

SUMARIO

AGRADECIMIENTOS.	15
PRÓLOGO.	17
NOTA DEL AUTOR.	23

PARTE I

INTELIGENCIA ARTIFICIAL, ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE

CAPÍTULO 1. LA NUEVA REVOLUCIÓN DE LA IA Y SU HUELLA MATERIAL. . .	27
1.1. De la IA simbólica a la IA generativa: discontinuidad cuantitativa y cualitativa.	28
1.2. Modelos fundacionales, big data y procesamiento de datos a escala global	32
1.3. La ilusión del software: infraestructuras ocultas y externalidades invisibles.	36
1.4. Modelos de lenguaje de gran escala (LLMs): arquitectura y demanda energética.	40
CAPÍTULO 2. INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA IA Y CONSUMO DE RECURSOS.	45
2.1. Centros de datos: tipología, localización y escalado	45
2.2. Hardware de la IA: GPUs, TPUs, chips avanzados y su cadena de suministro	47
2.3. Consumo eléctrico, agua de refrigeración y uso de suelo	50
2.4. La cadena de suministro completa: minería, manufactura y logística.	53
2.5. Sostenibilidad empresarial y compromisos de neutralidad climática.	54

PARTE II

MEDICIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LA IA

CAPÍTULO 3. HUELLA DE CARBONO DE LA IA: CONCEPTOS Y METODOLOGÍA	61
3.1. Huella de carbono y análisis de ciclo de vida aplicados a servicios digitales	61
3.2. Fases del ciclo de vida de la IA: desarrollo, entrenamiento, despliegue y uso.	64
3.3. Indicadores propuestos: emisiones por parámetro, por consulta y por usuario	67
3.4. Metodología de imputación de emisiones: problemas de atribución	69
CAPÍTULO 4. MÁS ALLÁ DEL CO ₂ : OTROS EFECTOS MEDIOAMBIENTALES RELEVANTES DE LA IA	73
4.1. Consumo de agua y estrés hídrico en zonas con alta concentración de data centers.	73
4.1.1. La huella hídrica de la IA y sus dimensiones	73
4.1.2. Regulación y conflictos por el uso del agua.	75
4.2. Residuos electrónicos y obsolescencia acelerada del hardware	76
4.2.1. Obsolescencia tecnológica y generación de residuos	76
4.2.2. Marco legal para la gestión de residuos electrónicos	76
4.3. Impactos concretos: ruido, calor residual y planificación urbanística	77
4.3.1. Impactos acústicos y térmicos de los centros de datos	77
4.3.2. Ordenación del territorio y respuestas urbanísticas	78
4.4. Riesgo de «fuga de carbono digital»	79
4.5. Impacto sobre biodiversidad y ecosistemas terrestres.	80
4.6. Conclusiones y propuestas de lege ferenda.	82

PARTE III

MARCO JURÍDICO-MEDIOAMBIENTAL, EXTRAFISCALIDAD Y PRINCIPIOS TRIBUTARIOS

CAPÍTULO 5. FUNDAMENTOS DE DERECHO MEDIOAMBIENTAL APLICABLES A LA IA.	87
5.1. El derecho a un medio ambiente adecuado y su proyección sobre lo digital	87
5.1.1. Reconocimiento del derecho medioambiental en la era digital	87

5.1.2. Implicaciones del entorno digital en el disfrute de un medio ambiente sano	89
5.2. Principios de prevención, precaución y corrección en la fuente.	91
5.2.1. El principio de prevención aplicado a la IA	91
5.2.2. El principio de precaución ante incertidumbres tecnológicas	92
5.2.3. La corrección en la fuente: mitigación en el origen del daño	93
5.3. El principio «quien contamina paga» en la economía digital	93
5.3.1. Internalización de gasto medioambiental de la IA	93
5.3.2. Fiscalidad verde y responsabilidades en el entorno digital ..	95
5.4. La responsabilidad civil y penal como instrumento complementario al sistema tributario	95
5.5. La responsabilidad medioambiental de las Administraciones públicas por el uso de inteligencia artificial: especial referencia a las infraestructuras públicas de Cataluña.	98
5.5.1. Planteamiento general: del daño algorítmico al daño ambiental de la infraestructura	98
5.5.2. La insuficiencia de la responsabilidad patrimonial ordinaria ante el daño ecológico derivado de la IA pública ..	99
5.5.3. La Ley 26/2007 como marco central de la responsabilidad ambiental pública	100
5.5.4. Las instalaciones públicas de IA en Cataluña como supuesto de riesgo ambiental institucionalizado.	101
5.5.5. El caso AINA y el BSC: distinción entre infraestructura administrativa e infraestructura pública estratégica	102
5.5.6. La necesidad de incorporar evaluaciones ambientales ex ante en la gobernanza pública de la IA.	103
5.5.7. Conclusión	105
CAPÍTULO 6. LA FINALIDAD EXTRAFISCAL DE LOS IMPUESTOS.	107
6.1. Marco terminológico.	107
6.2. Los impuestos extrafiscales como instrumentos de políticas públicas	110
6.3. Imposición extrafiscal «pura»	111
6.4. Medidas extrafiscales en la configuración de los impuestos ordinarios.	112
6.5. La extrafiscalidad en el derecho comparado europeo	113
CAPÍTULO 7. EXTRAFISCALIDAD, PRINCIPIOS CONSTITUCIONALES E IMPUESTOS MEDIOAMBIENTALES.	117
7.1. Extrafiscalidad y principios constitucionales.	117

7.1.1. Extradificalidad y principio de capacidad económica	117
7.1.2. Extradificalidad y principio de no confiscatoriedad	118
7.2. Extradificalidad regular e irregular	120
7.2.1. Extradificalidad irregular	120
7.2.2. Extradificalidad regular	120
7.3. Los impuestos medioambientales	121
7.3.1. Fundamentos de la tributación medioambiental	121
7.3.2. El concepto de impuesto medioambiental	122
7.3.3. Los denominados «impuestos medioambientales» en España . .	123
7.3.4. Requisitos de la extradificalidad según la jurisprudencia constitucional	124
7.4. Impuestos medioambientales y principio de no confiscatoriedad . . .	125

PARTE IV

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN FISCALIDAD CLIMÁTICA

CAPÍTULO 8. INSTRUMENTOS FISCALES SOBRE LA ENERGÍA Y EL CARBONO	129
8.1. Impuestos sobre la energía y sobre el CO ₂ : experiencias comparadas	129
8.2. Sistemas de comercio de derechos de emisión y su interacción con impuestos	131
8.3. Ecotasas sectoriales y ajustes en frontera	132
8.4. El impuesto sobre el carbono en América del Norte y Asia-Pacífico	133
CAPÍTULO 9. FISCALIDAD MEDIOAMBIENTAL EN LA UNIÓN EUROPEA Y EN ESPAÑA	135
9.1. Marco de la UE: Directivas energéticas, Green Deal y fiscalidad verde	135
9.2. Panorama de los impuestos energético-medioambientales en España	139
9.3. Subvenciones perjudiciales para el medio ambiente y reforma fiscal verde	140
9.4. Impuestos sobre centros de datos y servicios digitales: legislación comparada	141
9.5. Reforma fiscal verde en España: propuestas legislativas recientes	142