas y técnicas de la región, evitando la importación acrítica de modelos foráneos y fomentando un liderazgo regional en sostenibilidad digital.

VI. CONCLUSIÓN

El análisis realizado permite concluir que los sistemas de IA a hiperescala constituyen una de las infraestructuras tecnológicas con mayor capacidad de transformar el entorno económico, social y jurídico, pero también una de las que plantean los riesgos ambientales más significativos y complejos de la era digital. La magnitud de su huella energética, hídrica y material, sumada a la generación de residuos electrónicos y a la opacidad de sus cadenas globales de suministro, demuestra que la IA no es neutra desde el punto de vista ambiental ni puede ser abordada exclusivamente bajo parámetros de eficiencia técnica o de innovación económica.

Desde la óptica jurídico-doctrinal, se evidencia la necesidad de articular un régimen normativo integral que supere la actual fragmentación regulatoria y reconozca las particularidades de los impactos ambientales de la IA. Dicho régimen debe incorporar, de manera transversal, los principios estructurales del derecho ambiental internacional —precaución, prevención, no regresión, responsabilidades comunes pero diferenciadas y quien contamina paga—, complementados con los estándares emergentes de debida diligencia corporativa y de transparencia en materia de derechos humanos y sostenibilidad.

Asimismo, la asignación diferenciada de responsabilidades a lo largo de la cadena de valor —fabricantes de *hardware*, proveedores de nube y centros de datos, desarrolladores de modelos, usuarios empresariales y sector público— constituye un requisito indispensable para garantizar una distribución equitativa de cargas y la efectiva internalización de los costes ambientales. La implementación de obligaciones concretas como pasaportes digitales de producto, Green Model Cards, reportes verificables de consumo energético e hídrico, evaluaciones de impacto ambiental específicas para IA y cláusulas ambientales en la contratación pública son instrumentos que permitirían avanzar hacia un ecosistema tecnológico más transparente y sostenible.

De igual modo, los riesgos identificados —*greenwashing*, concentración de mercado, desplazamiento geográfico de impactos y tensiones regulatorias— obligan a diseñar salvaguardas jurídicas sólidas que eviten la captura regulatoria y fortalezcan la rendición de cuentas. La cooperación internacional y la creación de estándares globales verificables se presentan como condiciones



imprescindibles para prevenir el arbitraje normativo y garantizar la efectividad de los compromisos ambientales en un contexto de cadenas de suministro transnacionales.

En definitiva, la gobernanza ambiental de la IA exige un enfoque integral, interdisciplinario y multinivel que conjugue derecho, ética y tecnología. Solo mediante un régimen jurídico robusto, basado en principios ambientales y de derechos humanos, será posible compatibilizar el despliegue de la IA con los objetivos de sostenibilidad y justicia climática, asegurando que la innovación digital contribuya al bienestar de las generaciones presentes y futuras, en lugar de comprometerlo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Asamblea General de la ONU. 2010. *Resolución 64/292: El derecho humano al agua y el saneamiento*. Naciones Unidas. <https://undocs.org/es/A/RES/64/292>

Banchio, Pablo. 2023. *Nuevas Tecnologías y Derecho. Perspectivas Jurídicas*. Buenos Aires.

———. 2023. "Gobierno electrónico para la transparencia y buena gobernanza en la administración pública." *Derecho y Sociedad Digital* 2 (7): 19–28. <https://bit.ly/DerechoySociedadDigital7-2023>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10908608>.

———. 2023. "La inteligencia artificial como agregado de valor en la economía circular." *Revista de Derecho Empresario* 3 (8), mayo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7649604>. <https://www.ijeditores.com/pop.php?option=articulo&Hash=767f29f10b18c79bde2c1f0515f652e4>.

———. 2023. "Nueva legislación europea sobre las plataformas digitales: regulación, implicaciones y desafíos de implementación." *Derecho y Sociedad Digital* 2 (8): 11–26. <https://bit.ly/DerechoySociedadDigital8-2023>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11077619>.

———. 2024. "Algorética: una disciplina para la moderación ética de algoritmos y programas de inteligencia artificial." *Derecho y Sociedad Digital* 3 (11): 3–27. <https://bit.ly/DerechoySociedadDigital11-2024>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12806322>.

———. 2024. "Capitalismo humanista y Derecho Empresarial: una relectura jurídica en la era de la inteligencia artificial." *Revista Argentina de Compliance* 8: 3–9. <https://revistaargentinadecompliance.wordpress.com/wp-content/uploads/2023/11/numero-8.pdf>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15784609>.



———. 2024. "Desafíos legales emergentes del Derecho Empresarial mediante el uso de algoritmos en la era de la inteligencia artificial." *Derecho y Sociedad Digital* 4 (15): 3–20. <https://bit.ly/DerechoySociedadDigital15>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15767624>.

———. 2024. "La protección del ambiente mediante el modelo de economía circular a través de la inteligencia artificial." En *Tratado para a realização efetiva do direito no meio ambiente: novos desafios*, cap. 65, 1188 p., editado por Jorge Isaac Torres Manrique. São Paulo: Editora Thoth.

———. 2025. "Reglamento de la UE sobre Inteligencia Artificial. Un análisis integral de su alcance y desafíos." *Amicus Curiae* 14: 3–14. <https://amicuscuriaequorum.wordpress.com/wp-content/uploads/2025/07/volume-14-2025.pdf>. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15127896>.

Boyle, Alan, y Michael Anderson. 2021. *Human Rights and the Environment: The Interrelationship in International Law*. Oxford: Oxford University Press.

Carazo, María Pía. 2022. *Cambio climático y cooperación internacional: Perspectivas para América Latina*. Valencia: Tirant lo Blanch.

CEPAL. 2020. *Declaración ministerial de la Cumbre de América Latina y el Caribe sobre Inteligencia Artificial*. Naciones Unidas.

Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas. 1998. *Convenio sobre el acceso a la información, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en asuntos ambientales (Convenio de Aarhus)*.

Comisión Europea. 2006. *Directiva 2006/32/CE relativa a la eficiencia del uso final de la energía y a los servicios energéticos*.

———. 2009. *Directiva 2009/125/CE por la que se establece un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos que utilizan energía*.

———. 2011. *Directiva 2011/65/UE relativa a la limitación de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (RoHS)*.

———. 2012. *Directiva 2012/19/UE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*.

———. 2021. *Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (Artificial Intelligence Act)*, COM(2021) 206 final.

———. 2022a. *Directiva 2022/2464 relativa a la presentación de información sobre sostenibilidad por parte de determinadas empresas (CSRD)*.

———. 2022b. *Propuesta de Directiva sobre diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad (COM/2022/71 final)*. Bruselas.



Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. 1992. *Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo*.

Convenio Económico para Europa. 1998. *Convenio de Aarhus sobre acceso a la información, participación pública y justicia en asuntos ambientales*. ONU-ECE.

Craig, Paul, y Gráinne de Búrca. 2020. *EU Law: Text, Cases, and Materials*. 7ª ed. Oxford: Oxford University Press.

Delmas, Magali A., y Vanessa C. Burbano. 2011. "The Drivers of Greenwashing." *California Management Review* 54 (1): 64–87. <https://doi.org/10.1525/cmr.2011.54.1.64>

European Environment Agency. 2020. *Electronic Products and Obsolescence in a Circular Economy*. EEA Report No 4/2020. <https://www.eea.europa.eu/publications/>

European Union. 2009. *Directive 2009/125/EC Establishing a Framework for the Setting of Ecodesign Requirements for Energy-Related Products*. *Official Journal of the European Union*, L 285/10.

———. 2011. *Directive 2011/65/EU on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS II)*. *OJEU*, L 174/88.

———. 2012. *Directive 2012/18/EU (Seveso III) on the Control of Major-Accident Hazards Involving Dangerous Substances*. *OJEU*, L 197/1.

———. 2014. *Directive 2014/24/EU on Public Procurement*. *OJEU*, L 94/65.

———. 2021a. *Proposal for a Regulation on Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act)*, COM/2021/206 final. Brussels.

———. 2021b. *Regulation (EU) 2021/1119 Establishing the Framework for Achieving Climate Neutrality (European Climate Law)*. *OJEU*, L 243/1.

———. 2022. *Proposal for a Directive on Corporate Sustainability Due Diligence (CSDDD)*, COM/2022/71 final. Brussels.

Global Reporting Initiative (GRI). 2020. *Consolidated Set of GRI Sustainability Reporting Standards*. GRI. <https://www.globalreporting.org/>

Henderson, Peter, et al. 2020. "Towards the Systematic Reporting of the Energy and Carbon Footprints of Machine Learning." *Journal of Machine Learning Research* 21 (248): 1–43.

International Organization for Standardization. 2016. *ISO/IEC 30134-2:2016 – Power Usage Effectiveness (PUE)*. Geneva: ISO.

———. 2022. *ISO/IEC 30134-9:2022 – Water Usage Effectiveness (WUE)*. Geneva: ISO.

———. 2018. *ISO 14064-1:2018 – Greenhouse Gases — Part 1: Specification with Guidance*. Geneva: ISO.



International Sustainability Standards Board. 2023. *IFRS S1 General Requirements for Disclosure of Sustainability-related Financial Information*. ISSB.

Kiss, Alexandre, y Dinah Shelton. 2007. *International Environmental Law*. Leiden: Brill.

Ley N.º 27.279. 2016. *Gestión de envases vacíos de fitosanitarios*. Boletín Oficial de la República Argentina.

Martínez Alier, Joan. 2020. *Ecología política: Una introducción*. Barcelona: Icaria.

Mitchell, Margaret, et al. 2019. "Model Cards for Model Reporting." En *FAT'19*, ACM. <https://doi.org/10.1145/3287560.3287596>

Naciones Unidas. 1989. *Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación*. ONU.

———. 1992. *Agenda 21*. ONU.

———. 1998. *Convenio de Aarhus sobre acceso a la información, participación pública y justicia en asuntos ambientales*. ONU/UNECE.

———. 2002. *Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible*. ONU.

———. 2011. *Principios Rectores sobre Empresas y Derechos Humanos*. Oficina del Alto Comisionado.

———. 2015. *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. ONU.

OCDE. 2011. *OECD Guidelines for Multinational Enterprises*. París: OECD Publishing.

———. 2019. *Principles on Artificial Intelligence*. París: OECD Publishing.

———. 2020. *AI Policy Observatory*. París: OECD Publishing.

Organización Internacional del Trabajo. 1989. *Convenio N° 169 sobre pueblos indígenas y tribales*. OIT.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. 2021. *OECD Recommendation on Responsible Innovation in Neurotechnology*. París: OECD Publishing.

———. 2022a. *Global Value Chains and Environmental Compliance: A Policy Framework*. París: OECD Publishing.

———. 2022b. *Green Public Procurement in the EU: Opportunities and Challenges*. París: OECD Publishing.

Parlamento Europeo. 2012. *Directiva 2012/18/UE relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves*.

Parlamento Europeo y Consejo de la UE. 2016. *Reglamento (UE) 2016/679 (RGPD)*. OJEU, L 119.



———. 2022. *Reglamento (UE) 2022/1925 relativo a mercados digitales (Digital Markets Act)*. OJEU, L 265.

———. 2023. *Reglamento (UE) 2023/1115 relativo a la comercialización de determinados productos asociados a la deforestación*. OJEU, L 150.

———. 2024. *Directiva (UE) 2024/1760 relativa a la diligencia debida de las empresas en materia de sostenibilidad*. OJEU, L 243.

Partnership on AI. 2022. *Responsible Practices for Synthetic Media and Environmental Metrics in AI Systems*.

Ramos, Valeria. 2021. *Derecho ambiental en América Latina: Retos y perspectivas*. México: Siglo XXI Editores.

Sandin, Per, y Martin Peterson. 2022. "AI, Sustainability, and Ethics: An Environmental Impact Assessment Framework for AI." *AI & Society* 37: 111–123.

Sanz Larruga, Francisco Javier. 2019. *Derecho ambiental internacional*. Valencia: Tirant lo Blanch.

Tratado de Funcionamiento de la UE (TFUE). 2012. *Consolidated Version*. OJEU, C 326.

UNESCO. 2021. *Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial*. UNESCO.

United Nations. 2011. *Guiding Principles on Business and Human Rights*. UN OHCHR.

Unión Europea. 2020. *Horizonte 2020: Responsible Research and Innovation (RRI)*. Comisión Europea.

Vandenberghe, Hanne. 2023. "Artificial Intelligence and Environmental Law: Bridging the Gap." *European Environmental Law Review* 32 (4): 201–15.

Voigt, Christina, y Fernanda Ferreira. 2022. *Sustainable Development in International Law*. Leiden: Brill.